FA. 10078
24324

EN DEPOSITO 34584

DR. PEREZ ARAPILES
c/ Lancia núm. 12 - 3.º
Teléfono 20 85 19
L E O N

TRATADO ELEMENTAL DE FISIOLOGÍA HUMANA

IMPRENTA Y LIBRERÍA DE NICOLÁS MOYA, CARRETAS, 8, Y GARCILASO, 6.

BIBLIOTECA ECONÓMICA DE LA REVISTA DE MEDICINA Y CIRUGIA PRÁCTICAS

R. 41861

TRATADO ELEMENTAL

DE

FISIOLOGÍA HUMANA

INCLUYENDO LA HISTOLOGÍA Y LA ANATOMÍA MICROSCÓPICA

Y CON APLICACIÓN ESPECIAL Á LA

PRÁCTICA MÉDICA

POR EL

DR. L. LANDOIS

Consejero privado, Profesor de Fisiología y Director del Instituto fisiológico de la Universidad de Greifswald.

TRADUCIDO DE LA OCTAVA EDICION ALEMANA

POR EL

DR. D. RAFAEL DEL VALLE Y ALDABALDE

Médico, por oposición, del Hospital general, de Madrid.

Ilustrada con 362 grabados intercalados en el texto.

DONATIVO DEL
Dr. PEREZ-ARAPILES

DR. PEREZ ARAPILES
C/ Lancia núm. 12 - 3.º
Teléfono 20 85 19
LEON

TOMO II

MADRID

ADMINISTRACIÓN DE LA REVISTA DE MEDICINA Y CIRUGÍA PRÁCTICAS

Calle de Preciados, núm. 33, bajo.

—

1894

Esta obra es propiedad de D. Rafael Ulecia y Cardona, Director-propietario de la Revista de Medicina y Cirugía prácticas.

TRATADO

DE

FISIOLOGÍA HUMANA

DR. PEREZ ARAPILES
C/ Lancia núm. 12 - 3.º
Teléfono 20 85 19

CAPÍTULO PRIMERO

FISIOLOGÍA DEL APARATO LOCOMOTOR

294. Estructura y disposición de los músculos.

1.º Músculos estriados (voluntarios). — La superficie del músculo está cubierta por una membrana de tejido conjuntivo (*perimisio externo*), de la cual parten hacia el interior, tabiques (*perimisio interno*), que *sostienen los vasos y nervios* y que lo dividen en algunos haces, unas veces finos como en los músculos del ojo, y otras más gruesos como en los glúteos. En cada uno de los compartimentos así formados, se encuentran cierto número de *fibras musculares* colocadas paralelamente las unas al lado de las otras.

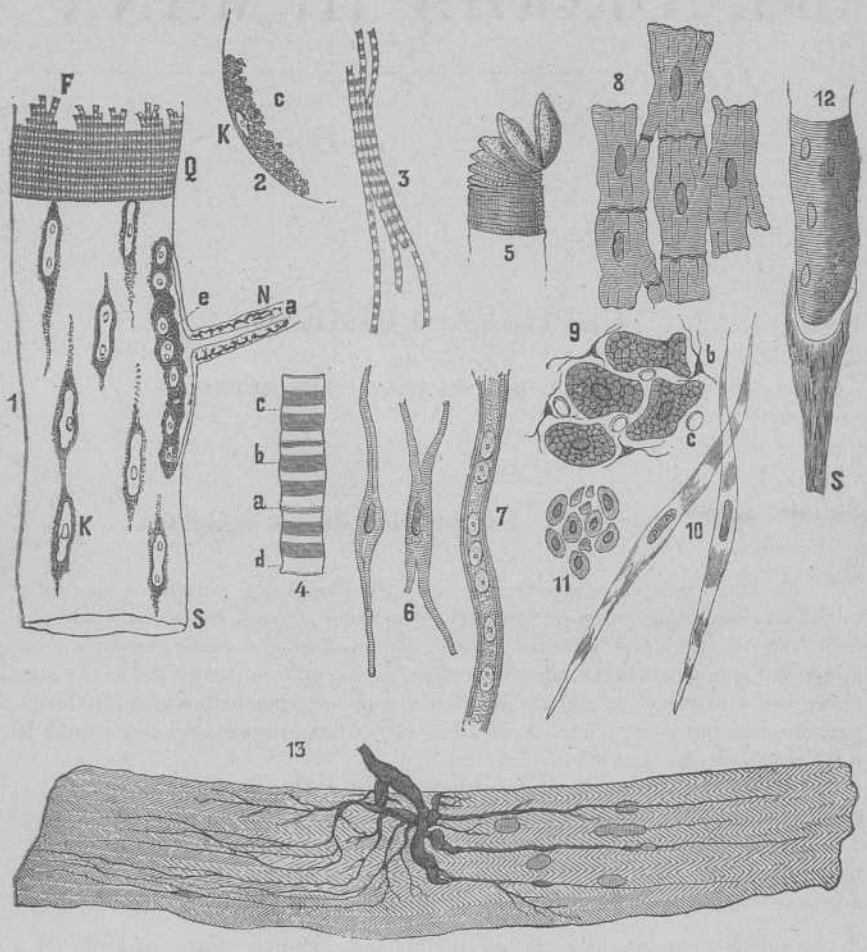
Cada fibra muscular está rodeada de una rica red de *capilares sanguíneos*, en cuya proximidad se hallan también *vasos linfáticos*, y recibe un *filamento nervioso*. Estos órganos están unidos á la superficie de la fibra muscular por un tejido conjuntivo finísimo, cuya estructura fibrilar apenas se conoce y que viene por lo tanto á formar una especie de perimisio á cada fibra muscular (Toldt).

Las *fibras musculares* aisladas (fig. 170. 1), tienen cada una de 11 á 67 μ de ancho y nunca alcanzan una gran longitud (Rollet); esta es en el hombre de 5,3 á 9,8 centímetros (Felix). Así que en los músculos cortos, como el del estribo, el tensor del tímpano y los músculos pequeños de la rana, recorren las fibras toda la longitud de los mismos; en cambio en los más largos, se adelgaza cada fibra, termina en punta y se une por medio de un cemento, oblícuamente á la extremidad puntiaguda de la fibra que la sigue y que continua su dirección. Para aislar las fibras musculares, el mejor procedimiento es tratarlas con ácido nítrico y clorato potásico en exceso (Budge), ó con una disolución potásica al 35 por 100 (Moleschott). Cada fibra muscular está completamente envuelta por

una membrana transparente sin estructura, llamada *sarcolema* (1. *S.*) (Schwann).

La fibra muscular presenta á distancias de 2 á 2,8 μ una *estriación transversal* formada por zonas alternativamente claras y obscuras (van

Figura 170.



Histología del tejido muscular.—1, Representación esquemática de las partes de una fibra muscular estriada; S, sarcolema; Q, estriación transversal; F, fibrillas marcando la estriación longitudinal; K, corpúsculos musculares ó núcleos de la fibra muscular; N, nervio motor aferente con a, el cilindro eje, que se continua con la placa motora terminal de Kühne, vista de canto, la cual descansa sobre una capa protoplasmática y nucleada *e*. — 2, Porción del corte transversal de una fibra muscular estriada, con los campos de Cohnheim *c*; *K*, núcleo muscular aplicado al sarcolema. — 3, Fibrillas aisladas procedentes de una fibra muscular estriada. — 4, Parte de fibrilla del músculo de un insecto, muy amplificada; *a*, línea de Krause Amici, que limita la caja muscular; *b*, substancia obscura y birefringente; *c*, línea de Hensen; *d*, substancia monorefringente. — 5, Fibra muscular estriada, deshaciéndose en discos. — 6, Fibro-células estriadas del corazón de la rana. — 7, Formación de una fibra muscular estriada en un embrión humano de tres meses. — 8, Fibras musculares del corazón unidas formando red. — 9, Corte transversal de la musculatura cardíaca; *c*, capilares; *b*, corpúsculos de tejido conjuntivo. — 10, Fibras musculares lisas. — 11, Fibras musculares lisas, en corte transversal.—12, Fibras musculares estriadas con el tendón correspondiente (S) (desprendido). 13, Nervios interfibrilares en un músculo estriado (según Gerlach).

Leeuwenhoek, 1679) (1. *Q*). Por la acción del ácido clorhídrico al 1 por 1000, del jugo gástrico, ó de la congelación, no es raro que experimente la fibra una división correspondiente á esas estrías transversales, convirtiéndose en los llamados *discos de Bowmann* (1840) (fig. 170. 5) á la manera de una pila de monedas que se derrumba. En la fibra muscular se distingue, además de la estriación transversal, otra *longitudinal*, la cual es resultado de que la fibra está compuesta de numerosos filamentos finos de (1 á 1,7 μ de ancho) y contráctiles, llamados *fibrillas primitivas* (fig. 170. 1. *F*), yuxtapuestos (van Leeuwenhoek), estriados transversalmente cada uno de ellos, y unidos entre sí por una escasa cantidad de *substancia intermedia líquida* (*sarcoplasma* de Rollet), que se tiñe de color rojo con el cloruro de oro. Están dispuestas estas fibrillas de tal modo, que sus estrías transversales se encuentran todas al mismo nivel: son prismáticas, aplanadas unas contra otras, y por eso en el corte transversal de un músculo fresco y helado, aparece un dibujo de figuras poligonales, llamadas *campos de Cohnheim*. Las fibrillas aisladas se obtienen fácilmente de los músculos de los insectos; en los de los mamíferos se aislan por medio del alcohol diluído ó del líquido de Müller, sobre todo en los extremos desgarrados de las fibras (fig. 170. 3).

Examinando con un fuerte aumento cada fibrilla aislada, aparece como una columna constituída por numerosas partes colocadas unas detrás de otras. Estas partes pequeñísimas, que se pueden denominar *elementos musculares* (*cajas musculares de W. Krause*), todavía tienen una estructura muy complicada. Cada *elemento muscular* (4), es un cuerpo prismático de 2 á 2,8 μ de alto y de bases planas. La porción ó capa media está ocupada toda ella por la *substancia contráctil* propiamente dicha, de color obscuro y muy refringente (sarcous elements de Bowman, prismas musculares de Kühne); es *birefringente* (anisótropa) y descansa sobre las caras de una capa más clara (*disco medio*) (4. *c.*), que aparece como una línea clara que divide al medio la zona obscura (Hensen, 1866). Sobre las caras superior é inferior de la substancia contráctil más obscura, se encuentra otra capa de substancia más clara *monorefringente* (isótropa) (4. *d*), y allí donde este disco más claro está en contacto con el inmediato, se ve un tabique divisorio (*disco terminal* 4. *a*), que aparece como una línea obscura (Amici 1858, Krause).

Suponiendo que cada elemento muscular esté completamente envuelto por una membrana finísima, la línea de Amici-Krause, que corresponde á dos de estas membranas yuxtapuestas, debiera ser doble (Merkel), y, sin embargo, no aparece así. Las fibras musculares terminan todas ellas, en sus extremos, por una capa de substancia *monorefringente* (Engelmann).

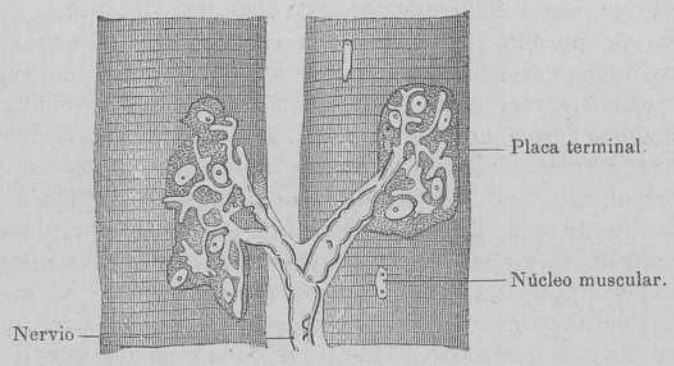
En todos los mamíferos se encuentran, inmediatamente por debajo del sarcolema, unos núcleos (Schwann) de 9 á 13 μ de largo y 3 á 4 μ de ancho, que se marcan muy bien, añadiendo ácido acético diluído, y que aparecen rodeados de una capa de proto ó sarcoplasma (1 y 2 *K*). Se llaman *corpúsculos musculares*; cada uno contiene uno ó dos nucleolos, y su protoplasma emite, á los más próximos, prolongaciones, á veces bien

manifiestas, finas, y que, en algunos casos, contienen granulaciones refringentes, formando entonces debajo del sarcolema, una red celular contínua.

Este protoplasma es, desde el punto de vista histogenético, lo que queda de las células que por su transformación se han convertido en fibras musculares (7), y la substancia citada es la porción parietal de dichas células, que se diferenció del resto (substancia intercelular) (M. Schultze). Probablemente, representa para la fibra muscular, su reserva nutritiva natural. En los anfibios, aves, peces é insectos, se encuentran los corpúsculos musculares en el eje de la fibra, entre las fibrillas.

Además, el protoplasma de dichos corpúsculos, se continua con aquel que se extiende á través de toda la fibra muscular, formando una especie de red longitudinal y transversal, aplicada á las fibrillas, llamado sarcoplasma. Los filamentos transversales, siguen la dirección de las líneas de Hensen y de Krause-Amici, y los longitudinales se introducen en los intersticios que hay entre los campos de Cohnheim (Retzius, Toldt). También se encuentra inmediatamente por debajo del sarcolema, una capa delgada de sarcoplasma, cuya cantidad es mayor en los animales inferiores, que en los de organización más elevada.

Figura 171.



Fibras musculares del lagarto, con sus terminaciones nerviosas, según W. Kühne.

Las RELACIONES ENTRE LAS FIBRAS MUSCULARES Y LOS TENDONES, son muy variables. Según Toldt, los elementos de tejido conjuntivo fino que revisten á cada una de las fibras musculares, exceden de los extremos de éstas, y se continuan con los de la misma clase del tendón. También puede suceder, que los extremos de las fibras musculares estén soldados, por un cemento especial, á la superficie plana ó á las fositas que existen en el principio del tendón, que, en este caso, es más independiente (Weismann) (fig. 70. 12. *S*). En los articulados, es indudable que el sarcolema también se continua directamente con la substancia del tendón (Leydig, Reichert).

Los tendones están formados de haces paralelos, de tejido conjuntivo fibroso, con corpúsculos de tejido conjuntivo y fibras elásticas. El tendón está cubierto por una membrana de tejido conjuntivo laxo (peritendineum de Kollmann), que es la que sostiene los vasos sanguíneos y linfáticos y los nervios. Se deslizan los tendones dentro de una *vaina tendinosa*, cuyo *líquido sinovial*, untuoso, facilita estos movimientos. Hay sitios en que los extremos de las fibras musculares, se insertan directamente en un punto fijo; en otros, como en la cara, se pierden entre los distintos elementos y tejidos de la piel.

NERVIOS MOTORES. — El *tronco* del nervio motor penetra, generalmente, en el músculo por su centro geométrico (Schwalbe); así, en los músculos largos de fibras paralelas, ó en los fusiformes, penetra por su punto medio, poco más ó menos. Si el ancho de un músculo de fibras paralelas excede de 2 á 3 centímetros, entran por dicho punto varias ramas nerviosas reunidas. En los músculos de tres caras, el nervio penetra por un sitio que se acerca más á aquel punto de convergencia de las fibras musculares, donde está muy marcado el carácter tendinoso; y tanto más se acerca á este punto, cuanto mayor es el número de fibras que convergen á esa porción tendinosa, y más grueso el extremo del músculo que se une con ella. Además, y como regla general, en todo músculo debe sospecharse que el punto de entrada de su tronco nervioso, se ha de encontrar donde menor sea el cambio de lugar en el momento de la contracción.

Los nervios motores no contienen al principio tantas fibras nerviosas como musculares se encuentran en el músculo que animan; así en los músculos oculares del hombre corresponden á cada 7 de las últimas unas 3 en su *tronco nervioso;* y en otros músculos (en el perro), una sola fibra nerviosa tiene á su cargo de 40 á 83 musculares (Tergast). Es, por lo tanto, necesario que al distribuirse un nervio en un músculo, cada fibra del primero se divida muchas veces dicotómicamente y sin modificarse en su estructura (§ 323, I).

En los animales de sangre caliente, cada fibra ó huso muscular no tiene más que *un punto* de penetración para las fibras nerviosas; en cambio las de los animales de sangre fría tienen *varios*, excepto aquellas que son muy cortas (Sandmann). La fibra mielínica penetra en la muscular y forma en el punto de entrada una *eminencia llamada de Doyere* (Doyere, 1840) (fig. 170. 1, *e.*) Al penetrar la fibra nerviosa se funde el *neurilema con el sarcolema*, no sigue adelante la mielina, y en cambio el cilindro-eje se ramifica formando una especie de placa (*placa motora terminal de W. Kühne*), la cual descansa sobre una porción de sarcoplasma finamente granuloso (fig. 171) y sembrado de núcleos. De esta placa terminal partirían fibrillas nerviosas finísimas, producto de su ramificación, cuyas fibras sólo se pueden demostrar por medio del cloruro de oro (fig. 170, 13), y se continuan *por entre las fibrillas musculares*, recorriendo toda la longitud de la fibra principal y terminando quizá en la substancia monorefringente de cada elemento muscular (Gerlach, Foettinger, v. Thanhoffer). Según Kühne (á cuya opinión se adhieren Flesch y otros) la continuidad del nervio con la fibra muscular no estaría establecida más que por la unión de la placa terminal en el sarcoplasma subyacente, y por la continuidad de este último con las series granulosas intersticiales del sarcoplasma, ó bien con el protoplasma que rodea á los núcleos musculares, y ulteriormente con el cemento que une á las fibrillas (pág. 7).

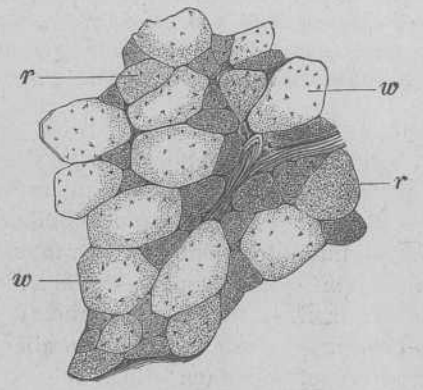
En cada fibra muscular de los articulados (cangrejo), se encuentran siempre dos terminaciones nerviosas procedentes de diversos cilindros-ejes (Biedermann).

Los músculos poseen también NERVIOS SENSITIVOS, que son los nervios del *sentido muscular* (§ 432) (Gruithuisen, Lenhossek). Al principio contienen mielina, pero acaban por perderla y terminar como fibras muy finas. Al parecer se esparcen por la superficie externa del sarcolema,

ramificándose de un modo dendrítico y *enrollándose* alrededor de las fibras musculares (Arndt, Sachs). Según otros, los nervios sensitivos sólo se distribuirían en la *cubierta de tejido conjuntivo* (Kölliker) ó en *las aponeurosis*, previa división dicotómica, y terminarían bruscamente ó en una pequeña tumefacción (Rauber). Bremer da el nombre de umbrela á esta terminación. La existencia de *fibras sensitivas* está demostrada fisiológicamente, puesto que la irritación de los músculos eleva la presión, sanguínea y produce dilatación pupilar (Asp, Kowalewsky, Nawrocki), y por otra parte, cuando se inflaman ocasionan dolor.

Músculos rojos y músculos pálidos.—En ciertos peces (esturión), aves (pavo) y mamíferos (conéjo) hay dos clases de músculos estriados: unos *rojos* en su totalidad, como el soleo del conejo, y otros *pálidos* (W. Krause). Las fibras de los últimos son más delgadas, contienen menos sarcoplasma, su estriación transversal es más apiñada, la longitudinal menos marcada y los corpúsculos musculares menos numerosos que en las fibras rojas (Ranvier); también es menor su contenido en glicógeno, miosina (Danilewsky) y agua (Wörtz).

Figura 172.



Corte transversal del músculo gemelo de la rana (según Grützner). — w, fibras musculares pálidas. — r, fibras musculares rojas.

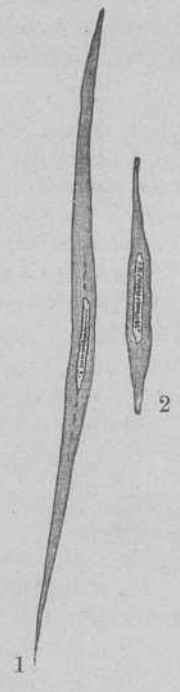
Julio Arnold encontró en el *hombre* gran número de fibras blancas intercaladas entre las rojas. En efecto, también se encuentran unas y otras mezcladas en *un mismo músculo* (rana, mamíferos). Esto se observa en casi todos los músculos (Grützner) (fig. 172): sin embargo, bueno es hacer notar que no siempre se distinguen bien por su color. (Respecto á la significación fisiológica de las dos clases de fibras, véase el § 300).

En el corazón de la rana, lo mismo que en el de los invertebrados, se encuentran formas de transición entre las fibras estriadas y las lisas (fig. 170. 6); en efecto, las fibras fusiformes uninucleadas tienen la configuración de las lisas, y la estriación de las de los músculos voluntarios.

Desarrollo.—Cada fibra muscular estriada proviene de una célula mesodérmica uninuclear y sin membrana, la cual se alarga y se vuelve fusiforme. A medida que crece en longitud, aumentan sus núcleos por mitosis. Con el tiempo, la substancia periférica ó parietal se convierte en la masa fibrilar y estriada (fig. 170. 7), mientras que los núcleos se conservan en el eje, unidos por una escasa cantidad de protoplasma que los envuelve (corpúsculos musculares); estado que en algunos animales es persistente. En el hombre se van acercando á la superficie de la fibra sobre la cual se segrega una cutícula sin estructura (sarcolema). Los corpúsculos musculares tienen á su cargo en cierto modo la nutrición de la substancia parietal estriada, pudiendo partir de ellos una fusión ó una regeneración de la misma (§ 246. 4). El *músculo joven* tiene menos fibras que el del adulto y además son más

delgadas (Budge). En el músculo *en vías de desarrollo*, lo mismo en el recién nacido que en una edad más avanzada (Felix), aumenta el número de fibras separándose de cada una de ellas una faja con una fila continua de corpúsculos musculares (Weismann) que se convierte más tarde en otra nueva fibra la cual recibe también un filamento nervioso procedente de una nueva formación que se efectua á expensas de los núcleos de la *vaina de Schwann* (Bremer).

Figura 173.

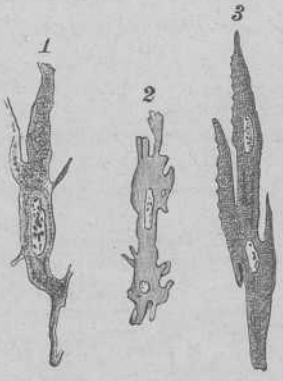


Fibras musculares lisas aisladas por medio del alcohol diluído: 1, procedente del intestino; 2, procedente de la arteria radial del hombre.

Sig. Mayer cree que las células que contienen masas de substancia contráctil son fases de regresión del tejido muscular y las llama *sarcolitos*.

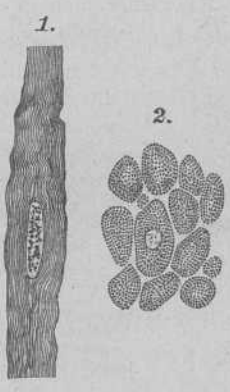
Las fibras musculares estriadas se encuentran no sólo en las partes y órganos de los vertebrados, análogos á los del hombre, sino también en el íris y en la coroides de las aves.

Figura 174.



Formas especiales de fibras musculares lisas, procedentes de la túnica muscular de la aorta (según v. Ebner): 1, del hombre; 2, del cerdo; 3, del buey.

Figura 175.



Células musculares del estómago de la rana con fibrillas bien manifiestas (según Engelmann): 1, trozo de una fibra tratada con el bicromato amónico; 2, corte transversal de fibro-células tratadas con una disolución de sal común al 8 por 100.

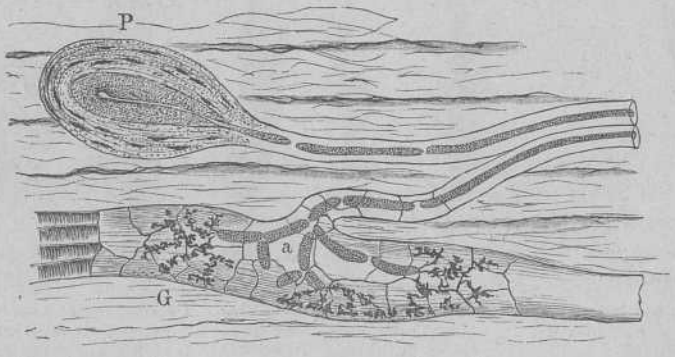
Los articulados sólo tienen fibras estriadas; en los moluscos, vermes y radiados, predominan las fibras lisas; en los últimos se encuentran además unas fibras con *doble estriación oblícua* que se contraen enérgicamante (Schwalbe), y cuya estriación está formada por líneas que se cruzan oblicuamente. En los cefalópodos, las fibras musculares presentan filamentos espirales en su porción cortical (Ballowitz). Entre los *vertebrados* son los peces los que tienen fibras musculares más gruesas, si guiéndoles en orden decreciente, los batracios, los lagartos, los mamíferos y las aves.

2.° Músculos lisos (involuntarios).—Las fibras de estos músculos ó fibro-células contráctiles (Kölliker, 1847), son unas fibras que se aislan por medio de una disolución potásica al 35 por 100 (Moleschott); no tienen membrana, son fusiformes, aplastadas, en algunos puntos aparecen como fibrilares por presentar estriación longitudinal (Guido, Wagener,

1863, Engelmann), (de 45 á 230 μ de largo y 4 á 10 μ de ancho, P. Arnold) ; á veces uno de sus extremos se divide en varias fibras, y contienen en el centro un núcleo sólido, de forma de bastoncito, que se hace más marcado con el ácido acético diluído y que encierra en su interior uno ó dos nucleolos brillantes (fig. 170. 10 y 11). Estas fibro-células están unidas por una substancia muy tenaz y elástica á manera de cemento y forman capas contínuas ó trabéculas enlazadas constituyendo red, para lo cual están dispuestas de manera que se tocan por sus extremos afilados.

Cuando se ven fibrillas en las fibro-células (fig. 175) están rodeadas de una substancia más homogénea llamada sarcoplasma. Según Engelmann, la separación de la substancia muscular lisa en elementos fusiformes sueltos, es una alteración cadavérica del tejido. A veces se observan unas líneas transversales de mayor condensación pero no se trata de una estriación transversal, sino de una contracción parcial (Meissner) (fig. 170. 10). También las fibras musculares lisas tienen á veces *inserciones tendinosas*. Los *capilares sanguíneos* caminan entre las fibras formando mallas alargadas, y lo mismo los *linfáticos* que son muy numerosos.

Figura 176.



Nervio sensitivo de un tendón que se continua por una de sus fibras con un corpúsculo de Pacini (P), y por la otra con una expansión terminal de Golgi (G).

Los NERVIOS MOTORES forman, según J. Arnold, un plexo compuesto de fibras mielínicas y amielínicas, provisto en parte de células ganglionares, colocado en el tejido conjuntivo que envuelve á las fibras musculares lisas (*plexo fundamental*). De éste parte una segunda red de fibras sin mielina con núcleos en los puntos de cruce, la cual, ó está aplicada inmediatamente á las fibras musculares, ó se halla en el tejido conjuntivo que está interpuesto entre los distintos manojos (*plexo intermedio*). Las fibrillas finísimas (de 0,2 á 0,3 μ) que provienen de este último, y que también se unen formando red (*plexo intermuscular*) terminan en los nucleolos (Frankenhäuser) ó en la proximidad del núcleo (Lustig) ; según F. Arnold, atraviesan las fibras y el núcleo y vuelven otra vez al plexo. Löwit y Gscheidlen, vieron que las fibrillas terminales, de las cuales parece que una va á cada fibra muscular, no hacen más que costear los bordes de estas últimas (para estas preparaciones se ha empleado el cloruro de oro).

En los *tendones* penetran los nervios sensitivos después de haberse dividido varias veces, como filamentos sin mielina (*a*), los cuales, en los límites del nervio y el tendón, se arrollan alrededor del haz ó se esparcen en este. Este punto está revestido de endotelio. Por fin, los filamentos sin mielina terminan en una mata de ramificaciones finísimas, que Golgi llama *expansión tendinosa terminal*. (También se encuentran en los tendones, corpúsculos de Pacini).

295. Propiedades físicas y químicas de la substancia muscular.

1.° La *consistencia* de la substancia muscular es la del protoplasma vivo, *semiblanda*, ó sea ni tan líquida que pueda derramarse, ni tan sólida que no puedan unirse otra vez porciones separadas de ella, pudiendo compararse, por lo tanto, á la de una jalea en el momento de deshacerse.

Así lo demuestran los hechos y consideraciones siguientes: *a*) La analogía de función del contenido muscular con la del *protoplasma contráctil de la célula*, el cual tiene seguramente dicha consistencia, como lo demuestra el movimiento del protoplasma (tomo I, pág. 33). *b*) La observación del *movimiento en onda de la contracción* á lo largo de la fibra muscular (§ 301), así como el movimiento ondulatorio observado por primera vez por W. Kuhne, haciendo pasar una *corriente constante* por los músculos; en efecto, también en este caso se trata de la progresión de ondas de contracción en el interior de las fibras (Du Bois-Reymond). *c*) Por fin, se ha observado directamente con el microscopio, cómo un pequeño nematodo parásito el *Myoryctes Weismanni* se mueve serpenteando dentro de una fibra muscular, de tal manera, que las partes semiblandas que ha desunido, se vuelven á reunir por detrás de él (W. Kuhne, Eberth).

2.° Refringencia.—Debemos á Brücke (1857) los datos más importantes respecto á la propiedad de la *substancia contráctil* de ser *birefringente* (*anisótropa*) (Boeck, 1839), mientras que la *substancia fundamental* es *monorefringente* (*isótropa*). Según Brücke, la substancia contráctil tiene los caracteres de un cuerpo birefringente de un eje positivo, y cuyo eje óptico coincide con el longitudinal de la fibra muscular. La substancia birefringente se caracteriza, con el microscopio polarizador, por el hecho de que, cuando los Nicol están cruzados, aparece *clara* en el campo visual obscuro (la fibra ha de estar orientada de manera que haga un ángulo de 45° su eje mayor con el plano de vibración de los prismas de Nicol), y cuando el campo visual es coloreado, por ejemplo, rojo púrpura, por la interposición de una laminita de yeso, aparece de un *color diferente* (azul, anaranjado ó amarillo). Como quiera que cuando *se contrae la fibra muscular* (§ 299. II), la masa de cada elemento ó caja muscular se hace más baja y á la vez más gruesa, sin que cambien sus propiedades ópticas, no puede, según Brücke, ser la substancia contráctil un cuerpo sencillo, como un cristal, incapaz de cambiar de forma, sino que debe estar compuesta de cierto número de moléculas sólidas muy pequeñas, birefringentes, reunidas en grupos, y cuya relación mútua de lugar puede variar según los estados de contracción ó relajación. A estas moléculas ó partes pequeñísimas las llama Brücke *disdiaclastos*. Cuando cambia la forma de la substancia contráctil, según ésta se halle en actividad ó en reposo, cree Brücke que varía la disposición en columnas de dichas partículas ó disdiaclastos; así, en el estado de reposo admite que se agrupan, formando muchas columnas, cada una constituída por muy pocas moléculas, y en el de contracción, á la inversa. Por fin, cuando los disdiaclastos están repartidos de un modo uniforme por toda la substancia de la

fibra muscular, desaparece la misma estriación transversal, y entonces aparece la fibra birefringente por igual en toda su masa, como sucede siempre en la fibra lisa de un modo normal. Según Catalina Schipiloff, A. Danilewsky y O. Nasse, la masa contráctil y *anisótropa* está compuesta de *miosina*. De las observaciones de Engelmann se deduce que todo el elemento contráctil es birefringente, y que la dirección del acortamiento coincide siempre con la del eje óptico. Respecto á la causa de la misma anisotropia, han demostrado las profundas investigaciones de v. Ebner, que á medida que crecen los tejidos se producen en ellos ciertas *tensiones* (fenómenos de tensión en los cuerpos empapados en líquidos), que son las que ocasionan la birefringencia.

Con la contracción persistente de la fibra muscular moribunda, aumenta el índice de refracción de la substancia muscular, por virtud de la pérdida de agua que experimenta el tejido y de la consiguiente mayor concentración de los principios musculares que están disueltos.

La COMPOSICIÓN QUÍMICA del músculo sufre, inmediatamente después de la muerte, profundas modificaciones. Mas como el músculo de la rana congelado recobra su contractilidad después de deshelarle, lo cual quiere decir que la congelación no lo altera en su composición química; W. Kühne, partiendo de este hecho, después de desangrar á una rana inyectando en sus vasos una disolución de sal común al 1 por 100, enfría sus músculos hasta—10° C., los tritura y desmenuza en un mortero á la temperatura del hielo, y la papilla que ya se deshiela á los—3, la exprime por un lienzo. El líquido exprimido lo filtra en frío y se obtiene un jugo un poco opalescente, algo amarillento, de reacción neutra ó alcalina en muchos casos, llamado *plasma muscular*. Este jugo, lo mismo que el plasma sanguíneo, se coagula espontáneamente; primero se vuelve gelatinoso de un modo homogéneo, y después en esta masa gelatinosa aparecen filamentos y copos turbios, opacos y birefringentes, que, á la manera de los filamentos de fibrina del coágulo sanguíneo, exprimen un jugo de reacción ácida, el *suero muscular*. El frío impide la coagulación del plasma muscular; sobre 0° se efectua con mucha lentitud; más de prisa á medida que asciende la temperatura, y con mucha rapidez á 40° C. en los músculos de los animales de sangre fría, y á 55° C. en los de sangre caliente. Añadiendo al plasma muscular agua ó un poco de ácido, en el acto se produce la coagulación. Este principio albuminóideo coagulado, que es más abundante en los músculos cuya substancia contrátil es birefringente, se llama *miosina* (W. Kühne).

La miosina representa del 3 al 11 por 100 del tejido muscular húmedo (A. Danilewsky).

De la papilla muscular se extrae la miosina por medio de una disolución de *sal amoníaco* (de 10 á 15 por 100). También es soluble en disoluciones más concentradas (de 10 por 100 para arriba) de sal común, de las cuales se precipita diluyéndolas con agua ó con cantidades muy cortas de ácidos (de 0,1 á 0,2 por 100 de ácidos láctico ó clorhídrico). Con los ácidos muy diluídos se disuelve, formándose acidialbúmina (sintonina, § 251. VI), y también con los álcalis ó carbonatos alcalinos, bajo la forma de alcali-albúmina. La miosina, lo mismo que la fibrina, descompone enérgicamente al bióxido de hidrógeno. A. Danilewsky ha conseguido volver á transformar la sintonina, en parte en miosina. Esta se encuentra también

en otros tejidos animales (córnea) y hasta en algunos vegetales (§ 251. II. 3) (O. Nasse).

El suero muscular contiene además otros principios albuminóideos (de 2,3 á 3,0 por 100), á saber: 1.° Un *albuminato alcalino*, que ya se precipita de los 20° á los 24° C. añadiendo un ácido, y 2.° *seroalbúmina*, en proporción de 1,4 á 1,8 por 100 (§ 36. I. *a*), que se coagula entre los 72° y los 75° C.

Halliburton distingue en el músculo los siguientes principios albuminóideos: 1.° *Paramiosinógeno* ó musculina, que ya se coagula entre los 45° y los 47° C.; 2.°, *miosinógeno*, que se coagula á los 56°, y que con el anterior forma la miosina; 3.°, *mioglobulina*, análoga á la sero-globulina, que se coagula á los 63°; 4.°, la *mioalbúmina*, análoga á la sero-albúmina; 5.°, mioalbuminosa, que se coagula á los 73°. La *materia colorante* del músculo (miohematina) parece ser distinta, en parte de la de la sangre; según Levy, es idéntica al hemocromógeno (tomo I, pág. 48). Hay miohematina oxigenada y reducida (por medio del sulfuro de amonio, tomo I, página 48). Los núcleos de los músculos suministran un poco de nucleína. El sarcolema contiene una substancia análoga á la creatina y soluble por medio del fermento pépsico. Hay también indicios de algunos fermentos: pepsina (Brücke), el fermento diastásico (Piotrowsky) (?) del ácido láctico, y el coagulante de la fibrina. El ácido prótico (Limpricht) es una substancia albuminóidea que se encuentra en los músculos del pescado.

Respecto á los demás elementos químicos del músculo, ya se ha tratado al hablar de la *carne* (§ 235), y poco tenemos necesidad de añadir á lo dicho. 1.° En el músculo de reacción ácida se encuentran, á la vez que *ácidos grasos volátiles* (fórmico, acético, butírico), dos *ácidos lácticos* isomeros: *a*) el ácido *etilidenoláctico*, en su variante dextrogira ó de ácido paraláctico ó sarcoláctico, y *b*) el ácido *etilenoláctico*, en muy corta cantidad (§ 253. 3. c), que Maly también ha visto como un producto eventual en la fermentación de hidratos de carbono (glicógeno, etc.). Respecto á la formación del ácico láctico en la rigidez cadavérica, véase el § 297. El fosfato ácido de potasio contribuye también á la reacción ácida del músculo. 2.° El *glicógeno* se encuentra hasta en la proporción de 1 por 100, después de alimentarse con gran cantidad de carne; desciende á 0,5 por 100 en ayunas; se acumula en el músculo (como en el hígado) durante la digestión; desaparece con la inanición, y se forma en los mismos músculos, probablemente á expensas de principios albuminóideos (Külz). Respecto á esta substancia, véase § 177. 2, y tomo I, pág. 559. III. 1. 3.° De *gases* se encuentran el ácido carbónico, en proporción de 15 á 18 volúmenes por 100 (Stinzing), parte absorbido, y parte combinado químicamente (este último sólo se forma por descomposición); algo de nitrógeno absorbido, pero nada de oxígeno, aunque el músculo lo está recibiendo de la sangre incesantemente (Hermann). Contienen los músculos una substancia que da ácido carbónico, al descomponerse; con el ejercicio se gasta, de modo que el músculo muy cansado sólo puede suministrar muy poco ácido carbónico (Stinzing).

296. Nutrición del músculo.—Orígenes de la fuerza muscular.

I. El MÚSCULO EN REPOSO está tomando constantemente oxígeno á la sangre que circula por sus capilares, y devolviéndola ácido carbónico; pero es menor la cantidad de este último gas que la que corresponde al oxígeno absorbido. También se observa un cambio gaseoso análogo, aunque menos intenso, en los músculos *desangrados* y separados del cuerpo (Du Bois-Reymond, G. Liebig). Y como estos órganos conservan por más tiempo su excitabilidad y aptitudes funcionales en el aire ó en el oxígeno, que no en otro gas indiferente que no contenga al último (Al. v. Humbold), debe admitirse que el cambio gaseoso mencionado es un fenómeno vital enlazado con la nutrición normal del músculo, y necesario para el desempeño de su actividad funcional.

El consumo de oxígeno de la sangre que circula por un músculo, aislado, del perro, es casi independiente de la temperatura, dentro de variaciones bastante extensas de ésta; pero en pasando de ciertos límites, aumenta y disminuye con la misma. La eliminación de oxígeno procedente de la substancia muscular disminuye con el enfriamiento (menos que el consumo de oxígeno), pero no vuelve á aumentar aunque se eleve de nuevo la temperatura (Rubner).

Conviene no confundir este cambio gaseoso con el de ácido carbónico y oxígeno que aparece en la carne muscular como fenómeno de putrefacción, mediante el desarrollo de ciertos organismos inferiores, muy poco después de la muerte, y que viene á continuar el cambio gaseoso fisiológico, ya extinguido por esta época (Hermann).

II. EN LOS MÚSCULOS ACTIVOS, siempre están dilatados los vasos sanguíneos (C. Ludwig y Sczelkow); dilatación que revela evidentemente un metabolismo nutritivo más enérgico. En armonía con esto, también se distingue el músculo activo, de aquel que se halla en reposo, por la existencia de ciertas transformaciones químicas.

1.° La *reacción* ligeramente alcalina ó neutra del músculo en reposo (y también del de fibra lisa), se convierte en *ácida* cuando entra en actividad (Du Bois-Reymond, 1859), acentuándose esta acidez según el trabajo realizado, dentro de ciertos límites (R. Heidenhain). Esta acidificación tiene su origen en el ácido fosfórico que se produce á consecuencia de la descomposición de la lecitina y de la nucleína (?) (Weyl y Zeitler).

La antigua opinión de que la acidez provenía del *ácido láctico* formado á expensas del glicógeno, es cuestionable. Marcuse la vuelve á sostener, mientras Warren y Astaschewsky hasta han encontrado menor proporción de ácido láctico en el músculo activo que en el que está en reposo. Según Moleschott y Battistini, este último ya contiene ácido libre (láctico), pero en el cansado hay más (sobre todo fosfórico y carbónico). Haciendo pasar por los vasos de un músculo recién extraído del cuerpo una disolución de sal común al 0,6 por 100, el líquido da reacción un poco ácida al principio, pero mucho más intensa al cabo de tres horas (Landsberger).

2.° El músculo activo *desprende mucha mayor cantidad de ácido carbónico*, que no el que está en reposo. *a*) Ya aumenta de un modo notable la excreción de ácido carbónico en el hombre ó en el animal con un ejercicio muscular muy enérgico (§ 133. 6). *b*) También la sangre venosa que vuelve de los músculos tetanizados de las extremidades contiene una gran proporción de ácido carbónico, mayor de lo que corresponde al oxígeno que se hubo absorbido en el mismo tiempo (C. Ludwig y Sczelkow). Se observa este mismo fenómeno hasta en los casos en que se mantiene artificialmente la circulación (v. Frey). *c*) Igualmente desprenden más ácido carbónico aquellos músculos separados del cuerpo, en que se han provocado contracciones (Matteucci, Valentín).

El desprendimiento de ácido carbónico no siempre es proporcional al trabajo muscular; es relativamente menor en los músculos que funcionan con más frecuencia (M. Gruber).

3.° El músculo activo *consume más oxígeno*.—*a*) El cuerpo en su totalidad absorbe mucho más oxígeno durante el trabajo (hasta cuatro y cinco veces más) (tomo I, págs. 267 y 475) (Regnault y Reiset). *b*) La sangre venosa que vuelve de los músculos de las extremidades es más pobre en oxígeno cuando dichos músculos se han contraído (C. Ludwig y Sczelkow y Al. Schmidt), y lo mismo si están separados del cuerpo y se sostiene su circulación artificialmente (v. Frey). Sin embargo, el aumento en el consumo de oxígeno por parte del músculo en actividad no es tan grande como la eliminación de ácido carbónico (v. Pettenkofer y v. Voit). Ese mayor consumo de oxígeno continua en el período de descanso que sigue inmediatamente al de actividad, y otro tanto sucede con la excreción de ácido carbónico (v. Frey).

En los músculos separados del cuerpo y *desangrados* no se puede demostrar un consumo de oxígeno por medio del gasómetro, y tampoco parece que sea absolutamente indispensable la presencia de ese gas para que el músculo se contraiga por poco tiempo, puesto que es capaz de continuar trabajando en el vacío ó en una mezcla gaseosa que no contenga oxígeno, y no se puede obtener este gas de su propio tejido (Hermann). El músculo de la rana substrae oxígeno de las substancias que lo abandonan con facilidad (y así decolora la disolución azul de índigo), siendo menos marcada esta acción con los músculos que están en reposo, que no con aquellos que se mantienen en un estado de continua actividad (Grützner, Gscheidlen).

4.° El músculo activo contiene *menos materias extractivas solubles en el agua* y *más solubles en el alcohol* (v. Helmholtz, 1845); también contiene menor cantidad de materias productoras de ácido carbónico (Ranke), de ácidos grasos (Sczelkow) y de creatina y creatinina (v. Voit).

5.° Durante la contracción, *es mayor la proporción de agua en el tejido muscular* (en armonía con la disminución que se observa en la sangre) (J. Ranke). Así que, en esta última aumentan los principios sólidos y disminuyen en la linfa (albúmina) (Fano).

La cuestión de hasta qué punto los *principios albuminóideos* de la subs-

tancia de los músculos producen la fuerza mecánica del trabajo muscular por la transformación de su energía química en tensión (tomo I, página 8. 4), ha sido resuelta por Pflüger en el sentido de que la *albúmina es el origen exclusivo de la fuerza muscular*, cuando se ingiere en suficiente cantidad.

Esa albúmina es una variedad especial, y debe ser formada por vía sintética, para lo cual la albúmina común viva se une con radicales alcohólicos, procedentes de otras moléculas de albúmina, ó, cuando ésta escasea, de la grasa y del azúcar, y se constituye *un principio albuminóideo vivo, más rico en carbono, que se descompone con mucha facilidad y que es el origen inmediato de la fuerza muscular.*

Cuando un perro flaco, alimentado solamente con carne magra, y que se encuentra en el estado de equilibrio nutritivo mientras se halla en reposo, comienza un período de trabajo muscular de varios días de duración, se hace preciso añadir cierta cantidad de carne magra á su ración diaria, si se quiere que el animal conserve su peso. Según esto, asimila más albúmina durante el período de trabajo y proporcionalmente á la intensidad de éste, y así es como se mantiene el equilibrio de su metabolismo nutritivo. *Es indudable que el trabajo ejecutado se realiza á expensas del mayor consumo de albúmina.* Si al perro que comienza ese período de ejercicio muscular no se le añade ese suplemento de albúmina á su ración diaria, disminuye el peso de su cuerpo (§ 240). – 525

También aumenta el consumo de principios albuminóideos, en el animal que está sometido á ejercicio muscular, cuando á la vez que dichas substancias se le dan *cantidades suficientes de grasa é hidratos de carbono* (Pflüger).

Como quiera que ingiriendo suficiente cantidad de substancias albuminóideas, el trabajo muscular sólo se realiza á expensas de éstas, y al descomponerse la albúmina no se producen ni grasa ni hidratos de carbono, no pueden ser estos últimos principios, el verdadero origen de la fuerza muscular (Pflüger).

El ácido carbónico formado por la descomposición de la albúmina abandona muy pronto al organismo por la respiración pulmonar; mientras que los productos nitrogenados que se forman al mismo tiempo son eliminados con más lentitud, tardando en serlo á veces dos días después de terminado el ejercicio muscular (tomo I, pág. 573).

Por consiguiente, una misma substancia albuminóidea y fácilmente descomponible es la que se oxida en el músculo; cuando de un modo lento y continuo, produce calor (§ 211. 1. 6,—§ 215, I. 3); pero bajo la influencia de la inervación se quema rápidamente y en mayor cantidad y, según esto, no sólo es un manantial de calor, sino también del trabajo mecánico. 456

Pflüger observó que en el perro de que se valía para sus experimentos, 1 gramo de nitrógeno de la albúmina descompuesta en el cuerpo, producía un trabajo de 7.456 kilográmetros. De la provisión total de fuerzas que representa la albúmina y que se pueden medir en forma de calorías por medio del calorímetro (§ 207), transforma el perro un 48,7 por 100 en trabajo vivo y el resto se convierte en calor (§ 218). Este 48,7 por 100 representa el *equivalente mecánico* de la albúmina (Pflüger).

En experimentos más antiguos Fick y Wislicenus, y lo mismo v. Voit y v. Pettenkofer, habían llegado al resultado de que *con un ejercicio intenso no aumentaba gran cosa la excreción de nitrógeno en las veinticuatro horas*, y sí en cambio el consumo de oxígeno y la eliminación de ácido carbónico, *con tal que el organismo tuviese*

á su disposición en los alimentos ó en su propia substancia cantidad suficiente de material carbonado, como glicógeno ó grasa. Por lo tanto, no podía ser la albúmina el origen de la fuerza muscular y sólo aumentaría la excreción de nitrógeno si el trabajo ocasionase *disnea* (Zuntz y Oppenheim), puesto que cuando el organismo recibe poco oxígeno, se descomponen los principios albuminóideos.

En los músculos de los animales se ha visto que *con el trabajo disminuye su proporción de glicógeno* (O. Nasse, Brücke y Weiss, Werther) (0,43 por 100) y que puede llegar á desaparecer por completo esta substancia con las convulsiones estrícnicas y lo mismo el glicógeno hepático (Külz). Luchsinger sostiene que aunque el músculo no contenga nada de glicógeno, puede continuar trabajando; según esto no es dicha substancia el orígen de la fuerza muscular.

La cuestión de si el glicógeno del músculo proviene del hígado (§ 177. 2) y ha sido transportado por la circulación, ó si es producido en el mismo tejido muscular por un desdoblamiento de las materias albuminóideas, no conocido todavía, se ha resuelto de muy distintas maneras. Külz ha visto en ranas *privadas del hígado*, que aumentaba la proporción de glicógeno en los músculos después de inyectar azúcar por la vía subcutánea; y en el estado de inanición también conservan por más tiempo su glicógeno que el del hígado. Este hecho habla á favor de una formación de glicógeno en la misma substancia muscular. De todas suertes, la circulación normal es una condición necesaria de la glicogenia muscular, puesto que disminuye después de ligar todos los vasos (Chandelon). El músculo que aún conserva algo de vida, transforma el glicógeno en azúcar (Seegen).

La mayor intensidad del cambio nutritivo se da á conocer por la cantidad de sangre que contienen los músculos durante su actividad funcional, y la mayor actividad con que se efectua la circulación de la misma en su interior (Ranke). En todo caso, la circulación normal es de necesidad para que los músculos puedan desarrollar fuerza de un modo ordenado y duradero, puesto que el músculo con sangre es capaz de efectuar mayor suma de trabajo que no el anémico (Ranke), por cuya razón también afluye de tres á cuatro veces mayor cantidad de sangre al músculo activo cuando éste forma parte del organismo, que no al músculo en reposo.

297. Rigidez muscular ó cadavérica (Rigor mortis).

Los músculos separados del cuerpo, tanto estriados como lisos, y lo mismo los que forman parte de él, cuando ya ha pasado cierto tiempo después de la muerte, se vuelven rígidos, y á esta rigidez especial, de que vamos á ocuparnos, se la llama rigidez muscular. Cuando todos los músculos de un cadáver se ponen rígidos, éste se queda tieso: *rigidez cadavérica*. La causa de este fenómeno consiste en una coagulación espontánea (Brücke) de la *miosina*, no alterada, en la misma fibra muscular (Kühne), y como consecuencia de una ligera formación de ácido. En esta solidificación queda calórico libre (v. Walther, Fick) (§ 224), por razón del paso del estado líquido de la miosina al sólido y por la simultánea condensación del tejido.

El músculo rígido presenta las *propiedades* siguientes: es más corto, grueso y un poco más denso que en el estado contrario (Schmulewitsch, Walther); más rígido, compacto, sólido, turbio y opaco (á causa de la coagulación de la miosina), incompletamente elástico, poco extensible y se desgarra con menos facilidad. Es inexcitable en absoluto y su corriente eléctrica está extinguida. Es menor su proporción de glicógeno; además el músculo de fibra estriada tiene entonces reacción ácida (Harlew, Du Bois-Reymond), (pero no el de fibra lisa) porque *aumenta* la formación de los *dos ácidos lácticos* (Böhm), y desprende ácido carbónico libre. Dando cortes en un músculo rígido sale espontáneamente un líquido: *suero muscular* (pág. 14).

Las primeras porciones de ácido láctico que se forman, convierten á las sales del músculo en sales ácidas, y sobre todo al fosfato potásico neutro en fosfato ácido y en lactato. El ácido láctico que después se siga formando, ya se queda sin combinar en el mismo músculo.

Era antes una opinión muy corriente, la de que en la rigidez muscular se transformaba parte ó todo el *glicógeno* en azúcar y después en *ácido láctico*, y todavía ha sostenido la misma opinión Werther en estos últimos tiempos. Pero la ha impugnado Böhm, quien sostiene que en los músculos, como en el hígado, se acumula pasajeramente glicógeno durante la digestión, de suerte que la proporción de dicha substancia es casi la misma en el tejido muscular como en dicha víscera. *La rigidez no trae consigo ninguna disminución en la cantidad de glicógeno* (con tal que se evite la putrefacción), y no puede, por consiguiente, provenir del mismo el ácido láctico del músculo rígido, sino probablemente *de la descomposición de los principios albuminóideos* (Demant, Böhm).

La cantidad de ácido no varía según que la rigidez se presenta lentamente ó con rapidez (J. Ranke); al iniciarse la acidificación se acentua mucho más la rigidez á causa de coagularse el albuminato alcalino del músculo. Cuando éste está rígido, produce tanta menor cantidad de ácido carbónico, cuanta mayor hubiese sido la desprendida en contracciones anteriores (Hermann).

En los músculos con rigidez cadavérica, se encuentra el *fermento de la fibrina* (Al. Schmidt y Grubert, Klemptner, Kügler), el cual es un producto del protoplasma, y donde éste se halle no falta nunca (Rauschenbasch). Hay por lo tanto, cierta analogía entre la coagulación de la sangre y la rigidez muscular (tomo I, pág. 60).

En esta rigidez hay que distinguir *dos períodos:* en el primero ya está algo tieso el músculo, pero todavía es excitable, la miosina aparece de consistencia gelatinosa y aun es posible una restitución al estado anterior; en el segundo período, la rigidez ya es bien manifiesta con todos los caracteres antes mencionados.

La rigidez se *inicia* en el hombre de diez minutos á siete horas después de la muerte, y su duración también varía de uno á seis días. Cuando ya desaparece, los músculos experimentan mayor grado de descomposición, su reacción es alcalina y vuelven á ponerse blandos (Nysten, Sommer). A la aparición de la rigidez precede siempre una *extinción de la actividad nerviosa;* por eso empieza por los músculos de la cabeza y de la nuca, va extendiéndose en dirección descendente (§ 327) y también desaparece en el mismo orden (Nysten). Cuando la muerte va precedida de *un trabajo muscular muy enérgico*, como sucede en el té-

tanos, el cólera y las intoxicaciones por la estricnina ó por el opio, la rigidez aparece muy pronto y es muy pronunciada; esa es también la causa de que se presente en el corazón con mayor rapidez relativamente. Los animales cazados por cansancio entran en rigidez á veces en muy pocos minutos. Los músculos blancos se ponen rígidos antes que los rojos (Bierfreund). La rigidez dura casi siempre tanto más, cuanto más tarde en presentarse. El feto que tenga menos de siete meses, nunca se pone rígido. Los músculos de la rana enfriados á 0°, no entran en rigidez hasta después de cuatro á siete días.

Experimento de Stenson. — Es notable la influencia del *contenido sanguíneo* en la aparición de la rigidez. Si se ligan las arterias de los músculos en los animales de sangre caliente, á los pocos minutos aumenta la excitabilidad de dichos músculos, después disminuye rápidamente (Schmulewitsch) y luego se suceden por su orden los dos períodos de la rigidez (Juan Swammerdamm, Nic. Stenson, 1667). Ligando las arterias de los músculos, vió Stannius desaparecer al cabo de una hora la excitabilidad de los nervios motores, y á las cuatro á cinco, la de la misma substancia muscular; á este estado sigue el de la rigidez.

Estados patológicos.— Los músculos también se vuelven rígidos cuando se obstruyen sus vasos por coagulación de la sangre que contienen (Landois, tomo I, pág. 212). Los *vendajes demasiado apretados* pueden producir verdadera rigidez en el hombre interrumpiendo la circulación sanguínea; los músculos se paralizan, se ponen tiesos, después se deshacen en trocitos (tomo I, pág. 541), y más tarde es reabsorbido el contenido de la fibra muscular (R. v. Volkmann). Los obstáculos circulatorios producidos por la acción contínua del frío, son la causa de las frecuentes parálisis llamadas *reumáticas* (Landois). A las contracciones musculares resultado de trastornos circulatorios pertenecen también las que se observan en el *cólera*, á consecuencia de que la sangre se estanca porque es muy espesa; lo mismo sucede con las contracciones que se observan en la *agonía* (Landois). Los nervios sensitivos todavía conservan su excitabilidad durante cinco á diez horas en miembros completamente anémicos (Stefani y Gavazzani).

Si en el primer período de rigidez se vuelve á dejar expedita la circulación sanguínea, pronto recobra el músculo todas sus propiedades (Stannius); pero no sucede así cuando ya había alcanzado su segundo período (Kühne). (En los animales de sangre fría no aparece la rigidez hasta varios días después de haber ligado los vasos). Brown-Sequard, inyectando á un cadáver humano sangre fresca y oxigenada, ha conseguido devolverle su blandura y excitabilidad, cuando ya se hallaba en el primer período de rigidez, y hasta cuatro horas después de la muerte. Heubel consiguió el mismo resultado con el corazón rígido de la rana, cuando ya habían pasado catorce horas y media. C. Ludwig y Al. Schmidt detuvieron la aparición de la rigidez en músculos separados del cuerpo, haciendo circular por ellos sangre oxigenada; pero cuando este líquido no contiene oxígeno, fracasa el experimento. La rigidez sobreviene relativamente antes ó después de grandes hemorragias. Si en el músculo muerto de una rana se sostiene la circulación artificial con líquidos débilmente alcalinos, deja de presentarse la rigidez (Schipiloff).

La *sección* previa de los *nervios motores* retarda la aparición de la rigidez en los músculos correspondientes (Brown-Sequard, Heineke, v. Eiselsberg, v. Gendre). La causa de este fenómeno consiste en que, por razón de la parálisis de los vaso-motores, contienen más sangre dichos músculos, que se conserva alcalina aun después de la muerte, mientras quedan exangües las arterias de las restantes partes del cuerpo (Landois). Apoya esta interpretación el hecho de que los peces cuya médula ha sido destruída muy pronto, tardan mucho más en ponerse rígidos que no aquellos que sucumben lentamente (Blane).

Los movimientos pasivos prolongados detienen la aparición de la rigidez, pero en cuanto cesan, tanto más pronto se presenta ésta. Una vez aparecida la rigidez, se puede hacer desaparecer por medio de movimientos forzados, y luego se presenta de nuevo (Brown-Séquard).

La rigidez puede provocarse *artificialmente:*

1.° Por medio del *calor* (*rigidez de calor*, Pickford), que coagula en el acto la miosina á 40° C. en los animales de sangre fría; de los 45 á 47 C. en los mamíferos, y á los 53° C. próximamente en las aves. Una cosa análoga sucede con el protoplasma, v. gr., el de los amibos, que también se vuelve rígido con el calor.

Para que se produzca la rigidez por el calor, tiene que ser éste tanto más intenso, cuanto más tiempo haya transcurrido desde que se hubiesen separado los músculos del cuerpo (Schmulewitsch). Sometiendo á la acción del calor los músculos ya rígidos de la rana, se van coagulando sucesivamente los demás principios albuminóideos de los mismos (pág. 15), con lo cual todavía se acentua más su rigidez.

2.° Cuando un músculo se empapa de *agua*, aparece reacción ácida, y sobreviene *la rigidez por el agua* (Swammerdamm, Pickford), debida á la coagulación de las substancias globulínicas.

Esta especie de rigidez se distingue de las demás, en que los músculos conservan sus propiedades electro-motoras, lo mismo que los intactos (Biedermann).

Ligando el muslo de una rana, después de quitar la piel que cubre á los músculos, y sumergiendo el miembro en agua caliente, se ponen rígidos. Si esta rigidez no es muy acentuada todavía, puede desaparecer, soltando la ligadura para que se restablezca la circulación sanguínea. En cambio, los grados más avanzados de rigidez, sólo se pueden hacer desaparecer, sumergiendo el miembro en una disolución de sal común al 10 por 100, que disuelve el coágulo de miosina (pág. 15) (Preyer).

3.° Los *ácidos*, aunque sean poco enérgicos, como el ácido carbónico, provocan rápidamente la aparición de una rigidez: *rigidez ácida*. Esta es, probablemente, distinta de la rigidez normal, puesto que con ella no se desarrolla en el músculo nada de ácido carbónico libre (Hermann). Inyectando disoluciones al 0,1 á 0,2 por 100 de ácidos láctico ó clorhídrico, en los vasos de los músculos de rana, en el acto se ponen rígidos, y esta rigidez desaparece con disoluciones ácidas al 0,5 por 100, ó de sosa ó de sal amoníaco al 13 por 100. Los ácidos se combinan con la miosina (Schipiloff).

§ 251. VI

DR. PEREZ ARAPILES
C/ Lancia núm. 12 - 3.º
Teléfono 20 85 19
LEON

4.º También se produce una rigidez rápida, *helada*, *del helado de los músculos*; y es favorecida, asimismo, por los agentes traumáticos.

Activan la aparición de la rigidez: la cafeína, la quinina, la digitalina, la veratrina, el ácido prúsico (Kölliker), y las esencias de mostaza, de hinojo y de anis; y, poniéndose en *contacto directo* con los músculos, el sulfocianuro potásico (C. Bernard, Setschenow), el amoníaco, las sales metálicas, el alcohol, el éter y el cloroformo (Kussmaul, Ranke). El ácido acético, el cloroformo y el calor, producen rigidez con acortamiento; el amoníaco, en cambio, la determina sin acortamiento (Bernstein).

La *actitud del cuerpo durante la rigidez*, *suele ser aquella en que le sorprendió la muerte*; la situación de los miembros, es la resultante de las diversas tensiones musculares, y si tenían otra, es frecuente que la cambien al presentarse la rigidez, y sobre todo, se doblan ligeramente los brazos y los dedos (Sommer). Cuando la rigidez aparece antes, y con mayor intensidad en algunos grupos musculares, puede ser causa de ciertas actitudes muy singulares, como la actitud de gladiador de los que han fallecido del cólera. Si la rigidez se produce rápidamente, queda á veces el cuerpo en la misma posición que tenía en el momento de la muerte (verbigracia, en el campo de batalla). Pero nunca pasa, en estos casos, el músculo inmediatamente del estado de contracción al de rigidez; siempre media entre ambos un período, por corto que sea, de relajación.

Los músculos, escaldados por haberlos sumergido en agua hirviendo, ya no se ponen rígidos; tampoco se vuelven ácidos (Du Bois-Reymond), ni producen ácido carbónico libre (Hermann). Igualmente, ya no se vuelven ácidos los músculos coagulados por el alcohol fuerte, ó por la inmersión en disoluciones concentradas de sal común, de nitrato potásico, de sulfato sódico, ó de sulfato magnésico.

Hermann ha llamado la atención, acerca de la analogía que hay entre el músculo contraído activamente y el rígido; ambos producen ácido carbónico libre, y los demás ácidos debidos al mismo origen; la forma de los músculos es, en los dos casos, más corta y más gruesa: son más densos, menos elásticos, y se desarrolla calor en el uno y en el otro; el contenido del músculo contraído, como el del rígido, tiene reacción eléctrica negativa, si es comparada con la del músculo en reposo, ó que no está rígido. Por todos estos motivos, cree dicho autor que la contracción es una rigidez transitoria, fisiológica, y que desaparece muy pronto, á la manera que antiguos investigadores, y recientemente Bernstein, consideran á la rigidez, en cierto modo, como el último acto vital de los músculos.

El músculo, al ponerse rígido, lo mismo que el vivo al contraerse, eleva cierto peso; pero las alturas á que sube éste, son mayores con los pesos pequeños, y menores con los grandes en el primer caso, que no en el segundo, cuando el músculo vivo es sometido á la acción del excitante máximo (Walker). Si al músculo caliente y rígido se le impide que siga contrayéndose, y luego, al cabo de cierto tiempo (verbigracia, unos diez minutos), se le suelta, se contrae por virtud de la fuerza elástica, con lo cual ha de enfriarse (A. Fick).

La desaparición de la rigidez muscular, se efectua por de pronto gracias á la mayor formación de ácido que redisuelve la miosina. Después, y bajo la influencia del desarrollo de micro-organismos, sobreviene la *putrefacción*, produciéndose al mismo tiempo, amoníaco, hidrógeno sulfurado, nitrógeno y ácido carbónico.

La pérdida de la excitabilidad que precede en los músculos á su rigidez, sobreviene en la siguiente serie, en el hombre (criminales decapitados): ventrículo iz-

quierdo, estómago, intestino (hasta cincuenta y cinco minutos), vejiga de la orina, ventrículo derecho (sesenta minutos), iris (ciento cinco minutos), músculos de la cara y de la lengua (ciento ochenta minutos), los estensores de los miembros, cerca de una hora antes que los flexores; músculos del tronco (de cinco á seis horas) (Onimus). El esófago es el que permanece excitable por más tiempo.

298. Excitabilidad y excitación del músculo.

Se entiende por *excitabilidad* del músculo su facultad de acortarse bajo la influencia de excitantes que le interesen directamente (y no por medio de los nervios). *Excitación* es el estado de actividad funcional en que entra un músculo cuando experimenta la influencia de un *excitante*. Al entrar en actividad un músculo bajo dicha influencia, se transforman sus fuerzas químicas de tensión en calor y trabajo; obran, por lo tanto, los excitantes, como *fuerzas de desprendimiento*. La temperatura media, propia del organismo, es la más favorable para la excitabilidad muscular, que disminuye en cuanto asciende ó desciende dicha temperatura.

En tanto que se *mantenga constante la corriente sanguínea* en el músculo, se observa que, al excitarle, primero *aumenta* su capacidad funcional (en parte, porque la circulación es más activa á causa de la *dilatación* vascular) y después disminuye (Ranke, Rossbach, Hartenek).

Esta disminución de la capacidad funcional es un signo de cansancio (§ 306). Si se continua empleando la misma excitación, se observa una variacion periódica en la actividad muscular, de tal suerte, que después de una serie de contracciones más débiles se presentan otras más enérgicas, luego vuelven las débiles otra vez, y así sucesivamente. Procede este fenómeno de que mejora periódicamente la nutrición del músculo á consecuencia de oscilaciones análogas en su circulación (Bordoni).

También se observa en los *músculos separados del cuerpo*, sobre todo cuando ya no tienen vida los grandes troncos nerviosos, que la excitabilidad aumenta un poco al principio, después de obrar cualquier estímulo, de manera que cuando se sucede una serie uniforme de excitaciones, las contracciones van aumentando de intensidad en el primer período (Wundt). Así puede suceder que mientras la primera excitación sea tan débil que no produzca efecto, la segunda ya lo determine (Fick).

Los músculos de la rana, *enfriados*, y aquellos que *se empiezan á secar*, presentan una excitabilidad muy exagerada (Grünhagen, Biedermann). Así explico yo los extraños movimientos musculares que se observan á menudo en los cadáveres de coléricos. Los músculos enfriados de la rana (Du Bois-Reymond) y de la tortuga (Brücke) pueden conservar su excitabilidad durante diez dias; pero los de animales de sangre caliente mueren generalmente al cabo de una y media á dos horas y media (véase anteriormente). (Respecto á la excitabilidad del músculo cardiaco, véase el § 62). Los músculos de la rana, aislados y curarizados, presentan á 0° su altura mínima de contracción, y la máxima á los 30°; en pasando de esta última va disminuyendo poco á poco la energía de la contracción, hasta que se presenta

la rigidez por el calor. También á los 30° es cuando es menor la duración de la contracción y del período latente (§ 300) (Gad y Heymans).

Desde Alberto de Haller se viene atribuyendo al músculo una excitabilidad propia, sin intermedio de los nervios motores. En los tiempos modernos se han tratado de aducir nuevos datos á favor de esa *irritabilidad muscular* específica: 1.° Hay excitantes químicos que no provocan ninguna contracción muscular cuando se aplican á los nervios motores, y sí cuando afectan á los mismos músculos, tales son: el amoníaco, el agua de cal y el fenol. 2.° Los extremos del músculo sartorio de la rana, en los cuales el microscopio no descubre ninguna terminación nerviosa, también se contraen aplicándoles excitantes directamente (Kühne). 3.° El *curare* paraliza los nervios motores, quedando excitable el mismo músculo (Cl. Bernard, Kölliker). También cuando en un animal se someten á la acción del frío los músculos ó se interrumpe su circulación sanguínea, se destruye la excitabilidad de los nervios, pero no al mismo tiempo que la de dichos órganos. En general, el músculo excitado directamente se contrae por más tiempo, cuando ya está muerto su nervio motor. 4.° Después de haber cortado los nervios, y cuando ya estos estén en completa degeneración grasienta, todavía conservan su excitabilidad los músculos (Brown-Séquard, Bidder). 5.° A veces las excitaciones eléctricas sólo obran sobre los nervios y no sobre los mismos músculos (Brücke).

Toda la cuestión de la irritabilidad específica de la substancia muscular, ha entrado en una nueva fase, merced á las recientes investigaciones de Gerlach acerca de las terminaciones de los nervios motores en los músculos. Desde que sabemos que éstos envían una ramificación interfibrilar que recorre toda la substancia de la fibra muscular, ya no es posible seguir hablando de una excitación aislada del músculo: todo estímulo que afecte á éste, interesa al mismo tiempo al nervio, puesto que el mismo músculo no viene á ser otra cosa que el órgano terminal del nervio motor. También se han encontrado en los animales inferiores, como la hidra (Kleinenberg) y la medusa (Eimer), elementos unicelulares, *células neuro-musculares*, en los cuales las substancias muscular y nerviosa se encuentran reunidas en el mismo elemento anatómico.

Respecto á los excitantes eficaces para los músculos, y sin perjuicio de que se compare lo expuesto acerca de los excitantes de los nervios en el § 326, es del caso hacer constar lo siguiente: — 112 —

1.° Hay un EXCITANTE NORMAL, que es aquel que en el estado fisiológico actua sobre el músculo por medio del nervio motor correspondiente: movimiento voluntario, impulso motor automático, excitación refleja. La naturaleza de este excitante es desconocida. (Respecto á la acción pseudo-motora, véase el § 351. 4): 144.

2.° EXCITANTES QUÍMICOS. — Lo son todos aquellos agentes químicos que alteran con suficiente rapidez la constitución química del tejido muscular. Según Kühne, los ácidos minerales (el clorhídrico al 0,1 por 100), el acético, y el oxálico, las sales de hierro, zinc, cobre, plata y plomo, y la bilis (Budge), son todos ellos excitantes musculares, aun en disoluciones débiles, y sólo obran sobre los nervios en disoluciones concentradas. El ácido láctico y la glicerina concentrados *sólo* obran sobre los nervios, y diluídos no excitan más que los músculos. Las sales neutras de los metales alcalinos obran de un modo intenso é igual sobre músculos y nervios; el alcohol y el éter tienen igual acción, pero débil, sobre ambos tejidos. El agua, inyectada en los vasos de los músculos, provoca

contracciones normales (v. Wittich). Una disolución de sal común al 6 por 1000, es indiferente para la substancia muscular, aun después de estar muchos días en contacto con ésta (Kölliker, O. Nasse), y sobre todo, cuando se añade cortísima cantidad de cloruro ó de fosfato cálcicos (Ringer). Los ácidos, las sales alcalinas, y el extracto de carne, disminuyen al mismo tiempo la excitabilidad del músculo, mientras que otros excitantes de éste, á pequeñas dosis, la aumentan (Ranke). También son excitantes del músculo los *gases y vapores*, provocando simples contracciones (v. gr., el ácido clorhídrico) ó contracturas desde el primer momento (v. gr., el cloro). Cuando el músculo permanece mucho tiempo sometido á la acción de ciertos gases, se pone rígido. Sobre los *nervios* sólo obran como excitantes los vapores de sulfuro de carbono; los demás, en su mayor parte (v. gr., el ácido clorhídrico), los matan sin haberlos excitado (Kühne y Jani).

Para estudiar la acción de los excitantes químicos sobre un músculo, no es procedente sumergir en la disolución del agente excitante la superficie de sección transversal del mismo (Hering, corriente muscular, § 333); más bien debe ponerse dicha disolución en contacto de un punto circunscrito de la superficie intacta del músculo. Entonces no tarda muchos segundos en manifestarse el efecto excitante, por medio de la contracción ó de la agitación fibrilar de las capas superiores del músculo (Hering).

Sumergiendo el sartorio de una rana curarizada, á la temperatura de 10° C., en una disolución de 5 gramos de sal común, 2 de fosfato sódico alcalino y 0,5 de carbonato sódico para 1 litro de agua, entra el músculo en contracciones *rítmicas*, que hasta pueden persistir varios días seguidos; contracciones que recuerdan hasta cierto punto los movimientos rítmicos del corazón (Biedermann).

3.° Excitantes térmicos.—Si se somete á un calor repentino el músculo de rana, separado del animal, á los 28° C. ya se presenta un *acortamiento* gradualmente progresivo, que se acentua á los 30° C. y alcanza su máximum á los 45° C. (Eckhard, Schmulewitsch); en el último caso tarda muy poco en seguir á la contracción la rigidez muscular. Los músculos de *fibra lisa* de los animales de sangre caliente se acortan bajo la influencia del calor, lo mismo que se *alargan* los de los animales de sangre fría con el mismo agente. (Grünhagen, Samkowy, Pfalz). El músculo de rana, enfriado á 0°, y mediante esta influencia, muy impresionable á los estímulos mecánicos (Grünhagen), se excita con temperaturas inferiores á 0°, hasta que sobreviene la congelación (Eckhard).

Cl. Bernard observó el fenómeno notable de que los músculos de animales enfriados artificialmente (tomo I, pág. 486) conservan su excitabilidad muchas horas después de la muerte. El calor hace que la excitabilidad desaparezca rápidamente, pero también que aumente de un modo pasajero.

4.° Los excitantes mecánicos de todo género, producen una *sacudida* muscular cuando obran de un modo brusco y aislado, y el *tétanos* si se repite su acción. Las irritaciones locales *intensas* producen, en el punto en que se aplican, una contracción en forma de prominencia, la cual dura mucho tiempo (§ 299. 3. *a*). Una distensión moderada del músculo

DR. PEREZ ARAUS
c/ Lacia núm. 12 - 3.º
30 85 19

aumenta su excitabilidad. La irritación mecánica del músculo envenenado con la *veratrina*, produce en sus fibras un movimiento ondulatorio que dura hasta un minuto (Milrad).

5.° Excitantes eléctricos. (Véase excitantes de los nervios § 326).

El curare, veneno de flecha que usan los indios de la América del Sur, es el jugo desecado procedente de la raiz del *strychnos crevauxi*; inyectado en la sangre ó por la vía subcutánea, empieza paralizando las extremidades intra-musculares de los *nervios motores* (quedando excitables los mismos músculos) y permaneciendo intactos los nervios centrales y los de las vísceras (corazón, intestino) y de los vasos. (Kolliker, Cl. Bernard). Como ya se comprende desde luego, la parálisis de los músculos respiratorios muy pronto provoca en los animales de sangre caliente la asfixia, que no irá acompañada de convulsiones. Como en la rana, el órgano respiratorio más importante es la piel, si la dosis de curare no es muy excesiva, puede llegar á restablecerse por completo el animal, después de unos días de inmovilidad, durante los cuales el veneno es eliminado por la orina (Kühne, Bidder). Dosis más considerables paralizan también los nervios inhibitorios del corazón y los vaso-motores. En los peces eléctricos se paralizan los nervios que provocan la descarga del aparato respectivo (Marey). En la rana también se paralizan los corazones linfáticos. Si las dosis que son mortales por la vía subcutánea se introducen por el estómago, no se produce intoxicación (Cl. Bernard, Kölliker), porque conforme se va absorbiendo el tóxico por la mucosa gástrica, se va eliminando en la misma proporción por los riñones. (Por esta causa es también inofensiva la carne de los animales cazados con flechas envenenadas). Pero si se ligan los uréteres, se acumula el veneno en la sangre y sobreviene la intoxicación (Hermann). Esta se presenta igualmente, aun por la vía intestinal, cuando son muy considerables las dosis ingeridas.

La *atropina* parece ser un veneno específico de la fibra muscular *lisa*, pero afecta en diverso grado á los diferentes músculos (Szpilmann y Luchsinger).

Merece atención especial la excitabilidad que se observa en los músculos después de las lesiones de los nervios; á los tres ó cuatro días, la excitabilidad del músculo paralizado está disminuída para los estímulos directos ó indirectos (por los nervios): después sigue un período en el que la corriente constante es más activa que en el estado normal, mientras la inducida es casi ó en absoluto ineficaz (§ 341. I), y también se observa entonces una excitabilidad exagerada para los estímulos mecánicos directos. Esta mayor excitabilidad se encuentra hasta cerca de la séptima semana, en que empieza á disminuir hasta que desaparece por completo hacia los meses sexto á séptimo. En el músculo se presenta desde la segunda semana una degeneración grasienta que va progresando hasta convertirse en una atrofia completa. En los experimentos en animales, encontró Schmulewitsch que, inmediatamente después de cortar el nervio ciático, aumentaba la excitabilidad de los músculos inervados por él.

299. Modificaciones en el músculo durante su contracción.

I. *Fenómenos macroscópicos. — 1.° El músculo en actividad se acorta y al mismo tiempo aumenta de espesor* (Erasistrato, 304 años antes de J. C.).

La *magnitud del acortamiento*, que en ranas muy irritables puede ser de 65 á 85 por 100 (por término medio un 72 por 100) de toda la longitud del músculo, de-

pende de diversas causas: *a) cuanto más intenso es el excitante*, tanto más se acorta el músculo dentro de ciertos límites; *b)* á medida que *aumenta el cansancio del músculo*, después de un trabajo muy constante y enérgico, es menor el acortamiento con excitantes de la misma intensidad; *c) elevando la temperatura*, se observa el máximo de contracción á los 30° C. con el músculo de la rana, pero si sigue en aumento el grado de calor, vuelve á disminuir el acortamiento (Schmulewitsch).

2.° El *músculo al contraerse, disminuye un poco de volumen* (Juan Swammerdamm, muerto en 1680), y en armonía con esto, aumenta su *peso específico*; en el músculo de la marmota, este aumento es de 1062 á 1061, que es la densidad del músculo no contraído (Valentin). La disminución de volumen al contraerse, no es más que de $^1/_{1370}$.

Método de investigación. — Swammerdamm introducía el músculo de rana en un tubo de vidrio *lleno de aire*, que se continuaba con otro mucho más estrecho, en el cual había una gotita de líquido. El nervio salía del recipiente de vidrio por una aberturita lateral; excitándolo mecánicamente, se contraía el músculo y descendía la gotita de líquido. Erman procedía de un modo parecido introduciendo trozos excitables del cuerpo de una anguila en un tubo análogo, que estaba lleno de un *líquido indiferente*, lo mismo que otro tubito delgado que comunicaba con dicho recipiente y llegaba hasta cierta altura. Al contraerse la musculatura del trozo de anguila, descendía dicho líquido. Yo acostumbro demostrar la reducción de volumen del músculo contraído por medio de la *llama manométrica*; el cilindro de vidrio que encierra al músculo deja paso á dos electrodos, fijos herméticamente en su pared; comunica por un punto con un conducto de la cañería del gas, y por otro con un tubito de vidrio, en cuya abertura se enciende el gas, cuya presión ha de ser poco elevada. A cada contracción muscular ocasionada por la excitación eléctrica, disminuye la llama. Introduciendo en esa cámara de vidrio un corazón que esté latiendo (y como ya se comprende, vacío de aire en su interior), se observa que cada latido va acompañado de una disminución en las dimensiones de la llama.

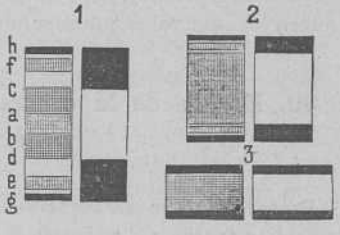
3.° En circunstancias normales, toda excitación que afecte á los nervios motores ó á los músculos, suele determinar la contracción de estos en todas sus fibras. Según esto, el músculo trasmite la excitación recibida á todos los elementos que le componen. Sin embargo, se observan dos variantes en este concepto: *a)* cuando el músculo está muy cansado ó se está muriendo, toda *excitación mecánica violenta* (y lo mismo sucede con las eléctricas ó químicas) no determina la contracción del músculo más que en el punto excitado, de tal manera, que se presenta en éste un abultamiento de las fibras como una prominencia (*contracción ideomuscular* de Schiff). Es notable que se observe también este fenómeno cuando se golpea de canto con un cuerpo de borde romo y en dirección perpendicular á las fibras del músculo, en el hombre sano (Mühlhauser, Auerbach), sobre todo en los sujetos quebrantados y mal nutridos; *b)* en ciertas condiciones, algunas no bien conocidas todavía, se observan en el músculo *sacudidas fibrilares*, ó sea contracciones cortas que recorren alternativamente los diversos hacecillos de un modo rápido. Así sucede en los músculos de la lengua, en el perro, cuando se corta el nervio hipogloso (Schiff) y en los de la cara, después de haber cortado el nervio facial. (Para la explicación de este fenómeno véase el § 351. 4).

Según Bleuler y Lehmann, cuando se corta el nervio hipogloso en el conejo, se presentan contracciones fibrilares á las sesenta ú ochenta horas, que duran varios meses, y persisten aun después de restablecida la continuidad del nervio, cuando ya la excitación de éste por encima de la antigua sección, vuelve á provocar movimientos en la mitad correspondiente de la lengua. La excitación del lingual exagera las contracciones fibrilares. Este nervio contiene fibras vaso-dilatadoras procedentes de la cuerda del tambor (§ 351. 5). Schiff cree que la causa de dichas sacudidas fibrilares consiste en el mayor aflujo de sangre á la lengua. Así también observó Sigm. Mayer en conejos, á los que comprimía las carótidas y las subclavias, que se contraían convulsivamente los músculos de la cara cuando se volvía á dejar expedita la circulación en dichos vasos. La sección de los nervios motores en la cara no hace desaparecer ese fenómeno, y en cambio cesaba en cuanto se volvían á comprimir las arterias. (Este fenómeno recuerda la *secreción salival paralítica*, § 150. *A*). También se han observado hechos parecidos en el hombre, en circunstancias patológicas. Pero en estos casos aparecen, á veces, las sacudidas fibrilares sin ningún otro signo de alteración morbosa.

II. *Fenómenos microscópicos.*—1.° Cada *fibrilla del músculo* presenta los mismos fenómenos que el todo de que forma parte; al contraerse se hace más corta y más gruesa. 2.° Es difícil la observación de lo que pasa en cada *elemento muscular*. Desde luego es un hecho averiguado que, en el momento de la contracción, se hacen más bajos y más anchos, con lo cual la estriación transversal tiene que aparecer más junta (Bowman, 1840). 3.° Respecto á lo que pasa en las distintas partes que constituyen cada elemento muscular, durante la contracción, todavía hay divergencia entre los distintos observadores.

La fig. 177. 1, representa, según Engelmann: en el lado izquierdo, un elemento muscular en reposo; desde *c* hasta *d*, comprende la substancia contráctil y birefringente, en cuyo centro se encuentra el disco medio *ab; h* y *g* son los discos terminales. Además, en cada una de las capas claras monorefringentes se encuentra (pero sólo en los músculos de los insectos), un disco accesorio *f* y *e*, muy poco birefringente. En el lado derecho de la fig. 1 aparece el mismo elemento iluminado con luz polarizada, en donde se ve la zona media (que comprende la substancia contráctil propiamente dicha), clara, á causa de la doble refracción, y lo restante del elemento muscular, negro, por ser monorefringente. La fig. 177. 2, representa el período de *transición* y 3 el de *contracción* del elemento muscular; ambos están iluminados, en el lado izquierdo con luz común y en el derecho con luz polarizada (§ 295. 2).

Figura 177.



Fenómenos microscópicos de la contracción muscular, en cada uno de los elementos de la fibrilla: 1, 2 y 8, según Engelmann.

Según Engelmann, durante la contracción (3), la substancia monorefringente refracta en su conjunto la luz con mayor intensidad, y la birefringente de un modo menos intenso. A consecuencia de esto, la fibra, cuando se encuentra en cierta fase de su contracción, aparece homogénea á la luz *común*, y con una estriación transversal muy poco marcada;

período homogéneo ó de transición (período de disolución de Merkel). A medida que se acentua el acortamiento (3), reaparecen de un modo más manifiesto las estrías transversales, que corresponden á los planos monorefringentes. En cualquier período de la contracción, y, por lo tanto, aun en el mismo período de transición, se reconocen por medio del polarizador las capas mono y birefringentes, como zonas bien limitadas y que alternan de un modo regular (en 1, 2 y 3 á la derecha). Estas zonas no cambian de situación al contraerse el músculo. La altura de ambas capas disminuye durante la contracción, siendo esta disminución mucho más rápida en la substancia monorefringente que en la birefringente. El volumen total de cada elemento no varía de un modo apreciable durante la contracción. Según eso, las capas birefringentes aumentan de volumen á expensas de las monorefringentes, de donde se deduce que en el momento de la contracción pasa cierta cantidad de líquido de las primeras á las segundas: las primeras se retraen y las segundas se hinchan.

Procedimiento de investigación.—La mejor manera de observar todos estos fenómenos consiste en humedecer de pronto con alcohol ó con ácido hiperósmico diluído, fibrillas musculares vivas (de insectos) que se hallen en diversos períodos de reposo ó de contracción: de este modo se coagulan dichas fibrillas y se fijan en el período en que han sido sorprendidas. También se puede observar el mismo movimiento muscular por medio del microscopio, para lo cual se excitan por medio de la electricidad músculos muy delgados y distendidos, ó, mejor todavía, se observan las contracciones musculares independientes que se producen en algunas partes transparentes de los insectos, tales como la cabeza de la larva de los mosquitos.

Un músculo delgado y muy distendido, como el sartorio de la rana, da un *espectro doble* (como el enrejado de vidrio de Nobert) cuando recibe la luz por una hendidura estrecha colocada inmediatamente por delante de las fibras musculares, y cuya dirección sea perpendicular á la de éstas. Al contraerse el músculo por una excitación mecánica, por ejemplo, se ensancha el espectro, lo cual prueba que se reducen los intervalos que separan á las estrías transversales (Ranvier).

300. Marcha de la contracción muscular.—Miografía.—Sacudida simple.—Tétanos.

Procedimiento de investigación.—*Para estudiar la marcha cronológica de la sacudida muscular se utiliza el miógrafo de v. Helmholtz* (fig. 178).

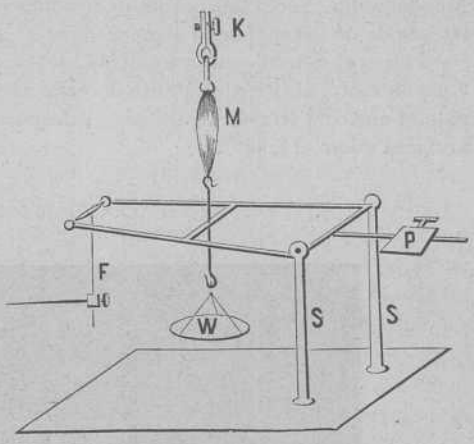
El músculo (*M*), sujeto por su extremo superior (*K*) y libre en el inferior, está unido por éste con una palanca construída á manera de báscula, que se puede cargar con pesos (*W*), y que es elevada al contraerse el músculo. Del extremo libre del brazo de palanca pende un estilete articulado con el mismo, el cual traza el movimiento del extremo inferior del músculo sobre la superficie aislada de un cilindro que se mueve de un modo uniforme por medio de un aparato de relojería. De este modo, el músculo inscribe su curva de contracción ó *miograma* en el cual las *abscisas* representan las unidades de tiempo, cuyo valor en segundos es conocido, según la velocidad de rotación del cilindro, y las *ordenadas* representan el grado de acortamiento en los diferentes movimientos de la contracción.

La superficie destinada á la inscripción del miograma, debe moverse rápidamente, porque también es muy rápida la contracción del músculo. Para ello se emplea

ó una placa fija en el vástago de un péndulo (miógrafo de péndulo de Fick) ó una superficie que descienda por la acción de la gravedad (miógrafo de caída de Jendrássik) ó por medio de un resorte (Du Bois-Reymond), ó colocada en un disco giratorio (Rosenthal). Debajo del miógrafo traza la curva del tiempo un diapasón vibrante. Además, el aparato tiene un mecanismo para que se marque, á la vez que la curva, el momento en que se efectua la excitación.

Es un procedimieto muy conveniente el de emplear la placa vibrante de un diapasón para que en ella se trace la curva (fig. 175. I) (Hensen y Klünder). De este modo se inscriben las unidades de tiempo en todas sus partes, puesto que cada vibración corresponde á 0,01613 de segundo. El momento de la excitación es aquel en que empieza á vibrar el diapasón (que al principio se mueve lateralmente cierto trecho sin entrar en vibración). Para ello, separando una abrazadera de enlace, al mismo tiempo que se abre una corriente, se envía una descarga de inducción (de abertura) de la espiral secundaria á través del músculo. También se puede hacer que vibre el diapasón golpeando una de sus ramas, y si el nervio está aplicado al instrumento puede servir dicho golpe de estímulo mecánico del mismo.

Figura 178.



Esquema del miógrafo de v. Helmholtz.

M, Músculo sujeto en K. — F, Estilete suspendido de la palanca. — P. Contrapeso destinado á equilibrar la palanca. — W, Platillo para sostener los pesos que ha de elevar el músculo. — S, S, Columnas que sostienen la palanca.

Como la palanca del miógrafo produce sus oscilaciones propias, que alteran la curva de contracción, se puede hacer que el músculo actue sobre un resorte. Así v. Wittich (1865) hizo que el músculo elevase el resorte (*y*) del esfigmógrafo de Marey (fig. 36, tomo I, pág. 138) para trazar el miograma.

También se puede obtener éste en el hombre, en cuyo caso el aumento de espesor que se produce en el músculo al contraerse, se transmite á un sistema de palancas ó á una ampolla compresible (Marey, Edinger), por ejemplo, á la del panesfigmógrafo de Brondgeest (fig. 37, tomo I, pág. 137).

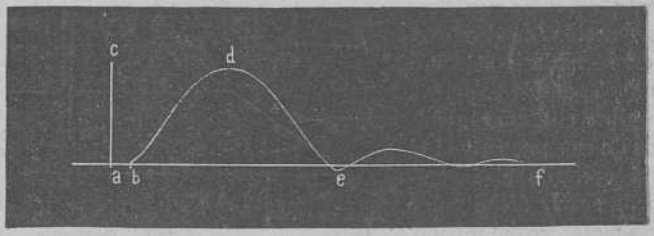
I. Cuando afecta al músculo *una sola excitación momentánea*, produce una *simple sacudida*, es decir, que se acorta rápidamente y vuelve á su anterior estado en su misma rapidez.

En la CURVA MIOGRÁFICA, que inscribe el músculo cargado solamente con la ligera palanca inscriptora sin ningún otro peso, se pueden reconocer las siguientes fases ó períodos (v. Helmholz, 1850): 1.º *Período de excitación latente* (fig. 179. *a b*); el músculo no se contrae en el momento de la excitación, sino un poco más tarde. Este período es próximamente de 0,01 segundos cuando todo el músculo experimenta la acción directa de un estímulo momentáneo, como una descarga de inducción, por ejemplo.

En el hombre varia la duración de este período entre 0,004 y 0,01 segundos. Si en el experimento se procura que el músculo se pueda contraer sin invertir tiempo para que desaparezca su estado de relajación, puede disminuir el período latente hasta menos de 0,004 segundos (Gad). Cuando el músculo permanece unido al cuerpo, libre en lo posible de toda influencia exterior perjudicial y regado por la sangre, puede acortarse dicho período hasta 0,0033 (Place) y 0,0025 segundo (Klünder).

Causas que influyen en la duración del período latente. — Disminuye éste con el *calor* y á medida que aumenta la *intensidad* de la excitación; aumenta en cambio con el *frío*, la *fatiga* y el *peso* que tenga que levantar el músculo (Lauterbasch, Mendelssohn, Yeo, Cash). También es más largo (hasta 0,04 segundos) el período latente de una sacudida de abertura que el de una sacudida de cierre. Antes de contraerse el músculo en su totalidad, deben de contraerse *algunos de sus elementos*, y por lo tanto, el período latente de cada uno de estos, debe ser menor que el de todo el músculo (Gasd, Tigerstedt). (Respecto á la propagación de la excitación nerviosa véase el § 339).

Figura 179.



Curva miográfica.

2.° Desde que empieza la contracción hasta su punto más culminante (*b d*), se observa que el músculo al principio se contrae con más lentitud, luego con más rapidez y al final otra vez de un modo más lento, de suerte que la rama ascendente de la curva tiene la forma de una *f*. A este período se le llama de *energía creciente* y dura poco más ó menos de 0,03 á 0,04 segundos, siendo tanto más corto cuanto menor sea la contracción (excitación débil), menos considerable el peso que levante el músculo y cuanto menos fatigado se encuentre éste.

3.° Desde lo más culminante del acortamiento, vuelve á relajarse el músculo, muy despacio al principio, después más deprisa y al final otra vez con más lentitud, de donde resulta que la rama descendente de la curva, tiene la forma de una *f* invertida. A este *período* se le llama de *energía decreciente* (*d e*), y casi siempre es más corto que el anterior.

4.° Después de trazada la rama descendente de la curva, se suceden algunas oscilaciones consecutivas (desde *d* hasta *f*), las cuales provienen de la elasticidad del músculo, y van desapareciendo poco á poco. Este es el *período de las oscilaciones elásticas consecutivas*, que algunos creen de origen artificial y debidas al aparato registrador.

Si el excitante interesa al nervio motor en vez de al músculo, la sacu-

dida es tanto más fuerte (Pflüger) y dura tanto más tiempo cuanto más cerca de la médula se hubiese excitado el nervio.

Hasta ahora hemos supuesto que el músculo sólo estaba cargado con la ligera palanca inscriptora. Pero si se *sobrecarga*, es decir, si se cuelgan pesos de la palanca de modo que no obren sobre el músculo cuando está en reposo, pero que tengan que ser elevados cuando éste se contraiga, se observará que se retrasa tanto más el momento de la contracción, cuanto más considerable sea dicho peso. Proviene este fenómeno de que el músculo tiene que acumular desde el momento de la excitación tanta fuerza como es necesaria para levantar la carga; cuanto mayor sea ésta, tanto más tiempo transcurrirá hasta el momento de su elevación. Por fin se llega á cierto peso que ya no es capaz de ser elevado por el músculo; esa carga representa el límite de la energía muscular (v. Helmholtz).

Cuando el músculo está cansado por virtud de excitaciones repetidas, aumenta el período latente, la curva es más baja, porque es menor el acortamiento, y en cambio aumenta la longitud de las abscisas, porque el músculo se contrae con *más lentitud* (fig. 175. I). El *enfriamiento* del músculo produce el mismo resultado (v. Helmholtz, Pflüger). También presentan los mismos caracteres los músculos del *recién nacido;* la curva aparece con una cumbre más plana y se alarga más sobre todo en su rama descendente (Soltmann, Westphal).

Si el *nervio* de un músculo es excitado por el cierre ó la abertura de una *corriente constante*, la sacudida muscular es idéntica á la que acabamos de describir. Pero si dichas interrupciones de la corriente, se efectuan en el mismo músculo, se observa en el momento del cierre, un ligero acortamiento que dura cierto tiempo, de manera que la curva toma la forma representada en la figura 180, *IV*, en la cual *S* indica el momento del cierre, y *O* el de la abertura de la corriente (Wundt) (§ 338. *D*).-154-

Según Cash y Kronecker, parece que cada músculo traza una gráfica especial; así el omoplato-hiódeo de la tortuga se contrae con más rapidez que el músculo pectoral. La contracción de los flexores es más rápida que la de los estensores en la rana (Grützner) (§ 326. 5). Se contraen con lentitud los músculos de las tortugas, el abductor de los lamelibranquios y el corazón (§ 58). Los músculos de los insectos voladores se contraen con una rapidez excesiva: 350 veces por segundo en la mosca, y 400 en la abeja (H. Landois).

Las *fibras musculares blancas* (§ 294), son más excitables que las *rojas*, su período latente es más corto, se cansan con más facilidad y la duración de su contracción es más breve, y por lo tanto trabajan más de prisa. También producen con su trabajo más ácido (Gleiss), y más calor que las fibras rojas. Estas últimas son las encargadas de los movimientos más amplios y prolongados ó sea del tétanos fisiológico moderado y mediante ellas se adapta la fuerza muscular á la resistencia que tiene que vencer; en cambio, las fibras blancas producen los movimientos aislados muy vivos y rápidos. Los músculos en que predominan estas

fibras elevan los cuerpos á mayor altura y despliegan mucha más fuerza en cada *contracción aislada;* pero son aventajados por los músculos rojos en la contracción tetánica (Grützner). La gráfica trazada por un músculo mixto de fibras blancas y rojas, puede presentar dos elevaciones en su rama ascendente : la primera procedente de la contracción de las blancas, y la segunda de la de las rojas, que se contraen con más lentitud (Grützner). Este fenómeno se acentua más cuando el músculo está sometido á la acción de la veratrina (Overend). (También se observan diferencias en la excitación de los nervios, según se distribuyan estos á músculos rojos ó blancos : § 326. 5).

Acción de los venenos. — Dosis pequeñísimas de *curare*, la quinina (Schtschepotjew), y la cocaína (U. Mosso), hacen más intensas las sacudidas producidas por la excitación nerviosa : dosis más elevadas de dichas substancias deprimen su intensidad hasta paralizar por completo al músculo. La veratrina á cierta dosis, también aumenta la intensidad de la contracción alargando considerablemente el período de relajación subsiguiente (Rossbach y Clostermayer). La veratrina, la antiarina y la digitalina, á *grandes dosis*, de tal modo alteran la substancia muscular, que las sacudidas se prolongan mucho, asemejando una contracción tetánica persistente (Harless, 1862). En el músculo envenenado con veratrina y estricnina, el período latente es más corto al principio y más largo después. El músculo gemelo de la rana, regado con una sangre cargada de sosa, se contrae con más rapidez (Grützner). Kunkel cree que lo esencial en el modo de obrar los venenos musculares, consiste en que modifican la imbibición acuosa de la substancia muscular. Como la contracción muscular proviene de que esta substancia se hincha (§ 299. II), la forma de la sacudida en el músculo envenenado, dependerá de su estado de imbibición según los efectos del veneno que se haya empleado.

La curva de contracción de los *músculos lisos*, es semejante á la de los estriados, pero dicha contracción sobreviene después de un período latente de algunos segundos y es de un curso también más lento.

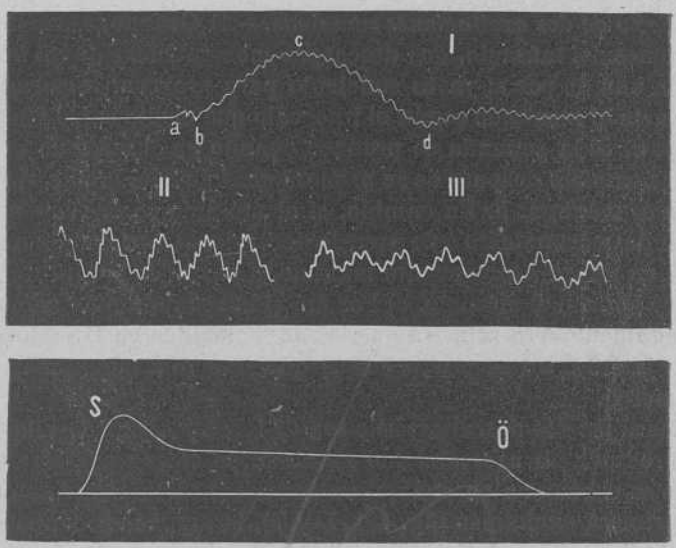
El músculo que se contrae bajo la acción de un estímulo, sólo recobra su longitud primitiva cuando está sometido á una tracción de suficiente intensidad, tal como un peso (Kühne) : de lo contrario, queda algo acortado durante bastante tiempo (v. Helmholtz, Schiff). A este estado se le ha dado el nombre de *contractura* (Tiegel) ó de *acortamiento consecutivo* (Hermann). Este acortamiento es más acentuado en aquellos músculos que habían estado sometidos á *excitaciones directas muy enérgicas*, en los *muy cansados* (Tiegel), muy ácidos, próximos á entrar en rigidez, ó en los procedentes de un animal envenenado con la veratrina (v. Bezold). También se ha observado en el hombre el fenómeno de la contractura (Mosso).

En el *hombre* pueden ejecutarse con grandísima rapidez las sacudidas musculares aisladas. El estudio cronológico de ellas se consigue del modo más sencillo, transmitiendo el movimiento correspondiente á la placa vibrante de un diapasón. En la fig. 180. II, representa el movimiento más rápido que yo he podido ejecutar con la mano derecha, escribiendo varias veces seguidas la letra *n;* corresponden á cada trazo ascendente ó descendente unas 3,5 vibraciones, ó sea 0,0564 de segundo, puesto que

cada vibración representa 0,01613 de segundo. En la III hice que el brazo derecho entrase en temblor tetánico y trazase sus movimientos en la placa vibrante del diapasón : en este caso corresponden á cada movimiento en uno ú otro sentido de 2 á 2,5 vibraciones, ó sea de 0,0323 á 0,0403 de segundo.

V. Kries observó que una simple sacudida muscular producida por una descarga de inducción dura más que una contracción voluntaria momentánea. Si se registra directamente el engrosamiento del músculo, producido en una simple sacudida voluntaria, se observa que la contracción en el interior del músculo dura más tiempo que el movimiento que se aprecia en los órganos pasivos del mismo. Este fenómeno,

Figura 180.



I. Sacudida del músculo gastrocnemio de una rana (cansado), trazada en la placa vibrante de un diapasón (tomo I, pág. 163) ; cada dentellón corresponde á 0,01613 de segundo ; *a b*, excitación latente; *b c*, período de energía creciente; *c d*, período de energía decreciente.—II. Movimiento de la mano derecha escribiendo con la mayor rapidez posible, trazado sobre la placa vibrante de un diapasón. — III. Movimiento tetánico, lo más rápido posible del antebrazo derecho, trazado en la misma placa. — IV. Curva miográfica, obtenida cerrando y abriendo la corriente en el mismo músculo (según Wundt).

paradógico al parecer, proviene de que al muy poco tiempo de iniciarse la contracción muscular voluntaria, sobreviene otra contracción de los músculos antagonistas que anula parte del movimiento intentado. También v. Kries encontró que en los movimientos voluntarios más rápidos del hombre, el músculo recibía cerca de cuatro excitaciones, de tal manera, que viene á producirse una especie de tétanos.

Estados patológicos.—*Está alargado el período latente* en la degeneración secundaria de la médula espinal después de la apoplejía, en los músculos atrofiados de los miembros anquilosados (Edinger), en la atrofia muscular, en la ataxia locomotriz progresiva y en la parálisis agitante de larga duración ; en cambio, es *más corto* en las contracturas del corea senil y en la tabes espasmódica (Mendelsohn). La *curva muscular aparece toda ella más alargada* en la ictericia y en la diabetes (Edinger).

Cuando la hemiplegia cerebral se halla en el período de la contractura, la sacudida muscular se parece á la del músculo envenenado con la veratrina, y lo mismo en la parálisis espinal espasmódica y en la esclerosis lateral amiotrófica; en la pseudohipertrofia muscular, el ascenso de la curva es corto y el descenso muy prolongado. En la atrofia muscular que sucede á la hemiplegia cerebral y en la tabes, disminuye la altura de la curva, y es muy lento tanto el ascenso, como el descenso de la misma. En la corea, la curva es corta (Mendelsohn). (Respecto á la reacción de degeneración, véase el § 341). Según Goldscheider, también sería más lento el curso de la sacudida muscular en las afecciones nerviosas, sin que se alterase la excitabilidad de los mismos músculos. Se han observado casos raros en el hombre, en los cuales las excitaciones motoras espontáneas producen *contracciones musculares muy prolongadas*, seguidas de persistencia en el estado de contracción (Erb) (enfermedad de Thomsen). Las fibras nerviosas de estos enfermos son muy anchas y sus núcleos muy numerosos (Erb).

II. *Efecto de dos excitaciones sucesivas.—A*) Cuando se suceden, como excitaciones del músculo, dos descargas momentáneas de tal intensidad que cada una de por sí ya es suficiente para provocar la *sacudida máxima*, varía el resultado según el intervalo que medie entre dichas excitaciones. *a*) Si la segunda se produce cuando ya el músculo se ha relajado por completo después de su primera contracción, la nueva sacudida también es máxima. *b*) En cambio, si el músculo se hallase todavía en una fase de acortamiento ó de energía decreciente, la segunda excitación produce un nuevo acortamiento máximo, á partir de la fase del antiguo en que se hallase el músculo. *c*) Por fin, si la segunda excitación sucede tan rápidamente á la primera que las dos coinciden en el período de excitación latente, no se produce más que *una* sola excitación máxima (v. Helmoltz).

B) Mas si las dos descargas sólo son de intensidad moderada y no llegan á producir un acortamiento máximo, se suman sus efectos. Si el músculo se encuentra en cualquiera fase del acortamiento determinado por la primera excitación (fig. 181. I en *b*), la segunda produce el mismo resultado (*b c*), como si dicha fase de acortamiento fuese el estado natural de reposo del músculo. En las condiciones más favorables de acortamiento, el que sucede á éste puede ser hasta doble del producido por el primer excitante. El efecto máximo en este concepto se consigue cuando el segundo estímulo sobreviene $^1/_{20}$ de segundo después de la aplicación del primero (Sewall). Ambos efectos se suman aun en el caso de que el segundo excitante actue en el período latente de la primera excitación (v. Helmholtz).

Cuando se suman dos sacudidas, la segunda alcanza su punto más culminante en un plazo más corto que el que hubiese invertido la primera por sí sola (v. Frey, v. Kries); es decir, que el tiempo para *b c* (fig. 181. *I*) es más corto que para *a b*.

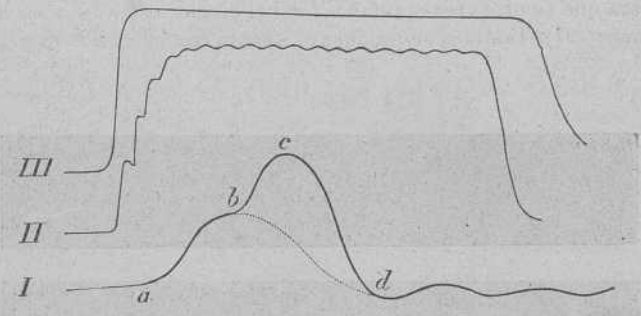
III. Cuando afectan al músculo *varias excitaciones que se suceden con bastante rapidez*, no tiene tiempo suficiente para volver á alargarse en los intervalos que quedan entre dichas excitaciones, y persiste, por lo tanto, en un estado de acortamiento, acompañado de sacudidas temblorosas, cuya frecuencia corresponde á la de los excitantes, estado que se

DR. PEREZ ARAPILES
C/ Estella núm. 12 - 3.º
70 85 19

llama *tétanos*. El tétanos no es, por consiguiente, ningún estado de acortamiento contínuo y uniforme, sino una forma de movimiento discontínuo resultado de la superposición de varias sacudidas musculares. Si las excitaciones se suceden con una frecuencia moderada, todavía se dan á conocer las distintas sacudidas en la curva gráfica (*II*), pero si se precipitan en sucesión muy rápida, la curva tiene un aspecto contínuo (*III*). Como cada sacudida aislada es más lenta cuando el músculo está cansado, es evidente que en este caso ya se producirá el tétanos con una frecuencia menor en las excitaciones que no cuando el músculo no está fatigado (Marey, Fick, Minot).

Todo *movimiento prolongado* que se produzca en nuestro cuerpo, debe considerarse como tetánico (Ed. Weber), puesto que está constituído por una serie de sacudidas aisladas, que se suceden con mucha rapidez. En

Figura 181.



I. Dos sacudidas sucesivas sub-máximas. — II. Sacudidas en serie, producidas por 12 descargas de inducción en un segundo. — III. Tétanos bien manifiesto á consecuencia de excitaciones muy frecuentes.

efecto, por muy contínuo que sea un movimiento, si se le observa detenidamente, se verá que le forman oscilaciones intermitentes, las cuales alcanzan su expresión más culminante en el temblor (Ed. Weber).

El número de los impulsos aislados que reciben nuestros músculos en los movimientos voluntarios es bastante variable; en las contracciones lentas es de 8 á 12 por segundo y en las rápidas de 18 á 20 (v. Kries). En la fig. 182. *I*, está representado el miograma que he recogido en la placa vibrante de un diapasón, resultado de la contracción constante y moderada de mis músculos flexor corto y abductor del pulgar (tomo I, pág. 163). Las elevaciones ondulatorias representan cada impulso aislado, y cada dentellón corresponde á 0,01613 de segundo. *II* es una curva análoga obtenida con la contracción de un músculo extensor del tercer dedo.

Sumando excitaciones sucesivas es como acostumbramos á hacer que adquieran poco á poco el grado deseado de contracción los músculos que excitamos por un acto de nuestra voluntad, y graduamos con exactitud la magnitud del movimiento produciendo cierta resistencia mediante la contracción de los músculos antagonistas, como lo demuestra la observación de los sujetos que son flacos y musculosos al mismo tiempo (Brücke).

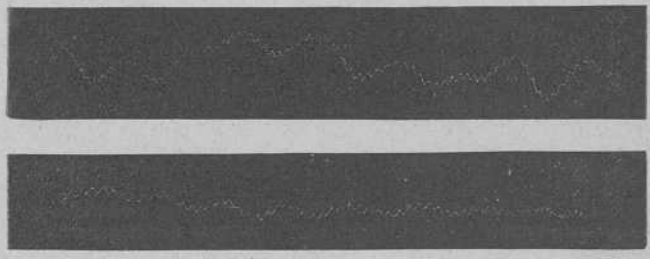
La contracción *tetánica* que se produce en el *organismo sano en circunstancias normales*, está demostrado que también se compone de sacudidas aisladas y sucesivas, puesto que con ella se produce un *tétanos secundario* (véase § 334), que se obtiene igualmente con los músculos tetanizados por medio de la estricnina (Lovén).

Poniendo el músculo en comunicación con un *teléfono*, de manera que los alambres de éste terminen en dos agujas, que se claven, una en el tendón y otra en el músculo mismo, se oye un sonido cuando entra en contracción tetánica, cuyo hecho demuestra que en el músculo se producen fenómenos periódicos de movimiento, es decir, sacudidas sucesivas (Bernstein y Schönlein). El sonido alcanza su mayor intensidad con unas 50 vibraciones del martillo temblador de Neef (Wedenski y Kronecker) (§ 305).

La rapidez con que se han de suceder las excitaciones para producir una contracción tetánica, varía en los diversos músculos del cuerpo, lo mismo que en los distintos animales.

Con el músculo de la rana se requieren por término medio 15 excitaciones por segundo para que se produzca el tétanos (con el hiogloso sólo 10, y en cambio con el gastrocnemio 27). También se produce el tétanos con más de 20 excitaciones por

Figura 182.



I. Vibraciones producidas con la contracción permanente de mis músculos flexor corto del pulgar y abductor corto del mismo.— II. Las mismas, obtenidas con el extensor del tercer dedo.

segundo, cuando son muy débiles (Kronecker). Los músculos de tortuga ya entran en tétanos con 2 ó 3 excitaciones por segundo; los rojos del conejo con 10 y los blancos necesitan más de 30. Los músculos de las aves no entran en tétanos con 70 excitaciones (Marey), y para los de los insectos no es bastante una frecuencia de 350 á 400 excitaciones por segundo (H. Landois, Marey). En los músculos de las pinzas del cangrejo se observan contracciones *rítmicas* aun con una excitación mecánica (Richet) ó un *tétanos interrumpido con cierto ritmo* (en el Astacus y en el Hydrophilus) (Schönlein).

O. Soltmann observó que los músculos blancos del conejo recién nacido ya entran en tétanos con 16 excitaciones por segundo y que este tétanos es igual al del músculo del animal adulto y cansado. Así se explica la facilidad con que sobreviene el tétanos en el récien nacido.

Los músculos *curarizados* caen á veces en un estado de contracción tetánica con sólo una excitación momentánea (Kühne, Hering).

El *acortamiento* del músculo tetanizado, *depende* en ciertos límites *de la intensidad de cada excitación*, pero no de su frecuencia. La contractura que queda después del tétanos es tanto más acentuada, cuanto más intensa y prolongada hubiera sido la excitación, y más débil estuviese el músculo (Bohr). *El acortamiento es*

el mismo, cuando el músculo no está cargado, en una sacudida simple, que en el estado de tétanos (v. Frey): sólo es menor en la primera que en el segundo, cuando el músculo sostiene algún peso. Aplicando un estímulo inmediatamente después del tétanos, se obtiene á veces un efecto mayor que antes de éste (Rossbach, Bohr).

El músculo tetanizado no puede permanecer en el mismo grado de contracción al cabo de cierto tiempo, aunque continue igual la serie de excitaciones, sino que se alarga un poco á causa de la fatiga; siendo dicho alargamiento más rápido al principio y más lento después. Cuando cesa el estímulo tetanizante, no recobra el músculo en el acto su longitud natural, sino que queda durante algún tiempo un poco acortado, sobre todo si hubo sido sometido á la acción de las corrientes de inducción (pág. 35).

IV. Cuando el músculo ó el nervio motor es excitado por *descargas de inducción muy rápidas* (más de 224 á 360 por segundo) y *poco intensas*, puede cesar el tétanos después de una contracción llamada por Bernstein *sacudida inicial* (Harless, Heidenhain, Wedensky), siendo más manifiesto este fenómeno cuando se han enfriado los nervios (v. Kries).

La contracción inicial es un tétanos corto; y, cuando es más *intensa* la corriente, el tétanos se hace contínuo (Bernstein y Schönlein). Sin embargo, Kronecker y Stirling todavía han visto producirse el tétanos con una frecuencia de más de 24.000 excitaciones por segundo. Según dichos autores, en las excitaciones eléctricas que aún producen tétanos muscular, su frecuencia máxima parece estar muy cerca de aquel límite en que ya no se aprecian las oscilaciones en la corriente por medio de otros reóscopos.

Mientras en los experimentos de que estamos tratando, se procuraba averiguar las variaciones de longitud del músculo y el movimiento comunicado á un peso sostenido por él, como consecuencia de una excitación del mismo; Fick, en cambio, ha pretendido últimamente estudiar las modificaciones que experimenta el músculo, bajo la influencia de los excitantes, cuando se mantiene constante su longitud. A esto llama dicho autor *acto muscular isométrico*.

Fick ha comprobado, por medio de un aparato especial (*indicador de la tensión*), que la excitación voluntaria en el acto isométrico muscular del hombre, produce una tensión más elevada que la excitación eléctrica. En la rana, la tensión del músculo en el tétanos es casi doble que en una contracción máxima; en el hombre llega á ser diez veces mayor en algunos casos.

301. Velocidad con que se propaga la contracción en el músculo.

1.° Cuando se *excita* un músculo largo *en uno de sus extremos*, se presenta en este punto una contracción, que recorre rápidamente y á manera de *onda*, toda la longitud del músculo hasta llegar al otro extremo del mismo. Según esto, la excitación es transmitida poco á poco y de un modo sucesivo á todas las partes del músculo, gracias á una conductibilidad especial de éste para el estado de contracción. La onda camina en la rana con una velocidad de 3 á 4 metros por segundo (Bernstein y Steiner): en la langosta, sólo de 1 metro (Fredericq y van de Velde); y en los músculos lisos y en el corazón, nada más que de 10 á 15 milímetros

(Engelmann, Marchand) (§ 64, I. 3). Sin embargo, estas cifras sólo se refieren á los músculos separados del cuerpo, porque en los músculos estriados del hombre vivo, es mucho mayor la velocidad con que se propaga la onda de la contracción; en efecto, llega á ser de 10 á 13 metros por segundo (Hermann) (§ 336. II).

Procedimiento de investigación. — Para averiguar la velocidad de propagación de la onda muscular, colocaba Aeby (1860) dos palancas inscriptoras transversalmente sobre el músculo, una en cada extremo de éste. Al contraerse, el engrosamiento que se produce en el punto contraído, elevaba las palancas, y éstas trazaban este movimiento de elevación, una en pos de otra, sobre el tambor de un quimógrafo. Excitando el músculo en uno de sus extremos, la onda de contracción que se produce y camina rápidamente, eleva primero la palanca más próxima y después la más lejana. Como quiera que es conocida la velocidad con que gira el tambor del quimógrafo, es fácil calcular la rapidez de transmisión de la onda en el trozo de músculo comprendido entre las palancas, por la distancia que media entre las elevaciones que éstas han trazado en el aparato registrador.

El tiempo correspondiente á la longitud de las abscisas de la curva, trazadas por cada palanca inscriptora, es igual á la *duración de la contracción* de esta parte del músculo (según Bernstein, de 0,053 á 0,098 de segundo). Multiplicada esta cifra por la velocidad hallada de propagación de la onda en el músculo, se encuentra que la *longitud de esta onda contráctil* es de 206 á 380 milímetros.

El frío, el cansancio, la extinción gradual de la vida, y ciertos venenos, disminuyen la velocidad y la altura de la onda de contracción; en cambio no influyen nada en dicha velocidad, ni la intensidad del excitante, ni la magnitud del peso que cargue al músculo (Aeby). En el extraído del cuerpo, va disminuyendo de magnitud la onda á medida que camina de un extremo á otro del músculo (Bernstein), pero no en el del hombre ó del animal vivos. Nunca se propaga la onda de contracción desde una fibra á la adyacente.

2.° Excitando *localmente* un músculo en su punto medio, parte desde este sitio una onda de contracción, que camina hacia los dos extremos, y que tiene, en lo demás, todos los caracteres que acabamos de dar á conocer. Si se excitan simultáneamente dos ó más puntos del músculo, parte de cada uno de ellos un movimiento ondulatorio, y estas ondas caminan á encontrarse, llegando á pasar una por encima de la otra.

3.° Cuando se excita el *nervio motor de un músculo*, se transmite la excitación á *cada fibra muscular* aislada, cuya onda de contracción *se forma en la placa motora terminal*, propagándose desde aquí en ambos sentidos, y á todo lo largo de las fibras, que sólo tienen de 5 á 9 centímetros de largo. Como es evidentemente desigual la longitud de las fibras nerviosas motoras, desde el tronco respectivo hasta las placas terminales no podrá iniciarse la contracción en las distintas fibras musculares en el mismo momento preciso, puesto que la transmisión en los nervios motores exige cierto tiempo (§ 399). Pero esta diferencia es tan mínima, que el músculo excitado por intermedio del nervio, *parece* contraerse todo él simultáneamente.

4.° *La contracción completamente simultánea de todas las fibras de un músculo*, sólo puede realizarse cuando todas ellas sean excitadas al mismo tiempo.

302. Trabajo del músculo.

Los músculos son las máquinas más perfectas, no sólo por ser las que utilizan de un modo más completo el material que consumen (§ 218), sino que además se distinguen de todas las máquinas que salen de la mano del hombre, en que adquieren mayor energía con un ejercicio frecuente, y se hacen más aptas para resistir á un trabajo ulterior (Du Bois-Reymond).

Siguiendo la notación empleada para calcular el trabajo mecánico (§ 3), tenemos que el ejecutado por un músculo (T) es igual al producto del peso elevado (p) por la altura á que se elevó (a); es decir, $T = a\,p$. De aquí se deduce, que si el músculo no sostiene ningún peso (en cuyo caso $p = 0$), también será $T = 0$, ó, en otros términos, que el músculo no efectua ningún trabajo, cuando no eleva ninguna carga. Por otra parte, si el músculo se carga con un peso tan excesivo, que ya no es capaz de elevarlo en lo más mínimo, es decir, si $a = 0$, también es nulo el trabajo. Por lo tanto, el *trabajo* del músculo, al contraerse, es el que se realiza entre ambos extremos de carga nula y máxima.

I. *Cuando la excitación es máxima*, ó sea cuando alcanza aquel punto, en que el músculo no cargado experimenta el máximum de su contracción, el trabajo va aumentando proporcionalmente al peso que se vaya cargando al músculo, hasta llegar á cierto límite. Pero si después sigue creciendo la carga, de manera que el músculo se acorta cada vez menos, vuelve á disminuir el trabajo, hasta que se llega al punto en que, como ya se ha dicho, la elevación es nula, y el trabajo se reduce de nuevo á 0.

Trabajo realizado por el músculo de una rana, según Eduardo Weber.

Carga del músculo, en gramos.	Acortamiento del músculo, en milímetros.	Trabajo realizado, en gramos-milímetros.
5	27,6	138
15	25,1	376
25	11,45	286
30	6,3	189

Si se le ahorra trabajo al músculo, colocando la carga antes de que se contraiga, á una altura que se encuentre en el camino que tendría que recorrer, en el caso de una excitación máxima, entonces el acortamiento del músculo es más considerable que cuando tiene que elevar el peso desde el primer momento de la contracción (v. Kries, v. Frey).

Las investigaciones relativas al trabajo muscular, han enseñado:

1.° El músculo eleva un peso tanto más crecido, cuanto mayor sea su

sección transversal, ó lo que es lo mismo, cuantas más fibras contenga en la misma (Eduardo Weber, 1846).

2.° El músculo eleva una carga á una altura tánto más considerable, cuanto mayor sea su longitud, ó sea cuanto más numerosas sean las fibras, unidas por sus extremos, que lo constituyan (Joh. Bernoulli, 1721).

3.° El músculo es capaz de elevar el máximum de peso, al empezar la contracción; á medida que ésta avanza, disminuye la carga que puede mover, y ésta es la menor posible, relativamente, cuando el músculo se encuentra cerca del máximum de su acortamiento (Theod. Schwann, 1837).

4.° Se entiende por *fuerza absoluta del músculo*, según Ed. Weber, el peso que ya no es capaz de elevar el músculo con el máximum de excitación, á partir de su posición natural de reposo, y sin que tampoco se alargue en el momento de la contracción.

Para poder *comparar la fuerza muscular absoluta* de los distintos músculos (y también en los diferentes animales), se calcula dicha fuerza por cada *centímetro cuadrado* de sección transversal. La sección transversal media de un músculo, se halla dividiendo el volumen de éste por su longitud. El volumen es igual al peso absoluto del músculo correspondiente, dividido por el peso específico de la substancia muscular, que es 1058. Así, la fuerza absoluta del músculo de la rana, por cada centímetro cuadrado, es de 2,8 á 3 kilos (J. Rosenthal); la del hombre, de 7 á 8 (Henke y Knorz), ó quizá de 9 á 10 (Koster, Haughton). En el hombre se averigua la sección transversal de un músculo, examinando la de este mismo en un cadáver, cuya constitución y desarrollo muscular sean iguales á la de la persona objeto del experimento.

Resulta evidentemente de la proposición núm. 3, que al contraerse un músculo, despliega una fuerza absoluta, tanto mayor, cuanto más distendido estuviese antes de la contracción (Grützner y Feuerstein).

5.° Cuando un músculo en *tétanos*, mantiene elevado un peso, mientras dura el acortamiento tetánico, no produce ningún trabajo más que en el momento de elevar la carga, pero no durante el acortamiento. Esto no obstante, para que el músculo persista en tétanos, necesita una excitación constante; su nutrición es más activa, y se produce cansancio: las fuerzas de tensión del músculo se transforman entonces en calor (§ 304). - 47 -

Cuando un músculo produce una *simple sacudida* por virtud de una excitación *máxima*, no levanta un peso tan considerable, como en el caso de entrar en *tétanos* (Hermann). Además, con la excitación tetánica, el músculo despliega una fuerza tanto mayor, cuanto mayor sea la frecuencia con que se sucedan las excitaciones tetánicas (Bernstein). Este hecho se ha observado hasta llegar, en progresión creciente, á una frecuencia de 100 excitaciones por segundo.

II. Si el músculo es estimulado con *excitantes de intensidad media*, incapaces de producir un acortamiento máximo pueden presentarse dos casos: ó que el excitante se mantenga siempre débil é igual, mientras varía la carga, en cuyo caso, la magnitud del trabajo efectuado varía según la misma ley que rige para la excitación máxima; ó bien, se

mantiene igual la carga, variando la intensidad del excitante y entonces ha observado Fick que el acortamiento crece en proporción directa de dicha intensidad.

Como ya se comprende, la excitación que hace entrar en actividad á un músculo, tiene que alcanzar cierta intensidad para que sea eficaz ; *umbral de la excitación*. Este umbral ó valor mínimo eficaz, es independiente de la carga á que está sometido el músculo. Con la excitación mínima es elevada á una altura mayor una carga pequeña que una grande ; pero á medida que crece la intensidad de la excitación, las sacudidas musculares aumentan en proporción más considerable cuando el peso es mayor (v. Kries).

III. Al contraerse un músculo es capaz de desarrollar más trabajo, cuando la carga que tiene que levantar está unida á una *masa* inerte que obre á manera de un volante (Fick). Starke llegó casi á cuadruplicar el trabajo realizado por una contracción máxima, eligiendo la masa inerte para que el efecto útil fuese el mayor posible. También aumenta en tales condiciones la producción de calor, aunque en menor grado, y con el cansancio disminuye con mucha mayor rapidez.

En el organismo vivo *se dilatan los vasos de los músculos cuando éstos se contraen*, de tal manera, que aumenta la cantidad de sangre que circula por los mismos (C. Ludwig y Sczelkow) ; en efecto, las fibras nerviosas vaso-dilatadoras, son excitadas á la vez que los nervios motores á que acompañan en los mismos troncos nerviosos (§ 84. 3 y §. 296. II).-166-16-

Siempre que se trate de apreciar la fuerza absoluta de algún músculo ó grupo muscular en el hombre, hay que tener muy en cuenta las particularidades físicas del caso ; es decir, si el movimiento que se ejecuta es de palanca ó de tracción, el grado del acortamiento, etc. (§ 308).-57-

La fuerza absoluta de ciertos grupos musculares se mide fácilmente por medio de los *dinamómetros*, instrumentos construídos en parte a la manera de las balanzas de resorte, y sobre los cuales se actua con los músculos por tracción ó por presión. Quetelet ha obtenido ciertos datos acerca de la fuerza de determinados grupos musculares. La presión ejercida por medio de ambas manos, es, en el hombre de 70 kilos ; la tracción llega al doble de esta cifra. La fuerza muscular de la mujer es cerca de un tercio menor. El hombre es capaz de llevar el doble de su propio peso ; la mujer sólo la mitad. Los muchachos pueden llevar un peso cerca de un tercio mayor que las muchachas.

Al apreciar la *capacidad de un hombre para el trabajo*, no sólo hay que atender al esfuerzo que puede realizar en un momento determinado, sino al número de veces seguidas que pueda llevar á cabo dicho trabajo. Se calcula que *un hombre trabaja diariamente por término medio* ocho horas, á razón de 10 (todo lo más de 10,5 á 11) kilogrametros por segundo ; la cual viene á representar un efecto útil diario de 288.000 kilogrametros, ó 300.000 en números redondos. (Para un caballo se admite un trabajo de 75 kilogrametros por segundo : que es á lo que se llama un caballo de fuerza).

Esta producción media de trabajo puede hacerse mucho mayor de un modo pasajero, pero cuando así sucede, exige el organismo un descanso más prolongado, porque de lo contrario, padecería la salud con el cansancio excesivo.

Cuando se administran algunas *substancias*, se debilita y llega hasta desaparecer toda aptitud para el trabajo muscular ; tal sucede con el mercurio, la digitalina,

la eleborina, las sales potásicas, la apomorfina y otras. En cambio, hay otros cuerpos de los cuales está demostrado que exageran la aptitud funcional de la substancia muscular, como la cafeína, la teobromina (Dreser), la veratrina (Rossbach), la muscarina á cortas dosis (Klug y Fr. Högyes), el glicógeno, la creatina y la hipoxantina. También el caldo de carne repone rápidamente las fuerzas del músculo cuando éste está cansado (Kobert).

303. Elasticidad del músculo, activo y en reposo.

Prenociones físicas.—En los cuerpos elásticos se distingue, en primer término, su *forma natural*, ó sea la configuración exterior con que aparecen cuando no actua sobre ellos ninguna fuerza extrínseca. Así la forma natural del músculo es aquella que posee cuando no está sometido á ninguna tracción ni presión. Si se le estira en el sentido de su longitud, tendrán que separarse un poco las partículas de que está constituído el músculo, y la forma natural de éste se alargará poniendo en juego su elasticidad. Una vez desaparecida la fuerza de tracción, el cuerpo, como elástico, recobrará su fuerza natural. Se dice que un cuerpo es *perfectamente elástico* cuando vuelve por completo á su forma primitiva en cuanto cesa de obrar la fuerza que lo distiende. Se llama *módulo de elasticidad* el peso en kilogramos necesario para que un cuerpo elástico de 1 milímetro cuadrado de sección se alargue otro tanto como su longitud primitiva, si no se rompe antes de llegar á ese límite, como sucede casi siempre. Este módulo es: para el músculo en reposo, 0,2734 (Wundt); para el hueso, 2264 (Wertheim); para el tendón, 1,6693; para los nervios, 1,0905, y para las túnicas arteriales, 0,0726 (Wundt). Según esto, el módulo de elasticidad del músculo en reposo es pequeño, porque cede muy fácilmente á las fuerzas de tracción; es decir, que *no tiene una gran elasticidad*. Se llama *coeficiente de elasticidad* á la fracción de la longitud de un cuerpo elástico, en que es alargado éste cuando se somete á una tracción representada por la unidad de peso. Este coeficiente es grande para el músculo en reposo. Cuando la tracción llega á ser muy considerable, el cuerpo elástico se rompe al fin; la *resistencia* del tejido muscular hasta el momento de romperse varía, según se trate de un sujeto joven, de edad media ó anciano, en la relación próximamente de 7:3:2.

En los cuerpos elásticos inorgánicos el alargamisnto siempre es directamentee proporcional al peso que los tiende: en los orgánicos (y, por lo tanto, en el músculo), *no sucede así;* á medida que se los somete á una mayor carga va siendo menor la distensión que experimentan. Además, se observa que cuando están sometidos á una misma carga, después de haber alcanzado el alargamiento correspondiente á la misma, todavía siguen aumentando un poco de longitud durante varios días y hasta semanas. A este alargamiento subsiguiente se le llama *efecto secundario de la elasticidad* (§ 123).

La elasticidad del músculo en reposo es *pequeña*, pero *perfecta*, como la de un hilo de cautchuc. En efecto, el músculo ya se distiende mucho con un peso muy pequeño. Pero si se añaden nuevos pesos siguiendo una progresión creciente y uniforme, ya no sigue esta misma marcha la distensión, sino que cuanto mayor va siendo la carga, cada vez se alarga menos el músculo. Este fenómeno podría expresarse en otros términos diciendo que el módulo de elasticidad del músculo inactivo crece con la distensión de éste (Ed. Weber).

Procedimiento de investigación.—Para instituir experimentos acerca de la *elasticidad del músculo*, se suspende éste de un sostén provisto de una escala, se carga por

DR. PEREZ ARAPILES
c/ Zaragoza 2 - 3.º

su extremo inferior, colocando diferentes pesos en un platillo sujeto a dicho extremo, y se va midiendo el alargamiento producido por cada peso (Ed. Weber). Para trazar la *curva del alargamiento muscular* se toman como auscisas las unidades de peso que se fueron colocando sucesivamente, y, como ordenadas los alargamientos correspondientes á cada una de dichas ordenadas. Sirva de ejemplo lo observado con el músculo hiogloso de la rana.

Carga, en gramos.	Longitud del músculo, en milímetros.	ALARGAMIENTO	
		en milímetros.	en proporción centesimal
0,3	24,9	—	—
1,3	30,0	5,1	20
2,3	32,3	2,3	7
3,3	33,4	1,1	3
4,3	34,2	0,8	2
5,3	34,6	0,4	1

La *gráfica de alargamiento* no es una línea recta como en los cuerpos inorgánicos, sino que se asemeja á una *hipérbole* (Wertheim). El músculo distendido tiene un *volumen menor* que el no distendido (Schmulewitsch), á manera de lo que sucede con el músculo contraído (§ 299. 2) y con el rígido (pág. 19).

Los músculos que todavía están en conexión con los vasos y los nervios en el animal vivo, son más extensibles que aquellos que se han separado del cuerpo. Los músculos enteramente frescos *se alargan*, cuando la carga no pasa de ciertos límites muy reducidos, *proporcionalmente al peso que los tiende*, lo mismo que los cuerpos inorgánicos. Cuando la carga es muy considerable, ya no se puede prescindir, en las observaciones que se practiquen, del efecto secundario de la elasticidad (tomo I, pág. 136) (Wundt).

El músculo *muerto*, y sobre todo cuando está *rígido*, *posee una elasticidad más pronunciada* que el que está fresco y vivo todavía, ó lo que es lo mismo, requiere un peso mayor que este último, para distenderse una longitud igual. En cambio, la *elasticidad* del músculo muerto es *menos perfecta*, es decir, que sólo recobra su forma natural cuando la distensión no excede de ciertos límites muy reducidos.

En el *vivo* ya se encuentran los músculos en cierto grado de distensión, como lo demuestra la retracción moderada que suele observarse en ellos después de desprenderlos de su inserción. Este ligero grado de distensión tiene su importancia cuando se inicia la contracción del músculo, porque de lo contrario tendría que emplearse parte de su actividad en ponerle en tensión antes de que pudiese actuar sobre los huesos en que se inserta. La elasticidad de los músculos entra en juego, cuando se contraen los antogonistas. La actitud de los miembros que están en reposo es la que corresponde á la resultante de la tracción elástica de los difetes grupos musculares.

La elasticidad del músculo activo es menor que la del que está en reposo, es decir, que se alarga más que este último, suponiendo ambos sometidos á la acción del mismo peso. A causa de esto, el músculo activo es también *más blando*, como se puede comprobar en un músculo sepa-

rado del cuerpo y en estado de contracción ; la mayor dureza que parece observarse cuando el músculo está contraído y tenso, no existe en realidad, y sólo proviene de su estado de distensión. Cuando el músculo activo está cansado, todavía es menor su elasticidad (§ 306).

Procedimiento de investigación. — Ed. Weber procedió del modo siguiente. El músculo hiogloso de la rana, suspendido perpendicularmente, permanecía primero en reposo y se medía su longitud ; luego se le hacía entrar en tétanos por medio de descargas de inducción y se volvía á medir. Después se suspendían del músculo pesos cada vez mayores y se determinaba la distensión del músculo en reposo y la del mismo tetanizado y cargado con igual peso. La cantidad en que se acorta el músculo desde su estado de reposo al de actividad, pero cargado en ambas, se le llama *altura de levantamiento.*

A medida que aumenta la carga se hace cada vez menor la *altura de levantamiento*, hasta que se llega á un extremo en que el músculo excitado á entrar en tétanos y muy cargado ya no es capaz de contraerse en lo más mínimo : la altura de levantamiento es nula. Y hasta puede suceder, cuando la carga sea muy considerable, que al ser excitado el músculo no sólo no se acorte sino que se alargue. Sin embargo, según Wundt, en este caso no variaría la elasticidad del músculo. *En todos estos experimentos, la longitud del músculo activo y cargado, siempre es igual á la del mismo en reposo y con la misma carga, menos la altura de levantamiento.*

Según v. Kries, la extensibilidad de los músculos puede ser diferente con estados de contracción aparentemente iguales, y aunque lo sean sus tensiones.

La elasticidad de los músculos se altera bajo la influencia de ciertos *venenos* que modifican el estado de la substancia contráctil. El potasio produce acortamiento del músculo, y al mismo tiempo aumenta en elasticidad. La digitalina hace alargarse al músculo y también acrecienta su elasticidad. Este último efecto lo produce igualmente la fisostigmina; en cambio la veratrina disminuye la elasticidad del músculo y hace que no sea tan completa (Rossbach y v. Anrep). El tanino hace al músculo menos extensible pero más elástico (Lewin). La *ligadura de los vasos* produce primeramente disminución y después aumento en la elasticidad de los músculos ; ésta disminuye con la *sección del nervio* (v. Anrep) y aumenta con el calor.

Eduardo Weber ha deducido de sus experimentos la siguiente *teoría sobre la naturaleza de la fuerza que acorta el músculo.* Admite en el músculo dos estados, uno de reposo y otro de actividad; á cada uno de los cuales corresponde una forma natural particular; al primero la más larga y delgada, al segundo la más corta y gruesa. Tanto el músculo activo como el que se halla en reposo, tienden á conservar su forma respectiva. Si el músculo inactivo entra en funciones, pasa rápidamente de su forma especial á la del músculo activo, por virtud de la *fuerza elástica*, á la cual debe el músculo su facultad de efectuar un trabajo. Schwann, ya había llamado la atención acerca de la semejanza que hay entre el músculo activo y un resorte espiral largo y tenso (véase : *trabajo del músculo*, § 302. I. 3). Ambos, el músculo y el resorte, no pueden elevar el máximum de peso sino partiendo de su mayor grado de distensión. Cuanto más se hayan acortado ya, tanto menor será la carga que podrán elevar después.

304. Producción de calor en el músculo activo.

Bunzen, en 1805 (§ 211. 1. *b*), ya había observado que se producía calor en el músculo cuando éste entraba en actividad; posteriormente, von Helmholtz (1848) demostró que, en el músculo de la rana *separado* del cuerpo y *tetanizado* durante dos á cinco minutos, se apreciaba una elevación de temperatura de 0,14° á 0,18° C. R. Heidenhain hasta llegó á demostrar, por medio de aparatos termo-eléctricos (§ 209, *B*), que cada *sacudida muscular aislada* produce un aumento de temperatura de 0,001 á 0,005° C. Lo mismo sucede con el corazón palpitante, que se calienta en cada sístole (Marey). En la producción de calor en el músculo, también hay un *período latente*, pero más corto que el de reposo que precede á la contracción (§ 300. I. 1) (Mendelssohn).

Respecto á otras particularidades acerca de la producción de calor, se ha averiguado lo siguiente:

1.° Está en relación con el *trabajo realizado* (§ 218):

a) Cuando el músculo soporta al contraerse un peso, *que lo vuelve á alargar en el estado de reposo*, no produce ningún *trabajo que trascienda al exterior* (§ 302); por consiguiente, en ese movimiento, toda la energía química en tensión se transforma en calor. En estas circunstancias, el desarrollo de calórico es paralelo á la actividad muscular, es decir, que á medida que aumentan la carga y la altura de levantamiento, crece hasta cierto punto máximo y después disminuye si se sigue aumentando el peso que se ha de elevar. Pero el máximum de calor ya se alcanza con una carga menor de la que produce el máximum de trabajo (Heidenhain).

b) Si cuando el músculo se halla en el punto más culminante de su contracción, se le *descarga del peso* que sostiene, entonces ha efectuado un trabajo vivo que trasciende al exterior: en este caso, el calor producido es menor que en *a* (A. Fick), y el valor del trabajo realizado es equivalente á la menor cantidad de calor producido, con arreglo á la ley de la constancia de las fuerzas (§ 3. 3) (Danilewsky).

c) Si un mismo trabajo es ejecutado en un caso por muchas contracciones pequeñas, y en otro por pocas, pero grandes, en este último caso es mayor la producción de calor (Heidenhain y Nawalichin). Este hecho demuestra que en las grandes contracciones es *relativamente* mayor el metabolismo nutritivo que en las pequeñas; fenómeno que está de acuerdo con el hecho conocido de que cansa mucho más (porque activa más la nutrición), la ascensión por una torre cuando la escalera tiene peldaños muy altos que no cuando estos son bajos.

d) Si el músculo cargado ejecuta una serie de contracciones aisladas para llevar á cabo su trabajo, produce así más calórico que no cuando sostiene el peso de un modo permanente, por medio de una contracción tetánica. Según esto, el paso del músculo á su forma de acortamiento, origina mucho más calor que no su mantenimiento en esta forma.

Cuando se suceden varias contracciones de intensidad creciente, aumenta con más rapidez la producción de calor que la magnitud de la contracción (Nawalichin). Aunque se mantengan iguales la altura de levantamiento, la intensidad del excitante y la tensión del músculo en varias contracciones sucesivas, todavía se desarrolla más calor en la primera sacudida que en las siguientes (Danilewsky). La cantidad de calor producido depende también de la naturaleza del estímulo. Así, el músculo que entra en tétanos por excitaciones que se suceden con lentitud, produce más calor que aquel que se contrae por virtud de excitaciones muy frecuentes (v. Kries y Metzner).

2.° *La producción de calor depende de la tensión del músculo*, y aumenta cuanto mayor sea ésta (Heidenhain). Si se impide que el músculo se pueda acortar, sujetando sus extremos, se produce el máximum de calor durante la excitación (Beclard), y ésto, con tanta mayor rapidez, cuanto mayor sea la frecuencia con que se sucedan los estímulos (A. Fick). Semejante estado se observa durante el tétanos, en el cual los músculos, contraídos enérgicamente, se equilibran los unos á los otros. Por esto se ha observado en tales casos una exagerada producción de calor (Wunderlich) (§ 224), y lo mismo en los animales á los que se les hace entrar en tétanos (Leyden). Los perros que son atacados de un tétanos permanente por medio de la electricidad, ó por haber excitado el centro convulsivo, sucumben por la excesiva temperatura que llega á adquirir su cuerpo (44 á 45° C.) (Richet, Landois). Camina paralelamente con esta excesiva formación de calor una considerable acidificación y producción de materias extractivas solubles en el alcohol, que se observa en el mismo tejido muscular (§ 296. 1 y 4).- 16-

La persistencia de cierto estado de tensión en el músculo por una parte, así como la contracción de éste con muy poco trabajo y sin una gran tensión, exigen relativamente un cambio nutritivo muy poco enérgico para la producción del calor si se compara con el trabajo, que sigue en lo esencial la misma marcha que el consumo de material combustible (A. Fick). Si el músculo excitado se sujeta de tal manera que no se pueda contraer, y después se suelta su extremo interior para que se contraiga y levante un peso, transforma, para efectuar este último trabajo, una nueva cantidad de fuerzas químicas de tensión (Fick).

3.° A medida que se acentua el *cansancio*, disminuye la producción de calor, y vuelve á aumentar con el descanso (A. Fick). Pero el músculo se fatiga antes en su producción de calor que en su aptitud para el trabajo mecánico (Heidenhain).

4.° En un músculo *regado normalmente por la sangre*, la formación de calor se produce con mucha más energía (y lo mismo el trabajo mecánico), que en aquel en que la circulación sanguínea está *interrumpida*. También es en el primer caso más rápido y completo el descanso del músculo que no en el segundo (Meade Smith).

La suma de trabajo y calor producidos por un músculo, debe ser siempre equivalente á la transformación de una cantidad correspondiente de fuerza química de tensión en el mismo (§ 218). De esta energía en tensión se convierte en trabajo una parte tanto mayor cuanto mayor sea la fuerza que se oponga á la contracción del músculo, pudiendo elevarse hasta casi una cuarta parte de las fuerzas de

tensión transformadas. Cuando la resistencia es menor, el trabajo ejecutado representa una fracción más pequeña de dichas fuerzas (A. Fick, Harteneck).

Cuando la *temperatura es muy elevada* (y por lo tanto, también en la *fiebre*, § 221. 3), se exagera el metabolismo nutritivo en el músculo para producir mayores cantidades de calor, sin que aumente el trabajo ejecutado (A. Fick).

En el hombre se puede apreciar á través de la piel (v. Ziemssen) la producción de calor que se realiza en los músculos, al contraerse éstos bajo la influencia de la electricidad, y yo observé también este fenómeno contrayéndolos voluntariamente. La sangre venosa que vuelve de un músculo en actividad es más caliente que la arterial, á veces hasta 0,6° C. (Meade Smith).

Se ha dicho (Valentin) que también el *nervio* se calienta un poco ($^1/_{50}$° C.) cuando entra en actividad, pero otros (v. Helmholtz, Heidenhain) niegan este hecho. Lo que sí es exacto, es que se eleva un poco la temperatura del *nervio moribundo* (Rolleston).

5.° Como el músculo es un cuerpo elástico, se producen en él como en cualquiera otro que tenga esta propiedad aunque no sea vivo (cautchuc) ciertos fenómenos caloríficos que dependen de causas puramente físicas. Así, siempre que se estira un músculo vivo ó muerto, queda calor en libertad (Steiner, Schmulewitsch, Westermann), y á la inversa se enfría cuando se acorta por virtud de la elasticidad (Danilewsky).

305. Ruido muscular.

Cuando un músculo se contrae y al mismo tiempo se opone cierta resistencia á su acortamiento para que se mantenga tenso, se aprecia un sonido (ó ruido) (Swammerdamm, Alb. v. Haller, etc.), que proviene de ciertas tensiones que se producen en su interior, de un modo intermitente (Wollaston).

Procedimiento de investigación.—Para escuchar este ruido, se aplica directamente el oído al sitio donde se produce, ó bien se coloca el estetoscopio sobre el músculo tetanizado de otra persona. Algunos aprecian el sonido que producen sus músculos masticadores, para lo cual se tapan los conductos auditivos y aprietan enérgicamente las dos mandíbulas una contra otra.

Si se tapa un conducto auditivo y se introduce en el otro una varilla, de cuyo extremo pende un músculo de rana, cargado con un peso y que se halle en contracción tetánica, se oye con facilidad el sonido que este músculo produce.

Si el músculo que se contrae se pone en comunicación con un resorte elástico, cuyo número de vibraciones se pueda variar y se va ensayando para qué número de vibraciones se debe disponer, á fin de que las suyas sean lo más intensas posibles por resonancia, cuando el músculo produzca su sonido propio al contraerse, es fácil calcular así el número de vibraciones de que consta este sonido propio en cada caso particular. Con el extremo de la lámina vibrante hasta se puede enlazar un estilete inscriptor que trace las vibraciones sobre una superficie ahumada (v. Helmholtz).

El músculo que se contrae por la acción de la *voluntad* efectua 19,5 á 20 vibraciones por segundo. Pero el sonido que se percibe no es el profundo ó muy bajo que corresponde á este corto número de vibraciones, sino el

primer sonido armónico que le acompaña, cuyo número de vibraciones es doble de las del fundamental. Este último es también el sonido que se produce cuando el músculo entra en tensión en el animal por medio de la *irritación de la médula espinal* (v. Helmholtz), ó cuando es excitado el *nervio motor* de un músculo por medio de agentes *químicos* (Bernstein). En cambio, si se excita el centro motor de la corteza del cerebro, produce el músculo un sonido tanto más elevado, cuanto más intensa sea la excitación (Wedenski).

Pero si se aplican al músculo *corrientes de inducción tetanizantes* (y lo mismo en el hombre), el número de vibraciones del sonido muscular, concuerda exactamente con el de las que produce el martillo oscilante del aparato de inducción. Así, según esté más ó menos tenso este martillo, así será más alto ó más bajo el sonido muscular.

Lovén observó que el sonido muscular alcanza relativamente su intensidad máxima cuando se emplean las corrientes más débiles, que todavía son capaces de ocasionar tétanos. Entonces el sonido tiene un número de vibraciones una octava más baja. Con corrientes más intensas desaparece el sonido muscular, y si su intensidad es mayor todavía, ya aparece con el mismo número de vibraciones que produce el martillo interruptor del aparato de inducción.

Cuando las descargas de inducción se aplican al *nervio*, el sonido muscular no es tan intenso, pero también presenta el mismo número de vibraciones. Con descargas de inducción muy rápidas se han llegado á producir sonidos de 704 (Lovén) y 1000 vibraciones por segundo (Bernstein).

El *primer sonido del corazón* (§ 60), es en parte un sonido muscular.

Yo fuí el primero que observé en 1873 que los ruidos que producen ciertos peces llamados triglas (cottus) provienen de los intensos sonidos originados por los músculos del cinturón humeral, al contraerse convulsivamente, cuyos sonidos son reforzados por resonancia en la cavidad buco-faríngea, rodeada por un fuerte armazón óseo.

También observé entonces que basta *una sola* descarga de inducción, que excite los músculos, para que se provoque el ruido muscular. También Herroun, Yeo y Mac William vieron este mismo fenómeno en los músculos del hombre cuando se contraen. Según esto, parece dudoso que el sonido muscular pueda considerarse como una prueba de que el tétano esté constituído por una serie de oscilaciones de condensación (§ 300. III). Según Bernstein, el sonido que se produce en la sacudida muscular se origina en el período latente, y por lo tanto, la causa del ruido muscular no debe buscarse en un cambio de lugar de la masa del músculo (puesto que ésta está en reposo en el período latente), sino en ciertos procesos moleculares, que son también la causa del fenómeno de la oscilación negativa de la corriente (§ 334).

306. Fatiga del músculo.

Se llama *fatiga* ó cansancio aquel estado de menor aptitud funcional del músculo en que se halla éste después de estar funcionando durante mucho tiempo. En el individuo vivo se da á conocer este estado por una sensación particular que está localizada en los músculos. En el organis-

mo sano, el músculo cansado es capaz de *reponerse* ó restaurarse. Esta restauración se observa en el músculo separado del cuerpo, pero en menor grado (Ed. Weber, Valentin).

Como *causa* de la fatiga, debe considerarse á la acumulación en el tejido muscular de productos de descomposición ó *substancias fatigantes* que se forman en el mismo músculo durante la actividad de éste, cuyas substancias son : el ácido libre, ó combinado formando sales ácidas (§ 296. II. 1) como el fosfato ácido de potasio (y acaso el ácido fosfoglicérico), y el ácido carbónico. En este sentido habla el hecho de que el músculo fatigado recobra su aptitud funcional, cuando se le despoja de dichas substancias, haciendo pasar por sus vasos un líquido indiferente, como la disolución de sal común al 6 por 1000, ú otra muy ligera de carbonato sódico (J. Ranke, 1863). También el consumo de oxígeno por parte del músculo activo, favorece la aparición de la fatiga (v. Pettenkofer y v. Voit), puesto que desaparece ésta haciendo circular por el músculo sangre *arterial* (no la venosa, Bichat), y también porque esta sangre suministra al músculo materiales para reparar los que consumiera. A la inversa, se puede hacer que un músculo apto para el trabajo se canse rápidamente, inyectando en sus vasos (J. Ranke) ácido fosfórico diluído, fosfato potásico ácido, ó extracto de carne disuelto (Kemmerich). También se puede cansar á un animal, transfundiéndole sangre de otro que esté rendido de fatiga (Mosso). El músculo fatigado por el trabajo absorbe menos oxígeno y produce después menos ácidos y ácido carbónico. Según esto, la actividad funcional que ocasionó el cansancio ha determinado en el músculo un movimiento nutritivo muy intenso.

El músculo fatigado necesita un excitante más intenso que el que no lo está, para llevar á cabo el mismo trabajo (altura de levantamiento). El primero ya es incapaz de elevar una gran carga : es decir, que está disminuída su fuerza muscular absoluta. Si el músculo permanece cargado con el mismo peso durante todo el experimento, y la excitación es máxima (intensa corriente de inducción, de abertura), la altura de levantamiento va disminuyendo en una fracción igual, á cada nueva sacudida muscular, de manera que *la gráfica del cansancio es una línea recta*. Cuanto más rápidamente se sucedan las sacudidas, tanto más considerable es dicha disminución, y viceversa. El músculo separado del cuerpo está cansado hasta el agotamiento, después *de cierto número* de contracciones, siendo indiferente para el caso que las excitaciones se sucedan á intervalos largos ó cortos (Kronecker). (Lo mismo sucede cuando las excitaciones son sub-máximas, según Tiegel). Además, el músculo fatigado necesita más tiempo para su contracción, que es, por lo tanto, más lenta, como también es más largo el período de la excitación latente (§ 300). El músculo fatigado sería más extensible (Donders y van Mansvelt). Cargando un músculo con un peso tan considerable que ya no sea capaz de levantarlo al contraerse, también se cansa, y en mayor grado que cuando puede elevar la carga (Leber). En efecto, tanto el cambio nutritivo como la formación de ácidos, son mayores en el músculo excitado, que se mantiene distendido, que no en aquel que se le deja acortar

(Heidenhain). Si cuando se excita un músculo que no sostenga *ningún peso*, se le permite contraerse, se fatiga con mucha lentitud. Si el músculo sólo está cargado durante la contracción, pero no cuando vuelve á alargarse, se fatiga con más lentitud (Heidenhain) que cuando está cargado constantemente: lo mismo sucede cuando sólo eleva el peso en el *curso* de su contracción y no *desde el primer momento* de la misma (Volkmann). La suspensión de pesos de un músculo que permanezca en reposo, no le cansa (Harless, Leber).

Ligando las arterias de un animal de sangre caliente, y excitando los nervios motores, ya sobreviene un agotamiento completo después de 120 á 240 sacudidas (en dos á cuatro minutos); pero si ahora se excita directamente el músculo, todavía se producen algunas contracciones más. En ambos casos, las gráficas de la fatiga son *líneas rectas*.

Cuando se excita, por medio del nervio, el músculo de un animal de sangre caliente, cuya circulación sanguínea se mantenga intacta, se observa que las contracciones aumentan de altura al principio y después disminuyen, siguiendo una línea recta (Rossbach y Harteneck). En armonía con esto, se observa también en aquellas personas que practican ejercicios musculares hasta llegar á la fatiga, que tanto los nervios como los músculos, al principio del trabajo, reaccionan con más energía á las excitaciones galvánica y farádica, y después cada vez con menor intensidad (Orschanski).

Según v. Kries, el músculo cansado y tetanizado por medio de excitaciones máximas, presenta los mismos caracteres que el músculo fresco y tetanizado con excitaciones sub-máximas; en ambos se observa una transición incompleta del estado de reposo al de actividad.

Un músculo se repone de su fatiga *haciendo pasar á todo lo largo de él una corriente constante* (Heidenhain), ó inyectando en sus vasos sangre arterial fresca, ó cortas dosis de veratrina.

Manteniendo los músculos de un animal intacto en excitación contínua (durante catorce días seguidos) hasta que sobrevenga su completo agotamiento, se encuentran después las fibras musculares en un estado muy avanzado de degeneración granulosa y especialmente cérea (O. Roth).

Entre las *substancias tóxicas*, el curare y los venenos cadavéricos (ptomaínas) hacen que la curva de la fatiga presente un curso irregular (Guareschi y Mosso).

A. Mosso y Maggiora han experimentado en el hombre vivo, haciendo elevar un peso por medio de los flexores del dedo medio, teniendo sujeto el brazo. Mosso observó que el músculo excitado directamente se cansa antes que el excitado por vía indirecta (por intermedio del nervio). Cuando los pesos son pequeños, la curva de la fatiga tiene una forma de S; con pesos muy grandes, tiene la forma de una hipérbole y sólo aparece como una línea recta con pesos de intensidad media. La excitación eléctrica tetanizante y continuada hasta agotar las fuerzas del músculo, todavía deja en éste un resto de energía que puede ser utilizado por la voluntad; á la inversa, el músculo extenuado por contracciones voluntarias, aún puede realizar cierto trabajo si se le excita por medio de la electricidad. Si ambas excitaciones obran de un modo sucesivo, agotan completamente al músculo. La fuerza muscular disminuye de un modo

notable con el trabajo intelectual exagerado, con el hambre ó con una temperatura elevada, sobre todo si está muy cargada de humedad la atmósfera y es baja la presión barométrica (P. Lombard). La contracción muscular voluntaria más enérgica posible no puede hacerse más intensa aunque se someta el nervio motor á una fuerte excitación eléctrica. Del mismo modo : si el nervio motor es excitado por la electricidad hasta obtener una contracción poco enérgica, tampoco la voluntad es capaz de hacer que sean más intensas las contracciones del músculo (Mosso). El trabajo ejecutado por un músculo ya fatigado, le agota mucho más que otro ejercicio más considerable, pero efectuado después de haberse repuesto. La anemia ocasiona síntomas análogos á los de la fatiga, hasta llegar á la misma incapacidad de contraerse el músculo, pero éste recobra rápidamente su aptitud funcional en cuanto su circulación sanguínea vuelve á restablecerse de un modo normal. La fatiga de las piernas, en la marcha, acelera el cansancio de los brazos. La vigilia prolongada y el ayuno, favorecen la aparición de la fatiga, que se combate eficazmente con el amasamiento (Maggiora).

Cuando un músculo se extenua por completo á fuerza de contracciones voluntarias, y sin embargo, se continua haciendo que influya en él la voluntad para que siga funcionando, vuelve en efecto á contraerse después de cierto tiempo de reposo hasta que agota de nuevo sus fuerzas y se repite la misma serie de fenómenos (P. Lombard).

307. Mecánica del esqueleto.

Los HUESOS presentan en su substancia esponjosa, una arquitectura interior constituída por trabéculas dispuestas perfectamente para resistir tanto á la tracción como á la presión, con arreglo á aquellas líneas que traza la estática gráfica para la representación de las fuerzas. La disposición de dichas trabéculas, está por lo tanto, tan bien ajustada al fin que desempeñan los huesos, que reune el máximum de resistencia como aparato de sostén, con el menor gasto de material (H. v. Meyer, Culman, Jul. Wolff).

I. Las ARTICULACIONES permiten que los huesos puedan realizar los movimientos más variados. Los extremos articulares están revestidos de una capa cartilaginosa, la que, gracias á su elasticidad, es capaz de amortiguar las conmociones y los choques que han de resistir los huesos. La superficie del cartílago articular es completamente lisa, y de este modo facilita el deslizamiento mútuo de los extremos articulares de los huesos. De la línea que limita exteriormente al cartílago, parte la cápsula articular que abraza á manera de un saco á los extremos articulares de los huesos. La cápsula está revestida por dentro de una membrana sinovial que segrega la sinovia, líquido viscoso y escurridizo, el cual facilita en alto grado el deslizamiento recíproco de las superficies articulares. La cara externa de la cápsula articular, está cubierta en muchos puntos, por ligamentos fibrosos que funcionan en parte contribu-

yendo á asegurar la unión entre los huesos en que se insertan, y en parte sirven para limitar la amplitud y extensión de los movimientos de estos. También pertenecen á este grupo de mecanismos ó disposiciones restrictivas de los movimientos articulares, ciertas eminencias óseas como la apófisis coronoides del cúbito, que sólo permite la flexión del antebrazo hasta llegar á cierto ángulo agudo, y el olécranon que se opone á la hiperextensión en la misma articulación del codo. La permanencia en el mútuo contacto de las superficies articulares está asegurada: 1.°, por la adhesión de las superficies cartilaginosas lisas y barnizadas con el líquido sinovial; 2.°, por medio de los ligamentos capsulares exteriores, y 3.°, por la tensión elástica y la contracción de los músculos.

La *membrana sinovial* está formada por hacecillos finos de tejido conjuntivo mezclados con fibras elásticas y tiene en su cara interna vellosidades, de las cuales unas contienen tejido adiposo, y otras redes vasculares. La superficie interna de las membranas sinoviales, está revestida de endotelio con células pavimentosas de forma poligonal redondeada. Los ligamentos y cartílagos intra-articulares no están revestidos ni de sinovial ni de endotelio. Los puntos del hueso donde se inserta la sinovial, se llaman zonas de inserción.

La *sinovia* es un líquido incoloro, que hace hebra, y de reacción alcalina; su composición es la de los líquidos trasudados, pero además contiene mucina (v. Frerich), albúmina é indicios de grasa. Con los movimientos exagerados disminuye la cantidad del líquido sinovial, se hace éste más espeso, aumenta su proporción de mucina y disminuye la de sales.

Según los movimientos que ejecutan las articulaciones, se las divide en los grupos siguientes:

1.° *Articulaciones con movimientos giratorios alrededor de un sólo eje.* *a*) *Articulación de charnela ó ginglimo.* Una de las superficies articulares representa un segmento de cilindro ó de esfera, y sobre ella se mueve la otra, que presenta una cavidad que encaja en la primera, girando en la flexión ó extensión sólo alrededor de un eje (del cilindro ó de la esfera). Ejemplos: las articulaciones de los dedos en la mano y en el pie. Siempre hay en este grupo fuertes ligamentos laterales que impiden á estas articulaciones doblarse en sentido lateral. Una modificación de la articulación de charnela es la *articulación helizoidal* (Langer, Henke). A esta categoría pertenece la articulación húmero-cubital: en efecto, en ésta no se verifican en rigor, simples movimientos de flexión y extensión, sino que el cúbito gira alrededor de la tróclea del húmero como una tuerca sobre su tornillo: en el húmero derecho, el paso de rosca está dirigido de izquierda á derecha, y en el izquierdo en sentido contrario. También la articulación tibio-tarsiana es de este género: la tuerca es la cara articular de la tibia; esta articulación está dispuesta en el lado derecho como un tornillo cuyo paso de rosca se dirige de derecha á izquierda y en el lado izquierdo inversamente. *b*) El *trocóide*: articulación de superficie cilíndrica como la que existe entre el atlas y la apófisis odontoides del axis que hace de eje de rotación. En la articulación que hay en el codo para realizar los movimientos de pronación y supinación, el eje de rotación se dirige del centro de la fosa de la cabeza del radio,

DR. PEREZ ARABLES

á la apófisis estiloides del cúbito. Son auxiliares de esta articulación giratoria : por arriba, la unión articular entre la circunferencia de la cabeza del radio con la escotadura correspondiente del cúbito, y por abajo la articulación que hay entre la cabecita del cúbito y la escotadura semilunar del radio.

2.° *Articulaciones con movimientos giratorios alrededor de dos ejes.* — *a*) Las superficies articulares tienen en los dos ejes, que se cortan perpendicularmente, una curvatura de diferente radio pero en el mismo sentido : así sucede, v. gr., en la articulación occipito-atlóidea ó en la de la mano con el brazo, en las cuales son posibles la extensión, la flexión y también la inclinación lateral. *b*) Las articulaciones tienen una superficie curva dirigida en distinto sentido, según los dos ejes perpendiculares de cada una de sus curvaturas. A este grupo pertenece la articulación en forma de *silla de montar* (Bergmann), cuya superficie es cóncava en la dirección de un eje y convexa en la del otro ; tal sucede entre el hueso trapecio y el primer metacarpiano. Los movimientos principales en esta articulacion son : la flexión y la extensión, la abducción y la adducción. Además es posible un movimiento, aunque muy limitado, en todas direcciones, y, por fin, el pulgar todavía puede describir un movimiento de circumducción. Según esto, la articulación en forma de silla de montar se parece á una artrodia de movimientos limitados.

3.° *Articulación con movimiento sobre una superficie espiral.* — A este grupo pertenece en primer lugar la articulación de la rodilla (Langer). Los cóndilos del femur, abovedados de adelante hacia atrás, describen, en el corte antero-posterior de sus superficies articulares, una espiral (Ed. Weber) cuyo centro se encuentra más hacia la parte posterior del cóndilo, y cuyo radio vector va aumentando de atrás hacia adelante y abajo. Esta articulación consiente por de pronto, los movimientos de flexión y extensión. Los dos fuertes ligamentos laterales arrancan de los cóndilos del femur, en el punto correspondiente al centro de la espiral y se insertan por el extremo inferior en la cabeza del peroné y en el cóndilo interno de la tibia respectivamente. Cuando la articulación está en flexión extrema, se relajan estos ligamentos ; á medida que se extiende se ponen tensos, y en el grado máximo de extensión aseguran, como cordones muy tirantes, la fijación lateral de la articulación de la rodilla. A causa de la forma espiral de las superficies de esta articulación, los movimientos de flexión y extensión de la misma no se efectuan alrededor de un eje fijo, sino que éste va cambiando de lugar á medida que cambian las superficies de contacto ; es decir, que recorre también un camino espiral. El ángulo comprendido entre la extensión y la flexión extremas es de unos 145° C. El ligamento cruzado anterior se estira más en la extensión y limita la exageración de este movimiento ; el posterior se estira más en la flexión y es el que impide que ésta pase de cierto límite. Pero los movimientos de flexión y extensión de la rodilla son más complicados por cuanto la articulación tiene una disposición en forma de tornillo, de tal manera que, cuando la extremidad inferior está en completa extensión, la pierna se desvía hacia afuera. Por esto mismo, cuando

esta está fija y se dobla el muslo, tiene que girar éste hacia afuera. Además, en la articulación de la rodilla hay movimientos de pronación y supinación, que llegan á abarcar un arco de 41° en el estado de flexión máxima (Albert) y son nulos cuando la articulación está en hiperextensión. En estos movimientos, el cóndilo externo de la tibia gira alrededor del interno. En todas las posiciones de flexión se encuentran los ligamentos cruzados en un estado de tensión bastante igual, manteniendo en contacto mútuo las superficies articulares. Además están dispuestos de tal modo que, cuando se pone más tirante el ligamento anterior (extensión), los cóndilos del femur deben deslizarse más hacia la parte anterior sobre la superficie articular de la tibia, y cuando aumenta la tensión del ligamento posterior (flexión) se tienen que ir hacia atrás. Braune y Fischer encontraron en sus investigaciones, que cada vez que se dobla la articulación de la rodilla, rueda la tibia. Al pasar de la posición de extensión á una de flexión, de 20°, se produce una rotación hacia adentro de 6°; á partir de este punto, si continua el movimiento de flexión, la rotación que la acompaña es hacia afuera, alcanzando otros 6° en este sentido cuando el ángulo de flexión es de 90°.

4.° *Articulaciones con rotación alrededor de un punto fijo.*—Son las articulaciones esféricas que se mueven libremente (artrodias). El movimiento es posible alrededor de infinidad de ejes, que se cortan todos ellos en el punto que sirve de centro de rotación. Una de las superficies articulares tiene próximamente la forma de una esfera maciza, y la otra de una esfera hueca. Los tipos de estas articulaciones son las del hombro y la cadera. También cabe sustituir la infinidad de ejes, alrededor de los cuales puede realizarse el movimiento por sólo tres, que se cortan en ángulo recto, en el espacio. Por eso se han llamado á estas articulaciones de tres ejes. Los movimientos pueden realizarse: 1.°, como un movimiento pendular en cualquier plano; 2.°, como rotación alrededor del eje longitudinal de la extremidad; y 3.°, describriendo una superficie cónica, cuyo vértice sea el centro de rotación de la articulación, y cuya base sea trazada por el extremo del miembro: movimiento de circumducción.

Se llaman artrodias limitadas á algunas articulaciones esféricas cuya amplitud de movimientos no es tan extensa y que tampoco consienten una rotación alrededor del eje longitudinal. A este grupo pertenecen, verbigracia, las articulaciones metacarpo-falángicas.

5.° *Articulaciones rígidas* ó *anfiartrosis.* — Están caracterizadas porque en ellas son posibles los movimientos en todas direcciones, pero muy poco amplios en todas ellas, por razón de que los ligamentos externos de las mismas son muy cortos y rígidos. Las superficies articulares son entrambas de iguales dimensiones por lo general y casi planas. Como ejemplo de estas articulaciones, citaremos las de los huesos del carpo y del tarso.

Respecto al origen mecánico de las formas articulares de dos huesos que se muevan recíprocamente el uno respecto al otro, conviene notar que hace el papel de cavidad articular aquel extremo óseo que tiene más próximas las inserciones de

los músculos, y de cabeza articular el otro extremo en el cual las inserciones respectivas se hallan más distantes de él (Rud. Fick).

II. Las *sínfisis, sincondrosis y sindesmosis,* son articulaciones en las que están unidos los huesos sin que exista en ninguno de ellos cavidad articular. Son movibles en todas direcciones, pero en un grado mínimo, así que tienen gran analogía con las anfiartrosis desde el punto de vista fisiológico.

III. Las *suturas* unen á los huesos sin consentir entre ellos ningún cambio de posición recíproco. La importancia fisiológica de las suturas consiste en que los huesos pueden crecer por sus bordes, haciéndose posible de este modo que vaya aumentando de volumen la cavidad limitada por ellos (Herm. v. Meyer).

308. Colocación y uso de los músculos.

La substancia muscular constituye el 45 por 100 de la masa total del cuerpo. La musculatura del lado derecho pesa más que la del izquierdo (Ed. Weber). Si se tiene en cuenta el uso de los músculos desde el punto de vista mecánico, se pueden admitir en ellos las siguientes agrupaciones:

A. Músculos sin origen ni terminación determinados.

1.° *Los músculos huecos* son los que circunscriben cavidades esféricas, ovóideas ó irregulares (vejiga de la orina, vesícula seminal, vejiga de la hiel, útero, corazón), ó constituyen las paredes de conductos más ó menos cilíndricos (tubo intestinal, conductos glandulares musculosos, uréteres, trompas, conductos deferentes, vasos sanguíneos y linfáticos). La colocación de las fibras musculares, en estos casos, suele ser en varias capas, v. gr., formando haces longitudinales, circulares y oblícuos. Cuando entran en actividad, se contraen siempre todas estas capas, reduciendo el espacio de la cavidad que abarcan. No es posible sostener que cada una de dichas capas produzca un efecto mecánico diferente y que, v. gr., las fibras circulares del intestino estrechen su calibre y lo ensanchen las longitudinales: ambas lo reducen, estrechándolo y acortándolo. Sólo en el caso de que en la pared del órgano hueco se hubiese formado una depresión ó pliegue hacia su interior por virtud de una compresión exterior ó de la contracción parcial de algunas fibras circulares, es cuando las fibras musculares que recorren el fondo de esa depresión hasta sus bordes la borrarán con su contracción parcial (y dilatarán, por lo tanto, la cavidad interior del órgano), convirtiendo la superficie cóncava de dicha depresión en otra de menor extensión, y por lo tanto, plana. Las diversas capas musculares son inervadas por el mismo origen motor, dato que habla también á favor de su uniformidad de función.

2.° *Los esfínteres* rodean á una abertura ó á un conducto corto, y al contraerse, los estrechan ó cierran por completo. Tal sucede con los esfínteres de la pupila, de los párpados, de la boca, del píloro, del ano, de la vulva y de la uretra.

B. Músculos de origen y terminación bien determinados.

1.° El *origen del músculo permanece fijo* cuando éste se contrae, y el curso de las fibras musculares hasta su terminación permite que ésta se acerque á aquél, siguiendo una línea recta ; tal sucede en los músculos auriculares anterior, posterior y superior, y en los músculos rombóideos. En algunos de estos músculos se pierde su terminación en partes blandas, que los siguen cuando se contraen, como se observa en el músculo azygos de la úvula, en el elevador del velo del paladar y en la mayor parte de los músculos que, partiendo de los huesos, van á terminar en la piel, como los faciales, el estilo-gloso, el estilo-faríngeo y otros.

2.° *Músculos de origen y terminación movibles.*— En estos músculos se mueven ambos extremos en razón inversa de las resistencias que tengan que vencer al contraerse, resistencias que en muchos casos pueden acentuarse voluntariamente en el origen ó en la terminación del músculo. Así el esterno-cleido-mastóideo obra unas veces como flexor de la cabeza, y en otros casos en que se fija ésta, actua como elevador de la jaula torácica ; el músculo pectoral menor hace en unas ocasiones de adductor y depresor del hombro, y en otras, en que se fija este último, obra como elevador de las costillas desde la tercera á la quinta.

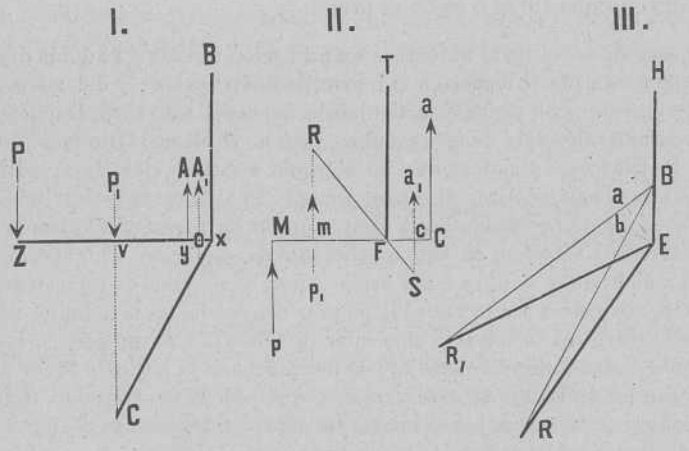
3.° Algunos músculos, completamente fijos en su inserción de origen, se desvían de la línea recta en el curso ulterior de sus fibras, ó en las de sus tendones, ya formando un arco, como sucede en los músculos occipital, frontal y elevador del párpado superior, ó bien haciendo un ángulo con el tendón por encima de alguna eminencia sólida, en cuyo caso, la tracción muscular tiene que variar de dirección, como si el músculo se insertase en dicha eminencia. Esto último es lo que se observa con los músculos oblícuo superior del ojo, tensor del tímpano, tensor del velo del paladar, y obturador interno.

4.° Muchos músculos de las extremidades, *obran sobre los huesos largos, empleándolos como palancas. a*) A veces, la palanca es de *tercer género*, es decir, que el punto de inserción del músculo, se encuentra entre el de aplicación de la resistencia y el punto de apoyo, como sucede, verbigracia, con el biceps y el deltoides. El punto de inserción del músculo, suele hallarse, en estos casos, muy cerca del punto de apoyo ; con esto, gana mucho la velocidad con que se mueve el extremo del brazo de palanca, en el momento de la contracción muscular, pero se pierde en fuerza. Sin embargo, esta disposición tiene la ventaja de que es muy poco lo que pierde en fuerza el músculo, por lo mismo que es muy pequeño el acortamiento de éste, pues ya sabemos que la fuerza contráctil de un músculo, va disminuyendo á medida que se acorta (§ 301. I. 3). *b*) A veces, los músculos, al obrar sobre los huesos, los emplean como palancas de *primer género*; en este caso, la inserción del músculo, ó sea el punto de aplicación de la potencia, se encuentra en un extremo de la palanca, la resistencia actua sobre el otro, y el punto de apoyo se halla entre ambos : tal sucede con el triceps y los músculos de la pantorrilla. Tanto en un caso como en el otro, se calcula la fuerza muscular necesaria para vencer una resistencia, con arreglo á las leyes de la palanca; es decir, que habrá equilibrio cuando exista igualdad entre los momentos estáti-

cos, ó sea entre los productos de cada fuerza, por la distancia que medie entre ésta y el punto de apoyo, midiendo esta distancia por la perpendicular, bajada desde este punto á la dirección de dicha fuerza. En otros términos: la fuerza y la resistencia, habrán de estar en razón inversa de las distancias al punto de apoyo perpendiculares á su dirección.

Mas cuando se trata de precisar la magnitud de la fuerza muscular y de la resistencia, hay que tener en cuenta la dirección en que obran sobre el brazo de palanca. En efecto, es frecuente que esta dirección, que es perpendicular al brazo de palanca en una posición determinada, pasa á ser oblícua en otro movimiento de la misma. El momento estático de una fuerza ó resistencia que actue en dirección oblícua sobre un brazo de palanca, se averigua multiplicando el valor de la fuerza ó de la resistencia por las perpendiculares, trazadas desde el punto de apoyo á las líneas que representen sus respectivas direcciones.

Figura 183.



Esquema de la acción de los músculos sobre los huesos.

En la fig. 183. I, $B\,x$ representa el húmero, $x\,Z$ el radio, y $A\,y$ la dirección en que actua el biceps. Si éste se mantuviese perpendicular al contraerse, y, sosteniendo en posición horizontal al antebrazo ó á la mano, cargados con el peso P, fácil sería calcular la fuerza del biceps, con arreglo á la siguiente fórmula:

A y $x = P\,x\,Z$, de donde se deduce $A = P\,x\,Z$: y x. Es evidente que si desciende el radio á la posición $x\,C$, ya varían las circunstancias del caso. Entonces la fuerza del biceps, sería $A_1 = P_1\,v\,x$: $o\,x$.

En la fig. 183. II, $T\,F$ representa la tibia, F á la articulación tibio-tarsiana, y $M\,C$ al pie, en posición horizontal. La fuerza de los músculos de la pantorrilla, a, necesaria para equilibrar á otra fuerza, p, que actua sobre el extremo anterior del pie, se expresaría por la siguiente fórmula: $a = p\,M\,F$: $F\,C$. Si cambiara la posición del pie, tomando la $R\,S$, la fuerza de los músculos de la pantorrilla, se calcularía con arreglo á la fórmula $a_1 = p_1\,M\,F$: $F\,c$.

De todo lo que se acaba de decir, se deduce también la fuerza con que actuan, sobre su brazo de palanca, aquellos músculos, como el supinador

largo (braquio-radial), que están tensos sobre el ángulo que forma una articulación en ginglimo. También se calcula en estos casos el momento estático, multiplicando la fuerza por la perpendicular, trazada sobre la dirección de ésta, desde el punto de apoyo ó de rotación de la palanca.

En el esquema III, $H\,E$ representa al húmero, E á la articulación del codo, $E\,R$ al radio, y $B\,R$ al músculo supinador largo ó braquio-radial. En esta situación, el momento estático de este músculo será $= A\,b\,E$. Si el radio se hubiese elevado hasta $E\,R_1$, sería $= A\,a\,E$. Sin embargo, conviene no olvidar que $B\,R_1 < B\,R$, y que, por lo tanto, la fuerza absoluta del músculo habrá de ser menor en la posición de flexión, porque todo músculo va perdiendo fuerza á medida que se acorta. Así que esta pérdida de fuerza se compensa por el alargamiento del brazo de palanca respectivo.

5.° Algunos músculos tienen un efecto motor doble, que es el que producen por lo general combinado con otros; así el biceps braquial es flexor y supinador del antebrazo. Si haciendo que intervengan otros músculos, se impide la ejecución de uno de esos movimientos, el primer músculo tampoco lleva á cabo el otro.

Ejemplos: Si se coloca al antebrazo en pronación forzada y se dobla después, no interviene para nada el biceps en el movimiento de flexión; y del mismo modo si se coloca en extensión rígida la articulación del codo, sólo obra después como supinador el músculo corto de este nombre, pero no el biceps. Otro ejemplo lo suministran los músculos masticadores. El músculo masetero eleva la mandíbula inferior y la atrae hacia adelante al mismo tiempo. Pero si estando deprimida la mandíbula se la mantiene echada hacia atrás con mucha fuerza y luego se la eleva, ya no se interesa el masetero en este movimiento de elevación. El músculo temporal eleva la mandíbula y la lleva hacia atrás. Ahora bien, caso de estar deprimido dicho hueso, si se eleva y á la vez se le empuja con fuerza hacia delante, tampoco se interesa el temporal en ese acto muscular (§ 158. *a*). Unicamente en los grandes esfuerzos ó cuando influyen otras causas mecánicas en la posición de los huesos, es cuando aun los músculos de esos grupos á que nos hemos referido, ejecutan un movimiento parcial en un solo sentido. Se observan fenómenos análogos y no menos interesantes en los músculos flexores de la pierna.

6.° *Músculos biarticulares ó pluriarticulares.*—Así se denominan aquellos que pasan por encima de dos ó más articulaciones desde su punto de origen al de su terminación. En estos músculos, ó bien hay ciertas posiciones en que sus tendones se desvían de la dirección primitiva de las fibras musculares, como pasa con los extensores y flexores de los dedos cuando se doblan éstos, ó bien siguen siempre la dirección de una línea recta, como acontece con los gemelos de la pierna. Los músculos de estos grupos presentan además ciertas particularidades muy interesantes: *a*) El fenómeno de la llamada *insuficiencia activa* (Hueter, Henke). Colocando las articulaciones cubiertas por el músculo de tal manera que se aproximen mucho el origen y la terminación de éste, puede suceder que por mucho que se contraiga el músculo activamente, no llegue á acortarse lo necesario para que produzca un efecto activo su contracción. Así, v. gr., doblando en ángulo agudo la articulación de la rodilla, los gemelos ya no pueden realizar la flexión plantar del pie, y sólo el mús-

culo sóleo es el que ejerce tracción sobre el tendón de Aquiles. *b*) Se observa la *insuficiencia pasiva* (Hueter, Henke) en los músculos pluriarticulares en las circunstancias siguientes: Cuando las articulaciones se encuentran en determinada situación, puede suceder que un músculo esté tan extendido y tan tirante, que limite, á la manera de un cordón rígido, los movimientos de otros músculos. Así los gemelos de la pantorrilla son demasiado cortos para permitir la flexión dorsal máxima del pie, cuando la rodilla está en extensión. Los músculos flexores largos de la pierna, que arrancan de la tuberosidad isquiática, son también demasiado cortos para permitir que se extienda por completo la articulación de la rodilla, cuando la de la cadera está doblada en ángulo agudo. Los tendones extensores de los dedos de la mano son demasiado cortos para consentir la flexión completa de las falanges, cuando la mano ya se halla en su posición máxima de flexión.

7.° *Músculos sinérgicos.* — Se da este nombre á aquellos que se contraen simultáneamente para realizar un movimiento determinado: verbigracia, los flexores de la pierna, los músculos de la pantorrilla y otros. También pueden ser considerados como sinérgicos los músculos abdominales, incluyendo al diafragma, puesto que reducen la cavidad del vientre; y lo son también los inspiradores, los espiradores y en cierto modo pueden mirarse también como músculos sinérgicos las diversas digitaciones ó inserciones aisladas de un mismo músculo y los dos vientres de los llamados digástricos.

Se llaman, por el contrario, músculos *antagonistas* (Galeno) aquellos que al contraerse producen un resultado opuesto al efectuado por otros músculos. Así son antagonistas: los flexores y extensores, los pronadores y supinadores, los adductores y abductores, los elevadores y depresores, los esfínteres y dilatadores, y los inspiradores y espiradores.

Cuando se trata de obtener el mayor resultado posible con la contracción de un músculo, acoscumbramos á colocarle previamente y de un modo involuntario, en el estado de mayor distensión posible (*tomar vuelo*) porque enseña la experiencia que así es como el músculo produce el máximum de fuerza (§ 302. I. 3) (Schwann). Por el contrario, cuando se pretende ejecutar movimientos muy delicados y con el menor gasto de fuerza posible, se elige aquella posición en la que el músculo correspondiente ya se halla en un estado de gran acortamiento.

Todas las *fascias* del cuerpo están unidas á músculos, y son distendidas por ellos cuando se contraen (tensores de las fascias; K. Bardeleben).

309. Gimnasia. — Trastornos patológicos en las funciones motoras.

Para desarrollar la actividad muscular y la fuerza, sirve, en primer término, la gimnasia, que debe ser practicada por los individuos de ambos sexos desde una edad muy temprana. El ejercicio corporal regularizado aumenta la masa muscular y crea aptitud para mayores esfuerzos; al mismo tiempo se consume en el cuerpo mayor cantidad de grasa. Con el aumento de la masa muscular aumenta también la cantidad de sangre, y á la par se hacen más resistentes los huesos, tendones y

ligamentos. Como en el músculo que se contrae circula la sangre de un modo más activo, de ahí que los ejercicios gimnásticos produzcan una acción tónica general sobre la circulación sanguínea y la actividad cardíaca, con lo cual se favorece también la circulación de los humores intersticiales en aquellos sujetos que padecen de estancaciones sanguíneas en los órganos abdominales (hemorroides, etc.), resultado casi siempre de una vida demasiado sedentaria. Además, como el músculo activo consume mucho oxígeno y produce gran cantidad de ácido carbónico, también se estimula poderosamente la función respiratoria con los ejercicios gimnásticos. La mayor intensidad del cambio nutritivo produce una sensación de bienestar y de fuerza, disminuye la irritabilidad morbosa y la tendencia al cansancio. El cuerpo adquiere en su conjunto una contextura más recia y aumenta su peso específico (Jäger).

Mediante la *gimnasia sueca* (Ling), se pretende robustecer de un modo metódico aquellos músculos ó grupos musculares, que por su debilidad no es raro produzcan ciertas deformidades en el esqueleto humano. Para ello se hace que trabajen esos músculos en especial, y, con tal objeto, se les oponen las resistencias adecuadas, á fin de que las venza el sujeto ó que trate de luchar con ellas, pero sin llegarlas á vencer.

También se activa la circulación en los músculos con el amasamiento (*masaje*) que consiste en practicar en ellos sobos, presiones y fricciones. Así que este procedimiento puede emplearse ventajosamente en aquellos músculos que estén debilitados por la enfermedad, hasta el punto de no ser capaces de ejecutar con éxito los ejercicios metódicos y regularizados de la gimnasia. Los trastornos de la motilidad se manifiestan ó en los *órganos pasivos del movimiento* (huesos, articulaciones, ligamentos, aponeurosis) ó en los *activos* (músculos con sus tendones, nervios motores).

Las fracturas, la caries, la necrosis y también las inflamaciones que hacen dolorosos los movimientos de los huesos, alteran las funciones motoras ó hasta las imposibilitan por completo. De un modo análogo obran las dislocaciones, la inflamación de las articulaciones, la relajación de sus vínculos, la adherencia sólida de los extremos articulares (anquilosis) ó de los ligamentos y partes blandas que los rodean. También se pueden originar ciertas desviaciones en la normalidad de las funciones motoras, por corvaduras anormales de los huesos, tumefacciones (hiperostosis) ó excrescencias (exostosis). Entre las disposiciones anormales y más frecuentes de las diversas partes del esqueleto, hay que contar las corvaduras del espinazo, laterales (escoliosis), hacia atrás (quifosis) ó hacia adelante (lordosis). Estas deformidades producen también trastornos en los movimientos respiratorios. En las extremidades inferiores, que son las que tienen que soportar el peso del cuerpo, se desarrolla el genu-valgum sobre todo en los individuos jóvenes, débiles, que crecen rápidamente, y cuya profesión ú oficio les exige estar de pie mucho tiempo. La deformación contraria, genu-varum (piernas arqueadas hacia afuera) es casi siempre consecuencia del raquitismo. El *pie plano* (pes valgus) proviene de que se hunde la bóveda del pie, que ya no descansa entonces sobre sus tres puntos de apoyo normales. En muchos casos son sus causas las mismas del genu-valgum. Los ligamentos de las pequeñas articulaciones del tarso están distendidos, y el eje longitudinal del pie casi siempre aparece muy dirigido hacia afuera; el borde interno está más aplicado al suelo, y los dolores en el pie y en los maleolos hacen que sea muy difícil y molesta la marcha y la bipedestación. El pie de piña (pes varus), en el que el borde interno está elevado y la punta vuelta hacia arriba y adentro, proviene de un defecto de desarrollo de origen fetal. Todos los niños nacen con un ligero grado de esta deformidad. En el pie equino el pie toca al suelo por su punta, y en el pie calcáneo con el talón únicamente; ambas deformidades provienen casi

DR. PEREZ ARAILES
12 - 3.°
Teléfono 20 85 19

siempre de una contractura de los músculos que producen dichas posiciones del pie, ó de una parálisis de sus antagonistas.

Cuando faltan por mucho tiempo las sales terrosas en la alimentación, se empobrece en ellas el esqueleto, y los huesos (§ 246. 8) se vuelven más delgados, translúcidos y hasta flexibles. El *raquitismo* de los niños y la *parálisis* de los animales domésticos de corta edad (afección idéntica á la anterior) tienen ese origen; las sales calcáreas de los alimentos no son absorbidas á causa de perturbaciones digestivas muy continuadas. Pero si los huesos ya formados llegan á perder $^1/_2$ ó $^1/_3$ de sus sales calcáreas (halisteresis) y de este modo se hacen blandos y quebradizos (osteomalacia), se presentan trastornos análogos en las funciones de movimiento. Es propio de la senectud un ligero grado de fragilidad ósea y halisteresis.

Respecto á las alteraciones patológicas de los músculos, conviene ante todo hacer notar que para que se efectue normalmente su nutrición, es preciso que los alimentos contengan una *proporción suficiente de sal común y sales de potasa*, porque estos principios son elementos integrantes del tejido muscular (Kemmerich, Forster). De lo contrario, se atrofian los músculos y se impide la nueva formación de su substancia. Más adelante se afectan el sistema nervioso central y el aparato digestivo, y los animales sucumben. En el § 239 ya se ha dicho hasta qué punto padecen los músculos en los estados de inanición. Pero también suelen atrofiarse los músculos (y los huesos) que no trabajan por cualquier motivo que sea (§§ 244, 245. 1). En los músculos atrofiados, en los casos de anquilosis, es frecuente encontrar una multiplicación enorme de los corpúsculos musculares, cuyo número aumenta, por proliferación atrófica (Cohnheim), á expensas del contenido contráctil. En el anciano es un fenómeno normal cierto grado de atrofia muscular.

Es notable la gran reducción (de 1000 á 350 gramos) que en su substancia muscular experimenta el útero después del parto, y que proviene en parte de la menor vascularización del órgano. En la intoxicación saturnina, la atrofia interesa principalmente á los músculos extensores é interóseos. Las atrofias y degeneraciones de los músculos traen como consecuencia ulterior el acortamiento y adelgazamiento de los huesos en que se insertan.

La sección y parálisis de los nervios motores acarrea la inacción de los músculos y á la larga su degeneración. Pero también las inflamaciones, reblandecimientos y esclerosis de las células ganglionares de los cuernos anteriores de la médula espinal ó de los núcleos motores de la oblongada, ocasionan la atrofia de los músculos que están en conexión con dichos centros (§ 369). Así sobrevienen de un modo agudo la parálisis espinal y la bulbar aguda (parálisis de la médula oblongada), y, siguiendo un curso crónico, la atrofia muscular progresiva y la parálisis bulbar también progresiva. En estos casos, los músculos y sus nervios se reducen en sus dimensiones y se vuelven más blandos. En los músculos se encuentran muchos núcleos, su contenido contráctil está en parte degenerado en grasa, y más adelante llega á desaparecer por completo. El tejido conjuntivo intramuscular está aumentado, y también lo está en muchos casos la grasa intersticial. Según Charcot, los centros nerviosos antes mencionados, son al mismo tiempo centros de nutrición ó tróficos de los nervios que de ellos parten y de los músculos animados por estos nervios. En cambio, cree Friedreich que en la atrofia muscular progresiva se trata de un padecimiento primitivo de los músculos, de una inflamación intersticial de estos, que termina con su degeneración y atrofia, y, á su juicio, el sistema nervioso central sólo se interesa de un modo secundario, degenerando de un modo análogo á como lo hace la porción de la médula correspondiente á un miembro, después de la amputación de éste.

Mencionemos por fin la *pseudo-hipertrofia muscular ó atrofia muscular lipomatosa* (Friedreich, Eulenburg), en la cual las fibras musculares están totalmente atrofia-

das y se desarrolla una gran cantidad de grasa entre ellas, sin que estén degenerados los nervios ni la médula (Eulenburg, Cohnheim). También puede ser atacado el contenido de las fibras musculares de *degeneración amilóidea*, en la cual la substancia amilóidea invade al tejido y se infiltra en él (§ 251. VIII). A veces presentan los músculos atrofiados un *color rojo moreno muy subido*, que proviene de una modificación de su materia colorante. Se observa hipertrofia del tejido muscular en aquellos músculos que están obligados á trabajar de un modo constante y excesivo (§ 56), como sucede en el músculo cardíaco ó en los músculos de la vejiga y del intestino.

FISIOLOGÍA DEL MOVIMIENTO EN ESPECIAL

310. Bipedestación.

Se llama actitud de pie ó bipedestación á aquella posición vertical y equilibrada del cuerpo, en la que la perpendicular de su centro de gravedad á la base de sustentación, cae en el espacio comprendido entre ambos pies. De todas las diversas actitudes vamos ahora á estudiar la bipedestación, en la cual interviene la acción muscular en dos sentidos: 1.°, haciendo que el cuerpo se convierta en una especie de columna inflexible; 2.°, cuando tiende á perderse la posición de equilibrio, procurando que éste se restablezca por medio de contracciones musculares, adecuadas al caso.

En la actitud de pie intervienen las siguientes actividades musculares:

1.° *Fijación de la cabeza sobre la columna vertebral.* —El occipucio se puede mover de diversas maneras sobre el atlas, cuyas dos superficies articulares cóncavas convergen hacia adelante. El movimiento más ámplio es el de cabeceo. Como el centro de gravedad de la cabeza se halla por delante del punto en que ésta se apoya sobre el atlas, cuando se relajan los músculos, como sucede durante el sueño y en el cadáver, se viene la cabeza hacia adelante, apoyándose el mentón en el pecho. La robusta musculatura de la nuca, que se dirige desde la columna vertebral hasta el occipucio, es la que fija la cabeza sobre dicha columna.

Además del cabeceo directamente hacia adelante, también puede moverse la cabeza oblícuamente hacia adelante y á un lado (L. Gerlach). Es muy poco lo que se puede mover sobre la articulación del atlas, alrededor del eje antero-posterior ó sagital, y el movimiento alrededor del eje vertical sólo es posible cuando está doblada la nuca. En la actitud de pie no se necesita ninguna actividad muscular especial para impedir estos movimientos. Cuando gira la cabeza hacia un lado es comprimida la arteria vertebral del lado opuesto en el surco que recorre, y en cambio la del mismo lado puede llevar mayor cantidad de sangre (L. Gerlach).

El movimiento giratorio de la cabeza alrededor del eje cervical, se efectua principalmente sobre la apófisis odontoides del axis. Las superficies de contacto de las apófisis articulares de las vértebras cervicales primera y segunda, son convexas en el medio y descienden un poco por delante y por detrás de este punto; así que la cabeza cuando está más elevada es en la actitud erguida y en cuanto gira alrededor de la apófi-

sis odontoides, desciende un poco como si se fuese *atornillando*. Esta disposición tiene por objeto evitar que se estire la médula espinal cuando gira la cabeza (Henle). En la actitud vertical no se necesita ninguna acción muscular para fijar esta vértebra, porque cuando están en la inacción los músculos flexores de la nuca y de la cabeza, no puede girar ésta.

2.° La *columna vertebral* exige ser fijada por la acción muscular en aquellas porciones en que es mayor su movilidad: tales son la cervical y lumbar. Con tal objeto intervienen los numerosos y robustos músculos de la porción cervical, sobre todo los de la nuca y los lumbares, y de estos últimos en especial, las robustas masas musculares que sirven de origen al extensor común del dorso, reforzadas por el cuadrado lumbar.

Las vértebras menos movibles son las dorsales tercera á la sexta; el sacro es completamente inmóvil. En cierta longitud del espinazo depende su movilidad: *a*) del número y altura de los *discos* elásticos *intervertebrales*, los cuales son más numerosos en la porción cervical y más gruesos en la lumbar, y relativamente también en la parte inferior de la porción cervical. Estos discos permiten cierta movilidad en todas direcciones y representan en su conjunto la cuarta parte de toda la altura de la columna vertebral. Con el peso del cuerpo se deprimen un poco, y esa es la causa de que la estatura sea más alta por la mañana y después de estar mucho tiempo en posición horizontal. El menor perímetro del cuerpo de las vértebras cervicales debe ser causa de que su movilidad sobre los discos haya de ser más pronunciada que la de las últimas vértebras, cuyo cuerpo tiene un perímetro mayor. *b*) Influye también mucho en la movilidad de las vértebras, la *disposición de sus apófisis*. Las apófisis espinosas, muy oblícuas hacia abajo, de las vértebras dorsales, se oponen á la hiperextensión del espinazo. Las apófisis articulares de las vértebras cervicales tienen sus superficies articulares dirigidas oblícuamente de adelante y arriba, hacia atrás y abajo; disposición que hace posible cierta amplitud de movimientos: giratorios, de flexión y de cabeceo.

En la porción dorsal, las superficies de las apófisis articulares superiores de las vértebras son verticales y miran hacia adelante, y las de las inferiores hacia atrás; en cambio en la porción lumbar son también casi completamente verticales, pero miran hacia adentro las superiores y hacia afuera las inferiores. Cuando el espinazo se dobla hacia atrás todo lo posible, los puntos del mismo que más se mueven son: las vértebras cervicales inferiores; desde la undécima dorsal á la segunda lumbar, y las dos últimas lumbares (E. H. Weber).

3.° Cuando el cuerpo está erguido y rígido de esta manera, el centro de gravedad del conjunto formado por la cabeza con el tronco y los brazos se encuentra en el borde anterior de la cara inferior de la undécima vértebra dorsal (Braune y Fischer). La perpendicular bajada desde este punto cae por detrás de la línea que une las dos articulaciones de la cadera. Según esto, el tronco se iría hacia atrás si no se lo impidieran en parte ciertos aparatos ligamentosos, y en parte algunos músculos. Los primeros están representados por el ligamento íleo-femoral ó de Bertin, de 14 milímetros de grueso, que se extiende desde la espina ilíaca anterior é inferior hasta la línea intertrocantérea anterior; y la parte anterior, rígida, de la fascia lata. Pero como nunca los ligamentos son bastantes por sí solos para resistir á una tracción constante, su acción es apoyada en gran parte por el músculo psoas-ilíaco, que se inserta en el

trocánter menor y también por el recto anterior del femur, que, pasando sobre la cavidad cotilóidea, sube á insertarse en la espina ilíaca anterior é inferior. La inclinación lateral del cuerpo en la articulación coxo-femoral, que daría lugar á que un muslo se pusiera en abducción y en adducción el otro, es impedida principalmente por las grandes masas de los músculos glúteos, que fijan por detrás y lateralmente á los fémures con el hueso ilíaco. Cuando el muslo se pone en extensión, también impide su adducción el ligamento íleo-femoral, apoyado por la fascia lata.

Es inexacto que en circunstancias normales sea capaz de oponerse el ligamento redondo, con su tensión, á la abducción del muslo cuando éste está extendido y á la rotación del mismo cuando está doblado. Esto sólo podría suceder después que hubiesen sido lesionados el ligamento íleo-femoral y la cápsula articular. En la articulación intacta no es capaz el ligamento redondo de limitar ninguno de los movimientos, poniéndose tenso.

4.° El trozo rígido del cuerpo compuesto de cabeza, tronco, brazos y muslos, cuyo centro de gravedad se encuentra algo más bajo que el anterior y muy poco más hacia adelante, tanto que la vertical que pasa por él cae en la línea que une el borde posterior de las dos articulaciones de la rodilla, tiene que apoyarse en éstas. Y, para evitar que vaya hacia atrás, basta la fuerza del músculo triceps (cuadriceps de los alemanes) femoral, ayudada por la tensión de la fascia lata. También debe contribuir en este sentido, de un modo indirecto, el ligamento íleo-femoral; pues para que el tronco se caiga hacia atrás, tienen que girar los muslos hacia afuera, movimiento que, como ya se ha dicho, es impedido por el ligamento mencionado, tenso en la actitud vertical. La inclinación lateral en las articulaciones de la rodilla, es imposible desde luego, por su disposición en charnela ó ginglimo, apoyada por los fuertes ligamentos laterales de estas articulaciones. Tampoco es posible en ellas un movimiento de rotación en la actitud del cuerpo que estamos considerando (§ 307. I. 3).

5.° El centro de gravedad de todo el cuerpo, se encuentra á 4,5 centímetros por debajo del promontorio y en la vertical de éste (Braune y Fischer). Prolongando esta línea, viene á caer un poco por delante de la que une las dos articulaciones tibio-tarsianas. El cuerpo, según esto, se vendría hacia adelante, pero se lo impiden, en primer término, los músculos de la pantorrilla, apoyados por los de la capa profunda: tibial posterior, flexores de los dedos y peroneos laterales largo y corto.

Además, intervienen en este sentido los elementos siguientes: *a*) Los ejes longitudinales de los pies hacen entre sí (en los talones) un ángulo de 50°, y sólo puede caerse el cuerpo hacia adelante cuando los pies se pongan de tal manera, que sus ejes sean paralelos. *b*) La misma forma de las superficies articulares del pie se opone á la caída del cuerpo hacia adelante, porque para que esto suceda, tiene que encajarse entre los dos maleolos la porción anterior de la polea del astrágalo, que es más ancha que el espacio comprendido entre ellos. Sin embargo, este factor debe tener muy poca importancia, porque para que el cuerpo se incline hacia adelante, no se necesita un cambio en la posición de la articulación, tan considerable como se requiere para que se presente ese obstáculo mecánico.

6.° Los huesos del metatarso y del tarso, forman unidos por medio de ligamentos muy resistentes, la bóveda del pie que toca en el suelo por tres puntos: la tuberosidad mayor del calcáneo (talón), la cabeza del primer metatarsiano, y la del quinto. Sin embargo, las cabezas de los demás metatarsianos también sirven de puntos de apoyo comprendidos entre los dos últimamente mencionados. El peso del cuerpo carga sobre el punto más elevado de la bóveda del pie, ó sea sobre la cabeza del astrágalo, y esta bóveda sólo está sostenida por medio de ligamentos. Los dedos no desempeñan ningún papel en la actitud de pie, aunque sus músculos pueden ayudar mucho al balanceo del cuerpo. La bipedestación cansa más que la marcha.

Braune y Fischer han distinguido últimamente varias especies de actitudes verticales, en cada una de las cuales intervienen los músculos de un modo diferente y diverso, por lo tanto, del que acabamos de exponer. 1.° *Bipedestación normal.*— Está caracterizada, porque la vertical del centro de gravedad desciende cruzando las líneas que unen entre sí los centros respectivos de las articulaciones de las caderas, rodillas y pies, y su prolongación hacia arriba pasa por el centro de gravedad de la cabeza y del tronco. Según esto, para que se conserve esta actitud, basta que el cuerpo se mantenga rígido, y no hace falta ninguna contracción muscular para evitar que se caiga ni hacia atrás ni hacia adelante. 2.° *Bipedestación cómoda.* — En esta actitud, la vertical del centro de gravedad cae por delante de la línea que une los centros de ambas articulaciones tibio-tarsianas, y que corresponde próximamente al borde anterior de las mismas. Por lo tanto, se necesita una acción muscular para que el cuerpo no se venga por delante de estas articulaciones. 3.° *Actitud militar.* — En esta, cae la vertical del centro de gravedad por delante de las articulaciones tibio-tarsianas y de las de la rodilla, correspondiendo casi al medio del pie. Hay que impedir, por consiguiente, en ambas articulaciones, que el cuerpo se incline hacia adelante, lo cual representa un esfuerzo muscular considerable que cansa en gran manera cuando se sostiene por mucho tiempo.

311. Actitud sentada.

Se entiende por *actitud sentada* aquella posición de equilibrio en la cual el cuerpo descansa sobre las tuberosidades isquiáticas, que le consienten cierto movimiento de balanceo hacia atrás y hacia adelante como sobre el soporte encorvado de un caballo de madera (H. v. Mayer). La cabeza y el tronco se mantienen rígidos, formando un todo inflexible, lo mismo que en la actitud de pie. El objeto principal de la actitud sentada, es proporcionar un descanso pasajero á las extremidades inferiores, para que se repongan de la fatiga sus músculos. Hay que distinguir: 1.° La *actitud sentada anterior*, en la cual la línea de gravedad pasa por delante de las tuberosidades isquiáticas. En este caso, ó se apoya el cuerpo contra un objeto sólido, v. gr., por medio de los brazos, sobre una mesa, ó sirve de apoyo anterior la superficie superior de los muslos, estando éstos extendidos horizontalmente ó doblados en la cadera y apoyados los pies sobre algún objeto. 2.° La *actitud sentada posterior* está caracterizada en que la vertical del centro de gravedad pasa por detrás de las tu-

berosidades isquiáticas. En esta posición se impide que el cuerpo se caiga hacia atrás, ya por medio de un respaldo, que si sube hasta la altura de la cabeza, permite que descansen también los músculos de la nuca, ó bien extendiendo las piernas que hacen de contrapeso ; el coxis suministra en este caso un nuevo punto de apoyo, el tronco es fijado al muslo por los músculos psoas-ilíaco y recto anterior del femur, y la pierna se mantiene extendida merced á la contracción del triceps femoral. Casi siempre viene á caer en estos casos el centro de gravedad, de tal manera, que los talones sirven también de punto de apoyo. Esta actitud no sirve, como ya se comprende, para que descansen los músculos de las extremidades inferiores. 3.º En la *actitud sentada intermedia* (recta), la línea del centro de gravedad cruza á la que une las dos tuberosidades isquiáticas. Los músculos de las extremidades inferiores están en relajación, el tronco rígido necesita muy poco esfuerzo muscular para evitar que se balancee hacia atrás ó hacia adelante, cuyos movimientos son impedidos : el primero por los psoas-ilíaco y recto anterior del femur, y el segundo por la porción lumbar de la robusta masa muscular de la espalda. Sin embargo, suelen bastar casi siempre las oscilaciones de la cabeza para mantener el equilibrio en este caso.

312. Marcha.—Carrera.—Salto.

Se da el nombre de marcha á la progresión del cuerpo sobre un plano horizontal, realizada con el menor esfuerzo muscular posible, por medio de la acción alternada de las dos extremidades inferiores.

Procedimiento de investigación.—Los hermanos Guillermo y Eduardo Weber han sido los primeros que analizaron cada una de las actitudes del cuerpo en la marcha, la carrera y el salto, y las dibujaron formando series continuas, que retratan fielmente todas las fases sucesivas de la locomoción del cuerpo humano. (Estas imágenes sucesivas se pueden observar por medio del estroboscopio, y entonces se aprecia directamente la serie de los actos de locomoción) (§ 400. 3). Marey ha determinado la sucesión cronológica de los cambios de lugar del cuerpo (y también en los animales) adaptando á los órganos de locomoción aparatos registradores que actuan por transmisión del aire. Ultimamente ha perfeccionado el primitivo procedimiento de los hermanos Weber, fijando cada fase de la locomoción, en la marcha, carrera, salto (ó en los movimientos de los animales) en series completas de fotografías instantáneas por medio de una cámara obscura que funciona á la manera de un revólver, de tal suerte, que el tiempo de fijación de cada imagen no es más que de $^1/_{1000}$ de segundo. Como ya se comprende, si se colocan estas series en el estroboscopio, reproducen de un modo completo la marcha de la locomoción. Las figuras 185, 186 y 187, son series de imágenes momentáneas, obtenidas según ese procedimiento por el mismo Marey.

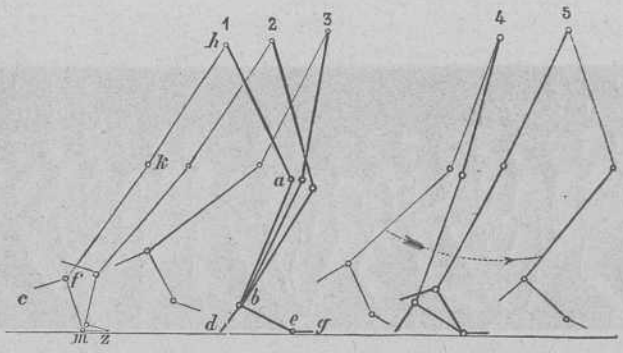
En el acto de andar alternan las dos piernas en su actividad ; mientras una soporta el peso del cuerpo (*pierna de apoyo ó activa*) la otra está en la inacción (*pierna péndula, oscilante ó pasiva*). Según esto, cada extremidad inferior pasa alternativamente por esas dos fases, activa y pasi-

va. En el movimiento de la marcha se pueden distinguir los actos siguientes:

Primer acto. (Fig. 184. 2). — La pierna *activa* está vertical, un poco doblada en la rodilla y sostiene ella sola el peso del cuerpo. La pierna pasiva está completamente extendida y no toca en el suelo más que con la punta del dedo gordo del pie (*z*). Esta posición de las piernas corresponde á un triángulo rectángulo, en el cual están representados los catetos por la pierna activa y el suelo, y la hipotenusa por la otra pierna.

Segundo acto.—Para que avance el tronco, se mueve la pierna activa, pasando de su posición perpendicular (cateto) á otra oblícua hacia adelante (hipotenusa) (3). Para que el tronco se mantenga entonces á la misma altura, es necesario que se alargue la pierna activa, y, con tal objeto, primero se extiende la rodilla por completo (3. 4. 5), después se separa el talón del suelo (4. 5), de manera que el pie ya no se apoya más que

Figura 184.



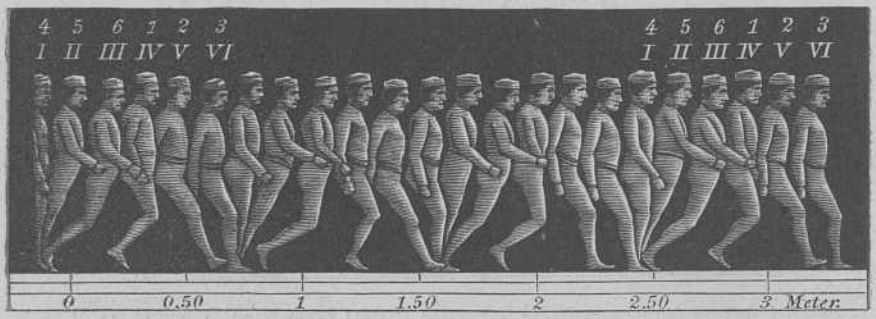
Fases del movimiento de marcha. — Las líneas gruesas representan la pierna activa, y las finas la pasiva.—*h*, articulación de la cadera.—*k*, *a*, articulación de la rodilla.—*f*, *b*, articulación tibio-tarsiana.—*c*, *d*, talón.—*m*, *e*, articulación tarso-metatarsiana.—*z*, *g*, punta del dedo gordo.

sobre las cabezas de los metatarsianos, y, finalmente, se eleva fijándose en la punta del dedo gordo (2, línea fina). Como las dos porciones del pie se van separando á la manera de los segmentos de una cadena métrica, que se va desarrollando, también se ha dado el nombre de desarrollo del pie al acto de desprenderse éste del suelo. En tanto que la pierna activa se ha ido extendiendo é inclinando hacia adelante, la pasiva ha tenido que abandonar el suelo separando de éste las puntas de los dedos (3); se dobla un poco en la articulación de la rodilla para acortarse y al mismo tiempo ejecuta un *movimiento pendular* (4. 5.), por medio del cual viene á colocarse el pie por delante del de la pierna activa á la misma distancia á que antes se encontraba por detrás de él. Llegado al término de su recorrido, se aplica el pie de plano contra el suelo (1. 2. línea gruesa); el centro de gravedad cae ahora sobre esta pierna que se convierte en activa, y se mantiene vertical y un poco doblada en la rodilla, y de este modo volvemos á encontrarnos en el principio del primer acto de la marcha.

Al caminar también se notan en el *tronco* ciertos movimientos concomitantes característicos: 1.° A cada paso se inclina sobre la pierna activa, gracias á la tracción de los glúteos y de la fascia lata, á fin de que caiga sobre dicha extremidad la vertical del centro de gravedad; este movimiento es el que da lugar á la *marcha de pato* que se observa sobre todo en las personas corpulentas, de estatura baja y de pelvis ancha. 2.° El tronco se inclina un poco hacia adelante á fin de vencer la resistencia del aire, sobre todo en la marcha rápida. 3.° Mientras dura el movimiento pendular de la pierna, el tronco gira un poco sobre la cabeza del fémur activo, movimiento giratorio que es compensado, sobre todo, en la marcha rápida, haciendo que el brazo homónimo de la pierna oscilante ejecute otro movimiento pendular pero en sentido opuesto, y que el del otro lado también oscile, pero en el mismo sentido que la pierna.

En *las particularidades cronológicas de la marcha*, influyen los siguientes factores: 1.° La *duración del paso*. Como la rapidez del movimiento pendular depende de la longitud del miembro, es evidente que con arreglo á ésta cada individuo invertirá un tiempo determinado en

Figura 185.

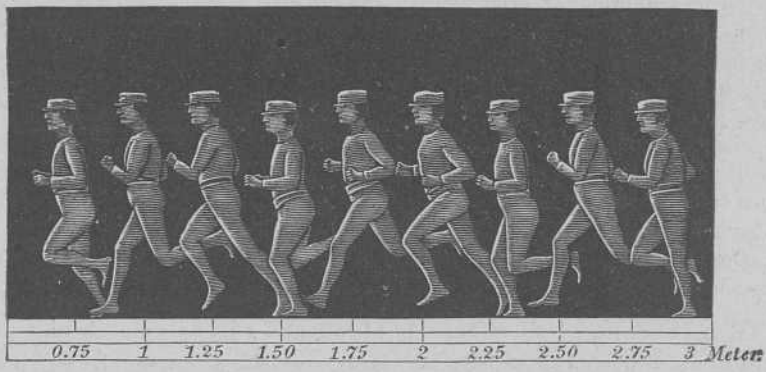


Marcha lenta fotografiada en imágenes instantáneas, según Marey: sólo está representado el lado del sujeto vuelto hacia el observador. Toda la fase del movimiento de la pierna derecha, que es la activa, se sigue en seis imágenes á partir de su posición vertical (I-IV), que vuelve á repetirse desde VI. Los números arábigos indican siempre las posiciones de la pierna izquierda simultáneas, con las marcadas por los mismos números romanos, de manera que la posición IV de la pierna derecha, por ejemplo, coincide con la de la izquierda marcada con I ó sea con el 4.

dicho movimiento pendular, y de él dependerá principalmente la rapidez con que camine de costumbre. Pero la duración del paso depende además del tiempo en que están ambos pies en contacto del suelo simultáneamente, tiempo que, como es natural, puede variar de un modo voluntario. En el paso rápido, este tiempo es igual á 0, es decir, que en el mismo instante en que se apoya la pierna activa en el suelo, lo abandona la pasiva. 2.° La *longitud del paso*, que es por término medio de 6 á 7 decímetros (H. Vierordt), habrá de ser tanto mayor cuanto más diferencia exista entre la hipotenusa, representada por la pierna pasiva y el cateto ó pierna activa. Por tal motivo, en el paso largo, se acorta mucho esta última, doblándose en la rodilla, y el tronco desciende más. Y por eso mismo se pueden dar en general pasos más largos cuando las piernas también lo son.

Según Marey, Carlet y H. Vierordt, el movimiento de la pierna pasiva no es como el del péndulo, sino que es más uniforme que el de éste por intervenir en él la acción muscular. Mientras todo el miembro en conjunto realiza ese movimiento, también su segmento inferior (la pierna), ejecuta su movimiento pendular en la

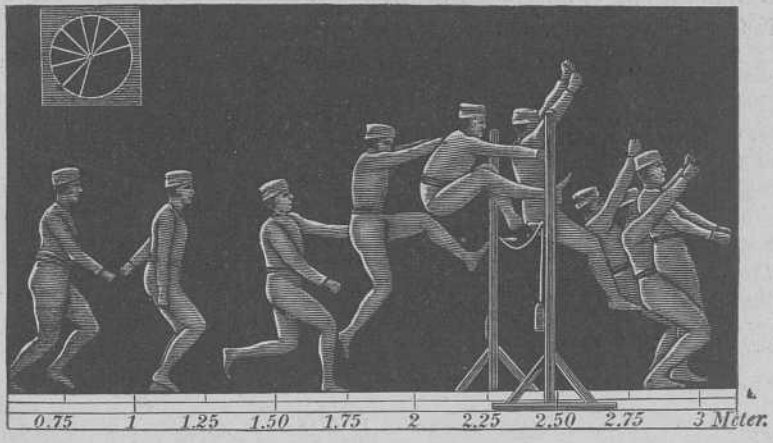
Figura 186.



Fotografías instantáneas de un corredor, según Marey. Diez fotografías por segundo. En la línea que hace de base, está marcado en metros el camino recorrido.

articulación de la rodilla (Lucæ, H. Vierordt). Según Ed. y Guillermo Weber, la cabeza del femur de la pierna pasiva estaría sujeta en la cavidad cotilóidea por la presión atmosférica, de tal manera, que para nada seria necesaria la acción muscu-

Figura 187.



Fotografías instantáneas del salto en altura, según Marey. Estas fotografías se cubren en parte en cuanto disminuye la velocidad de progresión al caer después del salto. (Arriba y á la izquierda hay un cuadrante, cuyos radios se mueven recorriendo cada uno una división en $^1/_{12}$ de segundo. En la línea que sirve de base, está indicado en metros el camino recorrido.

lar en la fijación de dicha extremidad. Si se cortan todos los músculos y la cápsula articular, continua adherida la cabeza del femur á la cavidad cotilóidea (tomo I, página 289), y si se ejerce una tracción en la extremidad, se aplican los bordes del rodete cartilaginoso de dicha cavidad, intimamente y á manera de válvula al borde

del cartílago de la cabeza del femur. Según los hermanos Weber, en cuanto se taladra el fondo de la cavidad cotilóidea y penetra aire en el interior de la articulación, al instante se sale el femur de dicha cavidad.

Ya los hermanos Weber habían demostrado que al caminar por un piso llano, se realiza un trabajo mecánico considerable, porque en cada paso tiene que elevarse el cuerpo algunos centímetros. Marey y Demery calculan el trabajo realizado por un hombre de 64 kilos de peso y caminando á paso lento, á razón de 6 kilogrametros por segundo, y en una carrera lo más rápida posible, á razón de 56 kilogrametros. El trabajo realizado consiste en elevar todo el cuerpo y las extremidades, en comunicarles cierta velocidad y en la conservación del equilibrio.

La *presión* que se ejerce sobre el suelo al andar, se distribuye del modo siguiente: La extremidad que se apoya, siempre ejerce una presión mayor que la otra, y cuanto más largo sea el paso, tanto más considerable será la presión. El talón produce su máximum de presión con más rapidez que la punta del pie (Carlet).

La longitud de los pasos varía no poco aunque se procure hacer que sean lo más iguales posible, y lo mismo sucede con la separación de las piernas y la duración de cada una de las fases de la marcha (H. Vierordt).

La *carrera* (fig. 186), difiere de la marcha rápida en que hay un momento en el cual ambas piernas están separadas del suelo, y el cuerpo, por lo tanto, suspendido en el aire. Para que esto suceda, la pierna activa tiene que ser la que proporcione al cuerpo la fuerza de proyección suficiente; esto se consigue extendiéndola violentamente después de haberla colocado en un estado de *mayor flexión* que en la marcha.

En el *salto* (fig. 187), el cuerpo es separado del suelo rápidamente y en dirección vertical, mediante una contracción lo más súbita y enérgica posible de los músculos de las extremidades inferiores, y al mismo tiempo se mantiene el cuerpo en *equilibrio* también por medio de la acción muscular.

Estados patológicos. — Las perturbaciones en los movimientos de locomoción, dependen en primer término de afecciones de los huesos, articulaciones, ligamentos, músculos y tendones. También influyen los nervios motores, cuyas excitaciones y parálisis acarrean trastornos en los movimientos normales. De lo dicho en los §§ 357, 362 y 432, se puede inferir hasta qué punto pueden influir en la marcha los nervios sensitivos, el mecanismo reflejo de la médula espinal y el mismo sentido muscular. H. Vierordt ha empleado el método gráfico para analizar la marcha en los casos patológicos. Son tipos de este género; la marcha espasmódica, la vacilante ó en zic-zac, la de la tabes dorsal y la de la parálisis agitante.

313. Fisiología comparada de la locomoción.

La FUERZA MUSCULAR ABSOLUTA (§ 302. I. 4) en los animales, no difiere mucho por lo general, de la del hombre, pues aunque algunos animales despliegan mucha más fuerza que éste, proviene esta diferencia del mayor *grosor* y *número* de sus músculos, así como de la diversa disposición de sus mecanismos en forma de palanca ó de aquellos que están destinados á transmitir la fuerza. Así, los insectos son capaces de realizar un trabajo muscular considerable, y hay algunos que hasta pueden arrastrar un peso 67 veces mayor que el suyo, cuando el caballo apenas puede arrastrar su propio peso. Así también mientras el hombre al apretar un dinamómetro con una mano, vence una resistencia igual á los $^{7}/_{10}$ de su propio

peso, el perro levanta 8,3 veces más que el suyo, elevando la mandíbula inferior; el cangrejo realiza, al apretar sus pinzas, un esfuerzo igual á 28,5 veces su propio peso, y un molusco acéfalo ó lamelibranquio al cerrar su concha ejecuta un esfuerzo capaz de elevar un peso 382 veces igual al de su cuerpo (Plateau).

La ACTITUD DE PIE está muy facilitada en los cuadrúpedos por la mayor base de sustentación de estos animales. Los que son saltadores, como el kanguro y la ardilla, toman una actitud sentada y suelen servirse de la cola como punto de apoyo. En las aves existe una disposición particular por virtud de la cual, cuando se acurrucan, se les doblan los dedos, y de este modo, al dormirse quedan fijas en las ramas del árbol en que se hubiesen colocado (Cuvier). A la cigüeña y á la grulla se les hace fácil la estación sobre una sola extremidad durante mucho tiempo, porque para tenerla rígida no necesitan ningún esfuerzo muscular; en efecto, para fijarla en esa posición, se introduce una apófisis de la tibia en una depresión de la cara articular del fémur.

La MARCHA EN LOS CUADRÚPEDOS puede efectuarse según distintos tipos: la *marcha al paso*, en la cual los cuatro miembros se mueven en cuatro tiempos diferentes y siempre en sucesión diagonal; v. gr., en el caballo, primero el pie anterior derecho, después el posterior izquierdo, luego el anterior izquierdo y por fin el posterior derecho. El *trote* es una variante del paso, en la que la marcha es más rápida; las patas se apoyan sólo en dos tiempos, fijándose de cada vez las dos de una diagonal, y el cuerpo se eleva más en sentido vertical á cada paso, y está suspendido en el aire la mitad del tiempo que queda entre el acto de apoyarse las extremidades correspondientes á las dos diagonales, en el trote ordinario del caballo (Marey) y durante un intervalo mayor en el *trote largo*. En el *galope*, cuando un caballo está en el aire galopando (á la derecha), la primera extremidad que se apoya después en el suelo es la posterior izquierda; al muy poco tiempo y simultáneamente las anterior izquierda y posterior derecha, la anterior derecha todavía no ha tocado en el suelo y está muy dirigida hacia adelante. La parte superior del cuerpo ha conservado hasta este momento su dirección horizontal. Pero á los pocos momentos la pata posterior izquierda ha vuelto á separarse del suelo y á colocarse más alta que la anterior, y al mismo tiempo la anterior derecha se ha apoyado en el suelo, muy avanzada, y en cambio las extremidades posterior derecha y anterior izquierda están en su posición de extensión máxima. Inmediatamente después también se separan estas extremidades del suelo, levantándose, sin embargo, mucho más la posterior que la anterior. El cuerpo, con esto, es impulsado hacia adelante y abajo hasta que la pata anterior derecha, única que todavía estaba en contacto del suelo, interviene activamente y eleva al cuerpo con fuerza separándole del suelo, con la cual el caballo vuelve á estar suspendido en el aire con su cuerpo dirigido horizontalmente. El eje longitudinal del cuerpo del animal se cruza con la dirección del movimiento en el galope, formando un ángulo agudo con ella. En la carrera á *galope tendido*, que es en realidad una serie continua de saltos, el pie posterior derecho y el anterior izquierdo, v. gr., no tocan al suelo al mismo tiempo, sino el primero un poco antes. Con esta marcha puede llegar el caballo á recorrer en un segundo 82 $^1/_2$ pies. La mayor parte de los animales carnívoros, las liebres, etc., no tienen otro paso rápido más que el galope tendido ó carrera.

El *paso de andadura* es una modificación del paso, propia de ciertos animales, como el camello, la girafa y el elefante, que también se observa en el caballo (pero no es el que prefiere este animal) y en el perro, y consiste en mover los pies de un mismo lado simultáneamente ó casi al mismo tiempo.

Marey fijaba debajo de la herradura del caballo unas ampollas compresibles, de las cuales partían tubos que comunicaban con un aparato registrador, y de este

modo se inscribían con mucha exactitud las distintas fases de cada variedad del paso y su sucesión cronológica. Muybridge fue el primero que en 1872 obtuvo fotografías instantáneas de caballos en marcha, y Schmidt-Mülheim las colocó en un disco estroboscópico.

En las *serpientes*, las costillas, levantándose y bajándose á manera de remo, son las que hacen progresar al cuerpo del animal.

La NATACIÓN en el hombre es un arte que tiene que aprender. El peso específico de todo el cuerpo es un poco mayor que el del agua de río, y un poco menor que el del agua de mar. Descansando sobre el dorso, en cuya posición no sobresalen á veces del nivel del agua más que la boca y las narices, apenas necesita esfuerzo alguno para no hundirse, ó si acaso algunas manotadas hacia abajo. Para que el cuerpo se mueva estando en esta posición, basta con extender y poner en adducción las piernas, pero se camina más deprisa empleando los brazos á manera de remos. Es más difícil nadar boca abajo, porque como la cabeza sobresale del agua, el peso específico del cuerpo, en su conjunto, resulta mayor. El avance del cuerpo, y su sostenimiento en la superficie del agua, se realizan en tres tiempos : en el primero, extendidos los brazos horizontalmente y hacia adelante, obran á manera de remos hasta colocarse en dirección perpendicular al cuerpo (movimiento de avance) ; en el segundo tiempo se hunden los brazos con fuerza, atrayendo después los codos hacia el vientre (levantamiento del cuerpo) y al mismo tiempo se juntan las piernas que estaban separadas ; en el tercer tiempo se proyectan hacia adelante los brazos, aplicados el uno contra el otro y al mismo tiempo se extienden y ponen en adducción las piernas en dirección oblícua hacia atrás y abajo, con lo cual no sólo es elevado el cuerpo sino empujado hacia adelante. Los movimientos demasiado rápidos extenuan y son contraproducentes ; además, hay que cuidar de un modo especial de que se realicen los movimientos respiratorios convenientemente.

Muchos mamíferos terrestres, cuyo cuerpo tiene un peso específico menor que el del agua, se mueven bastante bien en ésta, valiéndose, sobre todo, de sus extremidades posteriores ; y como lo mismo éstas que las anteriores están dirigidas hacia abajo, y son las partes de mayor peso específico, aseguran al cuerpo su posición normal. Los mamíferos, reptiles y anfibios que viven mucho en el agua, poseen membranas natatorias, y algunos una cola en forma de remo (castor) que recuerda la aleta caudal de los peces. Las ballenas se parecen mucho á éstos por su conformación exterior.

En los *peces* el órgano principal de locomoción es la cola, movida por los poderosos músculos laterales. La aleta caudal se encorva casi siempre por arriba y por abajo en dos distintas direcciones y en los movimientos poco enérgicos nada más que en una sola. Estos animales, al poner de pronto su cola extendida, ejercen cierta presión contra el agua y son empujados hacia adelante, y algunos, como el salmón, son capaces de elevarse por encima del nivel del agua. Las aletas dorsal y anal aseguran la posición vertical del cuerpo, y las pectorales y abdominales, que representan á los miembros correspondientes, ejecutan los movimientos de menos importancia, sobre todo los de ascenso y descenso, que son más extensos durante el sueño. La *vejiga natatoria* que existe en casi todos los peces, aunque falta en muchos de los cartilaginosos (ciclostomos) ó es rudimentaria (escualos), desemboca en el tubo digestivo por medio del conducto aéreo, ó sólo tiene éste una existencia transitoria y se oblitera más tarde. Dicha vejiga sirve en parte como verdadero órgano respiratorio, con sus vasos aferentes y eferentes, y en parte desempeña un papel hidrostático. En los dipnóicos aparece transformada en un verdadero pulmón (§ 145). Las aves *palmípedas* tienen un peso específico mucho menor que el agua, y su plumaje está barnizado con el líquido aceitoso segregado por la glándula de la

rabadilla (§ 293). Estos animales avanzan moviendo, á manera de remos, sus patas provistas casi siempre de membranas natatorias.

El VUELO entre los mamíferos sólo lo poseen los murciélagos y especies afines. Los huesos de la extremidad superior, incluso las falanges, están muy alargados, y entre ellos y los miembros posteriores (á excepción de los pies) está tensa una membrana delgada que llega hasta la misma cola, y es movida, para producir el vuelo, por los robustos músculos pectorales que se insertan en parte en una eminencia, á manera de cresta, que hay en el esternón, y en la clavícula, que es muy resistente. Los galeopítecos, los esciurópteros y los filandros sólo tienen lateralmente, y entre los grandes huecos de las extremidades, un amplio repliegue de la piel, que les sirve de paracaídas cuando saltan. El hombre no es capaz de imitar con éxito los movimientos del vuelo, porque, aun poniéndose alas artificiales, le falta á sus músculos pectorales la fuerza necesaria para levantar el cuerpo.

El cuerpo de las aves tiene un peso específico muy ligero. En efecto, desde sus pulmones se extienden grandes sacos llenos de aire hacia las cavidades torácica y abdominal, y hasta los mismos huesos están en comunicación con los pulmones por medio de conductos especiales, de tal manera, que en los del cráneo, las vértebras, el pico y las extremidades están llenas sus cavidades de aire en vez de substancia medular (§ 145). Las extremidades superiores, transformadas en alas, se apoyan en el fuerte hueso coracóideo y en la clavícula, unida en su extremo central con la del lado opuesto, formando una horquilla (fúrcula), y son movidas por los robustos músculos pectorales, que se insertan en la cresta ó quilla del esternón.

Cuando el ave trata de volar mueve sus alas, medio cerradas, con su borde anterior dirigido oblícuamente hacia adelante ó arriba, con lo cual el plano del ala, sin presentar resistencia al aire, sigue la misma dirección de dicho borde; después se extiende, y trazando un gran arco hacia abajo y atrás, se deprime. Como de este modo la cara inferior del ala ejerce presión sobre el aire en dirección oblícua, de arriba y adelante, hacia atrás y abajo, el ave se mueve hacia adelante y arriba. Estos animales sólo pueden ascender por el aire cuando vuelan contra el viento, tanto porque éste les obligaría á descender al deslizarse horizontalmente por encima de su superficie dorsal, como porque desordenaría su plumaje. Marey obtuvo series completas de fotografías instantáneas de las aves en el acto del vuelo, por medio de una cámara obscura, en forma de revólver, unida á un aparato á manera de fusil, con el cual apuntaba á los animales que quería fotografiar.

INVERTEBRADOS. — Todos los *insectos* poseen seis patas, y hay algunos, como los lepidópteros é himenópteros, que tienen además dos pares de alas en los segmentos del tórax segundo y tercero. En los coleópteros y ortópteros el primer par de alas no sirve más que de cubierta (elitros); en los estresípteros este par está completamente atrofiado. En cambio, el segundo par de alas está representado por los balancines en los dípteros. Los piojos, pulgas y chinches carecen de alas en absoluto. Todos los *aracnidos* poseen ocho patas (los acáridos, cuando son jóvenes, sólo seis). En los *miriápodos* los tres primeros anillos del cuerpo poseen un par de patas, y los siguientes una ó dos. En los *crustáceos*, se encuentran también, casi siempre, muchas patas modificadas en parte de una manera especial; así, en el cangrejo de río están transformadas en patas-mandíbulas, pinzas, patas ambulatorias, patas natatorias abdominales y aleta caudal. En los articulados se insertan todos los músculos en la cara interna de su caparazón de quitina. Dichos músculos están muy desarrollados y sus movimientos son muy vigorosos y muy rápidos (§ 302. I. 4).

En los *moluscos* no hay esqueleto interior, pero en cambio hay órganos exteriores que desempeñan este papel (conchas, caracoles). Los músculos, estriados en parte, forman alrededor del cuerpo una cubierta músculo-cutánea, á la cual son debi-

dos los cambios de forma exterior del animal. En los lamelibranquios, es digno de mención el robusto músculo adductor de las valvas, que unas veces es simple y otras doble, y al contraerse rápidamente, en los de la especie pecten, y cerrar las valvas, hace saltar al animal en el agua. Los moluscos testáceos poseen también músculos retractores muy poderosos. En los *gusanos* también forma el tegumento con los músculos una cubierta músculo-cutánea. Las fibras musculares lisas sólo tienen la dirección longitudinal en algunos (nematodos), en otros las hay longitudinales y transversales (equinorrincos), y los hay, por fin, con fibras longitudinales, transversales y verticales (plathelmintos). En algunos gusanos hay ventosas musculosas, y en otros uno ó dos pares de muñones movibles en cada segmento. También en los *equinodermos* están unidos el tegumento y los músculos. En las *holoturias* existe una capa externa y contínua de fibras circulares, y por debajo otra de fibras longitudinales formando cinco haces ó cintas separados entre sí.

En las *estrellas de mar* y en los *crinoides*, existen músculos especiales para mover los diferentes segmentos de los radios que salen de su cuerpo. Los *erizos de mar*, rodeados de una cápsula caliza resistente, poseen músculos especiales, que mueven sus púas, las cuales les sirven de órganos de locomoción.

Entre los *celenterados*, se encuentran en las medusas cintas musculares de fibras estriadas por debajo de la cubierta de su cuerpo, parte en la umbrela, y parte en los tentáculos. De los *pólipos*, hay las actinias, que tienen un pie musculoso, y además fibras longitudinales y circulares en el cuerpo y en los tentáculos prehensores. En algunos pólipos, también hay músculos que acompañan al aparato gastro-vascular (§ 189).

Entre los *protozoos*, se han encontrado fibras musculares estriadas en algunos infusorios, por ejemplo, en el pedúnculo de las vorticelas, mientras que el protoplasma del cuerpo, ó las pestañas movibles voluntariamente, son las que ejecutan los movimientos del animal.

VOZ Y PALABRA

314. Voz. — Prenociones físicas sobre la producción del sonido en los instrumentos de lengüeta.

La corriente del aire espirado (y en ciertas circunstancias, la del inspirado), se puede emplear en hacer que se originen vibraciones regulares en las *cuerdas vocales verdaderas* de la laringe, tensas convenientemente, cuyas vibraciones producen un sonido, al que se da el nombre de voz.

Las cuerdas vocales verdaderas, son *lengüetas membranosas elásticas*. Se entiende con el nombre de lengüetas, láminas elásticas que cierran casi por completo el espacio en que están tensas, pero dejando el preciso para sus movimientos. Si por un tubo colocado debajo de las lengüetas, se impulsa aire contra ellas, se separan en el momento en que la presión de este aire sea mayor que la tensión elástica de las mismas. De aquí resulta, que pasa por entre ellas, de pronto, una gran cantidad de aire, disminuye rápidamente la tensión de éste, y las lengüetas vuelven á su primitiva situación, para repetir el mismo movimiento. De aquí se deduce lo siguiente:

1.° *Al oscilar las lengüetas, el aire se debe condensar y enrarecer alternativamente. Estas condensaciones y enrarecimientos*, son los que principalmente *producen el soni-*

do (como sucede en la sirena); las lengüetas desempeñan un papel mucho más secundario (v. Helmholtz).

2.° La *tobera* ó tubo de aire que conduce éste hacia las lengüetas membranosas, está representada en el hombre, por la porción inferior de la laringe, la tráquea y todo el árbol bronquial; el *fuelle* es en este caso el tórax, al reducirse en sus dimensiones por la acción de los músculos espiradores.

3.° La parte del conducto aéreo, situado por encima de las lengüetas, se la llama *tubo adicional*, y consta de la porción superior de la laringe, la faringe, y más arriba de las dos cavidades nasal y bucal, superpuestas la primera á la segunda, y que pueden cerrarse alternativamente.

La altura del sonido, depende:

a) De la *longitud* de las láminas elásticas. La altura del sonido, es inversamente proporcional á esta longitud, es decir, que cuanto más corta sea, mayor será el número de vibraciones producidas en la misma unidad de tiempo. Por esta causa, el sonido de la voz en los niños y en las mujeres, cuyas cuerdas vocales son más cortas, es más alto que en el adulto.

b) La altura del sonido es, además, directamente proporcional á la raiz cuadrada del coeficiente de elasticidad de la lámina elástica; en las lengüetas membranosas, y lo mismo en las cuerdas, es directamente proporcional á la raiz cuadrada del peso que las tiende, el cual está representado en la laringe por la fuerza de los músculos tensores.

c) *Cuando se fuerza la corriente de aire*, el sonido que producen las lengüetas membranosas, no sólo es *más intenso*, porque aumenta la amplitud de las vibraciones, sino *más elevado*, porque ese aumento de amplitud, hace que la tensión media de la membrana elástica, también sea mayor (Juan Müller).

Conviene además tener presente, las siguientes particularidades físicas:

d) *El tubo adicional*, cuya forma es muy variable, experimenta la influencia de la corriente de aire al mismo tiempo que la laringe, y mezcla su propio sonido al formado en las lengüetas elásticas, reforzando de este modo ciertos sonidos parciales de este último. (En el § 317, se estudiará más en detalle este punto, sobre todo en lo que respecta á la formación de las vocales). También depende muy principalmente, de la configuración del tubo adicional, el timbre de voz característico de cada individuo. En los instrumentos de lengüeta, se puede variar la altura del sonido, según la longitud del tubo adicional (W. Weber); pero en el órgano de la voz no interviene este factor, porque tampoco varía dicha longitud.

e) Al vibrar las lengüetas, la resonancia más intensa se produce en la *tobera*, porque el aire está comprimido en ésta. Esta es la causa del fremitus pectoral que se aprecia aplicando el oído á la pared torácica (§ 122. 7). Cuando el sonido emitido es muy intenso, hasta llega á conmoverse esta misma pared; en cambio, el fremitus pectoral es muy poco marcado cuando el sonido es débil, y en la voz de falsete.

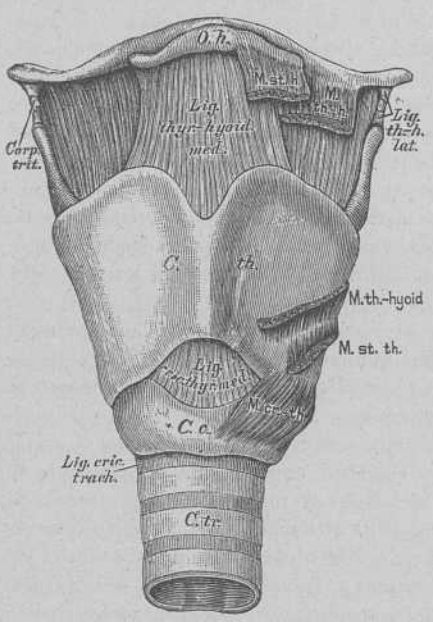
f) *El que la hendidura de la glotis sea ancha ó estrecha no influye* en la altura del sonido; sólo que en el primer caso, como pasa más cantidad de aire á través de ella, se necesita mayor esfuerzo por parte del pecho para producir el sonido.

315. Anatomía de la laringe.

I. Cartílagos y ligamentos de la laringe. — La base del armazón de la laringe, la constituye el *cartílago cricoides*, en forma de anillo de sellar, cuya parte más estrecha está dirigida hacia adelante y la que representa la placa del sello hacia atrás. Con este cartílago se articula el

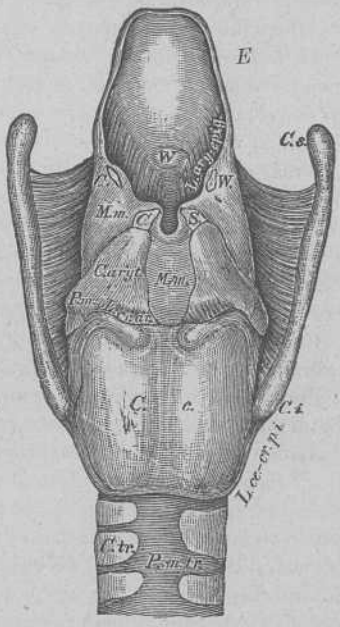
tiroides por medio de la articulación crico-tiróidea inferior, establecida entre el cuerno inferior del tiroides y la porción lateral y posterior del cricoides. Gracias á esta articulación puede moverse el tiroides, de tal manera, que sus láminas se inclinan hacia adelante. Esta inclinación se realiza como un movimiento giratorio alrededor del eje horizontal que une las dos articulaciones, con lo cual, como ya se comprende, el borde superior del tiroides se viene hacia adelante y abajo. Pero además esas ar-

Figura 188.



Vista anterior de la laringe con sus ligamentos é inserciones musculares. O. h. hueso hióides — *C. th.* cartílago tiróides. — *Corp trit*, cuerpo ó cartílago tritíceo. — *C, c*, cartílago cricóides. *C, tr*, cartílagos traqueales. — *Lig. thyr.-hyoid. med*, ligamento tireo-hioideo medio. — *Lig. th-h, lat*, ligamento tireo-hióideo lateral — *Lig. cric. thyr. med*, ligamento crico-tiróideo medio. — *Lig. cric. trach*, ligamento crico-traqueal. — *M. st-h*, músculo esterno-hioideo. — *M. th-hyoid*, músculo tireo-hioideo. — *M. st th*, músculo esterno-tiróideo. — *M. cr. th*, músculo crico-tiróideo.

Figura 189.



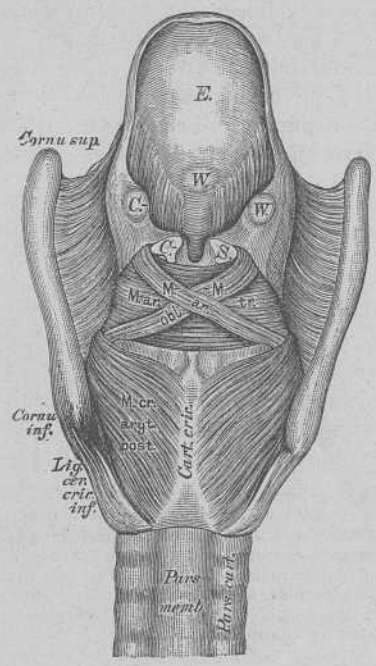
Vista posterior de la laringe, después de quitar los músculos. — *E*, epiglotis con su reborde W. — *L. ar.-ep*, ligamento aritenoepiglótico. — *M, m*, membrana mucosa. — *C, W*, cartílago de Wrisberg. — *C, S*, cartílago de Santorini. — *C. aryt*, cartílago aritenoides. — *C, c*, cartílago cricoides. — *P, m*, apófisis muscular del cartílago aritenoides. — *L. cr. ar*, ligamento crico-aritenóideo. — *C, s*, cuerno superior y *C, i*, cuerno inferior del cartílago tiroides. — *L. ce. cr. p. i*, ligamento querato-cricóideo posterior inferior. — *C. tr*, cartílago traqueal. — *P. m. tr*, parte membranosa de la tráquea.

ticulaciones permiten que el tiroides se deslice un poco sobre el cricoides hacia arriba, abajo, atrás y adelante (Harless, Henle). Los *cartílagos aritenoides* tienen la forma de una pirámide triangular : se articulan con el borde superior de la placa del cartílago cricoides, al lado de la línea media, sobre una superficie de forma oval y doble curvatura, casi como la de una silla de montar. Estas superficies articulares consienten un doble movimiento á los cartílagos aritenoides : de *rotación* sobre su base alrededor de su eje vertical, en virtud del cual, ó bien la apófisis oval,

DR. PEREZ ARAPILES
c/ Lancia núm. 12 - 3.º
Teléfono 30 85 19

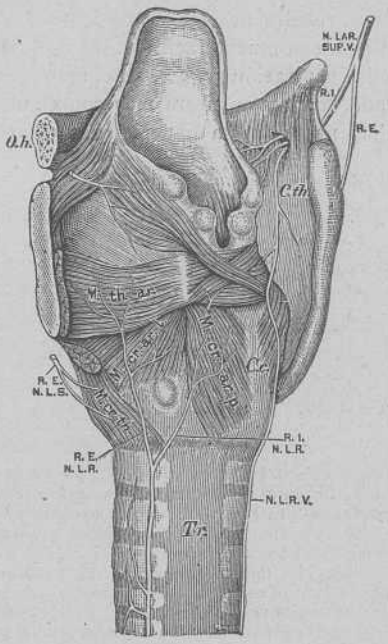
dirigida adelante, se mueve hacia afuera, y la muscular, dirigida afuera, y que sobresale por detrás del borde del cartílago cricoides, se dirige hacia atrás y adentro, ó bien se realiza el movimiento inverso; el segundo movimiento que son capaces de efectuar los cartílagos aritenoides es de deslizamiento muy poco acentuado sobre su base, hacia afuera ó hacia adentro.

Figura 190.



Vista posterior de la laringe con sus músculos. —*E*, epiglotis con su reborde (*W*).—*C-W*, cartílago de Wrisberg. — *C. S*, cartílago de Santorini. —*Cart. cric*, cartílago cricoides. — *Cornu sup* y *Cornu inf*, cuernos superior é inferior del cartílago tiroides. — *M. ar. tr*, músculo aritenóideo transversal. — *M. ar. obl*, músculo aritenóideo oblícuo. — *M. cr. aryt post*, músculo crico-aritenóideo posterior. — *Pars. cart* y *pars memb*, parte cartilaginosa y parte membranosa de la tráquea.

Figura 191.



Nervios de la laringe. — *O. h.* hueso hioides. *C. th*, cartílago tiroides.—*C. c*, cartílago cricoides.—*Tr*, tráquea.—*M. th. ar*, músculo tiro-aritenoides. — *M. cr. ar. p*, músculo crico-aritenóideo posterior. — *M. cr-ar, l*, músculo crico-aritenóideo lateral. —*M. cr-th*, músculo crico-tiróideo. — *N. lar. sup. v*, nervio laríngeo superior del pneumogástrico.—*R. I. y R. E*, ramos interno y externo del mismo. — *N. lar. rec. v*, nervio laríngeo procedente del recurrente del pneumogástrico. *R. I. N. L. R. y R. E N. L. R*, ramos interno y externo del nervio laríngeo del recurrente.

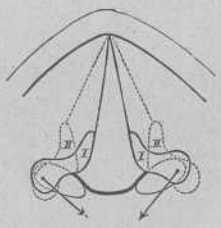
Las *cuerdas vocales verdaderas* (cuerdas vocales ó ligamentos tireo-aritenóideos inferiores), están constituídas por gran cantidad de fibras elásticas; se insertan por delante, inmediatamente al lado la una de la otra, hacia la mitad de la altura del ángulo entrante del cartílago tiroides, y por detrás se fijan cada una en la apófisis vocal ó anterior del cartílago aritenoides correspondiente. Los ventrículos ó senos de Morgagni, que permiten vibrar con libertad á las cuerdas vocales, las separan de las superiores ó falsas, constituídas por un repliegue de la mem-

brana mucosa, las cuales no pueden utilizarse para la fonación, pero sus numerosas glándulas mucosas mantienen húmedas á las cuerdas vocales verdaderas.

Teniendo en cuenta el papel que desempeña cada uno de los cartílagos de la laringe en la fonación, les ha dado C. Ludwig las denominaciones siguientes: al cricoides, cartílago fundamental; al tiroides, cartílago tensor, y á los aritenoides, cartílagos de posición.

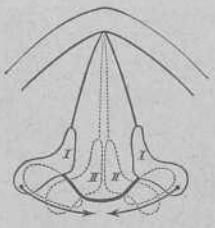
Como la cara inferior de las cuerdas vocales está inclinada oblicuamente hacia abajo, resulta de esta disposición que cuando la glotis está muy estrechada, se aplican con mucha facilidad las dos cuerdas, la una contra la otra, en el momento de la inspiración (v. gr., en el sollozo, § 126. 7) y que cuando la glotis esté ya cerrada, todavía se cierra más con el movimiento inspiratorio. Las cuerdas vocales falsas presentan la disposición contraria, de suerte que si están en mútuo contacto

Figura 192.



Corte horizontal esquemático de la laringe — I. I. Posición de los cartílagos aritenoides durante la respiración; de sus apófisis anteriores parten las cuerdas vocales, convergiendo al ángulo entrante del cartílago tiroides. Las flechas indican la dirección en que tiran, al contraerse, los músculos crico-aritenóideos posteriores. II. II. Posición de los cartílagos aritenoides á consecuencia de esta contracción muscular.

Figura 193.



Corte horizontal esquemático de la laringe, para explicar la acción del músculo aritenóideo.—I. I. Posición de los cartílagos aritenoides durante la respiración tranquila; las flechas indican la dirección en que tiran los músculos, al contraerse. II. II. Posición de los cartílagos aritenoides, determinada por esta contracción.

se separan con facilidad en el movimiento de inspiración, y en cambio, en el de espiración, se aplican y cierran la hendidura que las separa á consecuencia de que se llenan de aire en ese momento los ventrículos de Morgagni (Wyllie, L. Brunton y Cash).

II. Acción de los músculos de la laringe. — 1.° *La dilatación de la glotis es producida por los músculos crico-aritenóideos*, que atraen hacia atrás, abajo y hacia la línea media á las apófisis musculares de los cartílagos aritenoides (fig. 192: en la dirección de las flechas), y separan, por lo tanto, las apófisis vocales (I, I) y las llevan hacia afuera (II, II). De este modo viene á quedar entre las cuerdas vocales (glotis vocal) un gran espacio en forma de triángulo isosceles, y otro de la misma forma, entre los bordes internos de los cartílagos aritenóideos, y como estos dos espacios triangulares tienen su base común, adquiere la abertura de la glotis en su conjunto una forma romboidal.

Estados patológicos. — La parálisis de estos músculos puede ocasionar una disnea inspiratoria muy pronunciada, por falta de la dilatación de la glotis (Riegel,

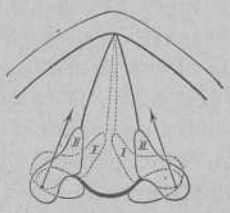
L. Weber); la voz permanece intacta. Cuando se separa la laringe del cuerpo, los músculos que pierden primero su excitabilidad, son los dilatadores (Semon y Horsley) (§ 326). También en las afecciones orgánicas del nervio recurrente, es la rama del músculo crico-aritenóideo posterior la que primero se paraliza (Semon), y lo mismo sucede cuando dicho nervio se pone al descubierto y se le somete á la acción del frio (B. Fränkel y Gad). La glotis está más dilatada en los movimientos tranquilos de inspiración y espiración que en el cadáver (Semon).

2.° *Como constrictor de la entrada de la laringe*, obra el músculo aritenóideo transversal, cuyas fibras tienen esta dirección, uniendo en toda su extensión los bordes externos de los dos cartílagos aritenoides (figura 193). Sobre la cara posterior de este músculo están aplicados los haces de los aritenóideos oblícuos, que se cruzan entre sí, y cuya acción es análoga á la de los anteriores (fig. 190).

Estados patológicos. — Cuando se paralizan estos músculos, la voz es más ronca y más débil, porque al ser emitida se escapa una gran cantidad de aire por entre los cartílagos aritenoides.

3.° *Para ponerse en mútuo contacto las dos cuerdas vocales*, se aproximan hasta tocarse también, las dos apófisis vocales de los cartílagos aritenoides. A fin de que esto suceda, tienen que dirigirse hacia adentro y abajo, mediante otro movimiento hacia adelante y arriba de las apófisis musculares producido por el músculo tiro-aritenóideo interno. Este músculo que está aplicado al mismo borde elástico de la cuerda vocal, formando parte de la misma substancia de ésta, y cuyas fibras se extienden hasta el borde externo del cartílago aritenoides, hace girar á éste, de tal modo, que su apófisis vocal se vuelve hacia adentro. De esta manera la glotis vocal se estrecha en forma de hendidura, mientras la respiratoria se mantiene más ancha y de forma triangular (fig. 194).

Figura 194.



Corte horizontal esquemático de la laringe para explicar el estrechamiento de la glotis por la contracción de los músculos tiro-aritenóideos internos. II. II. Posición de los cartílagos aritenoides en la respiración tranquila; las flechas indican la dirección de la tracción muscular. I. I. Posición de los cartílagos aritenoides después de contraídos dichos músculos.

El músculo crico-aritenóideo lateral se inserta en el borde anterior de la superficie articular del cartílago aritenoides, de suerte, que sólo puede arrastrar á éste directamente hacia adelante (Henle). Sin embargo, para algunos fisiólogos le comunicaría además un movimiento giratorio análogo al producido por el músculo tiro-aritenóideo interno (?), aunque no podría como éste, aproximar de un modo tan íntimo las apófisis vocales.

Estados patológicos.—La parálisis de los músculos que aproximan entre sí á ambas cuerdas vocales, produce la afonía.

4.° *La tensión de las cuerdas vocales* se produce cuando se alejan sus dos puntos de inserción por virtud de una acción muscular. Con tal objeto se contraen principalmente los músculos crico-tiróideos, atrayendo

el cartílago tiroides hacia adelante y abajo (con lo cual se hace un poco más obtuso el ángulo que forman sus dos láminas), como es fácil cerciorarse de ello, tocando uno su propia laringe mientras se emite un sonido elevado. Pero además de esta acción, los músculos crico-aritenóideos posteriores, deben atraer algo hacia atrás á los cartílagos aritenoides y mantenerlos fijos en esta posición.

Los músculos genio-hióideo y tiro-hióideo que, unidos, atraen á la lengua, é indirectamente al cartílago tiroides, hacia adelante y arriba, en la dirección del mentón, ayudan en su acción á los tensores de las cuerdas vocales (C. Mayer, Grützner).

Según Schech y Kiesselbach, el músculo crico-tiróideo eleva el arco del cartílago cricoides, atrayéndolo hacia el tiroides. De este modo, la lámina del cricoides se dirige hacia atrás y abajo, haciendo así que sea mayor la tensión de las cuerdas vocales.

Estados patológicos.—La parálisis de los músculos crico-tiróideos hace que la voz sea más ronca y más grave, á causa de la tensión insuficiente de las cuerdas vocales.

Pero la tensión así producida no basta por sí sola para la fonación, puesto que, por una parte, es menester que el espacio triangular de la glotis respiratoria, que queda entre los cartílagos aritenoides, cuando sólo se contraen los músculos tiro-aritenóideos internos (véase 3), se cierre mediante la contracción de los músculos aritenóideos posteriores transverso y oblícuos, y, por otra parte, las mismas cuerdas vocales, que al contraerse los músculos crico-aritenóideo posterior y crico-tiróideo, conservan su borde cóncavo, hasta el punto que la glotis vocal todavía aparece con la forma de una hoja de mirto (Henle), tienen que enderezarse por completo, de manera que la hendidura glótica sea completamente lineal (fig. 193). Este enderezamiento del borde de la cuerda vocal, por virtud del cual se convierte de cóncavo en recto, es producido también por la contracción del músculo tiro-aritenóideo interno que tiene además á su cargo las delicadas variaciones de tensión que se producen en la misma cuerda vocal y que son necesarias cuando es muy pequeña la diferencia entre los distintos sonidos que esta emite. Como este músculo avanza mucho hasta el mismo borde de la cuerda vocal y está íntimamente entremezclado con su tejido elástico, se encuentra muy bien dispuesto para desempeñar esa función. Además, al contraerse proporciona á la cuerda vocal la resistencia necesaria para que éntre en vibración, y, como algunas fibras terminan en el tejido elástico de la cuerda vocal, pueden producir una mayor tensión en algunos segmentos de la misma, haciendo posible ciertas modificaciones en la producción de sonidos. Debe admitirse, por lo tanto, que, mediante la mútua separación de los cartílagos tiroides y aritenoides, se producen *ámplias gradaciones* de tensión de las cuerdas vocales, y en cambio las *gradaciones más delicadas* corren á cargo del músculo tiro-aritenóideo interno. El tejido elástico de las cuerdas vocales no sirve únicamente para prestarlas extensibilidad, sino para permitirlas que se acorten sin que se formen pliegues ni arrugas (Henle).

Estados patológicos.—Cuando se paralizan estos músculos sólo se puede emitir la voz con una espiración muy enérgica, porque se escapa mucho aire por la hendidura glótica; además, los sonidos producidos son graves y poco limpios. La parálisis unilateral es causa de que deje de estar tensa y flote con la corriente de aire la cuerda vocal correspondiente (Gerhardt).

5.° *La relajación de las cuerdas vocales* se produce espontáneamente, en cuanto cesan de obrar las fuerzas que las tienden, porque tanto el cartílago tiróideo inclinado hacia adelante, como los aritenóideos, que lo habían sido hacia atrás, vuelven á su posición primitiva y de reposo, en virtud de su propia elasticidad. También pueden relajarse las cuerdas vocales cuando se contraen los músculos tiro-aritenóideos y crico-aritenóideos laterales.

De todo lo dicho, se deduce que para la fonación, es preciso que se pongan *tensas las cuerdas* vocales y que se *estreche la glotis.*

Respecto á los nervios de la laringe, véase el § 354. 5.

La *mucosa* de la laringe, y lo mismo la submucosa, son ricas en redes de fibras elásticas finas. En la entrada de la laringe y en los ventrículos de Morgagni, la submucosa es más laxa y flexible, cuyos caracteres explican cómo en el llamado edema de la glotis suele hincharse de un modo enorme. Hacia el epitelio se encuentra una capa limitante plana y clara. El *epitelio* es estratificado, cilíndrico y vibrátil con alguna célula caliciforme entremezclada, excepto en las cuerdas vocales verdaderas, y en la cara superior de la epiglotis, donde el epitelio es estratificado también, pero pavimentoso, y la mucosa subyacente con papilas. Se encuentran *glandulitas mucosas arracimadas* formando grupos sobre los cartílagos de Wrisberg, el reborde de la epiglotis y en los ventrículos de Morgagni, pero además las hay esparcidas en otros puntos, y, sobre todo, en la pared posterior de la laringe. Los *vasos sanguíneos* forman una red capilar espesa, en muchos puntos, debajo de la capa vítrea de la mucosa, y por debajo de dicha red todavía hay dos capas de redes vasculares. Los *vasos linfáticos* forman dos redes: una superficial, de mallas estrechas, subyacente á los capilares sanguíneos, y otra más profunda y de mallas más anchas. Los *nervios con mielina* llevan ganglios en sus ramificaciones, abundan mucho en la mucosa y se desconoce su modo de terminar. El *cartílago* es *hialino* en el tiroides, cricoides y casi todo el aritenoides (con tendencia á la osificación); hacia el vértice de este último cartílago, y lo mismo en su apófisis vocal, el cartílago es fibroso como en todos los restantes cartílagos de la laringe.

La laringe *va creciendo* hasta la edad de seis años, después queda estacionada, y luego vuelve á aumentar rápidamente en sus dimensiones hacia la edad de la pubertad (§ 436).

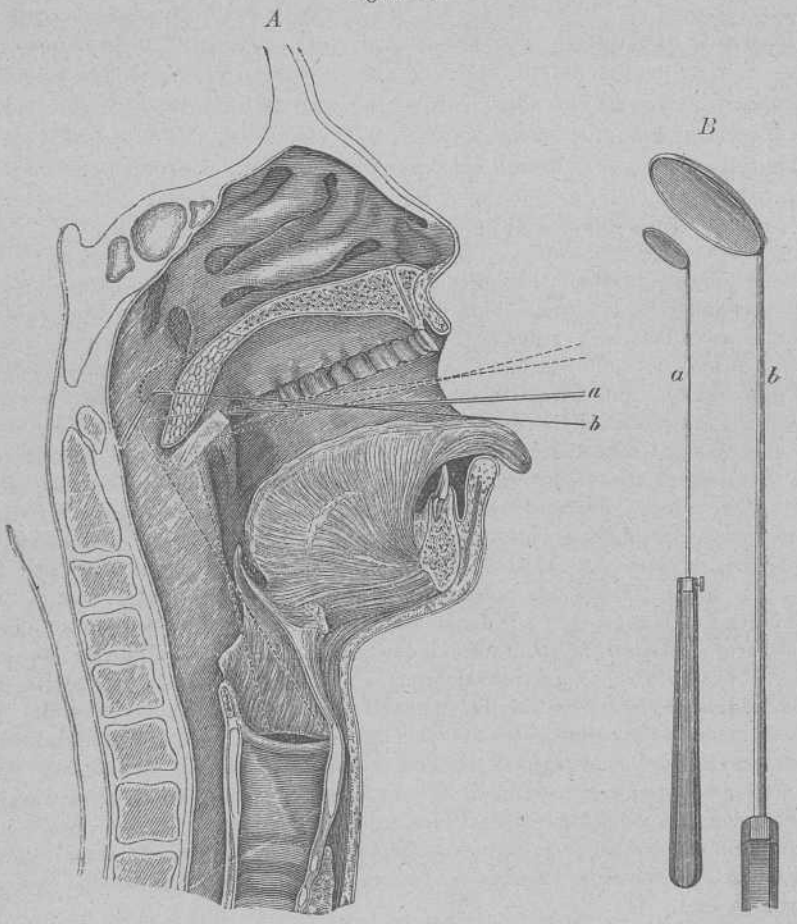
316. Examen del órgano de la voz. — Laringoscopia. — Examen de la laringe extraída del cuerpo.

Después que Bozzini (1807) propuso iluminar y explorar las cavidades interiores del cuerpo por medio de un espejo, y que Babington (1829) hubo visto la glotis con este procedimiento, fue el maestro de canto Manuel García (1854) quien practicó investigaciones, por medio del laringoscopio, en sí mismo y en cantores, con objeto de estudiar los movimientos de las cuerdas vocales en la respiración y fonación. Los que han contraído mayores méritos en el manejo del laringoscopio, con

un objeto médico, han sido Türck y Czermak, de los cuales el último autor ha sido el que primero se sirvió de la luz artificial. La laringoscopia fue ensayada por primera vez, por Baumès (1838); pero fue también Czermak el que la perfeccionó, sometiendo su práctica á ciertas reglas.

(Las figuras relativas al examen laringoscópico y rinoscópico, están tomadas de las conferencias publicadas por Schnitzler en la *Wiener Klinik*).

Figura 195



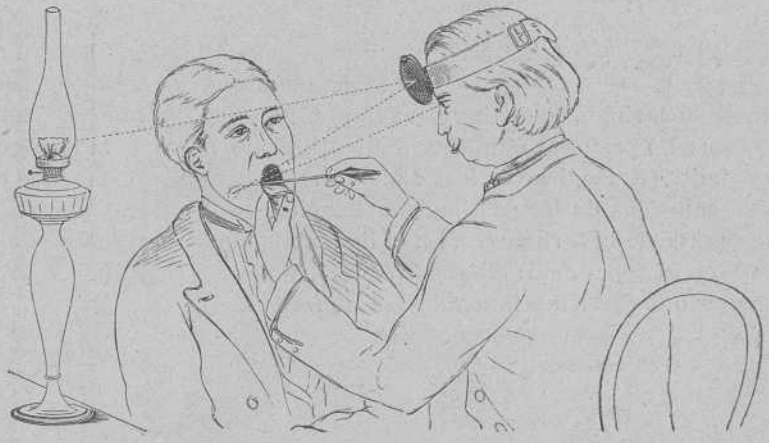
A, Corte vertical á través de la cabeza y del cuello hasta la primera vértebra dorsal. — *a*, posición del laringoscopio para examinar la parte posterior de la glotis, los cartílagos aritenoides, la cara superior de la pared posterior de la laringe, etc. — *b*, posición del laringoscopio para poder examinar el ángulo anterior de la hendidura glótica.
B. Laringoscopios: *a* grande, *b* pequeño.

El *laringoscopio* es un espejo pequeño, que forma cierto ángulo con la varilla que lo sostiene (fig. 195 *B*), y se introduce, haciendo que el sujeto observado tenga la boca muy abierta y algo sacada la lengua (figura 195 *A*). Según la región de la laringe que se quiera examinar con el instrumento, habrá de variar la posición de éste, para lo cual es preciso, en algunos casos, levantar el velo del paladar con el mismo espejito (*b*).

Este recibe la imagen de la laringe en la dirección de las líneas de puntos, y la refleja, formando el mismo ángulo, hacia el ojo del observador, que se ha colocado en la dirección de estos rayos reflejados. Para *iluminar la laringe*, se emplea la luz solar ó la artificial, v. gr., una lámpara ó un quinqué, la luz Drummond con la cal y el soplete oxi-hídrico, ó la luz eléctrica. Estos rayos luminosos se recogen con un espejo cóncavo, que los concentra y dirige al espejito colocado en la faringe, el cual, á su vez, los refleja hacia la laringe iluminándola, por lo tanto. El observador mira en la misma dirección que siguen los rayos luminosos, por debajo del borde inferior del espejo reflector (fig. 196), ó á través de un agujero practicado en el centro de éste.

Oertel, ha enriquecido el examen laringoscópico con un importante perfeccionamiento, haciendo que la vista pueda seguir directamente los movimientos de las cuerdas vocales, para lo cual las ilumina con una

Figura 196.



Modo de practicar el examen laringoscópico.

luz de intermitencias muy rápidas, por medio de un disco estroboscópico (§ 400. 3). Ssimanowsky, colocando en el sitio del observador una cámara fotográfica, llegó de este modo á retratar las oscilaciones de la cuerda vocal de una laringe artificial.

V. Ziemssen, demostró que, con la guia del laringoscopio, se pueden introducir hasta la laringe electrodos largos, los cuales estimulan sus distintos músculos. Según Rossbach, también se pueden excitar éstos ó los nervios á través de la piel, y de este modo obtener datos de interés fisiológico, ó actuar sobre dichas partes, con un objeto terapéutico.

La IMAGEN LARINGOSCÓPICA (fig. 197), presenta las siguientes particularidades: *L*, representa la base de la lengua, de cuyo centro desciende el *ligamento gloso-epiglótico*, y á cuyo lado se encuentran las llamadas *fositas gloso-epiglóticas* (vallecula: V V). La *epiglotis* E, aparece como un arco, en forma de labio superior; por debajo se ve, en la respiración tran-

quila, la *glotis* (R) en forma de lanceta, y á cada lado las *cuerdas vocales verdaderas*, de un color claro amarillento (L. v.). Estas tienen, en el niño, una longitud de 6 á 8 milímetros, y en la mujer, de 10 á 15, cuando están relajadas, y de 15 á 20, cuando están tensas. Las del hombre, miden en ambos estados, 15 á 20, y 20 á 25 milímetros respectivamente.

Figura 197.

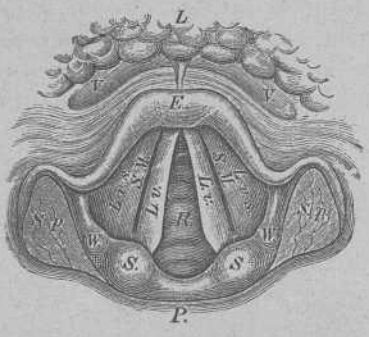


Imagen laringoscópica en la respiración tranquila.

La glotis vocal tiene, como ya se comprende, esa misma longitud; pero la glotis *entera* mide en el hombre 23 milímetros, en la mujer 17, y cuando están tensas las cuerdas vocales, 27,5 y 20 respectivamente. El ancho de éstas varía entre 2 y 5 milímetros; por fuera de ellas, hay una línea obscura, que marca la entrada del *ventrículo de Morgagni* (S. M.), y más afuera y arriba, se ven las *cuerdas vocales falsas* ó superiores (L. v. s.). En el límite inferior, en forma de labio, de la entrada de la laringe, se distinguen: en el centro, la escotadura ó depresión (sobre P) posterior é inferior del vestíbulo faríngeo de la laringe; á ambos lados (S. S.), los vértices de los *cartílagos de Santorini* (que descansan sobre los de los cartílagos aritenóideos), é inmediatamente detrás la pared de la faringe (P). En el ligamento ariteno-epiglótico, sobresalen los *cartílagos de Wrisberg* (W. W.), y por fin, más afuera, se ven las fositas ó depresiones llamadas *senos piriformes* (S. p.).

Figura 198.

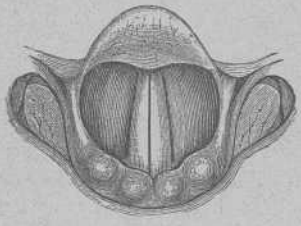
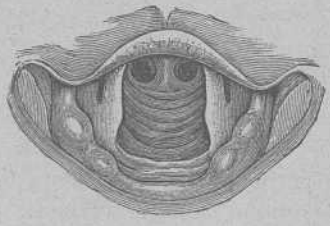


Imagen laringoscópica al emitir un sonido.

Figura 199.



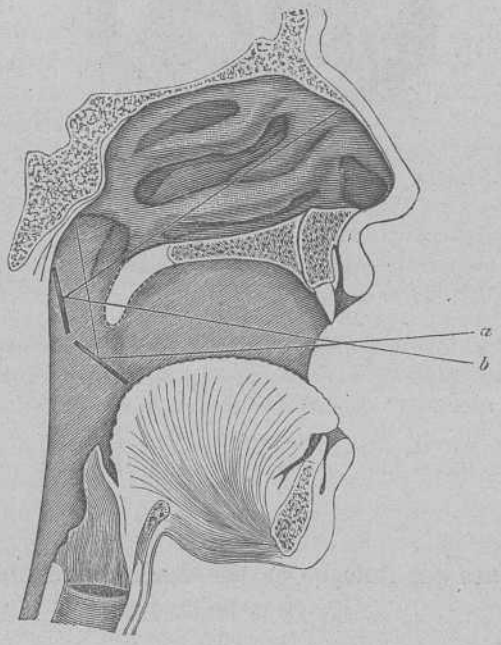
Exploración ocular de la tráquea hasta su bifurcación.

Merece mención especial, el estado en que aparecen la glotis y las cuerdas vocales en la respiración y en la fonación. En la respiración tranquila, aparece la glotis (fig. 197) en forma de lanceta, y más ancha que en el cadáver (Semon). Si se inspira profundamente, se dilata mucho la glotis (fig. 199), y colocando el espejito convenientemente, se llegan á ver los anillos de la tráquea, y hasta la bifurcación de ésta. Pero si se emite un sonido, se cierra la glotis (fig. 198), hasta convertirse en una hendidura muy estrecha.

Apéndice: rinoscopia.—Como la cavidad nasal desempeña un papel importante en la producción de los sonidos, tanto en circunstancias normales como en las patológicas, está justificado dedicar aquí algunas palabras á la rinoscopia. Introduciendo un espejito pequeño que forme ángulo con su vástago y de manera que su superficie reflectora esté dirigida hacia arriba (fig. 200), se consigue poco á poco examinar una zona como la que está representada en la fig. 201.

En el centro de esta imagen aparece el *tabique de las fosas nasales* (S. n); á los lados las aberturas posteriores de estas fosas ó *coanas* (ch), grandes y en forma de óvalo alargado, y debajo el *velo del paladar* (P. m) con la úvula (U). Dentro de la abertura posterior de las fosas nasales se distinguen las porciones posteriores de las *conchas inferior* (C. i), *media* (C. m) y *superior* (C. s), lo mismo que los *meatos* correspondientes. La concha que peor se distingue es la superior, y de los meatos

Figura 200



Posición del laringoscopio para el examen rinoscópico.

el inferior. Enteramente hacia arriba se nota una zona estrecha de la bóveda de la faringe (O. R) con la *tonsila faríngea* (v. Luschka), más ó menos desarrollada, constituída por tejido adenóideo, y que se extiende á manera de arco entre los *orificios de las trompas de Eustaquio* (T. T). Por fuera de estos orificios se observa el llamado reborde de la trompa (W) y todavía más hacia afuera la *fosa de Rosenmüller* (R).

Para estudiar el órgano vocal es también muy útil la experimentación en *laringes aisladas* del resto del cuerpo, como lo hizo Ferrein (1741), y sobre todo Juan Müller. Este último insuflaba aire en una laringe humana por medio de una cánula traqueal unida con ésta, y medía la tensión del aire con un manómetro de mercurio. Las bases de los cartílagos ari-

tenóideos estaban fijas la una contra la otra, por medio de una sutura, y un cordón que sostenía un peso y pasaba por encima de una polea, atraía hacia adelante al cartílago tiroides. *Aumentando la tensión* pudo elevar la altura del sonido en dos octavas y media. Haciendo más intensa la corriente de aire, pero conservando intacta la tensión de las cuerdas vocales, se elevaba hasta una quinta dicha altura. Colocando tubos adicionales sobre la laringe, no se hace más grave el sonido, pero se modifica el *timbre* y se refuerza por *resonancia*.

Figura 201.

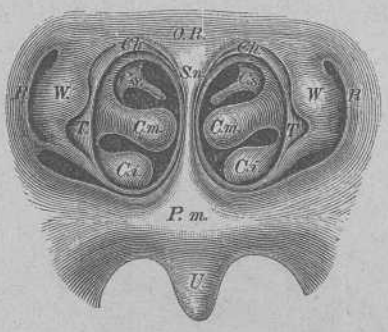


Imagen rinoscópica un poco esquemática como obtenida colocando el laringoscopio en diversas posiciones.

Yo me valgo de laringes de perros y de carneros, recientemente extirpadas ; excito sus músculos con diversos pares de electrodos y produzco la corriente de aire mediante un fuelle de pedal, que se comunica con la laringe por medio de una cánula traqueal. Este es el procedimiento para obtener los datos más precisos sobre la acción de cada uno de los músculos.

317. Condiciones que influyen en los sonidos producidos por el aparato de la fonación.

La *altura de la voz* depende :

1.° *De la tensión de las cuerdas vocales*, y por lo tanto, del grado de contracción de los músculos crico-tiróideos y crico-aritenóideos posteriores, con la cooperación de los músculos tiro-aritenóideos internos (§ 315. II. 4).

2.° *De la longitud de las cuerdas vocales.—a*) Los niños y las mujeres, que tienen estas cuerdas más cortas, producen sonidos más elevados. *b*) Si los cartílagos aritenoides se aplican con fuerza el uno contra el otro, mediante la acción de los músculos aritenóideos posteriores, transversal y oblícuos, de modo que sólo puedan vibrar las cuerdas vocales y no las partes intercartilaginosas que hay entre las apófisis vocales (García), entonces es más elevado el sonido. Para emitir sonidos graves tienen que vibrar á la vez que las cuerdas vocales, los bordes de los cartílagos arite-

nóides. Con esto se dilata el espacio situado por encima de la glotis y la laringe sobresale más. *c*) Cada individuo tiene cierta altura media en su voz que corresponde á la menor tensión muscular en el interior de su laringe.

3.° *De la intensidad de la corriente aérea.* — Para demostrar que la intensidad de la corriente eleva también la altura del sonido en la laringe humana, basta recordar que cuando se quieren emitir sonidos muy elevados sólo se consigue con un movimiento de espiración muy enérgico. En los sonidos de altura media, la tensión de la corriente de aire en la tráquea equilibra á una columna de agua de 160 milímetros de altura ; es de 200 milímetros para los sonidos altos ; de 945 para los muy intensos y sólo de 30 milímetros con el cuchicheo (Cagniard-Latour, Grützner). Estas medidas se han tomado en una fístula traqueal.

Al emitir sonidos muy altos, se han observado como *fenómenos accesorios* ciertas particularidades que no han recibido todavía una interpretación indudable, tales son: *a*) á medida que sube la altura del sonido asciende la laringe, parte porque entran en acción los músculos que la elevan, y parte porque la corriente de aire, como más intensa, alarga la tráquea; la úvula también se levanta cada vez más (Labus); *b*) cada vez se aproximan más entre sí las cuerdas vocales superiores, aunque no llegan á tocarse ni tampoco á entrar en vibración; *c*) la epiglotis se va inclinando más y más hacia abajo, cubriendo la glotis. Para explicar *c* y *b*, conviene recordar que al emitir sonidos muy altos, entran en juego todos los músculos que acortan la porción del borde de la glotis que ha de entrar en vibración y que estrechan la misma glotis. Por esta razón, el borde del músculo tiro-aritenóideo (externo, Henle) empuja hacia adentro á la cuerda vocal superior, mientras que aquellas fibras de este músculo, que ascienden en dirección lateral hacia la epiglotis (músculo tiro-ari-epiglótico, Henle) atraen á ésta hacia abajo.

4.° Merece mención especial la *voz de falsete ó de cabeza*, con su timbre suave y falta de resonancia en la caja torácica (fremitus pectoral). Oertel observó que cuando se produce esta voz, vibran las cuerdas vocales de tal manera, que aparecen líneas nodales en dirección antero-posterior; á veces sólo una, de suerte que vibran el borde libre de la cuerda y el adherente, separados ambos por dicha línea antero-posterior. En los sonidos muy elevados de la voz de falsete se forman hasta tres de estas líneas nodales. Para la formación de las mismas, debe producirse una contracción parcial de las fibras del músculo tiro-aritenóideo interno (página 82) y al mismo tiempo deben ponerse muy tensas y como láminas muy delgadas las cuerdas vocales, gracias á la acción común de los músculos crico-tiróideos, aritenóideos posteriores, tiro-hióideos y geniohióideos (Ortel). En todos estos casos, la forma de la glotis es elíptica, mientras que en la voz de pecho, las cuerdas vocales aparecen como líneas rectas (Jelenffy); el volumen de aire que se escapa por la laringe, es también más considerable en la voz de falsete.

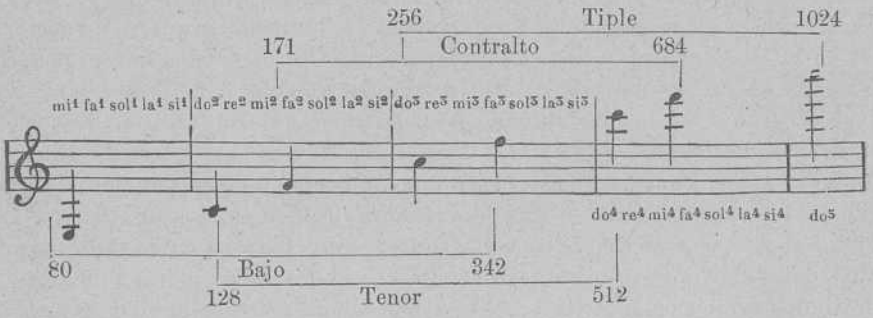
Observó además Oertel, que en la voz de falsete se yergue la epiglotis. Los vértices de los cartílagos aritenoides se van algo hacia atrás, la laringe en conjunto aparece más larga en su diámetro antero-posterior y más estrecha en el transversal; los repliegues ari-epiglóticos están muy tensos, y sus bordes más afilados; la

entrada en los ventrículos de Morgagni está estrechada. Las cuerdas vocales son más largas que cuando se emite el mismo sonido con voz de pecho; son además *menos anchas* y las apófisis vocales de los cartílagos aritenoides se tocan. El movimiento giratorio de estos cartílagos, que se requiere para semejante posición, solo puede ser producido por los músculos crico-aritenóideos laterales, no debiendo considerarse en este acto al músculo tiro-aritenóideo más que como auxiliar y accesorio (Oertel). La elevación de la altura del sonido en la voz de falsete, también es debida exclusivamente á una mayor tensión de las cuerdas vocales. Además de la modificación en las vibraciones de ésta que hemos considerado como característica de la voz de falsete, se producen otras *vibraciones parciales*, unas transversales y otras longitudinales que se desarrollan sobre las primeras. *En la voz de pecho vibra una zona marginal más estrecha de la cuerda vocal que no en la de falsete;* en esta última, se percibe en la propia laringe una sensación de menor esfuerzo muscular. La úvula está elevada y en dirección horizontal (Labus).

Para que se produzca la voz, se necesitan los siguientes actos: 1.°, acumular en la caja torácica la cantidad necesaria de aire; 2.°, fijar la laringe y sus diferentes partes en la posición conveniente; 3.°, comenzar la emisión del sonido, para lo cual ó bien se separan bruscamente los bordes de la glotis, que estaba cerrada formando una hendidura lineal, ó bien se espira el aire de manera que salga al principio casi sin producir ruido alguno, y luego se va haciendo cada vez más intensa la corriente, hasta que hace entrar en vibración á las cuerdas vocales.

318. Extensión de la voz.

La extensión de la voz humana cuando es de pecho, se da á conocer en el esquema siguiente:



Las cifras indican el número de vibraciones del sonido correspondiente á un segundo. Se ve fácilmente que desde do^3 hasta f^3, son notas comunes á todas las voces, pero su timbre es diferente. La nota más grave que puede cantar un bajo, como excepcional, es el fa_1, al cual corresponden 42 vibraciones; la más elevada de una tiple ha sido la^5 con 1708 vibraciones.

Hensen ha ideado un procedimiento muy ingenioso para averiguar si un sonido corresponde exactamente á la nota que se desea producir. Para ello se emite el so-

DR. PEREZ ARAILES
C/ Lancia núm. 12 - 3.º
Teléfono 20 85 19

nido enfrente de una cápsula de Köenig con un diapasón que vibra en un plano horizontal, y que en el extremo de una de sus ramas, lleva un espejo que desvía la llama. Si el sonido emitido es igual al del diapasón no se observa en la llama más que un dentellón; si es la octava, dos; si la quinta, tres, y si la doble octava, cuatro.

Cada individuo tiene un *timbre de voz* particular que depende de la configuración de todas las cavidades que forman parte del órgano vocal. Los llamados *sonidos guturales* se producen cuando se acerca el velo del paladar á la pared posterior de la faringe (Liscovius); en los *sonidos nasales* vibra con más fuerza el aire contenido en las fosas nasales, porque su acceso á las mismas es también más fácil.

319. Palabra. — Vocales.

Los movimientos á que es debida la formación de la palabra, se efectuan en el *tubo adicional*, ó sea en las cavidades faríngea, bucal y nasal y tienen por objeto producir ruidos y sonidos determinados que, cuando se originan por sí solos, sin que intervenga el órgano vocal, producen la *palabra cuchicheada;* pero si al mismo tiempo vibran las cuerdas vocales, se produce la *palabra en alta voz*. La palabra cuchicheada puede llegar á ser bastante intensa, pero entonces exige una corriente de aire muy enérgica, así que produce muy pronto el cansancio. El cuchicheo puede practicarse lo mismo en la inspiración que en la espiración, al revés de lo que sucede con la palabra en alta voz, que no se puede sostener con la corriente inspiratoria más que de un modo pasajero y poco claro. La voz cuchicheada proviene del ruido que produce el aire al pasar por la glotis, estrechada de un modo moderado, y rozar con los bordes gruesos de las cuerdas vocales que la limitan. *Pero al hablar en alta voz, cambia la posición de las apófisis vocales de los aritenoides, de tal manera, que entonces son los bordes agudos de dicha cuerda con los que va á chocar la corriente de aire.*

Siempre que se habla se mueve el *velo del paladar*, elevándose á cada palabra, y al mismo tiempo se forma en la faringe el reborde transversal de Passawant (tomo I, pág. 322). Dicho velo se eleva á su punto máximo al pronunciar la u y la i; menos, cuando se pronuncian la o y la e, y su mínimo de elevación es al emitir la a. Al pronunciar la m y la n se mantiene inmóvil; en las consonantes explosivas se sostiene casi á la misma altura que para la letra n, y está menos elevado en las contínuas. Vibra el velo del paladar al pronunciar la l, la s, y, sobre todo, la r gutural (Gentzen, Falkson).

La palabra se compone de *vocales* y de *consonantes*.

Vocales (para su análisis y síntesis véase el § 417).

A) En la palabra cuchicheada *la vocal es un sonido musical, propio de la cavidad bucal, según la forma que ésta haya tomado*, y producido por la corriente de aire inspiratoria ó espiratoria (Donders), *cuyo sonido, no sólo tiene una altura determinada, sino también un timbre especial y*

característico en cada caso. A la forma particular de la cavidad bucal en cada uno de ellos, se la puede llamar *cavidad vocal.*

I. *La altura del sonido de las vocales* se puede determinar musicalmente, ó bien fijándose con mucha atención en las vocales, que uno mismo pronuncia en voz baja ó cuchicheada, ó bien dirigiendo una corriente de aire, por medio de un tubo á propósito, contra la boca de otra persona que hubiese colocado su cavidad bucal para pronunciar una vocal determinada. Es notable que el sonido fundamental de la *cavidad vocal* sea casi constante en ambos sexos y en las diferentes edades. La diversa capacidad de la cavidad bucal puede ser compensada por la mayor ó menor abertura de la boca. También es un procedimiento muy conveniente para determinar la altura del sonido de la cavidad vocal, el de ir colocando delante de la boca, y haciéndolos vibrar, diapasones dispuestos en serie, según la altura de los sonidos que produzcan. Cuando uno de ellos da el mismo sonido fundamental de la cavidad vocal, se refuerza mucho por resonancia en ésta (v. Helmholtz). Finalmente, también se pueden transmitir las vibraciones del sonido vocal á una membrana colocada delante de la boca que produzca el mismo número de vibraciones, y las inscriba, por medio de un estilete, sobre un papel ahumado (*fonautógrafo* de Donders).

König encontró que los *sonidos fundamentales de la cavidad vocal,* según las distintas vocales, eran las siguientes:

$$U = si\flat^2,\ O = si\flat^3,\ A = si\flat^4,\ E = si\flat^5,\ I = si\flat^6$$

Si se cuchichean las vocales, siguiendo este orden, al instante se nota que va subiendo la altura del sonido. Con todo, los sonidos fundamentales de la cavidad bucal, para emitir cada una de las vocales, pueden variar dentro de ciertos límites, así que sería más exacto decir que existe una *región* determinada para cada vocal, que no una posición fija é invariable. Como mejor se convence uno de esto, es dando á la boca la forma característica para una vocal determinada, y percutiendo después en los carrillos (Auerbach); el sonido producido es el de la vocal, pero su altura varía en ciertos límites, según la posición de la boca.

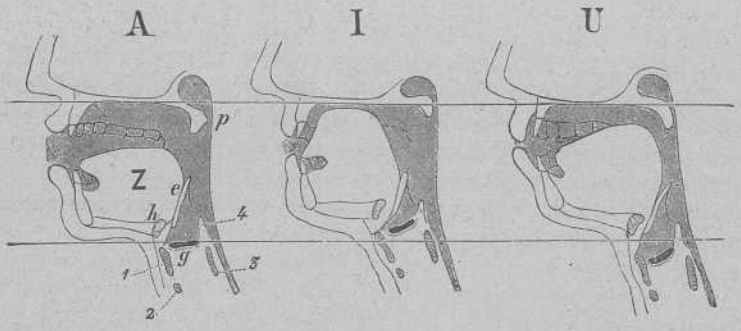
Al pronunciar la **A**, la cavidad bucal toma la forma de un embudo ensanchado hacia adelante (fig. 202, A), la lengua yace en la base de la cavidad, la boca está muy abierta y el velo del paladar elevado á una altura moderada, ascendiendo cada vez más cuando se pasa de esta vocal sucesivamente á las O, E, U é I (Czermak). El hioides está en reposo, al pronunciar la A, pero la laringe un poco elevada, estándolo aún más con la U, y más baja con la I.

Al pasar de la A á la I, conservan la laringe y el hioides sus mútuas relaciones de posición, pero ascendiendo ambos. Al pasar de la A á la U, desciende la laringe todo lo posible, y, al mismo tiempo, se va el hioides algo hacia adelante (Brücke). Con la A, tiene una amplitud regular el espacio comprendido entre la laringe, la pared posterior de la faringe, el velo del paladar y la base de la lengua; ese espacio se ensancha al pronunciar la E, y sobre todo con la I (Purkinje), alcanzando sus dimensiones mínimas con la U.

En la **U**, la cavidad bucal tiene la forma de una botella ancha, de cuello corto y estrecho, y es cuando el tubo adicional alcanza el máximum de su longitud. Para que esto suceda, los labios avanzan todo lo posible, formando pliegues, y se cierran, no dejando más que una abertura pequeña. La laringe desciende hasta donde esto es posible, y la base de la lengua se acerca á los pilares posteriores del velo del paladar (Brücke).

En la **O**, lo mismo que en la U, la cavidad bucal tiene la forma de una botella ancha y de cuello corto, pero como los labios se acercan más á los dientes, el cuello de la botella es más corto y la abertura que queda entre ellos más ancha. La laringe está un poco más alta que con la U, y, por lo tanto, el tubo adicional es también más corto que cuando se pronuncia esta vocal.

Figura 202.



Corte antero-posterior del órgano vocal humano, al pronunciar las letras vocales *A*, *I* é *U*.—*Z*, lengua.—*p*, velo del paladar —*e*, epiglotis.—*g*, glotis.—*h*, hioides.—1, cartílago tiroides.—2, 3, cartílago cricoides.—4, cartílago aritenoides.

Al pronunciar la **I**, tiene la cavidad bucal la forma de una botella de poca panza en su parte posterior, con cuello largo y estrecho, de tal manera, que el sonido propio de la panza sería el de fa^2 y el del cuello re^5 (v. Helmholtz). El tubo adicional tiene en este caso su mínimum de longitud, porque la laringe está lo más elevada posible y la cavidad bucal aparece limitada por delante por los dientes, puesto que los labios se retraen. Entre el paladar y el dorso de la lengua está estrechada la cavidad bucal hasta convertirse en este punto en una canal media muy angosta. De aquí que al pasar el aire por este estrecho, tiene que producir un murmullo sibilante muy manifiesto que hace entrar en vibración hasta la misma bóveda del cráneo, y se percibe como una especie de resonancia cuando se tapan los oídos. Es imposible pronunciar la I, si la laringe está baja como para la U, y lo mismo cuando los labios se echan hacia adelante, como sucede al emitir esta última vocal.

En la **E**, que se parece mucho á la I, la cavidad tiene también la forma de una botella de poca panza, cuyo sonido propio es fa^3, y de cuello largo y estrecho con sonido propio de $si\flat^5$ (v. Helmholtz). Pero este cuello es un poco más ancho al pronunciar la E, de modo que no se produce el ruido sibilante que origina el aire cuando se emite la I. La laringe

está algo más baja que con esta última vocal, pero todavía más alta que en la A.

En realidad, tiene razón Brücke cuando no admite más que tres vocales fundamentales: **I, A, U**, entre las cuales se intercalan las demás, y lo mismo los diptongos. Tampoco se encuentran más que estas tres vocales en los alfabetos jeroglífico, índico, hebráico antiguo y gótico.

Los *diptongos* se producen cuando al emitir una vocal se pasa de la posición correspondiente á ésta á la que exige la pronunciación de otra vocal distinta. Los diptongos sólo suenan claramente como tales cuando se pasa de una vocal en que está muy abierta la boca á otra en que se abre menos: en el caso contrario, nuestro oído percibe separadamente las dos vocales que se suceden (Brücke).

Yo he conseguido producir las vocales artificialmente. Para ello sierro una cabeza por la línea media, y en cada una de las dos mitades dispongo las partes que intervienen en la producción de las vocales del modo conveniente, según la que se quiera reproducir (fig. 202), lleno con parafina toda la cavidad que existe desde la tráquea hasta los labios, y después uno por fusión los moldes de parafina de las dos mitades de la cabeza, obteniendo de este modo el molde completo de la cavidad vocal correspondiente. Cubro este molde con una capa de yeso de modelar, y luego hago desaparecer, por fusión, la parafina que contiene en su interior, con lo cual se consigue reproducir en yeso dicha cavidad vocal. Ahora se adapta á la tráquea un órgano fonador, compuesto de una lengüeta delgada de marfil, colocada en un bastidor bastante grande, y cuyo sonido procuro que sea lo más igual posible al sonido propio de la cavidad de yeso. Con este procedimiento he reproducido con una exactitud sorprendente todas las vocales, hasta la misma I.

II. En las vocales hay que distinguir, además de la altura de su sonido, su *timbre* característico; pudiendo compararse bajo este concepto la forma que toma la cavidad bucal para emitir cada vocal con un instrumento músico cuyos sonidos no sólo tienen una altura determinada, sino también un timbre propio de cada uno.

Así, la U en voz baja ó cuchicheada, tiene á la vez que su sonido propio de $si\flat^2$, un timbre sibilante y ronco; I tiene á la vez que su sonido fundamental de $si\flat^6$, un timbre sibilante fino; y en la vocal A se oye á la vez que su sonido propio $si\flat^4$, un timbre de aspiración ámplia y extensa. Este timbre de las vocales proviene del número y altura de los sonidos armónicos que acompañan al fundamental, de los cuales se tratará al analizar las vocales en el estudio del aparato auditivo (§ 417).

El timbre de las vocales puede también modificarse de un modo especial cuando se hacen *nasales*, como es muy frecuente en el idioma francés. El timbre nasal proviene de que el velo del paladar no cierra la comunicación entre la faringe y las fosas nasales, como lo hace cuando las vocales se pronuncian en toda su pureza, de manera que entonces vibra al mismo tiempo el aire contenido en dichas fosas. Así, que cuando se pronuncia una vocal con timbre nasal, se escapa el aire simultáneamente por boca y narices, y tan sólo por la primera cuando se emite en toda su pureza. Por eso mismo, sólo en el primer caso vacila una luz colocada

delante de las ventanas de la nariz (Brücke), ó se empaña un cristal ó un metal fríos, y no sucede lo mismo en el segundo caso (Liskovius, Czermak).

Al pronunciar una vocal pura, sin timbre nasal, está tan bien asegurada la incomunicación entre las cavidades nasal y bucal, que sólo puede vencerse ejerciendo en la primera una presión representada por una columna de mercurio de 30 á 100 milímetros, en cuyo caso, al restablecerse la comunicación, se produce un ruido estertoroso de gorgoteo (Hartmann).

Las vocales que se pronuncian á veces con timbre nasal son principalmente *a*, *æ*, *œ*, *o* y *e*. La *i* nasal no parece existir en ninguna lengua; en efecto, es muy difícil de pronunciar, porque con esta vocal ya es tan reducido el conducto formado por la cavidad bucal, que si se mantiene expedita la comunicación con las fosas nasales, el aire se va casi en su totalidad por estas últimas, y en cambio la corta cantidad que de él pasa por la cavidad bucal, apenas es suficiente para producir un sonido.

Al emitir las vocales, conviene además fijarse en si la glotis se halla cerrada antes de este momento, como hacen los alemanes siempre que van á pronunciar cualquiera palabra que empieza por vocal: mantienen cerrada la glotis hasta ese momento y emiten el primer sonido al mismo tiempo que la entreabren. A esta manera de pronunciar las vocales, la designan los griegos con el nombre de *spiritus lenis* (espíritu suave). Por el contrario, si se pronuncia una vocal después de haber entreabierto la glotis, mediante un movimiento de aspiración, que precede, por lo tanto, á la emisión del sonido, se dice que la vocal es aspirada: *spiritus asper* (espíritu áspero) de los griegos.

B) Cuando se pronuncian LAS VOCALES EN ALTA VOZ, ó sea al mismo tiempo que se produce un sonido en las cuerdas, el sonido propio de la cavidad vocal, cuya altura se conserva siempre la misma, refuerza de un modo característico al sonido parcial correspondiente del timbre de la voz (Wheatstone, v. Helmholtz). Según esto, para que la emisión de una vocal en alta voz tenga el mayor carácter musical posible, debe emitirse un sonido de una altura tal, que los armónicos que contenga formen acorde con el sonido propio de la cavidad vocal.

320. Consonantes.

Las consonantes son *ruidos* producidos en determinados puntos del tubo adicional.

Se dividen: I. Según sus *propiedades acústicas* en: *líquidas* ó *sonoras*, que se perciben aunque no las acompañe vocal, como m, n, l, r, s, y *mudas* aquellas que no pueden percibirse claramente como no se emita con ellas alguna vocal.

II. Según el mecanismo de su formación y las partes del órgano del lenguaje que la produce, se dividen en:

1.º *Consonantes explosivas.* — Aquellas que se forman cuando el aire sometido á cierta presión, *separa* bruscamente una oclusión producida

en el tubo adicional, ocasionando un ruido más ó menos intenso, ó por el contrario, cuando se *interrumpe* de pronto esa corriente de aire, cerrándose al mismo tiempo también la comunicación con las fosas nasales mediante la elevación del velo del paladar.

2.° *Consonantes contínuas.* — En estas se estrecha en un punto el tubo adicional de tal manera que el aire, para atravesar esa porción más angosta, tiene que producir un zumbido sibilante, habiendo también incomunicación con las fosas nasales.

La L es una consonante muy análoga á las contínuas, con la diferencia de que el punto estrecho por donde tiene que pasar el aire con cierta violencia, no se encuentra en el medio, que está cerrado por completo, sino á los lados, manteniéndose también cerradas las fosas nasales.

3.° *Consonantes vibratorias.* — El aire pasa por una porción angosta del tubo adicional, y hace entrar en vibración á los bordes que limitan dicha estrechez (fosas nasales cerradas).

4.° *Consonantes resonantes, nasales ó semivocales.* — La cavidad nasal está completamente franca, y la bucal cerrada por su parte anterior. Según el punto en que se establezca esta oclusión, que es absoluta, así será mayor ó menor la porción de la cavidad bucal en que pueda vibrar el aire por resonancia.

Además de estos distintos modos de originarse los ruidos á que son debidas las distintas consonantes, hay que tener en cuenta los *puntos en que dichos ruidos se producen*, que Brücke llama *regiones de articulación*, y son: A, entre ambos labios; B, entre la lengua y la bóveda del paladar; C, entre la lengua y el velo del paladar, y D, entre las dos cuerdas vocales verdaderas.

A. — *Consonantes de la primera región de articulación.*

1.° *Explosivas labiales*: **b**, la voz ya suena antes de producirse el *ligero* ruido explosivo; **p**, la voz no suena hasta después de producirse el ruido explosivo *mucho más fuerte* (Kempelen).

2.° *Labiales contínuas:* **f**, entre los incisivos superiores y el labio inferior (labio-dental) (según Purkinje, falta en todas las palabras genuinamente eslavas); **v**, entre ambos labios (labial); **w**, colocando la boca como para la **f** (tanto labial como labio-dental), pero en vez de expulsar solamente el aire, se produce al mismo tiempo un sonido en la glotis. Así que en realidad hay dos especies de **w**: una que correspondía á la **f** labial y otra á la labio-dental (Brücke).

3.° *Labiales vibratorias* (el brru de los cocheros). — No existe en ningún idioma de los países civilizados.

4.° *Labiales resonantes ó nasales.* — La **m** que se produce por resonancia de las cavidades bucal y nasal al emitir el sonido laríngeo ó glótico.

B.— Consonantes de la segunda región de articulación

Procedimiento de investigación. — Para averiguar la extensión en que la lengua toca al paladar cuando se pronuncian consonantes de las regiones de articulación segunda y tercera, se despolvorea la lengua, teniendo bien abierta la boca, con alguna substancia colorante. De ese modo, cuando después se pronuncia la consonante, quedará una marca coloreada en aquellos puntos del paladar en que hubiese tocado la lengua (Grützner).

1.° Las *consonantes explosivas* que se forman entre la lengua y la bóveda palatina son la **T** (y también la **dt** y la **th**) cuando se pronuncian con cierta fuerza y sin que las acompañe emisión de sonido glótico y la **d** cuando se pronuncian de un modo suave con simultánea emisión de la voz. En las diferentes lenguas existen diversas modificaciones de estas consonantes según sea la punta ó el dorso de la lengua los que se pongan en contacto con la parte superior de la cavidad bucal y según que la región de esta última á que aquella se aplique, sea la misma bóveda del paladar, el borde alveolar ó los dientes.

2.° Las *consonantes contínuas* de esta categoría comprenden la **S**: fuerte (que en alemán se escribe también como **ss** y como **sz**) la cual se articula sin emisión simultánea de voz, y débil, que sólo se pronuncia al mismo tiempo que esta emisión. Aquí también existen ciertas variedades según las partes de la región donde se produce la consonante. Así son modificaciones de la **S** fuerte la **Sch** alemana, la **Th** dura de los ingleses; lo son de la *s* débil, la **J** suave de los franceses y la **Th** suave de los ingleses y la **z** española. También corresponde á este grupo la **L**, cuya pronunciación varía en los distintos idiomas, como sucede con la **L** líquida (*mouillé*) de los franceses. Esta misma letra **L** puede pronunciarse débil, ó sea con unión de voz simultánea, y fuerte, no acompañada de ésta.

3.° *Consonantes vibratorias.*—La de este grupo es la **R** lingual, que por lo general va acompañada de formación de sonido glótico, pero que puede pronunciarse también sin este sonido.

4.° *Consonantes resonantes ó nasales.* — Es la **N** que también es susceptible de diversas modificaciones.

C.— Consonantes de la tercera región de articulación.

1.° *Las explosivas* son la **K** (en castellano **c** fuerte y **q**) cuando la pronunciación es dura y sin emisión de voz y la **G** (en castellano *gue*) cuando va acompañada de esta última. Presentan también sus modificaciones: así cuando la **G** y la **K** preceden á la *e* ó á la *i*, la región del ruido explosivo cae más hacia adelante en el paladar que no cuando preceden á las vocales *a*, *o* y *u* (Brücke).

2.° Las *consonantes contínuas* de esta región son: la **Ch** (ó *j* española) cuando se pronuncia con fuerza y sin emisión de voz, la **J** (en alemán) cuando la pronunciación es suave y acompañada de voz. Si estas conso-

nantes preceden á *a*, *o* ó *u*, se forman más hacia atrás en el paladar, que cuando preceden á la *e* ó á la *i* (Purkinje).

3.° La *consonante vibratoria* de este grupo es la **R** gutural que se produce por vibración de la úvula (Brücke).

4.° La *consonante resonante ó nasal* es la **N** gutural que cuando sigue á la *e* ó á la *i* se cierra la cavidad bucal más hacia adelante que no cuando sigue á la *a*, *o* y *u*. La *u* nasal de los franceses no es una consonante, sino un timbre nasal de las vocales, consecuencia de mantenerse abierta la comunicación con las fosas nasales, cuando se pronuncian (página 95).

D.— Consonantes de la cuarta región de articulación.

En todo rigor se puede considerar á la glotis como una cuarta región de articulación.

1.° La separación súbita de las cuerdas vocales no produce ninguna *consonante explosiva* cuando se emite una vocal en alta voz después de tener cerrada la glotis. Pero si la vocal se emite con voz cuchicheada, se puede apreciar un ruido aunque corto y de débil intensidad que proviene de la súbita abertura de la hendidura glótica. Ya hemos dicho que los griegos suelen designar con el nombre de espíritu suave á la pronunciación de las vocales precedida del cierre de la hendidura glótica (página 95).

2.° La *consonante continua* de este grupo está representada por la **H** que se pronuncia en la glotis moderadamente abierta y que en el idioma árabe se acentua de un modo más marcado, porque también es más estrecha la hendidura glótica en su letra Hha.

3.° La *consonante vibratoria* glótica está representada por la **r** laríngea de los habitantes de la baja Sajonia y por la Ain de los árabes (Brücke). Puede producirse emitiendo una vocal en un tono de voz lo más bajo posible. Entonces sucede á la emisión de esta vocal una vibración sonora y claramente entrecortada de las cuerdas vocales que es la que constituye la **R** laríngea.

4.° En la glotis no se puede producir una consonante resonante ó nasal.

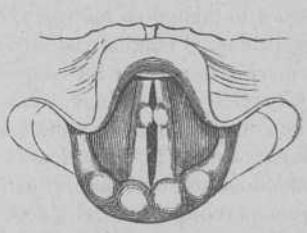
La combinación de diversas consonantes se efectua haciendo que se sucedan rápidamente los movimientos que corresponden á cada una de ellas. Se llaman consonantes *compuestas*, á aquellas que se forman colocando las diversas partes de la boca para que se produzcan simultáneamente dos consonantes distintas de manera que los dos ruidos formados al mismo tiempo constituyan un ruido mixto. Ejemplos: **Sch**, **tsch**, **tz**, **ts**, **Ps** (ψ), **Ks** (ϰ, χ).

321. Alteraciones patológicas de la voz y de la palabra.

La parálisis de los nervios motores de la laringe (neumogástrico) por lesiones ó por compresión ejercida por algún tumor, origina la *afonía* (Galeno). En el aneurisma del cayado de la aorta es frecuente que se paralice el nervio recurrente iz-

quierdo por experimentar una distensión excesiva. Los nervios laríngeos pueden paralizarse de un modo pasajero á causa del reumatismo, de los esfuerzos exagerados y del histerismo; también se paralizan á veces los músculos de la laringe produciéndose afonía á causa de la infiltración serosa de los mismos á consecuencia de inflamaciones. Si los músculos paralizados son principalmente los tensores, la voz se hace *monótona*. Ofrecen un interés especial los trastornos respiratorios que se observan en las parálisis laríngeas. Mientras la respiración permanece sosegada puede no sobrevenir la menor alteración; pero en cuanto se agita un poco, se presenta una disnea muy acentuada á causa de la imposibilidad de dilatarse la glotis, fenómeno que también he observado en los perros (pág. 81).

Figura 203.



Tumores de las cuerdas vocales que producen la bitonalidad de la voz.

Cuando sólo está paralizada una cuerda vocal, la voz se hace impura y como de falsete. Aplicando la mano á la región laríngea ya se nota una vibración menos marcada en el lado paralizado (Gerhardt), que todavía se observa mejor por medio de la llama sensible (Toboldt). A veces la parálisis de las cuerdas vocales las impide tomar parte en la fonación, pero no en los esfuerzos respiratorios y en la tos (*parálisis fónicas*; Toboldt). Fränkel da el nombre de *mogifonia* (fatiga prematura de la voz) á un estado paralítico de la musculatura laríngea, en el cual dejan de efectuarse ciertos movimientos coordinados aprendidos por la práctica; forma que corresponde á la paralítica del calambre de los escribientes.

La parálisis incompleta de un nervio recurrente produce á veces la bitonalidad de la voz (*diftongia*) (Rossbach), á causa de la desigualdad de tensión de ambas cuerdas vocales. Según Türck y Schnitzler, también se presentaría esta bitonalidad cuando las cuerdas vocales se tocan en un punto (por ejemplo, en los casos de tumores de exudaciones), de tal manera, que la hendidura glótica queda dividida en dos partes y en cada una de ellas se produce un sonido de distinta altura. Si al tratar de emitir la voz, se cierra de pronto la glotis, por espasmo muscular, se trata en tal caso de la forma rara llamada *afonía espasmódica* (Schnitzler). También se han encontrado rara vez, en los atacados de tabes dorsal (§ 366. 3), *fenómenos atáxicos* en los músculos de la laringe (Krause, Gay). Los depósitos de moco sobre las cuerdas vocales y las asperezas, tumefacciones ó relajaciones de éstas, ocasionan *enronquecimiento;* si al tiempo de hablar se acercan tanto las cuerdas vocales, que se tocan de pronto en algunos puntos, cambia su timbre por consecuencia de haberse formado puntos nodales (véase el § 354. 5 y la parte patológica).

Las enfermedades de la faringe, de la cavidad naso-faríngea y de la úvula, pueden producir también alteraciones de la voz por vía refleja.

Se ha observado la readquisición de la voz y hasta de la palabra, en bastante buenas condiciones aun en un caso de *extirpación total de la laringe*, en el cual el individuo respiraba por una cánula traqueal y no pasaba nada de aire por la cavidad bucal. El sujeto llenaba de aire la cavidad que había quedado después de quitarle la laringe, y lo hacía pasar por un punto estrecho hacia la cavidad bucal, produciendo de este modo un ruido de estrechez monótono, pero con un parecido notable al de la voz humana (Landois y Strübing).

La parálisis del *velo del paladar*, lo mismo que su perforación ó división congénita dan un *timbre nasal* á todas las vocales; la primera lesión dificulta además la formación de las consonantes de la tercera región de articulación; las resonantes

ó nasales se acentuan mucho, y en cambio las explosivas, son más débiles á causa de que parte del aire se escapa por las fosas nasales.

Las *parálisis de la lengua* dificultan la pronunciación de la *i* y también aunque no tanto las de la *e* y la *œ*; además alteran la formación de los consonantes de las regiones de articulación segunda y tercera. Sin embargo, hay sujetos que recobran un lenguaje inteligible á pesar de tener grandes pérdidas de substancia en su lengua. Se designa con el nombre de *aftongia*, un estado en el cual la lengua entra en movimiento espasmódico cada vez que se trata de hablar (Fleury).

En la *parálisis de los labios* (nervio facial), conviene fijarse en la mayor ó menor facilidad con que se pronuncian las consonantes de la primera región de articulación, y lo mismo en los casos de labio leporino. Cuando las fosas nasales están obstruídas, el lenguaje adquiere un timbre especial *gangoso*, y como es natural, la formación normal de los consonantes nasales no puede realizarse. En los casos de extirpación de la laringe, se ha colocado entre la tráquea y la cavidad bucal, un tubo con una lengüeta metálica á manera de laringe artificial (Czerny). Todas las alteraciones en la formación de los sonidos, se pueden designar con el nombre de *balbuceamiento*, *dislalia* ó *disastria literal* (respecto á los trastornos del lenguaje de origen cerebral, véase el § 380. II).

322. Fisiología comparada. — Reseña histórica.

El lenguaje pertenece á los *movimientos de expresión* (Darwin). Las excitaciones psíquicas provocan en el hombre movimientos característicos, en los cuales siempre toman parte determinados grupos musculares, tales son: la risa, el llanto, los gestos y actitudes en los casos de angustia, cólera, vergüenza, desesperación, horror, fastidio, asco, deseo, alegría, etc. Tales movimientos son un medio para que los séres afines puedan comunicarse sus estados interiores (Wundt). En su origen son estos movimientos puramente reflejos; pero cuando se reproducen con el objeto de hacerse entender, ya se trata de una imitación voluntaria de los mismos. Esta clase de reflejos característicos, no sólo son producidos por las emociones, sino también por las *impresiones sensoriales*, sirviendo como movimientos de expresión (Geiger); v. gr., cuando se acaricia, ó por el contrario, se producen excitaciones dolorosas de la piel; los movimientos que se ejecutan cuando se perciben olores agradables ó desagradables, sonidos, sensaciones luminosas (claras ú obscuras y coloreadas) y siempre que se perciben objetos de cualquier especie.

El movimiento de expresión en su forma más sencilla, se manifiesta por gestos y ademanes, ó sea la *mímica*. El lenguaje puede designarse con todo rigor como una *mímica sonora*, acompañada muchas veces también de gestos y ademanes. Por consiguiente, el lenguaje articulado, es debido en primer término á ciertos movimientos característicos y de origen reflejo, provocados en los órganos de la palabra. Un segundo medio para hacerse entender, consiste en la imitación de ciertos ruidos por el órgano del lenguaje (*onomatopeya*), por ejemplo, el del trueno, el de la tormenta, el silbido, el aullido, etc. Si además se trata de traducir por medio de sensaciones sonoras aquellas impresiones que provienen de otro sentido, se llama á ésta *onomatopeya indirecta* (Lazarus, Steinthal), como cuando se quiere caracterizar por medio de una sílaba corta y de sonido penetrante, la sensación de una punzada repentina ó la de un relámpago deslumbrador.

Así es posible que el *lenguaje primitivo del hombre* haya consistido en una serie de sonidos mímicos de origen reflejo é imitaciones onomatopoéicas.

Además, y como es natural, el lenguaje está ligado al fenómeno de la *apercepción*. Ninguna idea puede manifestarse por medio del lenguaje ó de la mímica que no haya sido apercibida anteriormente, ó lo que es lo mismo, que no se haya elevado

hasta el punto de vista interior entre las numerosas ideas que llenan la conciencia (Wundt).

Varía mucho en las diversas lenguas el caudal de sus sonidos articulados. Algunas como las de los hurones, no tienen ninguna labial; en algunas islas del mar del Sur, no hay ninguna consonante laríngea; la *f* falta en el sanscripto, en el finés y en otros idiomas; la *e* breve, la *o* y las letras sibilantes suaves, faltan en el sanscripto; en el chino y en el mejicano no hay la *d*; la *s* no se encuentra en varias lenguas de la Polinesia; la *r* falta en el chino, etc.

También hay movimientos de expresión en los animales, sobre todo, en los superiores. El órgano vocal de los *mamíferos* es igual en lo esencial al del hombre. Algunos monos como el orangutan, el mandril, el macaco y el babuino, tienen unos órganos resonadores especiales á manera de bolsas que se pueden inflar con aire, y cuyo orificio de entrada se encuentra entre la laringe y el hioides.

Las *aves* poseen dos laringes, de las cuales, la inferior, que se encuentra en la bifurcación de la tráquea, es la que hace de órgano vocal. En cada bronquio sobresalen dos repliegues mucosos (en las aves cantoras tres) que se ponen tensos y se aproximan por la contracción de uno á cinco ó seis pares de músculos y sirven para emitir sonidos.

En los *reptiles*, las tortugas, como carecen de cuerdas vocales, no pueden emitir más que una especie de resoplido que en el Emys llega á adquirir el carácter de un silbido particular. La *culebra vidriosa* es completamente afónica; los *camaleones* y *lagartos* emiten una voz muy débil; los *caimanes* y *cocodrilos* pueden producir un mugido, pero algunas especies de cocodrilos pierden esta facultad cuando llegan á la *edad adulta* porque se modifica su laringe (Mohnike). Las *serpientes* carecen de aparato especial para producir la voz; expulsando á través de la entrada de la laringe el aire contenido en su amplio pulmón, producen un silbido que á veces es muy sorprendente por su intensidad y timbre ronco (culebra de anteojos). Entre los *anfibios*, las *ranas* poseen laringe con cuerdas vocales y músculos; cuando soplan con poca energía y sin que intervengan éstos, emiten un sonido grave é intermitente, que se hace más claro y contínuo si soplan con más fuerza y contrayendo el constrictor de la glotis. El macho de la rana esculenta posee en cada ángulo de la boca una bolsa que se puede inflar con el aire y que refuerza por resonancia la intensidad del sonido; en la rana de zarzal se reunen estas dos bolsas en la línea media, constituyendo una sola bolsa laríngea. Los pelobatos, por lo general, emiten sonidos muy débiles, siendo notable en tal concepto el que produce el *bombinator* muy parecido al tañido de una campana; los sapos propiamente dichos también emiten sonidos de muy poca intensidad. El *pipa* tiene un órgano fonador muy particular; en el interior de su amplia laringe sobresalen libremente dos varitas cartilaginosas que vibran al ser agitadas por la corriente del aire como las ramas de un diapasón. Las *salamandras*, sólo rara vez emiten un sonido breve simulando la sílaba *uiq*. Entre los *peces*, los hay también que producen ciertos ruidos, bien frotando entre sí los huesos faríngeos superiores é inferiores, ó haciendo vibrar las puas que salen de un cuerpo, por medio de la contracción muscular (Möbius) ó expulsando el aire de su vejiga natatoria, ó por la boca ó el ano (tomo I, pág. 292). Además, también en los peces se puede percibir el ruido muscular (Landois, Dufossé) (pág. 50).

De los *invertebrados*, los *insectos* son capaces de producir sonidos, parte expulsando el aire espirado por los estigmas, provistos de lengüetas-membranas susceptibles de ser movidas por ciertos músculos; así sucede en los himenópteros, en muchos dípteros, etc. Además suelen originar sonidos las alas, merced á las rápidas contracciones de los músculos que las mueven (moscas, coleópteros, himenópteros). En el Sphinx atropos, los sonidos son producidos por la expulsión del aire

contenido en el buche. En otros animales de este grupo, los ruidos son originados por el frote del muslo contra los elitros (acridium) ó de los elitros entre sí (grillo, langosta) ó del tórax (cerambyx), del muslo (geotrupes) ó del abdomen (nekrophorus) contra el borde de las alas, ó también de las inferiores contra los elitros (pelobius) (H. Landois). En las cigarras vibran unas membranas timpánicas por la contracción brusca de ciertos músculos. También se producen ruidos de roce entre el céfalo-tórax y el abdomen en algunas *arañas* (theridium) (H. Landois) y *crustáceos* (palinuros) por el roce mútuo de sus pinzas (Möbius). En los *gasterópodos pulmonados* (helix) se produce una especie de voz al salir el aire del pulmón (H. Landois). Finalmente, algunos lamelibranquios (pecten), originan cierto ruido al abrir las valvas. Los sonidos en el reino animal, son casi siempre un medio de reclamo.

Reseña histórica.—La escuela de Hipócrates, sabía que cortando la tráquea se suprimía la voz. Aristóteles da cuenta de muchos hechos relativos á la voz y á los ruidos producidos por los animales : pero tanto este autor como Galeno, no habían llegado á comprender las verdaderas causas de la formación de la voz. El último autor compara las cuerdas vocales con las lengüetas de una zampoña. Los antiguos ya conocían la extinción de la voz que se observa en los grandes estados de debilidad, y sobre todo, después de lás hemorragias.

Galeno observó la afonía después de un doble neumotórax ; cuando se cortan los músculos intercostales ó sus nervios, y cuando se destruye la porción inferior de la médula espinal, aunque siga funcionando el diafragma. Este mismo autor da á los cartílagos de la laringe los nombres con que todavía hoy se designan ; conoce algunos músculos de este órgano y afirma que para producirse la voz es preciso que se estreche la hendidura glótica. Dodart (1700) es quien primero explica la formación de la voz por las vibraciones de las cuerdas vocales, producidas por la corriente de aire que atraviesa la glotis.

El estudio de las vocales ya se había iniciado por los antiguos indios, no siendo tan cultivado por los griegos, y volviendo á llamar la atención de los árabes. Pedro Ponce fue el primero que enseñó á hablar á los sordos-mudos (murió el año 1584). Después Bacon estudió (1638) la configuración de la boca al pronunciar cada una de las letras. Joh. Wallis (1653) contribuyó en parte al desarrollo de la instrucción de los sordos-mudos y lo mismo Conr. Ammann (1692). Kratzenstein (1781) fue el primero que produjo las vocales de un modo artificial, fijando en un instrumento de lengüeta tubos adicionales de diferentes formas. El vienés Wolfg v. Kempelen, fue el primero que construyó (1769-1791) una máquina parlante, en la cual, una lengüeta de marfil, sostenida en un marco de cuero, vibraba por la corriente de aire producida por un fuelle. En general, las consonantes salían bastante bien ; las aspiradas se obtenían en tubos adicionales que producían ruidos sibilantes ; las explosivas se producían con mecanismos valvulares ; la R, por medio de una varilla que oscilaba sobre la lengüeta de marfil, etc. Para obtener las vocales, se valía de un resonador infundibuliforme, cuya cavidad se modificaba con la misma mano ; la A, la O y la U, salían bien ; la E con más dificultad y la I de un modo muy imperfecto. Todo el mecanismo era movido por medio de un fuelle, mientras la mano derecha levantando válvulas y la izquierda modificando el embudo resonador, *tocaban* el instrumento. Wolfg. v. Kempelen, dice con razón, que la tensión de las cuerdas vocales y el estrechamiento de la glotis son simúltáneos, é hizo otras muchas observaciones muy ingeniosas sobre el modo de formarse las distintas letras. Rob. Willis (1828), descubrió que un resorte elástico y vibrante va emitiendo las vocales según la serie U, O, A, E, I, á medida que va subiendo la altura del sonido que produce, y observó también, que según sea más largo ó más corto el tubo adicional de un aparato vocal artificial, así van variando, según la misma serie, las vocales emitidas.

CAPÍTULO II

FISIOLOGÍA GENERAL DE LOS NERVIOS Y ELECTRO-FISIOLOGÍA

323. Estructura y disposición de los elementos nerviosos.

Los elementos de la substancia nerviosa, se presentan bajo dos diferentes formas: como *fibras* y como *células* (cuerpos ganglionares), cuya significación fisiológica también es diferente. Las células desempeñan el papel de *centros fisiológicos* de los movimientos automáticos ó reflejos, de las sensaciones, de la actividad anímica y de las funciones tróficas y secretoras. Las fibras, que siempre parten de alguna célula nerviosa (Remak, 1838), son un *aparato conductor* que une á los centros nerviosos con las terminaciones periféricas características.

I. Las fibras nerviosas se presentan bajo diferentes formas:

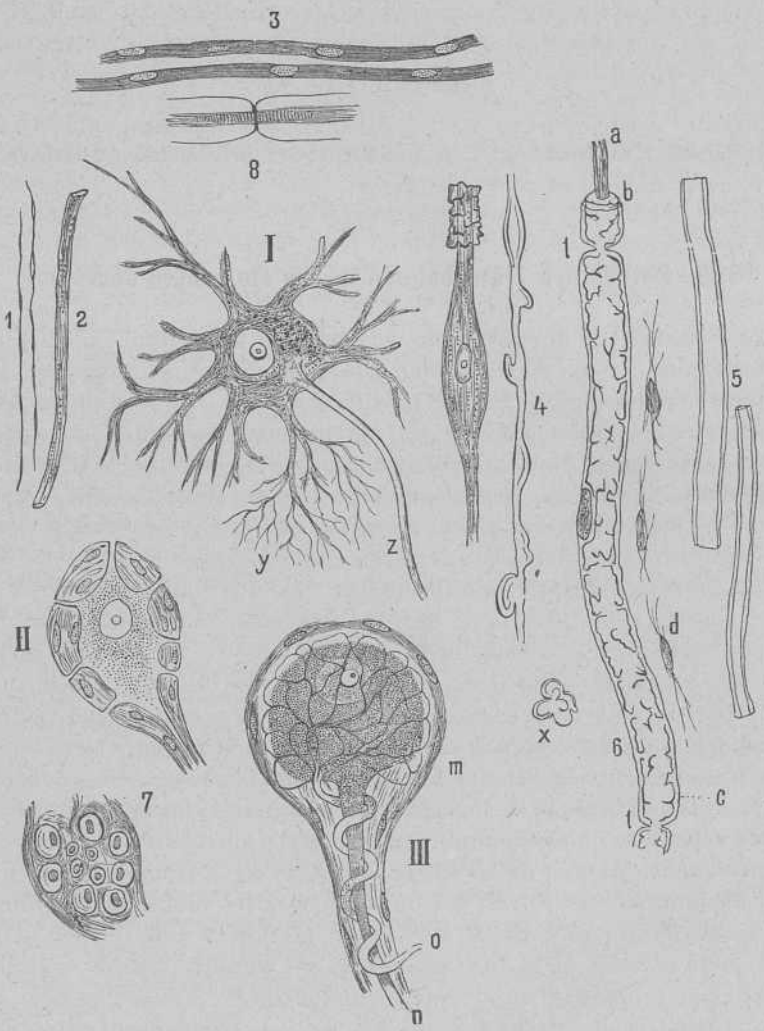
1.° La más sencilla es la de fibrillas finísimas, visibles sólo con grandes aumentos, y á la que se les ha dado el nombre de *fibrillas primitivas* (Max Schultze) ó *fibrillas axiales* (Waldeyer) (fig. 204. 1). Aparecen como fibritas muy finas engrosadas de trecho en trecho, como varicosas ó fusiformes en estos puntos (fenómeno cadavérico), observándose muy bien con el cloruro de oro que las da un color parduzco. Se encuentran parte en la proximidad de la expansión terminal de los nervios, de resultas de separarse en este punto las fibrillas de que consta el cilindro-eje, como se ve en la capa de las fibras nerviosas de la retina, en la expansión terminal de las fibras del olfatorio y en el plexo que se encuentra en la terminación de los nervios en las fibras musculares (pág. 8); otra parte se halla en la substancia gris del cerebro y de la médula espinal como prolongación finísima y ramificada de las células nerviosas.

2.° *Cilindros-ejes desnudos* (fig. 204. 2). Son haces de fibrillas primitivas caracterizadas por presentar una estriación longitudinal muy fina con granulaciones muy pequeñas interpuestas entre las fibrillas. Donde se las encuentra en toda su pureza es en la llamada prolongación cilindro-axial de las células nerviosas centrales (fig. 204. I. *z*).

3.° *Cilindros-ejes rodeados de la vaina de Schwan* (de 3,8 á 6,8 μ de grueso). Se les da el nombre de fibras nerviosas amielínicas grises ó *pálidas*. La vaina de estas fibras nerviosas es una membrana elástica fina, procedente de la unión de células aplastadas y en la cual se encuentran diseminados núcleos ovales. Los ácidos diluídos aclaran las fibras sin hincharlas, y el cloruro de oro las da un color rojo-parduzco. Abundan

mucho en el nervio gran simpático, y es la única forma que se encuentra en la vida *embrionaria* (§ 361), y en los nervios de muchos inverte-

Figura 204.



1, Fibrillas primitivas —2, Cilindro-eje.—3, Fibras de Remak.—4, Fibras varicosas mielínicas. —5, 6, Fibras mielínicas con vaina de Schwann.—*c*, neurilema —*t*, *t*, anillo de Ranvier —*b*, mielina.—*d*, células del endoneuro.—*a*, cilindro-eje.—*x*, gota ó esfera de mielina.—7, Corte transversal de un nervio con sus cilindros ejes, vainas de mielina y endoneuro.—8, Fibra nerviosa tratada por el nitrato argéntico: el cilindro-eje aparece estriado transversalmente á partir de la estrangulación ó anillo de Ranvier (según Frommann).—I. Célula nerviosa multipolar de la médula espinal.—*z*, prolongación cilindro-axial.—*y*, prolongación protoplasmática; á la derecha hay una célula nerviosa bipolar.—II. Célula nerviosa periférica con cubierta conjuntiva.—III. Célula nerviosa envuelta por una red de fibras que la rodean.—*m*, membrana envolvente.—*n*, prolongación cilindro-axial.—*o*, prolongación enroscada.

brados. En algunos puntos existen varios cilindros-ejes en una sola vaina: á estas fibras se las llama de Remak, y se encuentran sobre todo en los nervios esplénicos y en los olfatorios.

DR. PEREZ ARAPILES
C/ Tamaca vaina 12 - 3.º
Teléfono 20 88 19

4.º *Cilindros-ejes ó fibrillas nerviosas rodeadas sólo de una vaina de mielina.* Se encuentran en las substancias blanca y gris de los órganos centrales y además en los nervios óptico y acústico. Después de la muerte tienen tendencia á hacerse varicosas á consecuencia de la coagulación de la mielina que produce engrosamientos irregulares; por eso se las ha llamado también *fibras varicosas* (fig. 204. 4). El ácido ósmico obra de un modo imperfecto sobre ellas; en lo demás, su mielina presenta las mismas propiedades que en las fibras de la categoría siguiente.

5.º *Las fibrillas mielínicas con vaina de Schwann* (fig. 204. 5, 6), son las de estructura más complicada, predominando en los nervios cerebro-espinales, pero encontrándose también alguna que otra en el gran simpático. Su diámetro varía desde 1 á 22,6 μ. El elemento propiamente nervioso de estas fibras, es el *cilindro-eje* (Purkinje) (fig. 204. 6, *a*), que ocupa de $^1/_4$ á $^1/_5$ de todo el espesor de la fibra, y que está envuelto por la mielina como la mecha en una bujía. Por lo general, es un poco aplastado, á veces se encuentra algo excéntrico (fig. 204. 7), estando constituído por varias fibrillas (Remak, Max Schultze). Su *consistencia* durante la vida es la del protoplasma, semilíquida (§ 295. 1) ó acaso algo más líquida (v. Fleischl, Boll, Arndt). Según Kupffer se encuentra entre las fibrillas un líquido: el *neuroplasma*.

El cilindro-eje se hace visible con el cloroformo ó con el colodion, y el procedimiento mejor para aislarlo, es el ácido nítrico con un exceso de clorato potásico. Tratándolo con el nitrato argéntico ha visto Frommann aparecer una estriación transversal en algunos puntos (fig. 204. 8) cuya significación se desconoce todavía.

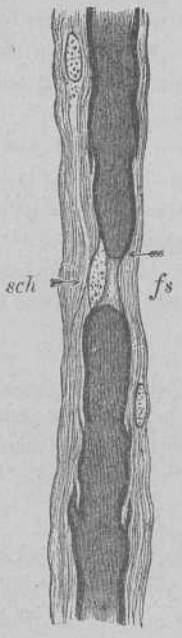
El cilindro-eje, está rodeado por la *vaina de mielina*, que, en estado fresco, es completamente homogénea, muy refringente y de consistencia líquida, tanto que se sale en forma de gotas cuando se cortan las fibras transversalmente (*x*); pero después de la muerte, ó bajo la acción de líquidos heterogéneos, la mielina se retrae y se separa un poco de la cubierta, con lo cual la fibra aparece de *doble contorno*, y más tarde se deshace por una especie de *emulsión* (Toldt), en muchas gotas de diversos tamaños, comprimidas unas contra otras. Así se forman, en la fibra nerviosa, unas masas particulares segmentadas, que la dan un aspecto enteramente característico (fig. 204. 6). La mielina es muy refringente y posee *doble refracción* positiva de un solo eje: el cuerpo ópticamente activo, es la lecitina (Ambronn). La substancia de la vaina mielínica, es muy rica en *cerebrina* y en *lecitina*, las cuales, hinchándose en el agua caliente, toman formas parecidas, que también se han llamado *formas mielínicas*. El éter, el cloroformo y la bencina, disolviendo los principios análogos á las grasas (§ 234. 2), dan mayor transparencia á estas fibras (y al mismo tiempo desaparece la doble refracción); el ácido ósmico las ennegrece.

Inmediatamente por fuera de la vaina de mielina, hay la *vaina de Schwann* ó *neurilema* (fig. 204. 6, *c*), que es una membrana fina, anhista, parecida al sarcolema, la cual contiene esparcidos alguno que otro *nú-*

cleo oblongo, que se tiñe con facilidad. Cuando se añade ácido acético, ó en las preparaciones hechas con el ácido crómico, aparece esta vaina aislada á trechos.

La vaina de Schwann, forma los *anillos constrictores* ó estrangulaciones anulares de Ranvier (fig. 204, 6, *t t*, y fig. 205, *f s*), que, en las fibras más gruesas, están separados por intervalos algo mayores que en las más delgadas; en estas estrangulaciones falta la mielina. Entre cada dos de ellas, hay siempre un *núcleo*, de modo que cada *segmento interanular* de las fibras, es equivalente á una *célula*, y puede considerarse como procedente de uno de estos elementos. El plasma nutritivo, penetra en las fibras hasta el cilindro-eje, por estos anillos constrictores: lo mismo sucede con las materias colorantes que tiñen á dicho cilindro (fig. 204. 8), y también es por esos anillos por donde salen los productos de desasimilación. Al parecer, en cada anillo constrictor están unidos por una especie de cemento dos trozos diferentes de la vaina de Schwann.

Figura 205.



Fibra nerviosa mielínica ennegrecida por el ácido ósmico —*f, s*, anillo constrictor de Ranvier.—*sch*, vaina de Schwann (según Eichhorst).

También el cilindro-eje presenta, en la zona de los anillos mencionados, interrupciones preexistentes en su misma substancia, cuya existencia, como se demuestra mejor, es por medio del nitrato argéntico. Cierto que el mismo Engelmann, que descubrió esta particularidad, no cree que en la fibra nerviosa viva esté intercalada una capa, de un grosor mensurable por medio del microscopio, entre las dos porciones de cilindro-eje que están en mútuo contacto, á nivel de cada anillo de Ranvier; pero es evidente que este dato apoya, en gran manera, la opinión de los que consideran á la fibra nerviosa como una cadena de individualidades celulares dispuestas en serie.

En los nervios espinales, las fibras más gruesas son aquellas cuya longitud, hasta su órgano terminal, es mayor también (Schwalbe); como son de mayor tamaño igualmente, aquellas células que emiten nervios de mayor longitud (Pierret).

Finalmente, según Ewald y W. Kühne, tanto el cilindro-eje, como la vaina medular, están revestidos además de una vaina córnea finísima, constituída por *neuroqueratina*. Las dos vainas córneas están unidas por trabéculas, que atraviesan en dirección transversal ú oblícua á la misma substancia mielínica, y la dividen, entre cada dos anillos constrictores, en cierto número de segmentos colocados unos detrás de otros (Schmidt, Lantermann, Bohl, Kuhnt). De este modo se forman, en la mielina, las *muescas* de Schmidt-Lantermann, de dirección oblícua, y que están representadas en la fig. 205. Según Leydig y Joseph, también se encontraría en el mismo cilindro-eje, una especie de estroma ó armazón muy delicado, que serviría de sostén para las fibrillas que constituyen dicho cilindro.

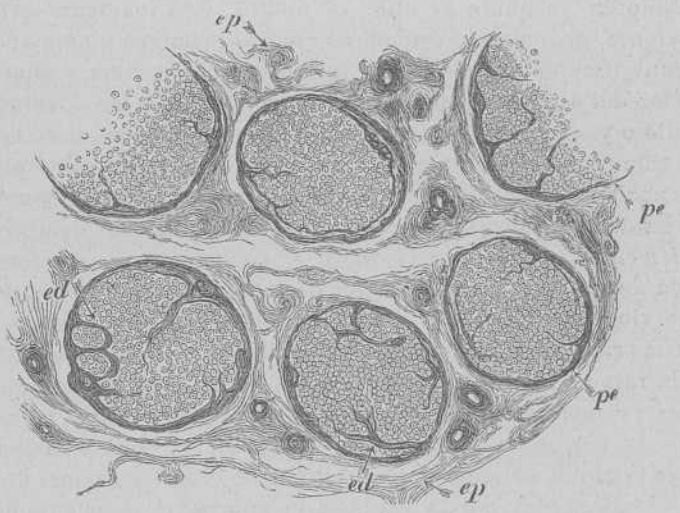
Los *corpúsculos nerviosos* (Adamkiewicz) semilunares, que están aplicados á la

mielina, sobre todo en los nervios motores, en número de 1 por cada 5 núcleos de la vaina de Schwann, faltan en el niño, se van haciendo más numerosos con la edad (Rosenheim), y son *células* de las llamadas de *engrasamiento* (tomo I, pág. 35).

Las fibras nerviosas, siguen sin dividirse á todo lo largo de los troncos nerviosos; pero cerca de su terminación, se *bifurcan* casi siempre en otras dos, iguales á la primitiva, aunque también hay casos en que se repite esta división.

En algunos animales, la disposición de las cubiertas de los nervios, es más complicada que en el hombre; así, en los *nervios eléctricos* del malapteruro (§ 343), la vaina de Schwann que envuelve á cada fibra nerviosa, está compuesta de tantas capas, que llega á adquirir el grosor de una aguja de hacer media. En los invertebrados, las fibras nerviosas carecen, por lo general, de cubierta de mielina; sin embargo, en los camarones la encontró Retzius.

Figura 206.



Corte transversal de una parte de nervio mediano. — *e p*, epineuro. — *p e*, perineuro. — *e d*, endoneuro (según Eichhorst).

El tejido conjuntivo laxo que rodea á los troncos nerviosos, se le llama *epineuro* (fig. 206. *e f e*). Las fibras nerviosas forman haces, cada uno de los cuales está cubierto por el *perineuro* (*p e*). De éste parte el *endoneuro* (*e d*), que penetra entre dichos haces (Axel Key y Retzius). Según Ranvier, el perineuro estaría revestido de endotelio.

Las fibras nerviosas están formadas, al principio, de fibrillas que luego se revisten de substancia conjuntiva, y más tarde de la envoltura de mielina. El crecimiento en longitud, se efectua alargándose cada uno de los segmentos inter-anulares, y formándose otros nuevos (Vignal).

II. Las células nerviosas ó ganglionares se pueden considerar ó como tales células ó como elementos de estructura más complicada. Se distinguen:

1.° *Células centrales* (fig. 204, I) (Purkinje, 1838). Las hay grandes

que tienen hasta más de 100 μ de diámetro, visibles á simple vista : se encuentran en los cuernos anteriores de la médula espinal y en la corteza del cerebelo ; otras son más pequeñas, de 10 á 20 μ de diámetro, con muy poco protaplasma ; unas y otras son esféricas, ovóideas ó piriformes, con prolongaciones muy numerosas, que suelen darlas un aspecto estrellado, y las pequeñas se encuentran en los cuernos posteriores de la médula, en muchos puntos del cerebro y cerebelo y en la retina. Mi hermano y yo hemos visto que las células de los insectos de poca edad, eran mucho más pequeñas que las del animal adulto ; habiendo observado un hecho análogo Schwalbe, tanto respecto á dichas células como á sus núcleos. *El cuerpo de la célula* carece de membrana de cubierta ; es de consistencia blanda y de estructura finamente fibrilar que se continua hasta las prolongaciones. Entre las fibrillas se encuentran esparcidas granulaciones pequeñísimas. Contienen además un *pigmento* finamente granuloso, amarillo ó pardo, diseminado por toda la célula ó acumulado en un punto de ella. El *núcleo*, relativamente grande, es transparente, granuloso ó reticulado ; en los primeros tiempos carece de membrana (Schwalbe) y contiene muy poca cromatina ó ninguna. En el interior del núcleo se encuentra el *nucleolo*, que en el estado fresco es anguloso y contractil y después de la muerte esférico, muy refringente y se tiñe con facilidad ; en muchos casos se encuentra en el interior de este nucleolo un *nucleolillo* (Schrön). En las células de la médula espinal una de las prolongaciones no se ramifica ; lleva el nombre de *prolongación cilindro-axial* ó nerviosa (I, *z*,) porque al cabo de cierto trecho se rodea de mielina, viniendo á ser de este modo el cilindro-eje de una fibra nerviosa mielínica (Gerlach). Las demás prolongaciones se dividen en muchas ramificaciones finísimas (fibrillas primitivas) asemejándose á las de la raiz de un árbol. A estas se las ha dado el nombre de *prolongaciones protoplasmáticas* (I, *y*,) ó *dendritas* (His). Antes se creía que estas prolongaciones servían para establecer la comunicación mútua entre las distintas células, y que algunas de ellas formarían fibras nerviosas (cilindros-ejes) por la reunión de muchas de esas ramificaciones finísimas (Waldeyer); pero según las teorías modernas, las prolongaciones protoplasmáticas de las células próximas no se anastomosarían, sino que se acercarían la una á la otra (§ 361).

His, Forel, Golgi, Ramon y Cajal y Kölliker no creen en la existencia de tales anastomosis, y opinan más bien que las prolongaciones protoplasmáticas de células inmediatas no hacen más que aproximarse sin llegarse á confundir, y que por tanto no hay más que un simple *contacto*, mediante una substancia intermedia. Cuando ciertas vías nerviosas se utilizan con más frecuencia, acaso se explique la expansión funcional de las células nerviosas correspondientes por una invasión de sus prolongaciones protoplasmáticas en una zona de dicha substancia intermedia, en la cual no habían penetrado hasta entonces.

2.° *Células con cubierta conjuntiva* ó vaina de Schwann (II). Llegan á tener un tamaño de unos 50 μ, y se las encuentra en los ganglios periféricos; v. gr., en los espinales (Ehrenberg, 1833). El cuerpo de la célula, blando y sólo provisto al parecer de dos prolongaciones, está revestido

de una membrana consistente y compuesta de células muy apiñadas. En las células de los ganglios espinales, el protoplasma está surcado por filamentos muy finos (Flemming) y la membrana se continua con la de la fibras nerviosas.

Rawitz y G. Retzius, encontraron que las células de los ganglios espinales son *unipolares*; la fibra nerviosa eferente describe una semicircunferencia dentro de la cápsula antes de salir al exterior. Retzius y v. Lenhossék vieron que la prolongación se divide en forma de *T*; esta división corresponde á las dos prolongaciones de una célula bipolar; la fibra más delgada continua en dirección central, y la más gruesa se dirige hacia la periferia. Tampoco el ganglio yugular y el plexo ganglifórme del neumogástrico contienen en el hombre más que células unipolares á la manera de lo que pasa en los ganglios espinales, y lo mismo sucede en los de los nervios cerebrales 7.° y 9.° y en el ganglio de Gasserio. Los ganglios ciliar, esfeno-palatino, óptico y submaxilar, poseen células con varias prolongaciones, lo mismo que sucede en los ganglios del gran simpático (G. Retzius).

3.° *Células bipolares* (R. Wagner, Robin, Bidder, Reichert). — Los ejemplares más hermosos de estas células se encuentran en los peces, por ejemplo, en los ganglios espinales de las rayas y de los escualos, y también en el ganglio de Gasserio del sollo. Aparecen á manera de hinchazones fusiformes y nucleadas del cilindro eje (fig. 204 al lado derecho de I). Es frecuente que falte la mielina allí en donde la célula está intercalada en la fibra; pero á veces se continua la mielina por encima de la célula y siempre está envuelta esta por la prolongación de la vaina de Schwann.

4.° *Células rodeadas por fibras* (Beale, J. Arnold).—Se encuentran en el simpático abdominal de la rana. De la célula, piriforme, parte en línea recta y sin ramificarse una prolongación (fig. 204, III, *n*) que se convierte al fin en el cilindro-eje de un nervio. Pero, además, desde la superficie de la célula, y partiendo de una red muy delicada de fibras finísimas, se van reuniendo éstas hasta constituir una segunda fibra nerviosa que rodea en hélice á la primera para seguir al fin una dirección distinta de la de ésta (*o*). Una cubierta nucleada (*m*) envuelve á la célula y á sus prolongaciones. Se admite que la fibra recta sirve para la conducción centrífuga y la enroscada para la centrípeta (Ehrlich).

324. Composición química de la substancia nerviosa.—Propiedades mecánicas de los nervios.

1.° *Principios albuminóideos.* — La albúmina se encuentra principalmente en aquellas partes análogas al protoplasma, ó sea en el cilindro-eje y en la substancia de la célula nerviosa. Parte de ella recuerda por sus caracteres á la *miosina* (§ 295); otro cuerpo albuminóideo es soluble en la disolución de sal común y en el agua, y se coagula á los 75° centígrados (Petrowsky). Entre los albuminóideos se encuentra la *nucleina* (v. Jaksch), sobre todo en las células nerviosas pequeñas y durante la vida embrionaria (Witkowski); además se halla la *neuroqueratina*, exenta de fósforo, análoga á la queratina y rica en azufre (Kühne y Ewald) en las vainas córneas de las fibras nerviosas y en la neuroglia.

Se preparan ambos cuerpos sometiendo la substancia gris á la digestión artificial por la tripsina, que no los ataca; tratando el resíduo con legía potásica, se obtiene la neuroqueratina pura. La substancia de la vaina de Schwann es muy parecida á la *elastina* (tomo I, pág. 553. 7), pero más soluble en los álcalis que esta última. El tejido conjuntivo de los nervios da *gelatina*.

2.° *Grasas y principios análogos, solubles en el éter.* — Se encuentran sobre todo en la substancia blanca :

a) *Protagon*, de Liebreich (1865). — Es un cuerpo parecido á la cerebrina, que se descompone fácilmente y que entra en gran parte á formar la masa cerebral. *Contiene nitrógeno, azufre y fósforo*; falta en las células nerviosas, lo mismo que sus productos de descomposición.

Es muy soluble en el éter, en el ácido acético glacial y en el benzol; se disuelve poco en el alcohol y cristaliza en laminillas. Es un glicósido que cocido con la barita, da los productos de descomposición de la lecitina. Diakonow y Hoppe-Seyler lo consideran como una mezcla de lecitina y cerebrina.

b) *Cerebrina* (Gobley) (véase anteriormente). — Es un cuerpo no fosforado que se origina como producto de descomposición del protagón.

Se presenta como un polvo blanco compuesto de granitos esféricos lisos y transparentes; es soluble en el alcohol muy caliente, en el cloroformo y en el benzol, é insoluble en el éter y en el agua. Parkus separó de la cerebrina el principio homólogo llamado *homocerebrina* ó cerasina, más soluble que la cerebrina, que cristaliza en agujas, y otro principio llamado *encefalina*, que contiene una molécula más de agua y que se hincha como el almidón en el agua muy caliente.

c) *Lecitina* (Gobley) (tomo I, 556-2 y 561). — Se encuentra combinado químicamente este cuerpo en el protagón, al mismo tiempo que sus productos de descomposición, los ácidos fosfoglicérico y oleofosfórico.

La lecitina es un éter de la neurina, en el cual esta última substancia reemplaza al alcohol (Gilson). La *neurina* ó colina ($C_5H_{15}NO_2$) es un líquido incoloro *muy alcalino*, que forma con los ácidos sales cristalizables. Se obtiene por vía de síntesis con el glicol y la trimetilamina; es soluble en el agua y en el alcohol. La *cefalina* (Thudichum) es una substancia afine de la lecitina que se precipita de la disolución etérea por medio del alcohol y que se ennegrece con el ácido ósmico.

d) *Colesterina.* — Se encuentra parte libre y parte combinada (Baumstark) en las células nerviosas, pero es más abundante en la substancia blanca.

3.° Productos de la metamórfosis regresiva que *se extraen por medio del agua:* xantina, guanina é hipoxantina (Scherer) (?), (adenina, creatina) (Lerch), urea (en los casos de retención de orina) (?), (y ácido úrico). Además, encontró W. Müller los ácidos fórmico y acético, la taurina, mucha inosita, y en el buey la leucina; v. Bibra halló ácido láctico de fermentación, y Jaffe una substancia análoga al almidón en el cerebro del hombre.

La substancia nerviosa en reposo da reacción neutra ó débilmente alcalina ; la activa ó muerta da reacción ácida (Funke).

También la corteza del cerebro da reacción alcalina cuando es muy fresca (Liebrech), pero con la muerte se vuelve ácida *rápidamente* (¿por fermentación láctica? Gscheidlen). La reacción de las fibras nerviosas varía durante la vida. En efecto, administrando á los animales *azul de metilo*, observó Ehrlich que la substancia del cilindro-eje se tiñe de azul en los nervios de reacción *alcalina* (corteza cerebral, nervios cardíacos, nervios sensitivos, fibras motoras de los músculos lisos, terminaciones nerviosas gustativas y olfatorias); en cambio no se teñían las terminaciones de los nervios motores *voluntarios*, cuya reacción, según dicho autor, es *ácida*. Según Flesch, también las células nerviosas reaccionarían de diversa manera á las materias colorantes, según sus funciones respectivas.

Como los nervios muertos son más consistentes, se produce en ellos una rigidez análoga á la muscular (§ 297), en la cual quedan en libertad ciertos ácidos. *Hirviendo* rápidamente á 100° un cerebro recientemente extirpado, permanece alcalino lo mismo que los músculos (pág. 23).

La substancia gris es más *rica en agua* (83 á 84 por 100) que la blanca (68 á 70 por 100). Una vez privadas de ella, contienen: albúmina en la substancia gris, en proporción de 30,89 por 100 (sin nucleina), parte soluble y parte insoluble (19,33 por 100 en la substancia blanca, sin nucleina ni neuroqueratina) (Baumstark); lecitina, 17,2 por 100 (9,9 por 100); colesterina y grasas, 18,7 por 100 (51,9 por 100); cerebrina, 0,5 por 100 (9,5 por 100); extractos insolubles en el éter, 6,7 por 100 (3,3 por 100); sales, 1,5 por 100 (0,6 por 100); la substancia gris contiene más ácido fosfórico que la blanca (Petrowsky). Neuroqueratina, 0,3 por 100 en los nervios periféricos húmedos, y 2,9 por 100 en la masa cerebral blanca y húmeda (Kühne y Chittenden). En 100 partes de cenizas encontró Breed: **potasa**, 32; sosa, 11; magnesia, 2; cal, 0,7; sal común, 5; fosfato de hierro, 1,2; **ácido fosfórico** combinado, 39; ácido sulfúrico, 0,1; ácido silícico, 0,4.

Entre las propiedades mecánicas de las fibras nerviosas merece mención especial la *falta de tensión elástica* en las diversas actitudes del cuerpo. Se reconoce esto en el hecho de que, si se corta un nervio, no se retraen los extremos cortados, y además presentan en su superficie unos pliegues transversales muy finos, aunque visibles á simple vista: estriación transversal de Fontana.

La *notable cohesión* de los nervios, y su resistencia á la tracción, son causa de que cuando un miembro es arrancado violentamente del cuerpo del hombre, v. gr., por la fuerza de una máquina, es muy frecuente que los nervios resistan al desgarro. Sin embargo, es fácil separar en los nervios las fibras que los componen.

325. Nutrición de los nervios.

Es muy poco lo que se sabe hasta ahora sobre la nutrición del tejido nervioso. Desde luego se han encontrado diversas *materias extractivas*, que deben ser consideradas como productos de desasimilación (tomo I, página 110. 3). En cambio no se ha conseguido hasta ahora demostrar con certeza la existencia de un cambio recíproco entre el oxígeno y el ácido carbónico. Sin embargo, el hecho de que cuando se comprimen los vasos disminuye la excitabilidad de los nervios, y reaparece en cuanto vuelve á

quedar expedita la circulación, demuestra que en la substancia nerviosa se verifica un cambio de materia, la cual es acarreada por el líquido sanguíneo. Así, cuando se comprime la aorta abdominal, se presentan parálisis é insensibilidad de la mitad inferior del cuerpo ; y la impermeabilidad de los vasos de la cabeza da origen, casi en el acto, á una interrupción en las funciones del cerebro. Conocidos estos hechos, aparece más notable todavía la escasa vascularización de los troncos nerviosos. Pero como ésta es mucho más considerable, indudablemente, en los órganos centrales, y, sobre todo, en el cerebro, parece racional pensar que también la nutrición es mucho más activa en estos órganos que no en aquellos que sólo sirven como medios de conducción. Las células nerviosas forman mucha *linfa*. Según Hodge, las de los ganglios espinales, cuando son excitadas, se distinguirían de aquellas que están en reposo por sus menores dimensiones, la existencia de vacuolas en el protoplasma y de núcleos más pequeños. De aquí se puede deducir que en dichas células es más activo el cambio nutritivo.

326. Excitabilidad de los nervios.—Excitantes.

El nervio posee la facultad de ser excitado bajo la influencia de ciertos agentes, por lo cual se dice que es *excitable*. Las excitaciones pueden actuar en cualquier punto del nervio.

1.° Excitantes mecánicos.— Obran sobre los nervios cuando producen un cambio de forma en sus partículas con cierta rapidez (golpe, presión, contusión, tracción, pinchazo, sección). Bajo la influencia de estos agentes los nervios sensitivos producen dolor (adormecimiento de los miembros, dolor cuando recibe un golpe el nervio cubital en el codo); en los nervios motores da origen á una sacudida muscular. Si el traumatismo interrumpe la continuidad de la presión conductora de las fibras, ó sea sus cilindro-ejes, cesan de *transmitir* la influencia nerviosa; si la disposición molecular de las partículas nerviosas se altera de un modo permanente, v. gr., con una conmoción violenta, entonces se extingue la *excitabilidad* de los nervios.

Dando un ligero golpe sobre el nervio radial, en el brazo, ó sobre el axilar, en la fosa supraclavicular, se provoca en el hombre sano una sacudida en los músculos correspondientes (F. R. Schultze). La excitabilidad mecánica de los nervios se exagera á veces en el estado *patológico*.

Tigerstedt averiguó que el valor mínimo de la excitación mecánica (determinado dejando caer un peso sobre el nervio aislado), es de 900 miligramos-milímetros, y el máximo de 7000 á 8000. Una excitación más intensa fatiga al nervio, pero esta fatiga no se extiende más allá del punto excitado. El nervio sometido á la excitación mecánica, no adquiere reacción ácida. La excitabilidad aumenta con una presión ó tracción de poca intensidad, pero este aumento desaparece pronto. El trabajo producido por el músculo, á consecuencia de la excitación nerviosa, llega á ser hasta 100 veces mayor que la fuerza viva del estímulo mecánico que actuó sobre el nervio.

Si el agente mecánico obra de un modo *muy gradual*, el nervio puede perder su conductibilidad y su excitabilidad sin haber presentado ningún signo de *excitación* (Fontana, 1785). A esta categoría de hechos corresponden, v. gr., las parálisis en el dominio del plexo-braquial por la compresión continuada de las muletas y las del nervio recurrente á causa de aneurismas.

Cuando obra una *presión* sobre los nervios y su intensidad va aumentando poco á poco, se ve que la excitabilidad crece al principio y disminuye después. La presión en los nervios mixtos, interrumpe antes la conductibilidad refleja que la motora (Kronecker y Zederbaum).

La distensión nerviosa es una maniobra mecánica que se ha introducido últimamente en terapéutica (Billroth, Nussbaum, Vogt, etc.). Cuando un nervio se pone al descubierto y se estira, en pasando la tracción de cierta intensidad, obra como excitante. Cuando dicha tracción es débil, aumenta por de pronto la excitabilidad refleja (Schleich). Si la tracción es más fuerte, provoca una disminución temporal de la irritabilidad y de la excitabilidad refleja, y hasta produce una parálisis pasajera (Valentin). Los grados extremos de distensión, ocasionan una parálisis permanente y hasta desgarraduras de las fibras nerviosas. Al parecer, las fibras centrípetas (del nervio ciático) pierden más pronto su conductibilidad que las centrífugas (Conrad y Landois). En el acto de la distensión se producen en los tubos nerviosos ó en sus terminaciones, ciertas modificaciones mecánicas que alteran la excitabilidad (Vogt); pero el efecto de la tracción puede propagarse hasta el órgano central (J. Braun, Stinzing). A veces sobrevienen parálisis después de una distensión forzada, pero suelen desaparecer rápidamente (Stinzing). Por consiguiente, si un nervio se encuentra en un estado de excesiva excitabilidad, sobre todo en los casos de *neuralgia*, cuando esta proviene de una fijación ó constricción de los nervios por algún producto inflamatorio en un punto de su trayecto, puede muy bien suceder que sea eficaz la distensión nerviosa, en parte porque disminuya la excitabilidad, y en parte porque con ella se aflojan las adherencias inflamatorias. Además, cuando la excitación de un nervio centrípeto provoque *convulsiones epilépticas ó tetánicas* también es posible que la distensión nerviosa sea útil, deprimiendo la excitabilidad periférica á la par que produce los resultados antedichos.

Tampoco está excluída como medio terapéutico la distensión nerviosa, en aquellas enfermedades de la médula, que todavía no han producido degeneraciones extensas y profundas (Langenbuch, Esmarch, Quinque, Stinzing).

Para excitar los nervios con medios mecánicos en los experimentos de fisiología, se emplea el *tétano-motor* de R. Heindenhain que consiste en un martillito oscilante de marfil, colocado en la prolongación del martillo temblador de Neef, de un aparato de inducción. Los golpes que da el martillito con una gran rapidez sobre el nervio subyacente, provocan un tétanos que dura á veces dos minutos.

Como ya se comprende, cualquier otra excitación mecánica análoga, obrará del mismo modo, tales son: el contacto con un diapasón vibrante (Axenfeld), con una cuerda puesta también en vibración, la torsión, la fricción con una especie de arco de violín, etc. Langendorff y Schubert, han conseguido producir sacudidas musculares, y á veces hasta el mismo tétanos, estirando los nervios con cierto ritmo.

2.° Excitantes térmicos.—Si se *calienta* el nervio (de una rana) hasta 45° C., aumenta al principio su *excitabilidad* y después disminuye.

Cuanto más elevada haya sido la temperatura, tanto mayor será dicho aumento, pero también habrá durado tanto menos (Afanasieff). Calentado el nervio por muy poco tiempo hasta 50°, desaparecen su excitabilidad y conductibilidad; pero el nervio de la rana todavía puede recobrar la primera si se le enfría (Pickford, J. Rosenthal). Cuando el calor pasa de 65° C., destruye la excitabilidad sin haber producido ninguna sacudida muscular, y la mielina se deshace en fragmentos (Eckhard). El nervio enfriado gradualmente hasta congelarse, conserva su excitabilidad si se le deshiela; simplemente *enfriado*, la conserva por mucho tiempo, estando aumentada en los nervios motores, pero las sacudidas musculares son más bajas y prolongadas, y la conductibilidad más lenta. Enfriando repentinamente un nervio á —5° C., se produce una excitación, y lo mismo cuando se le calienta de pronto hasta 40 ó 45° C. Con un calor más intenso, sobreviene á veces, en vez de la simple sacudida muscular, un tétanos permanente. Cuando estas oscilaciones térmicas continuan por cierto tiempo, matan rápidamente al nervio. Entre los nervios de los *mamíferos*, sólo los centrípetos y los dilatadores de los vasos cutáneos son los que se excitan con una temperatura de 45 á 50° C.; en los demás no se manifiesta más que una modificación en su excitabilidad. El enfriamiento á + 5° C., disminuye la excitabilidad de todas las fibras nerviosas (Grützner). El extremo periférico del nervio ciático, reacciona con la corriente de inducción á los 20° C., pero no á la temperatura de 5°, sucediendo todo lo contrario con la corriente constante, y con los estímulos mecánicos y químicos (sal común) (Gotch).

3.° Excitantes químicos (véanse excitantes químicos de los músculos, § 298. 2). — Los agentes químicos excitan los nervios cuando modifican su constitución con cierta rapidez. Con la mayor parte de ellos aumenta al principio la excitabilidad y después disminuye hasta abolirse por completo. En general influyen menos sobre las fibras *sensitivas* que sobre las *motoras* (Eckhard, Setschenow), de tal suerte, que los excitantes químicos y mecánicos obran de un modo opuesto en este concepto. Sin embargo, según Grützner, la ineficacia de los excitantes químicos sobre los nervios sensitivos, que se observa en la mayoría de los casos, proviene en su mayor parte de que no es simultánea la excitación de todas las fibras, opinión apoyada por el hecho de que todas las substancias que obran rápidamente y con energía, son también capaces de excitar las fibras centrípetas en determinadas condiciones. A esta categoría de excitantes pertenecen: *a*) La rápida *substracción de agua*, bien por el aire seco (envolviendo el nervio en un papel de filtro ó dejándolo debajo de una campana en presencia del ácido sulfúrico), ó bien por medio de líquidos ávidos del agua, como las disoluciones concentradas de las sales alcalinas, neutras (la sal común no excitaría en los mamíferos más que á los nervios motores (Grützner); el azúcar, la urea, la glicerina concentrada (¿y algunas disoluciones de sales metálicas?). Añadiendo después agua, desaparecen á veces las sacudidas y convulsiones y el nervio puede permanecer excitable. La substracción de agua exagera al principio la excitabilidad y después la disminuye. La *imbibición de agua* debilita

la excitabilidad de los nervios. *b*) Los álcalis libres, los ácidos minerales (pero no el fosfórico), muchos ácidos orgánicos (acético, oxálico, tártrico y láctico) y la mayor parte de las sales de metales pesados. Mientras los ácidos en general no suelen obrar como excitantes sino cuando están muy concentrados, los álcalis cáusticos ya tienen esa acción en disoluciones al 8 por 1000 y aun al 1 por 1000 (Kühne). Las sales potásicas neutras y en disolución concentrada, matan rápidamente al nervio, y en cambio lo excitan con mucha menos intensidad que las combinaciones sódicas. Las sales potásicas neutras en disolución tenue, aumentan al principio la excitabilidad de los nervios y después la disminuyen (Ranke), como se ve, sobre todo, empleando como excitante la corriente de inducción, de ruptura (Biedermann). *c*) Diversas substancias, como el alcohol diluído, el éter, el cloroformo, la bilis, las sales biliares y el azúcar. Casi todos estos cuerpos empiezan produciendo sacudidas musculares, después de los cuales sobreviene rápidamente la muerte del nervio. El amoníaco (Eckhard), el agua de cal (Kühne), algunas disoluciones de sales metálicas, el sulfuro de carbono y los aceites etéreos, matan al nervio sin haberle excitado, y por lo tanto, sin haber producido sacudidas en el músculo de la rana, sucediendo lo mismo con el fenol, que en cambio produce convulsiones cuando se aplica directamente á la médula espinal. Estas substancias obran como excitantes directos de los músculos. El tanino no excita ni á los nervios ni á los músculos. En general las substancias excitantes deben usarse en disolución *más concentrada* sobre los nervios que sobre los músculos, para producir la contracción de éstos.

De dos cuerpos químicamente afines obra con más intensidad el de mayor peso molecular; así, por ejemplo, es más enérgico en su acción el ioduro sódico que el cloruro (Blake, Grützner).

4.° El excitante fisiológico que obra en el estado normal en el organismo, es de naturaleza desconocida. Tan pronto actua en dirección centrífuga, partiendo del *sistema nervioso central*, como impulso que excita el movimiento ó la secreción, ó que los paraliza; ó bien en dirección centrípeta desde las *expansiones terminales específicas* de los nervios sensitivos y sensoriales. Estas últimas excitaciones son conducidas á los órganos centrales, en donde, ó bien se reciben, convirtiéndose en percepciones, ó son transmitidas dentro del mismo centro, para volver en dirección centrífuga y producir los efectos que se han llamado *excitaciones reflejas* (§ 362). Cada excitación fisiológica se transmite con más lentitud que la producida por una descarga de inducción (Lovén, v. Kries). No es un proceso uniforme que produzca efectos diferentes, según su diversa intensidad y repetición más ó menos frecuente, sino que es un fenómeno de duración muy variable, hasta el punto que puede llegar á alcanzar la de $^1/_8$ de segundo (pág. 37) (v. Kries).

(Respecto á los excitantes *homólogos y heterólogos* y á la *ley de la energía específica*, véase § 385).

5.° Excitantes eléctricos. — La corriente eléctrica obra con su má-

ximum de intensidad como excitante en los momentos de *penetrar* en el nervio y de *desaparecer* de él (§ 338); también obra como excitación enérgica todo *rápido aumento ó disminución* en la intensidad de una corriente eléctrica que circule por un nervio. En cambio se hacen mucho menos ostensibles los signos de una excitación nerviosa, cuando la corriente penetra muy poco á poco en el nervio (*se insinua*) ó desaparece de él con la misma lentitud; lo mismo sucede cuando dicha corriente aumenta ó disminuye muy paulatinamente de intensidad. Según esto, la excitación es, en general, tanto más enérgica cuanto mayor sea la *rapidez* con que se efectuen las *variaciones de la corriente* en el nervio, ó lo que es lo mismo, cuanto más pronto aumente ó disminuya la *densidad* ó espesor de dicha corriente (Du Bois-Reymond).

Pero esta ley sólo rige para los músculos que se contraen rápidamente y para sus nervios (rana, animales de sangre caliente); para los músculos de contracción lenta (sapo), los lisos y los de algunos invertebrados, las corrientes eléctricas de acción más enérgica como excitantes son las de curso lento y que aumentan poco á poco de intensidad (Grützner y Schott).

La corriente eléctrica debe tener cierta *intensidad* para que sea eficaz (*umbral de excitación*). Cuando dicha intensidad va aumentando de un modo uniforme, la amplitud de las sacudidas musculares crece rápidamente al principio y después con más lentitud (Tigerstedt y Willhard).

Una corriente eléctrica debe *durar* por lo menos 0,0015 de segundo para que excite á un nervio (A. Fick 1863, König), de lo contrario, es inactiva, y, aunque dure un poco más, todavía falta la excitación de ruptura. La duración del cierre de una corriente constante puramente precisa, para ser inactiva todavía, sólo necesita hacerse de 1,3 á 2 veces más larga para producir su efecto máximo (Grünhagen).

Además, la corriente constante es lo más eficaz posible cuando recorre el nervio en su dirección longitudinal, y es inactiva cuando lo atraviesa en dirección perpendicular á la de sus fibras (Galvani, J. Albrecht y A. Meyer), á la manera de lo que sucede con el músculo, que es incomparablemente menos excitable á la corriente eléctrica perpendicular á sus fibras que no á la que sigue la misma dirección de éstas (Giuffré).

Cuanto más largo sea el trozo de nervio recorrido por la corriente, tanto menos intenso necesita ser el excitante eléctrico (Pfaff, Marcuse, Tschirjew).

Cuando se emplee la *corriente constante* como agente de excitación, se manifiesta ésta en los *nervios sensitivos* con más intensidad en los momentos de cerrarla y de abrirla; mientras está cerrada apenas se siente más que una ligera excitación, pero, si es muy intensa, puede producir sensaciones insoportables. Aplicada la corriente á un *nervio motor*, despliega su efecto excitante máximo en los momentos de abrirla y de cerrarla: *sacudidas de ruptura y de cierre*. Pero tampoco cesa por completo la excitación mientras dura el paso de la corriente (Wundt), porque con una intensidad media, permanece el músculo en un estado de tétanos constante: *galvanotono ó tétanos de cierre* (Pflüger), á la manera de lo

DR. PEREZ ARAPILES
C/ Lancia núm. 12 - 3.º
Teléfono 28 85 19

que ya hemos visto sucedía cuando se aplicaba la corriente directamente al mismo músculo (pág. 33). Pero si la corriente es tetanizante, al poco tiempo vuelve á desaparecer el estado tetánico, porque su misma energía hace que disminuya la excitabilidad del nervio recorrido por ella, y de este modo se originan resistencias que no permiten que la excitación pase al músculo. Según Hermann, las corrientes descendentes producen ese tétanos con más facilidad cuando se aplican á un punto del nervio distante del músculo, y las ascendentes, por el contrario, cuando su punto de aplicación es más próximo á este último. La corriente constante sería inactiva para las fibras nerviosas *vaso-motoras* y *secretoras* (Grützner).

Cuando se aumenta gradualmente la excitación de un nervio motor, producida por medio de descargas de inducción muy cortas, y compuestas de ruptura y cierre, observó Fick que las contracciones musculares (altura de levantamiento) crecen al principio proporcionalmente al aumento en la intensidad del excitante, hasta que llegan á un punto máximo. Si ahora aún se continua aumentando la intensidad de la excitación, llega un momento en que vuelve á ser mayor otra vez la contracción muscular, excediendo al primer grado máximo. A esta contracción se la llama *sacudida supramáxima*. A veces, entre el primer máximo y el segundo, se observa una disminución ó hasta una falta completa de sacudidas musculares : *laguna* (Fick). La causa de esta laguna es la inhibición en el polo positivo que, con cierta intensidad de la corriente, es bastante fuerte para impedir la transmisión de la excitación (§ 337). Pero si sigue aumentando la intensidad de la corriente de inducción, se llega al fin á un punto en que la excitación en el polo negativo vuelve á ser más enérgica que la inhibición en el positivo, y vence á esta última (Fick). Las sacudidas que se observan antes de la laguna, son debidas á la aparición de la corriente inducida (su periodo latente es corto) ; las que se presentan después, y cuyo periodo latente es largo (Fick), como el de todas las sacudidas de ruptura (pág. 32, Waller), son producidas por la desaparición de la corriente de inducción, ó sea por la polarización, á cuya acción se añade en las sacudidas supramáximas, la excitación que parte del polo negativo, la cual, después de la laguna, vence á la inhibición del positivo (Tigerstedt y Willhard).

Es notable que cuando el nervio de una preparación de rana es interesado por dos estímulos tetanizantes, pueda darse el caso de que se neutralicen ambas excitaciones. Así, si se toca con sal común el trozo de nervio más próximo á la pierna, hasta que los músculos entren en contracción tetánica, se ve que cesa ésta cuando se excita al mismo tiempo otro punto más central del nervio en cuestión (Kaiser). Sin embargo, también pueden sumarse ambos efectos excitantes (Grützner).

Cuando las cortas descargas eléctricas que interesan al nervio, se suceden con mucha rapidez, el músculo entra en *tétanos* (§ 300. III).

El nervio motor posee mayor excitabilidad *específica* al estímulo eléctrico que la substancia muscular. En efecto, se produce una sacudida con una excitación más débil cuando es estimulado el nervio, que no cuando lo es el músculo curarizado (Rosenthal).

Soltmann observó que la excitabilidad de los nervios motores para la corriente eléctrica, es menor en el recién nacido que en el adulto. Va aumentando en el hombre hasta la edad de cinco á diez meses.

Merece especial mención el hecho de que, cuando se excita un nervio motor, el resultado eficaz (contracción) es tanto mayor, en algunas cir-

cunstancias, cuanto más próximo á los órganos centrales se halle el punto de excitación. Sin embargo, según v. Fleischl, los nervios son igualmente excitables á los agentes *químicos* en todo su trayecto. Para los eléctricos sólo son más sensibles en los puntos más próximos á los centros nerviosos, cuando la corriente es descendente, y se observaría el fenómeno opuesto cuando fuese ascendente su dirección (Hermann, von Fleischl). También Rutherford y Hällsten observaron que, al excitar los nervios sensitivos, son tanto más intensas las sacudidas reflejas, cuanto más central es el punto de aplicación del excitante.

Las fibras de un nervio no tienen siempre todas igual grado de irritabilidad, aun aquellas que desempeñan una misma función. Así, la excitación débil del ciático de la rana, sólo produce contracciones en los músculos flexores, y para que se contraigan también los extensores hace falta una excitación más intensa (Ritter, 1805; Rollet), sucediendo una cosa análoga, según que las excitaciones estén separadas por intervalos largos ó cortos (Keler y Wedenski). Según Ritter también morirían antes los nervios de los flexores.

Asimismo se observa *al excitar directamente los músculos* (en los animales curarizados), que los flexores ya se contraen con excitaciones menos intensas que no los extensores (Grützner, Osswald); pero también se cansan antes que estos últimos. Los *venenos* atacan por lo general antes á los flexores que á los extensores. Si se trata por el éter una preparación de rana, se observa que la fuerte excitación del ciático produce un movimiento de flexión de la extremidad (Grützner, Bowditch), pero si la excitación se hace más intensa, al fin llega á ponerse en extensión. Se observa igualmente que, con una anestesia etérea muy profunda, la excitación *enérgica* del nervio recurrente, determina la dilatación de la glotis, y su estrechamiento cuando la anestesia es poco marcada. Con una excitación débil se produce la dilatación de la glotis (Bowditch). El *músculo adductor* de las pinzas del cangrejo se relaja con una excitación débil y se contrae cuando ésta es enérgica, sucediendo todo lo contrario con el músculo abductor de dichos órganos (Biedermann).

También se pueden provocar excitaciones aplicando *un solo* electrodo del aparato de inducción: *excitación unipolar de inducción* (Du Bois-Reymond). La causa de esta excitación es el movimiento del fluido eléctrico que se produce desde y hacia los extremos libres del circuito abierto, en el momento de la inducción (§ 331).

Las excitaciones eléctricas obran sobre los MÚSCULOS enteramente lo mismo que sobre los nervios, aunque conviene advertir que las corrientes de duración *muy corta, no tienen acción alguna* sobre los músculos cuyos nervios están paralizados por el curare (Brücke), lo mismo que sobre aquellos que están muy debilitados por una fatiga excesiva, en los moribundos, ó en los paralizados por causa patológica (véase también § 341).

327. Depresión de la excitabilidad. — Muerte, degeneración y regeneración de los nervios.

1.º La persistencia de la excitabilidad en los nervios, está ligada en primer término á la normalidad en su nutrición y en su riego sanguíneo; debiendo hacer presente en este respecto, que cuando la nutrición es in-

suficiente, suele *aumentar* al principio la excitabilidad, que no disminuye hasta que la alteración ya lleva cierto tiempo (§ 341. I).

El médico nunca debe olvidar, que siempre que se presenten los síntomas de una mayor excitabilidad nerviosa, bajo la influencia de una nutrición defectuosa ó perturbada, cuya excitabilidad puede aparecer bajo formas muy varias (neurosismo, debilidad irritable), se trata en todos estos casos del primer período de una *debilidad en la energía nerviosa*, que hay que combatir vigorizando la nutrición con medios tónicos. Sólo el práctico inexperto, engañado por los signos de una excitación exagerada del sistema nervioso, es el que recurrirá en tales casos á una terapéutica debilitante ó deprimente. Cuando se interrumpe por completo el aflujo sanguíneo á los troncos nerviosos, éstos conservan á veces su excitabilidad hasta cinco á diez horas (Stefani y Cavazzoni).

Cuando los aparatos nerviosos terminales experimentan un trastorno pasajero en su nutrición, responden al restablecimiento de ésta, provocando un estado de excitación más ó menos intenso. El trastorno nutritivo habrá de ser tanto menos duradero para que esto suceda, cuanto más impresione al aparato nervioso correspondiente (supresión del aflujo arterial ú obstáculo respiratorio (Sigmund Mayer).

2.° La *excitación excesiva* y persistente de un nervio sin permitirle el reposo suficiente para que se restablezca, produce su *fatiga*, y más tarde disminución de la excitabilidad por agotamiento ; pero la resistencia de los nervios es extraordinaria, sea cualquiera el excitante empleado ; así que la fatiga se presenta mucho más tarde que en los músculos.

La disminución de las contracciones musculares, que llega hasta su cesación completa cuando se excita por mucho tiempo el nervio motor, no proviene del cansancio de éste, sino del del músculo (Wedenski, Bernstein, Bowditch).

La *restauración* del nervio cansado se efectua al principio lentamente, luego más deprisa, y al final otra vez con más lentitud. Si después de una excitación intensa y prolongada no se repone de su fatiga el nervio (de la rana) en la primera media hora, ya no se repone nunca (Bernstein).

3.° La *inacción prolongada* disminuye la excitabilidad del nervio, hasta abolirla por completo.

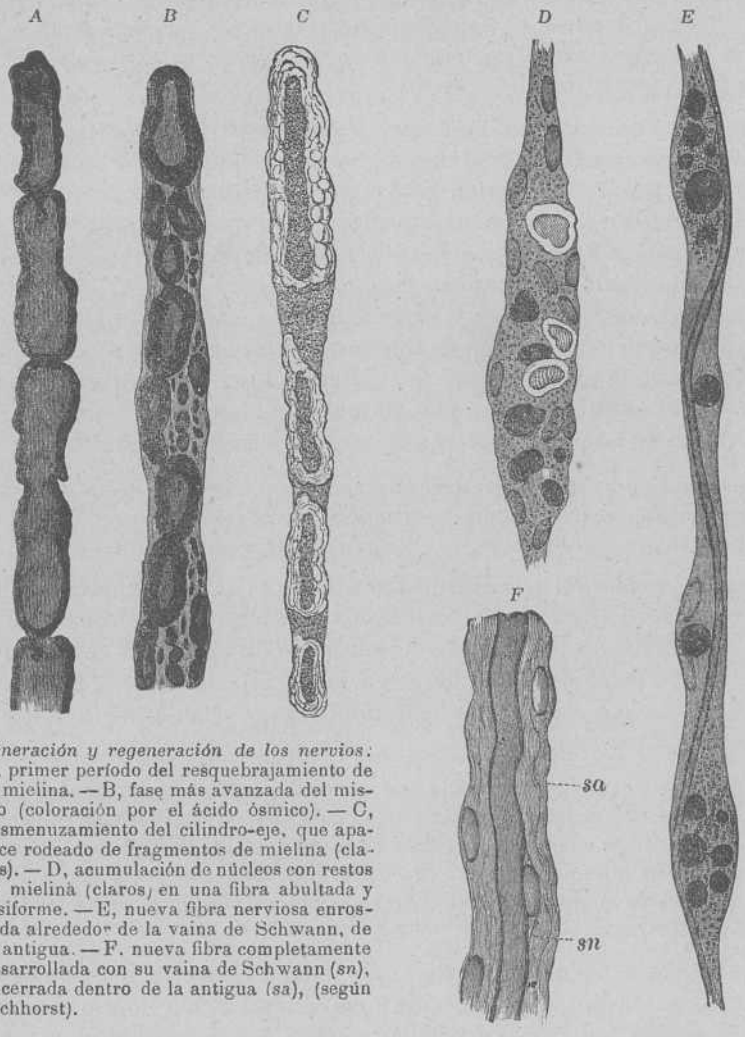
El *ejemplo* más característico de lo que vamos diciendo, lo proporcionan los extremos *centrales* de los nervios sensoriales cuando se destruye el órgano respectivo, ó el de los sensitivos cuando se amputan los miembros que inervaban ; á pesar de continuar en comunicación con el centro nervioso, se extingue su excitabilidad, porque ya no están en conexión con el órgano terminal periférico correspondiente, de donde recibían excitaciones.

4.° Según esto, las fibras nerviosas no pueden conservarse en un estado normal de nutrición, si no se hallan en comunicación contínua con su centro, que está encargado de dicho proceso. Así que si el nervio, aun en un organismo normal, se le *separa de su centro de nutrición ó trófico* (por sección ó contusión del mismo) pierde en muy poco tiempo su excitabilidad, y el extremo periférico cae en degeneración grasienta, la cual se inicia en los animales de sangre caliente á los cuatro ó seis días y en la de sangre fría al cabo de mucho tiempo (Juan Müller).

Respecto á la irritabilidad de los nervios en este estado, ó sea á la llamada *reacción de degeneración*, véase el § 341; y cuanto á la degeneración, después de cortar las *raíces de los nervios espinales*, véase el § 357.

Inmediatamente después de cortar un nervio, experimentan sus dos extremos la *degeneración traumática* (en la rana al cabo de uno á dos días), por virtud de la cual ya no es posible distinguir entre sí la mielina

Figura 207.



Degeneración y regeneración de los nervios: A, primer período del resquebrajamiento de la mielina. — B, fase más avanzada del mismo (coloración por el ácido ósmico). — C, desmenuzamiento del cilindro-eje, que aparece rodeado de fragmentos de mielina (claros). — D, acumulación de núcleos con restos de mielina (claros) en una fibra abultada y fusiforme. — E, nueva fibra nerviosa enroscada alrededor de la vaina de Schwann, de la antigua. — F, nueva fibra completamente desarrollada con su vaina de Schwann (*sn*), encerrada dentro de la antigua (*sa*), (según Eichhorst).

y el cilindro-eje (Schiff). Pero esta degeneración no se extiende más que hasta el primer anillo de Ranvier (Engelmann), y sólo más tarde es cuando se presenta la llamada *degeneración grasienta* que aparece *simultáneamente en todo el trozo periférico del nervio* (Juan Müller y Steinrück, 1838).

La *degeneración grasienta* empieza con un resquebrajamiento de la mielina (figura 207, A); más tarde se deshace ésta á manera de gotitas (B), y al mismo tiempo se *desmenuza el cilindro-eje* (séptimo día) (C). Los núcleos de la vaina de Schwann se hinchan y proliferan por mitosis (hasta el décimo día) (D). Según Ranvier, esta multiplicación de núcleos y la proliferación del protoplasma que reviste la superficie interna de la vaina de Schwann (v. Bügner) son la causa primera del desmenuzamiento de la mielina y del cilindro-eje, y se desarrollan en un grado tan considerable, que el trozo periférico del nervio aparece como un cordón de tejido conjuntivo, por haberse *absorbido* al mismo tiempo los grumos ó fragmentos formados.

La degeneración se verifica también en las *placas motoras*, comenzando por las ramificaciones amielínicas para continuar por los filamentos terminales, é invadir al fin al mismo tronco nervioso (Gessler).

Para que se *regenere* un nervio (Cruikshank, 1795) (§ 246. 5), deben volverse á reunir los extremos cortados del mismo, pudiendo emplearse en el hombre *la sutura* con tal objeto.

La degeneración se inicia por los núcleos y el protoplasma de la vaina de Schwann. Hacia la mitad de la cuarta semana aparecen en el interior de esta última unas cintas claras y estrechas procedentes de la proliferación del protoplasma (v. Bügner), que penetran de un modo tortuoso entre los núcleos y los restos de mielina (E). Estas cintas son los *nuevos* cilindros-ejes que, por lo tanto, se forman por vía *endógena* en el interior de las antiguas vainas de Schwann. Muy pronto se ensanchan y se rodean de mielina, con sus muescas de Lantermann, sus anillos de Ranvier y su vaina de Schwann (segundo á tercer mes) (F). La regeneración se verifica en todo el trayecto del nervio por *segmentos*, y cada uno de los extremos se une con el correspondiente en el anillo de Ranvier (§ 323. I. 5). Cada segmento nervioso corresponde á un *individuo celular* de la fibra (E. Neumann, Eichhorst). Un proceso enteramente igual se efectua en aquellos nervios cuya continuidad se ha interrumpido por una ligadura (Neumann). Es notable que á veces se forman *varias* fibras nuevas en el interior de una antigua. El cilindro-eje del *extremo central* de una fibra nerviosa cortada crece, á partir del día décimocuarto, en dirección de la nuevamente formada, uniéndose con ella. El extremo central de un nervio motor que se haya seccionado, puede unirse con el periférico de otro nervio y desempeñar después sus funciones normales (Rava). Según Gessler, la regeneración de la placa motora terminal es el primer fenómeno de nueva formación que se efectua en estas circunstancias.

La regeneración de los nervios está bajo la influencia de los *centros nerviosos* que son á la vez sus centros tróficos; si se los separa de éstos de un modo completo y permanente, ya no se regeneran.

En la regeneración de los nervios mixtos, lo primero que se restablece es la *sensibilidad*, después el movimiento *voluntario*, y, por fin, el provocado *excitando* sus ramas motoras (Schiff, Erb, v. Ziemssen, etc.).

Como la degeneración grasienta ataca, de los extremos de un nervio, al periférico, tenemos en esto un dato que nos permite averiguar el origen central de un nervio cuando éste se encuentra en un plexo algo intrincado.

Cuando la sección de un nervio motor no va seguida de su regeneración, también experimenta la degeneración grasienta el músculo correspondiente.

5.° Después de haber sometido un nervio á ciertas influencias, verbigracia, su contusión, se ha observado el hecho notable de que el impulso

voluntario ó las excitaciones aplicadas *por encima* del sitio comprimido eran transmitidas hasta el músculo (que se contraía), y en cambio estaba muy disminuída la excitabilidad *por debajo* del punto que había sufrido la compresión (Schiff). Sin embargo, con las excitaciones mecánicas no ha observado Erb semejante diferencia. De un modo análogo se observa que en los animales envenenados con ácido carbónico, curare ó conicina, los nervios ya no son accesibles á la acción de excitaciones directas, y en cambio siguen transmitiendo las que parten de los órganos centrales; lo mismo sucede, á veces, en el hombre con los nervios de partes paralizadas (Duchenne, v. Ziemssen y Weiss, Erb, Grünhagen). Se ve, por lo tanto, que *el trozo de nervio lesionado pierde más pronto su excitabilidad que su conductibilidad.*

6.° Con algunos *venenos*, y sobre todo la *veratrina*, se exagera al principio la excitabilidad de los nervios, y luego se deprime hasta abolirse por completo, como se deduce de la amplitud de las contracciones realizadas por los músculos correspondientes (pág. 34). Sin embargo, otros venenos abolen la excitabilidad con mucha rapidez, v. gr., el curare. De un modo análogo obran también la conicina, la cinoglosa y los ioduros de metil-estricnina y de etil-estricnina.

Si una preparación de rana compuesta de nervio y músculo se la sumerge en una disolución tóxica, se observan á veces efectos distintos de cuando se administra el veneno al animal vivo. Así, la atropina disminuye la excitabilidad de dicha preparación sin exagerarla antes; en cambio, el alcohol, el éter y el cloroformo la aumentan al principio y la disminuyen después (Mommsen).

7.° Cuando se separa un nervio de su centro por algún medio mecánico, como un corte, ó está muerto dicho centro, *aumenta* al principio su excitabilidad desde el extremo central al periférico, y luego *disminuye* hasta extinguirse por completo. Este fenómeno, al cual se ha dado el nombre de ley de Ritter-Walli, se verifica con más rapidez en el trozo de nervio más próximo al centro que no en el periférico.

La velocidad con que se transmite la excitación en los nervios es mayor en el período de excitabilidad exagerada y menor en el caso contrario (§ 339). Además, en este último, para que la corriente eléctrica sea eficaz tiene que tener más duración, y por eso es muy frecuente que la corriente inducida sea inactiva cuando las descargas se suceden con mucha rapidez (§ 341, I, y pág. 119).

También se modifica la *ley de contracción muscular*, según los diversos períodos del cambio que experimenta la excitabilidad al morirse el nervio (§ 338. II).

8.° Finalmente, conviene llamar la atención sobre el hecho de que algunos nervios poseen mayor excitabilidad en ciertos puntos, y también la conservan por más tiempo en ellos (Budge, Heidenhain).

Así, *el ciático de la rana es más excitable en su tercio superior que en el resto*, sea cualquiera el excitante empleado (Grützner y Elpon), y lo mismo en sus fibras motoras que en las sensitivas (Hällstén). Lo que no está averiguado es si semejantes desigualdades en la irritabilidad provienen de lesiones casuales inferidas en el acto de la preparación (del tercio superior del ciático parte una rama del mismo) ó si dependen de alguna particularidad anatómica, tal como la existencia

de más tejido conjuntivo y de mayor número de anillos de Ranvier en la porción inferior del nervio en cuestión (Clara Halperson).

Cuando se corta ó magulla un nervio, se observa que las corrientes eléctricas empleadas para excitarle desde el punto de vista lesionado, producen un efecto mucho más considerable que aquellas que se dirigen hacia él; y la causa de este fenómeno radica en que la corriente que se origina en el mismo nervio después de la lesión (§ 333. 6), se suma con la que se emplea como excitante. También se observa esta misma particularidad respecto al modo de reaccionar la corriente eléctrica en determinados sitios de los nervios intactos, como en el ciático de la rana, (v. Fleischl), v. gr., en su terminación periférica ó central, ó en aquellos puntos de donde parten ramas gruesas (Grützner y Moschner).

El *nervio muerto* ha perdido por completo su irritabilidad, y su muerte va avanzando, según la ley de Ritter-Walli, ó sea poco á poco, desde los órganos centrales del sistema nervioso hasta su porción más periférica. La reacción ácida, que hemos visto presenta el músculo muerto (pág. 20) se ha podido demostrar, aunque no de un modo constante, en el nervio que se halla en el mismo caso (pág. 111).

En el *cerebro* cesan sus funciones en el mismo momento en que sobreviene la muerte (pérdida del conocimiento, abolición de la actividad sensorial); así que es fabuloso todo lo que se cuenta de persistencia de la actividad cerebral después de la decapitación (§ 376). Ya duran algo más las funciones vitales de la *médula espinal*, sobre todo de su substancia blanca; luego mueren los grandes *troncos nerviosos*, los de los extensores y después los de los flexores (á las tres ó cuatro horas), siendo las fibras del gran simpático las que conservan por más tiempo su irritabilidad (en el intestino hasta diez horas: Onimus) (véase *Muerte de los músculos*, § 297 al final). Los nervios de la rana conservan su irritabilidad durante algunos días, cuando siguen formando parte del cuerpo del animal y la temperatura ambiente es muy baja.

ELECTRO-FISIOLOGÍA

Antes de tratar de la fisiología de los fenómenos eléctricos, vamos á exponer de un modo muy sucinto las nociones físicas necesarias, para que el lector pueda comprender lo que luego hemos de decir. Hemos preferido presentar estos asuntos formando un sólo cuerpo de doctrina para intercalar después en los capítulos correspondientes, la descripción de los aparatos y procedimientos de investigación que se han ideado con un objeto electro-fisiológico ó terapéutico. Aconsejamos al que trate de imponerse en estas cuestiones, que se prepare previamente adquiriendo de un modo fundamental, los conocimientos físicos necesarios.

328. Prenociones físicas.—Corriente galvánica.—Cuerpos electromotores.—Resistencia á la conductibilidad eléctrica.—Ley de Ohm.—Conductibilidad de los tejidos animales.—Reocordio.

1.° Poniendo en contacto dos cuerpos diferentes, elegidos entre los que mencionaremos después, se observa que en uno de ellos se acumula electricidad positiva y en el otro negativa. La causa de este fenómeno es la *fuerza electro-motora*, que hace que pase á un cuerpo la electricidad positiva y la negativa al otro. Según las

propiedades de los cuerpos de que luego hablaremos, se los divide en *no conductores* y *conductores*, y á estos últimos, en conductores de *primera* y de *segunda clase*.

Los cuerpos conductores de primera clase (principalmente metales), se pueden agrupar en una serie tal (serie de tensiones), que cuando se pone en contacto uno de ellos con el que le sigue, el primero adquiere la electricidad negativa y el segundo la positiva. Esta *serie de tensiones*, es la siguiente:

—Manganeso, carbono, platino, oro, plata, cobre, hierro, estaño, plomo, zinc +.

La cantidad de electricidad originada al ponerse en contacto dos de estos cuerpos, es tanto más considerable cuanto más separados se hallen en la serie mencionada. El contacto de los cuerpos puede realizarse indiferentemente en un sólo punto ó en muchos. Si se colocan varios cuerpos de la serie unos sobre otros, la tensión eléctrica así producida, es exactamente la misma que si sólo se hubiesen puesto en contacto los dos que ocupen los extremos de la cadena, prescindiendo de los intermedios.

2.° En cambio, si se ponen en contacto conductores de la primera y de la segunda clase, ya es distinto el resultado obtenido. Así, si el zinc se pone en contacto del agua, el primero se carga de gran cantidad de electricidad negativa y de positiva la segunda. También adquiere electricidad negativa, el zinc con los ácidos diluídos; pero si se emplean otros metales como el cobre ó el platino, ó bien se electrizan también negativamente, pero con menos energía ó acaso se cargan de electricidad positiva.

La experiencia enseña que los metales que más se cargan de electricidad negativa cuando se ponen en contacto de un líquido, son aquellos á quienes este líquido ataca químicamente con más intensidad. Pero á cada combinación determinada corresponde una diferencia de tensión siempre la misma. La *densidad* de la electricidad acumulada en cada uno de los dos cuerpos, depende de las dimensiones de las superficies de contacto. Se llaman cuerpos *electro-motores de segunda clase* á los líquidos, como disoluciones de ácidos, de álcalis ó de sales. Con estos cuerpos no se puede formar una serie ordenada con arreglo á sus tensiones. Los metales más próximos al lado positivo de su serie, y sobre todo el zinc, son los que más se cargan de electricidad negativa, cuando se sumerjen en la mayor parte de esos líquidos; en cambio, los más próximos al lado negativo de la serie, son los que se cargan menos.

3.° Sumergiendo en un líquido dos cuerpos electro-motores de la primera clase, sin que se toquen directamente, v. gr., el zinc y el cobre, se ve que el extremo no sumergido del zinc (positivo), posee electricidad negativa, y el del cobre (negativo), electricidad positiva. Se llama *pila* ó *cadena galvánica* á una combinación de este género, de dos cuerpos electro-motores de la primera clase con un electromotor de la segunda. Mientras los dos metales, sumergidos en el líquido, están separados entre sí, se dice que la cadena está abierta, interrumpida ó rota; pero en cuanto se unen las porciones no sumergidas, por medio de un alambre, la cadena está cerrada y se origina una *corriente galvánica*. Ambas electricidades circulan caminando una al encuentro de la otra y neutralizándose; mientras tanto, y en la misma proporción en que se neutralizan sus tensiones, se están produciendo continuamente nuevas cantidades de electricidad en la cadena galvánica.

La corriente galvánica encuentra en el camino que tiene que recorrer, cierta resistencia que se ha denominado *resistencia á la conducción* R, la cual es directamente proporcional á la *longitud* L, del conductor, inversamente proporcional á su *sección transversal* S, y está subordinada á las propiedades moleculares del material de que se compone dicho conductor ó sea á su *coeficiente de resistencia*, C. Según esto:

$$R = \frac{LC}{S}$$

La resistencia aumenta en los metales con la temperatura y disminuye en los líquidos.

La *intensidad de la corriente galvánica* I, ó sea la cantidad de electricidad que recorre el circuito ó cadena cuando está cerrado, es directamente proporcional á la fuerza electro-motora E, (ó tensión eléctrica), y está en razón inversa de la resistencia total del mismo circuito R. Es decir, que:

$$I = \frac{E}{R} \text{ (Ley de Ohm, 1827).}$$

Ahora bien; la resistencia total en un circuito cerrado, se compone: de la que opone el alambre conductor (resistencia exterior) y de la que presenta la misma pila (resistencia interior). Pero el coeficiente de resistencia de las diversas substancias es muy diferente: relativamente pequeño en los metales, es muy considerable en los líquidos. Actualmente, se acostumbra á considerar como unidad en este concepto, al coeficiente de resistencia ó mejor dicho, la conductibilidad eléctrica del *mercurio*. Así la del cobre está representada por 55; la del hierro por 6 á 10; la del metal blanco por 3 á 6; la de la disolución concentrada de sal común está representada por $\frac{2}{100.000}$, y la de la disolución concentrada de sulfato de cobre por $\frac{4}{1.000.000}$.

Conductibilidad de los tejidos animales.—La resistencia que oponen estos tejidos al paso de la corriente eléctrica, es muy grande; casi siempre, cerca de un millón de veces mayor que la de los metales. Una corriente constante que desde la piel atraviese al cuerpo humano, encuentra una resistencia cada vez menor, porque la epidermis se impregna de agua con el paso de dicha corriente (§ 292), y los vasos se llenan más de sangre, á consecuencia de la irritación cutánea.

Sin embargo, varía esta resistencia según los diferentes puntos de la piel; así que alcanza su grado mínimo en la planta del pie y en la palma de la mano. La resistencia proviene de la epidermis, y disminuye mucho, una vez quitada ésta (con un vejigatorio). Los tejidos muertos conducen, por lo general, peor que los vivos (Jolly). Cuando la corriente atraviesa á un músculo en dirección perpendicular á sus fibras, encuentra una resistencia hasta nueve veces mayor, que cuando lo hace siguiendo dicha dirección (Hermann). La resistencia, en este último caso, es unas dos y medio millones de veces mayor que la del mercurio (Hermann). El tétanos (Du Bois-Reymond) y la rigidez cadavérica, disminuyen la resistencia en los músculos. La resistencia á las corrientes alternas, es mucho menor que con las continuas, porque desaparece en su mayor parte el fenómeno de la polarización, y sobre todo de la interior (v. Frey y Windscheid).

Es sumamente notable el hecho observado por Charcot y Vigouroux, de que en los sujetos que padecen de enfermedad de Basedow, está disminuída la resistencia del cuerpo al paso de la corriente eléctrica (§ 373).

De la ley de Ohm se derivan otras dos importantes para la electro-fisiología: 1.° Cuando el *arco que cierra* el circuito galvánico presenta *una gran resistencia*, como sucede en el caso de estar intercalado en él un músculo ó un nervio, sólo puede aumentar la intensidad de la corriente, aumentando el número de los elementos electro-motores. 2.° En cambio, si la resistencia en el arco que cierra el circuito, es muy pequeña en comparación de la de la pila, no puede aumentarse la

intensidad de la corriente, aumentando el número de los elementos, sino la superficie de las láminas metálicas de estos.

Desde 1881, se refieren las cantidades eléctricas, y en especial la intensidad de la corriente, la fuerza electro-motora y la resistencia á *unidades* que guardan una relación sencilla con las llamadas unidades absolutas, ó sea aquellas que se refieren á su vez á la unidad de longitud (centímetro), de tiempo (segundo) y de masa (gramo).

La *unidad de resistencia es el ohm* que es igual á 10^9 unidades absolutas. Representa la resistencia de una columna de mercurio, á 0° C., de un milímetro cuadrado de sección y 1,062 metros de longitud. El ohm es, por lo tanto, un poco mayor que la antigua unidad de Siemens, de 1 metro de largo y 1 milímetro cuadrado de sección transversal.

La *unidad de fuerza electro-motora, es el volt*, que es igual á 10^8 unidades absolutas. Una pila de Daniell tiene una fuerza electro-motora de 1,1 volt.

La *unidad de intensidad, es el ampere*, ó sea la corriente producida por una fuerza electro-motora de 1 volt, en un circuito de 1 ohm de resistencia, ó sea 0,1 de unidad absoluta. Un ampere produce en un segundo 0,174 cent. cúb. de mezcla gaseosa detonante, á 0° y 760 milímetros de presión.

Al pasar la corriente eléctrica por un conductor, se origina calórico en cantidad proporcional al producto de la resistencia por el cuadrado de la intensidad, ó (según la ley de ohm) de la intensidad por la fuerza electro-motora. *Este producto de un volt por un ampere, es igual á* 10^7 *unidades de trabajo, y se le llama* 1 *watt*.

Según la nomenclatura usual en los estudios técnicos 1 watt = 0,00136 caballos de fuerza (un caballo de fuerza = 75 kilogrametros, pág. 43).

Como el equivalente mecánico de la caloría de un gramo de agua, es igual á 42.000.000 de unidades de trabajo absolutas, resulta que con la fuerza electro-motora de un watt y la intensidad de un ampere, se producen en un circuito $^{10}/_{42}$ = 0,24 calorías por segundo.

Conviene distinguir la *intensidad* de una corriente de su *densidad* (ó espesor). Como en un circuito siempre tiene que pasar la misma cantidad de electricidad, sea cualquiera la sección transversal del mismo, es evidente que donde esta sección sea mayor, la corriente eléctrica será menos densa y viceversa. Designando por I la intensidad de la corriente, por S la sección transversal del circuito, y por D la densidad de la corriente en dicho punto, tendremos :

$$D = \frac{I}{S}$$

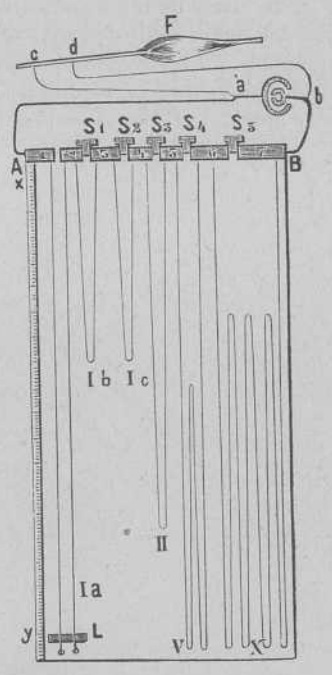
Si el hilo del circuito se divide en uno de los polos en dos ó más conductores que vuelven á reunirse en el otro polo, la suma de las intensidades de las corrientes que pasen por todos esos hilos, es igual á la intensidad de la corriente antes de dividirse. Si esas divisiones fuesen diferentes entre sí por la longitud, diámetro y material de las substancias que las componen, las intensidades de las corrientes que por ellos circulen, serán inversamente proporcionales á las resistencias que opongan al paso de las mismas.

El *reocordio* de Du Bois-Reymond, está construído con arreglo á este principio del *circuito secundario*, de tal manera que de una corriente galvánica permite derivar, para excitar un nervio ó un músculo, otra corriente secundaria, cuya intensidad puede graduarse según se desee.

De los dos polos (fig. 208. *a*, *b*) de una pila, parten dos circuitos de cada uno, de los cuales, uno de ellos (*a*, *c*, *b*, *d*), se dirige al nervio de una preparación de rana F. El trozo de nervio (*c*, *d*), intercalado entre esta derivación de la corriente (*a*, *c*, *d*, *b*), presenta una gran resistencia al paso de la misma. La segunda co-

rriente derivada de *a* y *b* (*a*, A, *b*, B), circula por una barra gruesa de latón, A, B, compuesta de siete trozos (1, 7), los cuales, á excepción de los números 1 y 2, forman un conductor continuo, gracias á los topes de latón introducidos en los intervalos que quedan entre ellos (S_1 hasta S_5). Desde luego se comprende que, con esta disposición, tal como aparece en la fig. 208, la corriente derivada que pasa por el trozo de nervio *c*, *d*, cuya resistencia es muy grande, es insignificante comparada con la que circula por el conductor de latón (A, L, B), cuya resistencia es pequeñísima. Si en este último circuito se intercalan resistencias mayores, se hará más intensa, como es natural, la corriente que circule por *a*, *c*, *d*, *b*. Esas resistencias pueden ser producidas por medio de los trozos de alambre fino, representados por I *a*, I *b*, I *c*, II, V, X. Si suponemos quitados todos los topes de latón desde S_1 á S_5, la corriente derivada que éntre por A, tendrá que recorrer todo el sistema de los alambres finos, encontrando, por lo tanto, una gran resistencia, la cual será causa de que aumente la intensidad de la corriente que pasa por el nervio. Si sólo se quitara uno de los tacos ó topes de latón, la corriente no tendrá que pasar más que por el alambre correspondiente á la interrupción del conductor de latón, ocupada antes por dicho tope. Los diversos trozos de alambre (I *a*—X), representan resistencias tales, que I *a*, I *b*, y I *c*, equivalen á una unidad, II al doble, V al quíntuplo, y X al décuplo. Además, el cuircuito I *a*, puede acortarse por medio de un puente (L) movible, indicando entonces la escala (*x*, *y*), la longitud de la resistencia representada por este circuito. Es fácil comprender que, según se manejen los topes y el puente, se puede graduar como se quiera la intensidad de la corriente que pase por el nervio. Si el puente L se pone en contacto con la barra de latón, en 1,2, entonces la corriente pasa directamente de A á B, sin atravesar por el alambre I *a*.

Figura 208.



Esquema del reocordio de Du Bois Reymond.

Se llaman *reostatos* otros aparatos que tienen por objeto ser intercalados en un circuito, para aumentar más ó menos la resistencia representada por éste.

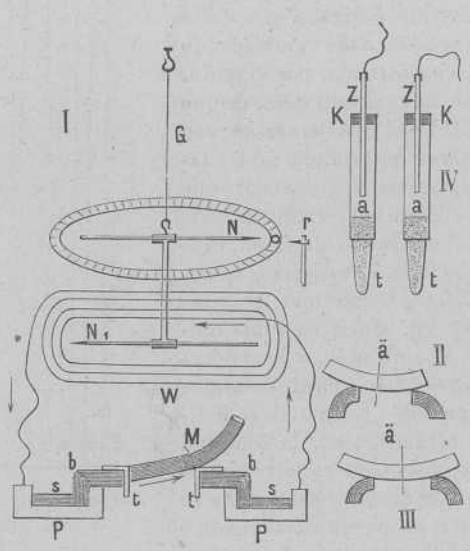
329. Acción de la corriente galvánica sobre la aguja imantada. Galvanómetro.

Si se hace pasar una corriente por un alambre colocado delante de una aguja imantada y en su misma dirección, ésta se desvía de la que tiene constantemente hacia el Norte (Oerstedt, 1822). Suponiendo un hombre mirando hacia la aguja y nadando en dirección de la corriente, de modo que ésta éntre por los pies y salga por la cabeza, el polo norte de la aguja imantada se desviará siempre hacia la izquierda (regla de Ampere). El impulso que la corriente galvánica ejerce sobre la aguja, se dirige siempre perpendicularmente contra el llamado plano de acción electro-magnético, ó sea aquel que pasa por el polo norte de la aguja, y por dos

puntos del circuito, colocado éste en la misma dirección que aquélla tenía primitivamente. Así, por ejemplo, si el circuito conductor pasa por encima y en la misma dirección de la aguja imantada, cuyo plano de oscilación lo forma la superficie horizontal, el plano de acción electro-magnético será, en este caso, perpendicular al plano horizontal, y pasará por el polo norte de la aguja y por el hilo conductor de la corriente. La fuerza de la corriente galvánica que desvía á la aguja imantada, es proporcional al seno del ángulo que se forma entre el plano de acción electromagnética, y el plano de oscilación de dicha aguja.

Esta fuerza de la corriente galvánica, puede aumentarse, haciendo que el alambre conductor no dé una sola vuelta, sino varias, en la misma dirección de la aguja imantada. El instrumento, construído con arreglo á este principio, lleva el nombre de *galvanómetro* ó multiplicador. El alambre conductor, se arrolla muchas veces en este aparato, en planos perpendiculares al horizontal, envolviendo con sus vueltas

Figura 209.



I, esquema del galvanómetro dispuesto para estudiar la corriente muscular. — N, N, sistema astático de agujas suspendido de un hilo de capullo G. — P, P, electrodos no polarizables en contacto del músculo M. — II y III, otras maneras de colocar los músculos para este experimento. — IV, electrodos no polarizables.

á la aguja magnética, que está suspendida, y puede oscilar en un plano horizontal. Cuanto mayor sea el número de vueltas que dé el alambre, tanto mayor será también el ángulo de desviación de la aguja, aunque no exactamente proporcional á dicho número, porque no todas las vueltas se encuentran á igual distancia de la aguja, ni tienen la misma situación con respecto á ésta. El galvanómetro es, por lo tanto, un aparato que permite apreciar fácilmente corrientes débiles.

Además, la experiencia ha enseñado que cuando una corriente galvánica, poco intensa, tiene que atravesar una gran resistencia, como la que oponen los tejidos animales, conviene que el número de vueltas del alambre galvanómetro sea muy grande, y el diámetro muy fino. En cambio, si la resistencia que existe en el circuito es pequeña, como sucede cuando se emplean aparatos termo-eléctricos (tomo I pág. 399. B), el alambre del galvanómetro deberá ser grueso, y dar muy pocas vueltas alrededor de la aguja.

DR. PEREZ ARAPILES
C/ Lagasca núm. 12, 3.º
Teléfono 20 85 12

Para que sea aún más sensible el galvanómetro, conviene debilitar la fuerza directriz magnética de la aguja. Al estudiar las corrientes débiles producidas por la diferencia de temperatura (tomo I, pág. 450, B) ya se dió á conocer el galvanómetro termo-eléctrico que se emplea en tales casos y los resultados obtenidos por él. Recordemos, sobre todo, que cuando se emplee ese instrumento para la demostración de las corrientes eléctricas en los tejidos animales, el alambre deberá ser fino y dar un gran número de vueltas.

En el galvanómetro de Schweigger, empleado para los experimentos fisiológicos, se debilita la tendencia de la aguja á dirigirse hacia el norte, empleando el parastático de Nobili, que consiste en dos agujas imantadas iguales, colocadas paralelamente la una sobre la otra y unidas por un vástago de cuerno, de tal manera, que el polo norte de ambas esté dirigido en sentido contrario. Como es imposible que las dos agujas tengan una fuerza magnética igual en absoluto, siempre sucederá que una de ellas tendrá más fuerza que la otra, no la suficiente para dirigirse hacia el norte, pero sí la bastante para que cuando el par de agujas esté libremente suspendido forme cierto ángulo con el meridiano magnético, á cuya posición vuelve siempre que se le desvía de ella, aunque haciendo antes cierto número de oscilaciones cada vez más pequeñas. Este ángulo que forma el par astático con el meridiano magnético, se le llama desviación propia. Cuanto más igual sea la fuerza de las dos agujas, tanto más se acercará este ángulo al recto y además tanto menor será el número de oscilaciones que efectue en cierto tiempo para colocarse en su situación, una vez separado de ella. En este caso, la duración de cada oscilación es muy considerable.

Para usar el multiplicador, las agujas habrán de estar en la misma dirección que las vueltas del alambre conductor. La aguja superior oscila sobre una circunferencia graduada, en la cual se lee la amplitud de la desviación de dicha aguja. Como por muy puro que sea el cobre del alambre conductor siempre contiene algo de hierro que ejerce cierta atracción sobre las agujas, todo galvanómetro lleva un pequeño vástago imantado dirigido hacia un polo de la aguja superior. Este imán se le llama compensador (r) y substrae tanta fuerza al par astático, que la atracción que sobre este par ejerzan las vueltas del alambre queda neutralizada por el magnetismo terrestre.

330. Electrolisis.—Resistencia al paso de la corriente.—Polarización galvánica.—Pilas de corriente constante y electrodos impolarizables.—Polarización interna de los conductores húmedos.—Acción catafórica de la corriente galvánica.—Resistencia secundaria.

Toda corriente galvánica que *atraviese un conductor líquido* lo descompone (*electrolisis*). Los polos sumergidos en el líquido, ó electrodos, reciben los nombres de *anodo* el positivo y *catodo* el negativo. Los productos de la descomposición del líquido se los llama *iones*, recibiendo el nombre de *aniones* los que se dirigen al anodo, y *cationes* los que van al catodo.

Si los productos de la descomposición se depositan sobre los electrodos y se adhieren á ellos, pueden dificultar ó facilitar la conducción del fluído eléctrico de un modo puramente mecánico, que es á lo que se ha llamado resistencia al paso de la corriente. Esta resistencia es *positiva* cuando aumenta la ya existente en el circuito y *negativa* en el caso contrario.

Pero los *iones* depositados en los electrodos, pueden también modificar la fuerza

de la corriente dando origen á que se *desarrolle entre los aniones y los cationes una nueva corriente galvánica*, por tratarse de dos cuerpos heterogéneos unidos por un líquido conductor. A este fenómeno se le llama polarización galvánica. Así, por ejemplo, los electrodos de platino, sumergidos en el agua, la descomponen de tal manera, que en el polo positivo se acumula el oxígeno (negativo), y en el polo negativo el hidrógeno (positivo). Esta corriente de polarización tiene por lo general una dirección *contraria* á la primitiva. Se dice entonces que la *polarización es negativa*. Pero hay casos raros en que la corriente de polarización tiene la misma dirección que la primitiva; la *polarización* entonces es *positiva*.

En la electrolisis, como ya se comprende, pueden presentarse al mismo tiempo acúmulo de productos en los electrodos y corriente de polarización.

Para reconocer la existencia de la polarización, que es á veces tan débil que no se aprecia á simple vista, se interrumpe por algún tiempo la comunicación con el origen de la electricidad (la pila, por ejemplo), y se unen los extremos libres de los electrodos con un galvanómetro, que al momento revela, con la desviación de su aguja, la existencia de una polarización por pequeña que sea.

Los iones producidos por la electrolisis, ocasionan á veces descomposiciones secundarias en el mismo momento en que quedan en libertad. Así, sumergiendo electrodos de platino en una disolución de sal común, el cloro se va al anodo, y al catodo el sodio. Pero este último, al instante descompone el agua, uniéndose con su oxígeno, mientras el hidrógeno se va secundariamente al catodo.

La polarización aumenta, aunque en grado poco considerable, con la intensidad de la corriente; disminuye en cambio á medida que aumenta la temperatura, y casi proporcionalmente á ésta.

Con el objeto de suprimir la polarización, la cual, como es evidente, ha de alterar muy pronto la intensidad de la corriente, se han ideado dos aparatos importantes: *las pilas de corrientes constantes* (Becquerel), y los *electrodos impolarizables* (Du Bois-Reymond).

Las *pilas de corriente constante* suministran una corriente cuya intensidad no varía, á causa de que los *iones* producidos por los electrodos, desaparecen en el mismo momento de su formación, de modo que no pueden originar ninguna corriente de polarización. Para ello, los dos cuerpos de la serie de las tensiones, que se emplean en la pila, se sumergen cada uno en un líquido diferente, y estos dos líquidos están separados por un tabique poroso (un cilindro de arcilla). En la pila de Grove, de zinc y platino, el primero se sumerge en ácido sulfúrico diluído, y el segundo en ácido nítrico. El oxígeno puesto en libertad por electrolisis y acumulado en el zinc (positivo), forma óxido de zinc, que se disuelve en el acto en el ácido diluído. El hidrógeno que se dirige al platino, se combina, tan pronto como se forma, con el oxígeno del ácido nítrico, formándose agua y ácido nitroso. Fenómenos análogos se verifican en la pila de Bunsen, de zinc y carbón, en la cual este último está sumergido en ácido nítrico, y el zinc (positivo) en el sulfúrico diluido. En la pila de Daniell, el zinc (positivo) está sumergido en el ácido sulfúrico diluído, y el cobre en otra disolución concentrada, de sulfato de cobre. En el lado del zinc se produce el mismo fenómeno que en la pila de Grove. El cobre (negativo) atrae al hidrógeno, que, como se halla en estado naciente, reduce en el acto á la sal cúprica, poniendo en libertad al cobre de ésta, que se deposita sobre la placa también de cobre, sumergida en la disolución. La fuerza electro-motora de un elemento Daniell oscila, según el grado de amalgama del zinc y la concentración del líquido, entre 0,909 y 1,35 volts, y su resistencia interna es de 2,8 ohms.

Si los electrodos de una *pila de corriente constante* se ponen en contacto de un tejido animal húmedo, tal como un nervio ó un músculo, al instante se producirá electrolisis en él, y por consiguiente, polarización. Para evitar que esto suceda en

los electrodos, se los construye *impolarizables* (fig. 209. IV). Las investigaciones de Regnauld, Matteucci, y Du Bois-Reymond, han demostrado que se pueden obtener esta clase de electrodos uniendo cada uno de los alambres que parten de la pila con un trozo de zinc amalgamado (z, z), que se sumerge en una disolución concentrada de sulfato de zinc contenida en un tubo (a, a), perfectamente cerrado por arriba (k, k), y provisto en su extremo inferior de un tapón cónico de arcilla (t, t), amasada con una disolución al 6 por 1000 de sal común. Si se colocan estos tapones de arcilla en contacto de los tejidos, no se produce ninguna polarización, pero sólo en el caso de que la corriente eléctrica no sea muy intensa.

Se emplea el mismo artificio cuando se trata de *estudiar las corrientes que se producen en el músculo y en el nervio* (fig. 209. I) (Du Bois-Reymond). Como al ponerse estos tejidos húmedos en contacto directo con metales, se producirán corrientes eléctricas (§ 328. 2), hay que recurrir también á electrodos impolarizables, pero de otra forma, á saber: cajitas de zinc (P, P), llenas de una disolución concentrada, y exenta de ácido, de sulfato de zinc (s, s), en la cual se sumerge una almohadilla de papel de filtro (b, b), que se empapa de dicha disolución. Por fin, la almohadilla se cubre con una capa delgada de arcilla amasada con disolución de sal común al 6 por 1000, cuya capa tiene por objeto preservar á los tejidos de la acción cáustica que produciría el contacto directo de la disolución zíncica.

Las fibras nerviosas y musculares, las partes jugosas de los vegetales, los filamentos de fibrina y los cuerpos análogos de estructura porosa y llenos de jugos, presentan también, cuando pasa por su interior una corriente intensa, el fenómeno de la polarización: *polarización interna de los conductores húmedos* (Du Bois-Reymond). Se admite que, en el interior de estos cuerpos, las partículas sólidas de ellos y que conducen mejor la electricidad, obran por electrolisis sobre las partículas líquidas que se les adhieren, á la manera de lo que sucede con los electrodos metálicos cuando se ponen en contacto de líquidos. Los *iones* que se originan por virtud de la descomposición de esas partículas líquidas, desarrollarían la polarización interna por la tensión que se produce entre ellas (§ 335). La resistencia á la conducción galvánica (pág. 126) que se observa en el músculo y en el nervio, proviene en parte de la polarización, según Hermann. Considera este autor á la notable polarización de los tejidos animales (comparable sólo á la de los metales), como una propiedad específica y vital del protoplasma.

Si se sumerje cada electrodo de una cadena galvánica en dos compartimentos separados por un tabique poroso, y en los cuales se encuentre un mismo líquido, se observa que pasan partículas líquidas atravesando dicho tabique, en la dirección del polo positivo al negativo, aumentando por lo tanto, al cabo de cierto tiempo, la cantidad de líquido contenida en un compartimento y disminuyendo en el otro. A este fenómeno del transporte directo de líquido, se le ha denominado *acción catafórica* (Du Bois-Reymond), y de esta acción proviene el paso, á través de la piel por medio de la conducción galvánica, de substancias disueltas (§ 292).

También proviene al parecer de tal acción catafórica, el fenómeno de la llamada *resistencia secundaria exterior*. Colocando cada uno de los electrodos *de cobre* de una corriente galvánica interna en una cápsula llena de disolución de sulfato de cobre, de la cual sobresalga una almohadilla impregnada en este mismo líquido, y haciendo que descanse sobre cada una de estas dos almohadillas un trozo de músculo, de cartílago, de tejido vegetal ó una tira prismática de albúmina coagulada, se ve que al muy poco tiempo de haber cerrado el circuito se debilita la corriente en un grado muy considerable. Si ahora se invierte la dirección de esta corriente, vuelve á hacerse más intensa, llega á un punto máximo y después disminuye otra vez. De este modo se obtiene un cambio en la intensidad cada vez que la corriente cambia de dirección. Si el experimento se realiza con un trozo prismático de albú-

mina, se observa que, al mismo tiempo que se debilita la corriente, pierde agua y se retrae ese trozo en la proximidad del polo positivo, y en cambio se hincha y se hace más acuoso en la proximidad del polo negativo; fenómenos debidos sin duda á una acción catafórica. Variando la dirección de la corriente, continua realizándose este fenómeno, pero cambiando también de sitio en los extremos del trozo de albúmina. La retracción y pérdida de agua que se observa en la porción de ésta, correspondiente al polo positivo, debe ser la causa de aquella resistencia que surge en el circuito, y que explica la debilitación en la intensidad de la corriente. Se da á este fenómeno el nombre de *resistencia secundaria exterior* (Du Bois-Reymond).

331. Inducción. — Extracorriente. — Imantación del hierro por la corriente galvánica — Inducción voltáica. — Acciones de inducción unipolar. — Inducción magnética.

Cuando se cierra el circuito de una pila mediante un alambre corto, se observa una chispa *muy pequeña* en el momento de volver á abrir dicho circuito. Pero si éste se hubiese cerrado por medio de un alambre muy largo y enrollado en hélice, la chispa que se presente al abrir el circuito será *más intensa*. Si el alambre termina en dos electrodos y éstos los coge un hombre con sus manos, de tal manera que cuando se interrumpa el circuito entre ellos tenga que pasar la corriente á través del cuerpo, en este momento experimenta el sujeto una violenta conmoción. Este fenómeno proviene de una corriente inducida en el alambre largo enrollado en hélice, á la que Faraday ha dado el nombre de *extracorriente*. Su origen es el siguiente: Cuando se cierra el circuito por el alambre enrollado en hélice, al ir penetrando la corriente galvánica en cada vuelta de la hélice, produce por *inducción* otra corriente en las *vueltas más próximas*. Esta corriente inducida que se produce en el momento de cerrar la primitiva, es de sentido contrario al de ésta, por lo que su efecto es poco enérgico y no produce ninguna conmoción. En cambio, en el momento de abrir la cerriente, la inducida es del mismo sentido que la principal, y por eso es tan enérgica.

Los aparatos eléctricos construídos de tal manera, que el estímulo provocado por ellos provenga de la interrupción de la corriente en el alambre enrollado en hélice, llevan el nombre de APARATOS DE EXTRACORRIENTE.

Cuando en el espacio hueco que deja un alambre arrollado en hélice, se introduce una *barra de hierro dulce*, se imantará mientras circule una corriente eléctrica por dicho alambre. Si un extremo de la barra está más próximo al observador, y el otro más distante de él, y la corriente positiva recorre el alambre como la manecilla de un reloj, entonces el extremo más próximo de la barra se convertirá en el polo negativo magnético. La fuerza del imán, obtenido de este modo, depende de la intensidad de la corriente galvánica, del número de vueltas del alambre, y del diámetro de la barra. Esta pierde su magnetismo, en cuanto se interrumpe la corriente.

Si suponemos un carrete formado por un alambre muy largo y enrollado en hélice, que podemos llamar *carrete secundario*, y otro igual colocado en su proximidad, al que llamaremos *primario*, cuyos extremos puedan ponerse en comunicación con los polos de una pila, se observa que en el secundario se produce una corriente eléctrica, cada vez que se cierra el circuito del primario, ó que se abre una vez cerrado. También se presenta, en el carrete ó hélice secundario, una corriente cuando se acerca ó se aleja del primario, siempre que esté cerrado el circuito en este último (Faraday, 1832). Esta corriente que se origina en la hélice secundaria, se

la llama simplemente *inducida ó faradica*, y al fenómeno causa de esta inducción, se le ha denominado *inducción voltáica* ó distribución electro-dinámica. La corriente que se origina en la hélice secundaria, cuando se *cierra* la de la primaria ó se acercan las dos hélices, es de *dirección contraria* á la de la corriente principal, y en cambio, es de la *misma dirección* cuando proviene de la *ruptura* de la corriente primaria ó del *alejamiento* de las dos hélices. Mientras permanece cerrada la corriente primaria, ó se mantienen á igual distancia las dos hélices, no se observa ninguna corriente en la secundaria.

Las corrientes de ruptura y de cierre en la hélice secundaria, difieren por caracteres importantes. Cierto es que la cantidad de electricidad que circula en ambos casos, es la misma, según se demuestra por la electrolisis y por el galvanómetro; *pero en la corriente de ruptura, la electricidad alcanza un máximo más considerable y en muy corto tiempo, al paso que en la corriente de cierre, la electricidad se va acumulando con más lentitud, no llega á un máximo tan elevado, y desaparece de un modo más gradual.* La razón de estas diferencias, consiste en que, al cerrar la corriente primaria, se desarrolla en su hélice una extracorriente de dirección contraria, que se opone, por lo tanto, á que la primaria alcance rápidamente toda su intensidad, por cuya razón también tendrá que desarrollarse lentamente la corriente inducida en la hélice secundaria. Por el contrario, al interrumpir el circuito principal, la extracorriente que entonces se origina tiene la misma dirección que la de la pila, y no retarda, por consiguiente, la marcha de ésta. *La acción más rápida é intensa de la corriente de ruptura, tiene una gran importancia en el empleo de las corrientes de inducción en los experimentos fisiológicos.*

Habrá circunstancias en que convenga hacer que desaparezca esta desigualdad entre las corrientes de cierre y de ruptura. Esto se consigue, debilitando mucho la extracorriente, para lo cual, el alambre de la hélice primaria habrá de dar muy pocas vueltas. V. Hemholtz, consiguió el mismo objeto, uniendo la corriente primaria con un circuito accesorio; de este modo, nunca desaparece por completo la corriente en la hélice primaria, sino que se hace más ó menos intensa, según se interrumpa ó establezca la comunicación con ese circuito accesorio, cuya resistencia es mucho menor que la del principal.

Si se produce ó desaparece una corriente en la hélice primaria con gran rapidez, entonces, no sólo se origina una corriente inducida en la hélice secundaria, cuando está cerrado su circuito (tal vez por medio de algún órgano ó tejido), sino aun en el caso de que sólo toque á un extremo de dicho circuito (pág. 119). Así basta tocar con un extremo de la hélice secundaria el nervio de la pata de una rana para que ya se observen sacudidas que se han llamado *sacudidas de inducción unipolar*. No suelen presentarse más que al interrumpir el circuito primario, y se favorece su aparición haciendo que el otro extremo del secundario comunique con el suelo, y que la preparación de rana tampoco esté completamente aislada.

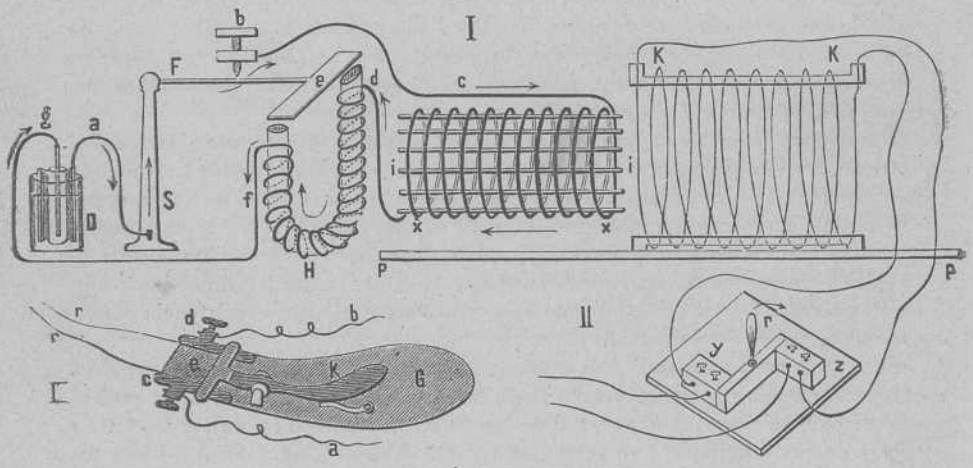
Conviene decir algunas palabras acerca de la llamada inducción magnética. Según Ampere, cada barra imantada está recorrida constantemente por corrientes eléctricas dispuestas de tal manera, que si suponemos el polo sur de la barra dirigido hacia el observador, las corrientes circularían en su sección transversal en la misma dirección de las agujas de un reloj. Esto supuesto, se explica así fácilmente, porque cuando se acerca un imán á un circuito se producirá una corriente en éste, y lo mismo cuando una barra de hierro dulce se imanta ó se desimanta repentinamente. La dirección de las corrientes inducidas de este modo es la misma que la de las de inducción voltáica, es decir que la imantación ó la aproximación de una hélice á un imán, produce una corriente inducida de sentido contrario á la que se admite en el imán; por el contrario, la desimantación ó el alejar una hélice de un imán, produce en ésta una corriente del mismo sentido.

Para acercar ó alejar un imán de una hélice alternativamente y con gran rapidez, se fija dicho imán por un extremo y se hace que vibre por el otro. La altura del sonido, resultado de estas vibraciones, da á conocer la rapidez de las mismas, y, por lo tanto, el número de las corrientes inducidas (descargas de inducción acústicas de Grossmann, las cuales producen en la preparación de rana un *tétanos acústico*, 1858).

332. Aparato de inducción de Du Bois-Reymond.—Máquina magneto-farádica de Pixii-Saxton.

El aparato de Du Bois-Reymond es una modificación del electro-motor magnético de Neef adaptado á los experimentos de fisiología. El esquema de la fig. 210 da una idea bien clara de él. Uno de los alambres *a*, de la pila D, se dirige á la columna metálica S, de cuyo extremo superior parte, en dirección horizontal, un resorte metálico F, que vibra fácilmente y lleva en su extremo libre una barra transversal de hierro dulce *e*. Un tornillo *b* se acerca tanto al centro del resorte por su

Figura 210.



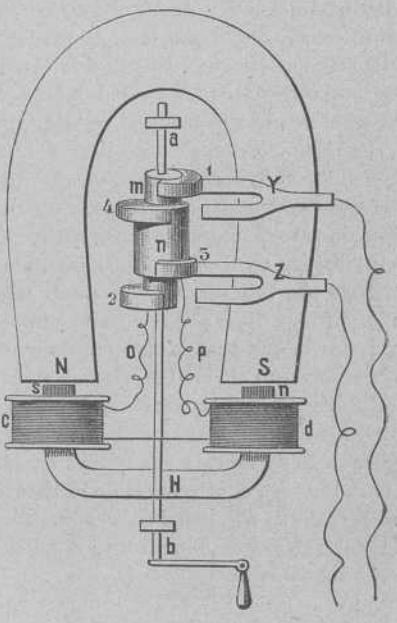
I, esquema del aparato electro-motor de Du Bois Reymond. — II, llave para producir el tétanos. III, electrodos con mecanismo interruptor.

cara superior que puede llegar á tocar en él. Desde ese tornillo parte un alambre de cobre *c*, que después se arrolla en hélice *x x*, formando un cilindro hueco, en cuyo interior se encuentran algunas barras de hierro dulce *i i*, aisladas por una capa de barniz. El alambre *d* sigue su camino, arrollándose en otra nueva hélice alrededor de una pieza de hierro dulce, en forma de herradura H, y, por fin, vuelve á unirse en *f* con el otro reóforo de la pila.

Una vez cerrada de este modo la corriente, imantará á la barra H, ésta atraerá á la pieza *e*, ó sea al martillo de Neef, con lo cual se interrumpe el contacto entre el resorte F y el tornillo *b*. Interrumpida de este modo la corriente, la barra H se desimanta, suelta al martillo *e*, que es atraído hacia arriba por el resorte, y vuelve á establecerse el contacto en *b*. Este nuevo contacto es causa de que se imante H otra vez, y de este modo la pieza *e e*, es atraída y separada con gran rapidez, con lo cual entre F y *b* se establecerá é interrumpirá alternativamente la corriente primaria.

En la misma dirección de la hélice $x\ x$ de la corriente primaria, se encuentra otra hélice K K, llamada secundaria, la cual consta de un alambre fino que da gran número de vueltas, está colocado sobre una especie de tablilla deslizable $p\ p$, provista de una escala graduada y puede acercarse á la hélice primaria y llegarla á envolver por completo, puesto que cabe dentro de ella, ó alejarse, por el contrario, la una de la otra, según se quiera. Con arreglo á las leyes de la inducción voltáica (pág. 133), al cerrarse la corriente primaria, se produce en la hélice secundaria K K una corriente de dirección opuesta; en cambio al interrumpir la corriente primaria, la inducida que se origina en la segunda hélice, es de su misma dirección. Además, según las leyes de la inducción magnética, la imantación de la barra de hierro $i\ i$, que se halla dentro de la hélice primaria $x\ x$ y que es producida por el cierre de su corriente, es causa de que en la hélice secundaria K K, se produzca una corriente de sentido contrario; pero la desimantación de la barra por la ruptura de la corriente primaria origina una inducida del mismo sentido. *Así se explica que el efecto de la corriente inducida de ruptura, sea mucho más enérgico que el de la de cierre.*

Figura 211.



Aparato de inducción magneto-farádico, con el conmutador de Stohrer.

Ya hemos indicado en la pág. 133, los medios de hacer desaparecer esta desigualdad entre ambas corrientes.

El aparato de inducción magneto-farádico inventado por Pixii en 1832, perfeccionado por Saxton y adicionado por Stöhrer de un conmutador (fig. 211), consta de un imán de acero muy poderoso y en forma de herradura. En frente de sus dos polos (N y S) se encuentra otra herradura de hierro dulce H, que puede girar alrededor de un eje horizontal $a\ b$. Cada extremo de esta última herradura, está envuelto por un carrete de madera $c\ d$, alrededor del cual un alambre aislado se enrolla dando muchas vueltas. Cuando esta herradura se encuentra en su posición de reposo, como aparece en la figura, se imanta bajo la influencia de la otra gran herradura de acero, imantada también, sólo que se corresponden los polos de nombre opuesto. En el alambre de los dos carretes de madera c y d, se desarrolla una corriente eléctrica cada vez que la herradura de hierrro dulce se desimanta ó se imanta de nuevo. Si el eje $a\ b$ da media vuelta de manera que el carrete c se coloque enfrente del polo S, cambian, como es natural, los polos magnéticos del hierro dulce, porque, como ya hemos dicho, siempre serán de nombre contrario los polos de las dos herraduras, que se encuentren enfrente el uno del otro. Para que se efectue ese cambio en el magnetismo de la herradura de hierro dulce, es preciso que primero se desimante y luego vuelva á imantarse en el sentido contrario. Estas imantación y desimantación sucesivas, originan en la hélice de los carretes, corrientes de la misma dirección. En la segunda media vuelta, los polos de hierro dulce vuelven á su situación primitiva, desarrollándose, mientras tanto, en las hélices de los carretes una corriente inducida de dirección contraria, á la que se había

originado en la media vuelta anterior. Según esto, cada rotación completa de la herradura de hierro dulce, origina en las hélices de los carretes dos corrientes sucesivas de dirección contraria, de suerte, que los extremos *o* y *p* del alambre, poseen alternativamente electricidad positiva y negativa.

Stöhrer ha conseguido que esas dos corrientes tengan la misma dirección mediante un *conmutador* constituído por dos vainas concéntricas de metal *m* y *n* colocadas en el eje del aparato *a b*, y que se deslizan la segunda sobre la primera, aunque están muy bien aisladas entre sí. Cada vaina lleva en sus extremos superior é inferior un resalto metálico en forma de medio anillo; así la vaina *n* lleva los resaltos 3 y 4, y la vaina *m* los resaltos 1 y 2. Los resaltos semianulares alternan dos á dos. De los dos alambres de la hélice, comunican, el uno *o*, con la vaina interior *m*, y el otro *p*, con la exterior *n*. Las láminas metálicas bifurcadas Y, Z, son las que continuan la dirección de ambos alambres hasta los electrodos. Es evidente que en la posición de la figura, *p* conduce á la pieza 3 de la vaina exterior, y desde aquí á la lámina Z. Pero cuando el eje del aparato da media vuelta, *o* comunica con Z por medio de la vaina interior y su resalto 2 (un cambio análogo de situación se efectua respecto á la lámina Y). Ahora bien; si, como ya se ha explicado anteriormente, *o* y *p* cambian de electricidad en cada media vuelta, de manera que, primero es positivo *o* y luego *p*, resulta que, con el conmutador, siempre comunica Z con el polo positivo é Y con el negativo. Los resaltos 1 y 4, y lo mismo el 3 y el 2, ocupan algo más de una semicircunferencia, de donde resulta que, durante un tiempo muy corto, *o* y *p* comunican entre sí por medio de Z y de Y, y que en este momento no pasa ninguna corriente á los electrodos. Este aparato es muy útil, y se puede emplear también para la electrolisis.

Está provisto este aparato de un mecanismo auxiliar; la *llave* de Du Bois-Reymond (fig. 210, II), que consiste en una lámina de metal á manera de puente *y*, *r* y *z*, por la que pasa la corriente mientras no se dirige ésta hacia el órgano que se quiere excitar, lo cual se efectua en el momento en que la placa metálica *r* deja de establecer la comunicación entre los dos topes *y* y *z*. También se pueden emplear para los experimentos fisiológicos los electrodos interruptores, III que permiten el paso de la corriente á los tejidos en cuanto se levanta la placa metálica *e*, oprimiendo sobre el otro extremo *r*. Este instrumento puede manejarse con una sola mano: *a* y *b*, son los alambres que conducen la corriente; *r*, *r*, los electrodos (aislados) que se han de aplicar á la parte objeto del experimento, y G, es el mango del instrumento.

333. Corrientes eléctricas del músculo y del nervio en estado de reposo. — Corrientes cutáneas. — Corriente glandular.

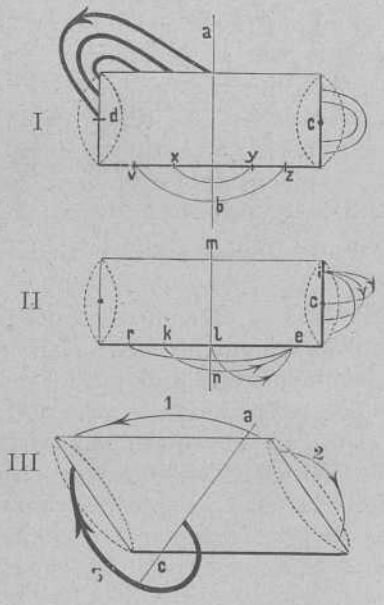
Procedimiento de investigación. — Para estudiar las leyes de la corriente muscular, debe emplearse un músculo de forma sencilla, prismática ó cilíndrica (fig. 212, I y II), y cuyas fibras sean paralelas al eje mayor del mismo; por ejemplo, el músculo sartorio de la rana. Hay que considerar en un músculo de esta forma su *superficie ó sección longitudinal natural*, sus *extremos tendinosos ó sección transversal natural*, su *sección transversal artificial*, ó sea la producida cortándole en dirección perpendicular á su eje mayor (I, *c*, *d*), y por fin, se designa con el nombre de *ecuador* (*a b*, *m n*) á la línea que divide á las fibras musculares exactamente por su centro.

Como las corrientes de que estamos tratando son sumamente débiles, se necesita para demostrarlas el *galvanómetro* (fig. 209, I) ó una *brújula reflectora de tangentes*, tal como el *electro-galvanómetro* (tomo I, pág. 430) con imán aperiódico y amortiguado.

Si se pusieran los alambres del galvanómetro directamente en contacto de un tejido animal húmedo, se produciría una corriente á causa de la desigualdad entre ambos materiales, y además, se originaría una polarización en la superficie del alambre al pasar cualquiera corriente (§ 330). Por esta razón, siempre se ponen en contacto con los alambres *electrodos impolarizables*, sobre los cuales se colocan los tejidos orgánicos (fig. 209, I, P. P.)

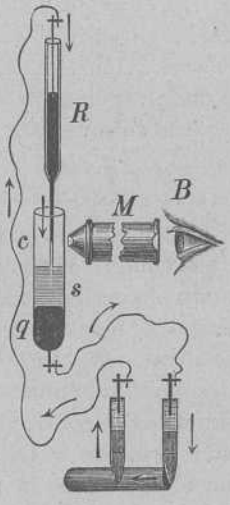
También se emplea con ventaja para estudiar estas corrientes el *electrómetro capilar* de Lippmann (fig. 213), (Marey, Christiani, Lovén, v. Fleischl). Consiste este aparato en un tubo capilar de vidrio, que contiene una columna de mercurio, la cual está en contacto con un líquido conductor como el ácido sulfúrico diluído. Cuando pasa la corriente galvánica, hace cambiar de sitio á la columna de mercurio, á consecuencia de la polarización que se desarrolla en el punto de contacto del

Figura 212.



Esquema de la corriente muscular.

Figura 213.



Esquema del electrómetro capilar (modelo de Christiani).

ácido sulfúrico y del mercurio, y cambia la constante capilar de este último. Este cambio de lugar que el observador B aprecia por medio del microscopio M, se efectua en la dirección de la corriente positiva. En la fig. 213, que representa un esquema del aparato, R es un tubo de vidrio que por abajo se estrecha haciéndose capilar, el cual está lleno de mercurio en su parte superior, y desde el punto *c* para abajo, de ácido sulfúrico diluído. La porción capilar penetra en otro tubo más ancho, á cuyo extremo inferior está soldado un alambre de platino; este tubo contiene mercurio *q* y encima ácido sulfúrico diluído *s*. Los alambres conductores terminan en electrodos impolarizables, los cuales se apoyan, uno, en la sección transversal de un músculo, y otro, sobre su superficie longitudinal. Cuando se cierra el circuito, se observa que la columna capilar de mercurio desciende desde *c* en la dirección de la flecha.

El mejor procedimiento para medir la *intensidad* de las corrientes de los tejidos

orgánicos, consiste en hacer que penetre otra corriente de intensidad conocida, fácilmente graduable y de dirección contraria, en el mismo circuito de la corriente orgánica, en el cual se intercale también una brújula de tangentes; se gradua la nueva corriente, hasta que neutralice por completo á la que se trata de analizar. *Este es el método de compensación* de Poggendorf (Du Bois-Reymond).

1.° Los músculos completamente frescos é intactos, no producen ninguna corriente (L. Hermann, 1867): lo mismo sucede con los que están muertos en su totalidad.

2.° Se observan corrientes eléctricas *intensas* cuando se pone en comunicación la *sección transversal* del músculo con uno de los electrodos impolarizables (como en la fig. 209. I. M) y la *superficie* ó sección longitudinal con el otro (Nobili, 1827, Matteucci, Du Bois-Reymond). *La corriente se dirige desde la seccción longitudinal* (positiva), por el alambre conductor á la *sección transversal* (negativa), y, por lo tanto, en el músculo mismo desde la transversal á la longitudinal (fig. 209, I y fig. 212, I). Esta corriente es tanto más fuerte cuanto más se acerca uno de los electrodos al ecuador del músculo, y el otro al centro de su sección transversal; en cambio es tanto más débil cuanto más se aproxime el punto de aplicación de un electrodo al extremo del músculo y el del otro al borde de la sección transversal. La corriente fuerte se observa hasta en una sola fibra muscular aislada (Du Bois-Reymond).

También presentan los músculos lisos corrientes parecidas entre su superficie y su sección transversal (§ 336, II).

3.° Se obtienen corrientes eléctricas *débiles*: *a*) Cuando se reunen por un alambre conductor dos puntos que disten desigualmente del ecuador; en este caso la corriente se dirige desde el punto más próximo del ecuador (positivo) al más distante (negativo), y, en el interior del músculo, en sentido contrario (fig. 212, II, *k*, *e* y *l*, *e*). *b*) También se originan corrientes débiles cuando se unen dos puntos de la sección transversal que disten desigualmente del centro de ésta; en este caso la corriente se dirige del punto más próximo al borde de dicha sección hacia aquel que más se aproxima al centro de la misma, y en el músculo en sentido contrario (fig. 212, II, *i c*).

4.° No se produce *ninguna* corriente cuando se establece un circuito entre dos puntos de la superficie del músculo *equidistantes* del ecuador (I, *x*, *y*; *v*, *z* y II, *r*, *e*), y entre otros dos que disten lo mismo del centro de la sección transversal (I, *c*).

5.° Si las dos superficies de sección transversal del músculo se cortaron en dirección *oblícua* al eje de éste (III) de manera que la forma del trozo muscular es *romboédrica*, las corrientes no siguen exactamente la regla expuesta en el núm. 3.° En este caso, un punto más próximo al ángulo *obtuso*, tanto de la superficie transversal como de la longitudinal, es positivo respecto á otro punto de la misma superficie que diste igualmente del ángulo *agudo*. El ecuador sigue en este caso una dirección oblícua *a*, c. A estas corrientes modificadas se las llama *corrientes de inclinación* (Du Bois-Reymond), y su dirección la indican las líneas 1, 2, 3 y III.

La fuerza electro-motora de una *corriente muscular intensa* (en la rana) es de 0,05 á 0,08 Daniell, pudiendo llegar las más intensas de inclinación hasta 0,1 Daniell. Los músculos (y nervios) de animales curarizados tienen al principio una corriente más intensa; ésta se debilita con el *cansancio* de los músculos (Roeber) y se extingue completamente con su muerte. Cuando se *calienta* un músculo aumenta la intensidad de la corriente, pero no pasando de 40° centígrados vuelve á hacerse más débil (Steiner). El frío disminuye la fuerza electro-motora. *La substancia muscular viva calentada* (L. Hermann, Worm-Müller), *y lo mismo la nerviosa* (Grützner), *son positivas respecto á las porciones no calentadas de las mismas.*

6.° El *nervio* en reposo presenta en sus reacciones eléctricas caracteres iguales á los expuestos en los números 1, 2 y 3.

La fuerza electro-motora de las corrientes nerviosas intensas es de 0,02 Daniell (Du Bois-Reymond). Calentando un nervio hasta los 15 á 25° centígrados, aumenta la intensidad de su corriente; pero se debilita con temperaturas más elevadas (Steiner).

7.° Cortando un trozo de nervio y uniendo por un conductor sus dos secciones transversales ó dos puntos de su superficie longitudinal equidistantes del ecuador, se observa una corriente débil de dirección contraria á la que seguía la influencia nerviosa durante la vida (*corriente axial*) la cual será por lo tanto centrífuga en los centros centrípetos y viceversa (Mendelssohn y Christiani).

La fuerza electro-motora de esta corriente, aumenta con la longitud del trozo de nervio en que se observe y con el diámetro de la sección transversal. Cansando al nervio por medio de la tetanización, se debilita esta corriente, sobre todo si es un nervio motor, y en menor grado en un nervio centrípeto.

La corriente muscular puede estudiarse también sin necesidad de galvanómetro, por cualquiera de los procedimientos siguientes:

1.° Por medio de una preparación sensible de rana, llamada también *reóscopo fisiológico* ó *pata galvanoscópica*. Se toma el músculo gemelo de una rana, y se le aplican dos conductores húmedos, uno á su superficie longitudinal y otro á su sección transversal. Colocando ahora sobre ambos conductores el nervio ciático de otra pata galvanoscópica, en el acto se produce una sacudida de ésta, y lo mismo sucederá siempre que se separe el nervio de dichos conductores. Si se corta transversalmente el músculo gemelo de una pata galvanoscópica, y se hace ahora que el nervio ciático (que por su distribución en el músculo comunica con la superficie de todas sus fibras), se ponga en contacto con dicha sección transversal, se contraerá la pata porque la corriente muscular (de la superficie longitudinal á la sección transversal) atraviesa entonces el nervio. Estos experimentos se conocen ya hace mucho tiempo con el nombre de *contracciones sin metales* (Galvani, Al. v. Humboldt).

2.° Se puede hacer que la *corriente propia del músculo* aislado le sirva de excitante y determine su contracción. En efecto; colocando electrodos impolarizables sobre las secciones transversal y longitudinal de un músculo de rana curarizado, y cerrando el circuito por medio del mercurio, se contrae el músculo. También se puede excitar un *nervio* de un

modo análogo valiéndose de su propia corriente (Du Bois-Reymond, Kühne, Hering, Biedermann, Knoll). Además, si se sumerge el extremo inferior de un músculo provisto de sección transversal artificial, en una disolución de sal común al 6 por 1000 (líquido completamente indiferente), esta disolución cierra un circuito derivado entre la sección transversal y la longitudinal adyacente, y á consecuencia de esto, se contrae el músculo. También desempeña este mismo papel cualquier otro conductor indiferente que establezca un circuito derivado (pág. 26) (Hering).

3.° Haciendo que pase la corriente muscular por engrudo de almidón con ioduro potásico, se produce una acción *electrolítica*, acumulándose el iodo en el polo positivo, donde tiñe de azul al almidón.

De la suma total de todas las corrientes eléctricas propias de los músculos y de los nervios, se originará una corriente general que en la rana despellejada se dirige del extremo de los miembros hacia el tronco, y en éste desde el ano á la cabeza. Esta es la «*corrente propria della rana*», así llamada por Leopoldo Nobili (1827), ó, en términos más breves, *corriente de la rana*. Esta corriente presenta en los mamíferos una dirección opuesta.

Cuando los músculos ó los nervios pierden su excitabilidad en la anestesia provocada por el éter ó por el cloroformo, su corriente muscular está á veces hasta exagerada (Biedermann).

Estas corrientes desaparecen después de la *muerte*, antes que la irritabilidad (Valentín); persisten por más tiempo en los músculos que en los nervios, y en estos últimos se extinguen antes en su porción central. Cuando la corriente del nervio se va debilitando con el tiempo, se la puede reforzar practicando un nuevo corte transversal. También se observa la corriente en un nervio motor completamente paralizado por el *curare* (Funke), y lo mismo en el que esté en vías de degeneración, aunque ya lleve dos semanas en este estado y haya perdido por completo su irritabilidad. Los músculos rígidos presentan á veces corrientes de dirección contraria, á consecuencia de la desigualdad en su estructura molecular, resultado de la descomposición de que están siendo asiento. La corriente nerviosa cambia de dirección sometiendo el nervio á la acción del agua hirviendo ó de la desecación.

Entre los demás tejidos que presentan corrientes eléctricas, son de mencionar la *piel*, cuya superficie externa es positiva y la interna negativa (Du Bois-Reymond). Lo mismo sucede con la *mucosa* del tubo digestivo (J. Rosenthal), la córnea (Grünhagen), la piel, desprovista de glándulas, de los peces (Hermann) y de los gasterópodos (Oehler). También se observan corrientes en las *glándulas*.

334. Corrientes del músculo y del nervio excitado. — Corrientes de los órganos de secreción.

1.° Cuando un *músculo* cuya corriente propia es *intensa*, entra en contracción *tetánica* (excitando su nervio respectivo), se *debilita* dicha corriente hasta tal punto en algunos casos, que la aguja del galvanómetro se coloca en el 0. A este fenómeno se le ha dado el nombre de *variación*

negativa de la corriente muscular (Du Bois-Reymond); variación que es tanto mayor, cuanto mayor hubiese sido la primitiva desviación de la aguja y cuanto más enérgicamente se hubiera contraído el músculo.

La corriente muscular es más débil después del tétanos que antes (Roeber). Si se coloca el músculo sobre las vasijas que hacen de electrodos impolarizables de tal manera que su corriente propia sea *débil*, también disminuirá la intensidad de ésta durante el tétanos. Disponiendo el músculo de manera que no produzca ninguna corriente propia, no se observa ninguna variación en la aguja cuando se contrae. Pero si se impide que el músculo se contraiga manteniéndole tenso, todavía se observa la variación negativa.

2.° Se observa fuerza electro-motora (*corriente de acción*) en el músculo de la rana, *separado* del cuerpo del animal, y *tetanizado* por intermedio de su nervio. Así, en los gemelos tetanizados de la rana, se observa una corriente *descendente*, y lo mismo en toda la pata posterior. Pero en el músculo *intacto* del hombre, no se observa semejante corriente, aunque se le haga entrar en *contracción tetánica*, excitando al nervio respectivo (L. Hermann). Tampoco se presenta ninguna corriente en el músculo *intacto* de la rana, cuando se contrae *tetánicamente* por excitación *directa*.

3.° Excitando momentáneamente un músculo en uno de sus extremos, de manera que la *onda contractil* (§ 301) recorra rápidamente toda la longitud de las fibras musculares, se observa que, poco antes de contraerse un punto determinado del músculo, adquiere electricidad negativa, y que este fenómeno camina, por lo tanto, con la misma velocidad que la onda muscular. Según esto, á la *onda contractil* precede siempre una *onda negativa*, la cual coincide, por consiguiente, con el período de excitación latente. Las ondas negativa y contractil, caminan con la misma velocidad de tres metros por segundo. Esta variación negativa, que primero aumenta y después disminuye, no dura en cada punto más que 0,003 de segundo (Bernstein).

4.° También se desarrolla una corriente eléctrica en el músculo, con *una sola sacudida muscular*. Como mejor se demuestra este hecho, es por medio del *corazón* palpitante de la rana, cuya corriente se estudia con el electro-galvanómetro de Meissner y Meyerstein (tomo I, pág. 450). A cada latido, se desvía la aguja del instrumento; pero esta desviación *precede á la contracción* del músculo (Kölliker y H. Müller) (véase más adelante). En general, el fenómeno eléctrico que determina la variación negativa en el músculo, precede á la contracción de éste (v. Helmholtz, 1854), y coincide, por lo tanto, con el período de excitación latente (§ 300). Durante la *sacudida* del gemelo de la rana, completamente intacto, provocada por excitación del nervio, se observa una corriente, primero descendente y después ascendente (Sigm. Mayer) (véase la explicación de este fenómeno en el § 336. II).

Investigaciones más precisas, acerca de los fenómenos eléctricos que severifican en el *corazón palpitante*, han demostrado que en cada latido, se vuelve primero negativa la punta del ventrículo, y después la base (Fredericq, Waller); pero, según Bagliss y Starling, sucede todo lo contrario. Si el músculo cardiaco se pone en re-

lajación por excitación del pneumogástrico (§ 361), se presenta, como es natural, una variación *positiva* de la corriente muscular (Gaskell, Fano). En cambio, se observa una variación negativa cuando se excita el nervio acelerador (estando en reposo el corazón), por la acción de la muscarina, y aunque no vuelva á latir por virtud de dicha excitación (Gaskell).

Los fenómenos eléctricos que se verifican en el músculo cuando hay una *simple sacudida*, se observan también en la *preparación de rana*. Colocando una porción del nervio de esta preparación sobre otro músculo, se ve que cada vez que se contrae éste, también lo hace el animado por el nervio. Colocando el nervio de una preparación de rana sobre el *corazón de un mamífero*, se observa que, á cada latido de éste, se contrae la pata animada por el nervio (Matteucci, 1842); asimismo se contrae el diafragma á cada latido cardíaco, después de cortar el nervio frénico (sobre todo el izquierdo) (Schiff); á esta contracción se la llama *contracción secundaria* (Galvani). También al contraerse un músculo, excita *á otro que está aplicado á él* (Kühne); fenómeno que se observa con más facilidad, cuando ambos músculos empiezan á secarse (Biedermann).

De un modo análogo, se produce un *tétanos secundario* en una preparación de rana, cuando ésta se aplica á un músculo que se halle también en estado de *tétanos*, por haber sido excitado con una corriente de inducción (Du Bois-Reymond). En este fenómeno, se ha querido ver la prueba de que la variación negativa de la corriente del músculo, debe estar compuesta de una serie de variaciones que se suceden con mucha rapidez; pues sólo las que se hallan en este caso, son las capaces de excitar al nervio para producir tétanos, no sucediendo lo mismo con las variaciones permanentes de la corriente (§ 300. III).

Tampoco se observa casi nunca un tétanos secundario en una preparación de rana aplicada á un músculo cuando éste se contrae tetánicamente á impulsos de la voluntad (sapo), por excitantes químicos ó por la intoxicación estricnica (Hering y Friedrich, Kühne); sin embargo, Lovén ha observado un tétanos secundario estricnico, constituído por seis á nueve sacudidas por segundo y el electrómetro capilar de Lippmann (fig. 213), que es un instrumento muy sensible, demuestra que lo mismo la convulsión estricnica, que la contracción voluntaria, son procesos discontínuos (Lovén) (pág. 37).

Biedermann observó el hecho notable de que el músculo de fibra estriada experimenta una modificación tal, cuando se le somete á la acción de los vapores de éter, que no se aprecia en él ninguna variación de forma ni de movimiento cuando se le excita, y en cambio, se descubren por medio del galvanómetro, en el punto excitado, las mismas alteraciones que se producen por virtud de la excitación sin previa acción del éter, aunque permanecen localizadas á consecuencia de haber desaparecido la conductibilidad.

5.° Cuando un *nervio* descansa con su superficie longitudinal y su sección transversal sobre dos electrodos impolarizables, y se le excita por medio de agentes eléctricos químicos ó mecánicos, también disminuye su corriente (Du Bois-Reymond). Esta *variación negativa*, que se puede propagar en ambos sentidos á lo largo del nervio (§ 340. 1), está compuesta, como en el músculo contraído (Bernstein), de interrupciones periódicas

DR. PEREZ ARAPILES

y muy frecuentes de la corriente primitiva, habiendo llegado Hering con ellas, lo mismo que con las del músculo, hasta á provocar sacudidas ó tétanos secundarios. La magnitud de la variación negativa depende de la de la descarga primaria, del grado de irritabilidad del nervio y de la intensidad del excitante empleado. La variación negativa se observa lo mismo con la *excitación tetanizante*, que con *ondas de excitación aisladas* (Bernstein), pero no se ha observado todavía en nervios completamente intactos.

Hering observó que la variación negativa de la corriente nerviosa producida por la tetanización eléctrica, es seguida, en general, de otra variación positiva que la sucede inmediatamente. Crece hasta cierto punto con la duración de la excitación, con la intensidad de la corriente que hace de excitante y con la desecación incipiente del nervio ; también aumenta cuando se aparta más de la sección transversal el punto en que se aplica el otro electrodo á la longitudinal.

Respecto á la influencia del *electrótono* en la variación negativa, véase el § 337. I.

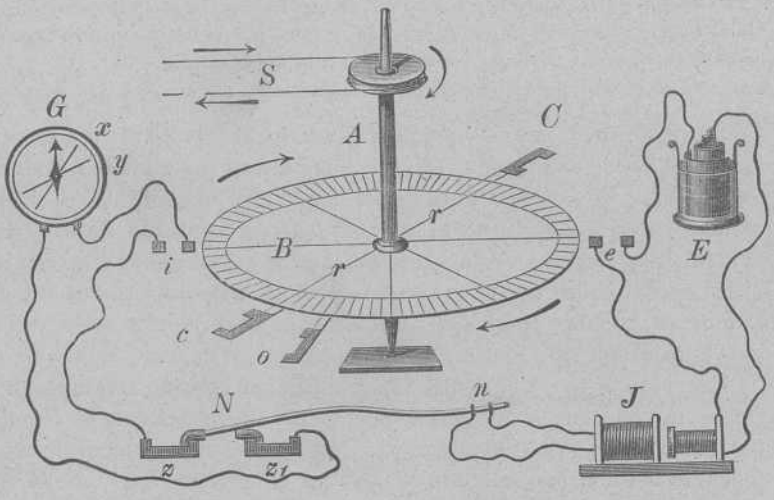
La *médula espinal*, cuando todavía es excitable, presenta en general, respecto á su corriente propia, los mismos caracteres que los nervios. Si se pone un electrodo en contacto de la superficie longitudinal de la porción superior de la *médula oblongada*, y otro en contacto de su sección transversal, se observan variaciones negativas espontáneas é intermitentes, quizás provocadas por la excitación periódica de los centros que aquí se encuentran, y sobre todo, del respiratorio. Variaciones semejantes se presentan también por vía refleja á cada descarga eléctrica que obre sobre el nervio ciático, y en cambio, se detienen cuando se emplean excitaciones muy intensas obtenidas por medio de la sal común ó con las corrientes de inducción (Setschenow). También se originan corrientes en la superficie del cerebro, cuando se excitan los centros que en ella existen, como sucede con los psico-sensoriales por virtud de la excitación de los órganos de los sentidos á que corresponden (Caton, v. Fleischl, Beck).

El fenómeno de la variación negativa se propaga por el tubo nervioso con una *velocidad* mensurable, igual á la de la excitación misma. Adquiere su grado máximo entre los 15° y los 25° C (Steiner), y es de 27 á 28 metros por segundo. La duración de cada una de las oscilaciones de que se compone el fenómeno de la variación negativa no es más que de 0,0005 á 0,0008 de segundo, y la longitud de cada onda que camina por el nervio se calcula en 18 milímetros (Bernstein).

J. Bernstein ha averiguado, por medio del REOTOMO DIFERENCIAL, el tiempo que necesita la variación negativa para recorrer desde el sitio en que se excita el nervio, hasta un punto determinado de éste. Para ello, se dispone un trozo largo de nervio (fig. 214. N *n*), de tal manera, que en uno de sus extremos N comuniquen con el galvanómetro G sus secciones longitudinal y transversal. En el otro extremo *n* se encuentran los electrodos de un carrete de inducción J. Un disco B, que gira rápidamente alrededor de su eje vertical A, gracias á una correa sin fin S, tiene en un punto de su periferia una pieza C, por medio de la que se abre y cierra rápidamente á cada vuelta la corriente del circuito primario E, produciendo de este modo dos corrientes inducidas que obran como excitantes en el extremo del nervio, una de ruptura y otra de cierre. En el otro extremo del diámetro *r r* del disco, en que se encuentra esa pieza, hay otra *c*, por virtud de la cual, á cada vuelta

del mismo, se cierra y abre también el circuito del galvanómetro. Así, pues, en un mismo instante de tiempo se producen la excitación del nervio y el cierre de dicho circuito. Cuando el disco gira con rapidez, revela el galvanómetro la existencia de una intensa corriente en el nervio, desviándose su aguja hasta *y*. En efecto, en el momento en que se produce la excitación del nervio, todavía no ha llegado al otro extremo de éste la variación negativa. Pero si la pieza que cierra el circuito del galvanómetro se corre por la circunferencia del disco hasta *o*, de modo que dicho circuito se cierre un poco más tarde que el momento en que es excitado el nervio, entonces la corriente de éste aparece *debilitada* por la variación negativa, no desviándose la aguja más que hasta *x*. Conocida la velocidad de rotación del disco, se averigua fácilmente que el retraso en cerrarse el circuito galvanométrico debe

Figura 214.



Esquema del reotomo diferencial de Bernstein.

ser igual al tiempo invertido en transmitir la excitación que produce la variación negativa desde un extremo del nervio *n*, hasta el otro N, cuya distancia entre ambos es también conocida de antemano.

La variación negativa falta en los nervios degenerados en cuanto se extingue su irritabilidad.

Exponiendo á la acción de la luz un ojo recientemente extirpado, se observa que la corriente que se dirige de la córnea (positiva), á la sección transversal del nervio óptico (negativa), aumenta de intensidad al principio.

El color amarillo obra con más energía que todos los demás (Holmgren, M. Kendrick).

La cara interna de la *retina en reposo* es positiva respecto de la cara posterior. Cuando se la ilumina, se presenta una variación doble, negativa, precedida de otra positiva, y cuando desaparece la luz se observa una simple variación positiva. La retina cuya púrpura óptica haya palidecido por la acción de la luz, presenta variaciones muy débiles (Kühne y Steiner).

La excitación de los nervios secretores de las membranas glandulares provoca además de la secreción, cambios en las corrientes de reposo (Ro-

eber). *Esta corriente secretora tiene la misma dirección* que la corriente de reposo en la piel de la rana y en los animales de sangre caliente; pero en la primera es precedida á veces de una corriente en sentido contrario (Hermann).

Si se reunen por medio de un circuito dos puntos homólogos de la piel de las patas posteriores del gato y no se excita más que uno de los nervios ciáticos, se produce la secreción del sudor en la pata correspondiente (tomo I, pág. 648) y al mismo tiempo una corriente secretora ascendente (Luchsinger y Hermann). Si en el hombre se unen lo mismo por medio de un circuito dos puntos de la piel de sus extremidades y se contraen los músculos de una de ellas, se produce también una corriente ascendente (Hermann). Tarchanoff ha visto presentarse débiles corrientes en la piel del hombre, cuando se la excita con el frío, el cosquilleo ó una impresión de dolor; pero también se observan después de otras influencias nerviosas, como un esfuerzo psíquico ó una luz muy viva. Cuando se destruyen las glándulas ó están sometidas á la acción de la atropina, no sólo se suprime la secreción, sino también la corriente secretora. Las porciones de la piel cubiertas de pelo y desprovistas de glándulas sudoríparas, no presentan ninguna corriente secretora (Bubnoff). En las *glándulas salivares* del perro la superficie exterior es negativa respecto al hilo. Cuando segregan una gran cantidad de líquido acuoso, por haber excitado la cuerda del tambor, se observa en la superficie una primera fase de tensión negativa respecto al hilo, seguida de otra segunda fase, en que la diferencia de tensión es mucho menor y en sentido contrario. Con una secreción acuosa y muy abundante, predomina la primera fase; cuando es más escasa y espesa, le segunda (W. Maddock y J. Rose Bradford).

335. Corriente del nervio y del músculo en el estado electrotónico.

1.° Si un nervio se pone en comunicación con los electrodos impolarizables (fig. 215, I), de tal manera que la sección transversal se aplique á uno y la longitudinal está en contacto del otro, revela el galvanómetro la existencia de una intensa corriente. Si ahora se hace pasar á lo largo del nervio, y en la porción que sobresale de la cajita que hace de electrodo, una *corriente constante* (á la que se llama polarizadora), de la *misma dirección* que la que existe en el nervio, se desviará todavía más la aguja del galvanómetro, revelando un aumento en la corriente nerviosa: *fase positiva del electrótono*. Este aumento es tanto mayor cuanto más largo sea el trozo de nervio recorrido por la corriente galvánica, cuanto más intensa sea ésta, y finalmente, cuanto menor sea la distancia que medie entre la porción del nervio recorrida por ella y la que estuviese aplicada á los electrodos.

2.° Si el nervio está colocado como en el experimento anterior, pero la corriente eléctrica que se hace pasar por él es de dirección *contraria* á la de la suya propia (II), se observa que disminuye la fuerza electro-motora de esta última: *fase negativa del electrótono*.

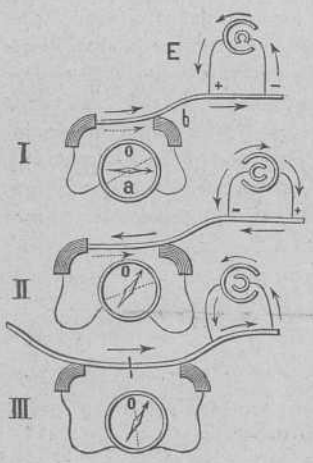
3.° Colocando el nervio de manera que esté en contacto con los electrodos impolarizables por dos puntos de su superficie longitudinal casi equidistantes del ecuador (III), el galvanómetro no indica la existencia de ninguna corriente (pág. 139. 7), pero si ahora se hace pasar una co-

rriente constante por un extremo del nervio, el galvanómetro revelará la existencia de una acción electro-motora de igual sentido que el de dicha corriente.

Demuestran estos experimentos, que el nervio recorrido por una corriente constante, presenta una *modificación de su actividad electro-motora*, á la que se ha dado el nombre de *electrótono* (Du Bois-Reymond, 1843), cuya modificación no sólo se verifica en el trozo intercalado en el circuito, sino en el resto del nervio.

La corriente electrotónica, presenta su mayor intensidad cerca de los electrodos, pudiendo ser hasta 25 veces más enérgica que la propia del nervio, cuando éste está en reposo (§ 333. 6); es mayor del lado del anodo que del catodo; experimenta una variación negativa con la tetanización, lo mismo que la corriente del nervio en reposo (Berstein); aparece en cuanto se cierra la corriente constante; pero desde este mismo momento, empieza á disminuir en el catodo de un modo contínuo (Du Bois-Reymond). En cambio, entre los electrodos, no se observa, fuera de la misma corriente polarizadora, ningún aumento apreciable de la corriente electrotónica (L. Hermann). Estos fenómenos no se observan más que mientras el nervio es irritable; si se liga el extremo del nervio que está por fuera del circuito del galvanómetro, cesan también de presentarse por fuera de la ligadura. Las modificaciones electrotónicas de la corriente galvánica, que hemos descrito anteriormente, como observadas en las porciones extrapolares del nervio, y que son producidas por una propagación física de dicha corriente (§ 336), faltan en los nervios *amielínicos*, y en cambio se observa en éstos el electrótono fisiológico (§ 337). Tratando por medio del éter los nervios mielínicos, puede hacerse desaparecer el electrótono fisiológico; pero continuan subsistentes los fenómenos físicos ya mencionados (Biedermann).

Figura 215.



La variación negativa (§ 334), sobreviene con más rapidez que el aumento electrotónico de la corriente, de suerte que la primera ya ha desaparecido antes de que se observe la segunda. La rapidez de la modificación electrotónica de la corriente, es menor que la velocidad con que se propaga la excitación en los nervios, no llegando á pasar de 8 á 10 metros por segundo (Tschirjew, Bernstein).

Del fenómeno electrotónico, proviene *la sacudida secundaria suscitada desde el nervio*. Si se aplica á un nervio separado del cuerpo el ciático de una preparación de rana, y por el extremo libre del primero se hace pasar una corriente constante (las excitaciones no eléctricas no sirven para este experimento), se contraen los músculos de dicha preparación. Depende este fenómeno, de que la corriente electrotónica que se produce en el nervio aislado, excita al de la preparación de rana, que está en contacto con él. Y si se cierra y abre rápidamente la corriente que pasa por el primero, se origina de este modo el *tétanos secundario suscitado por el nervio*. Lo mismo sucede con la llamada *contracción paradógica*, que se observa cuando se hace pasar la corriente por *una* de las ramas del ciático de la rana (cortado en su parte superior): se contraen los músculos inervados por las *dos* ramas de dicho nervio.

Cuando se interrumpe la corriente constante, se desarrollan *corrientes secundarias*, que, según Du Bois-Reymond, provienen de una polarización interna (§ 330). Esta corriente de polarización interna, siempre es *positiva*, ó sea de la misma dirección de la primaria en los nervios, músculos y órganos eléctricos *vivos*, cuando la corriente galvánica que se emplea es intensa y de muy corta duración. Pero si dura más tiempo, llega á producirse al fin una polarización negativa, intercalándose, entre ambas fases, otra en la que no se observa ninguna polarización. La polarización positiva, parece que es más intensa en el nervio, cuando la corriente primaria sigue la misma dirección de la excitación nerviosa, y en el músculo cuando se dirige desde la entrada del nervio hacia la extremidad del músculo, sucediendo una cosa análoga con los órganos eléctricos (Du Bois-Reymond) (§ 336. II).

4.° En el *músculo* se observa igualmente la acción electrotónica de una corriente constante polarizadora. Cuando ésta es del mismo sentido de la muscular, la refuerza, y si es de sentido contrario, la debilita (Matteucci, Valentin); pero estos efectos son poco marcados relativamente.

Mencionemos, finalmente, el hecho observado por H. Munk, de que en el momento de cerrar la corriente disminuye la cantidad de agua y aumenta la resistencia en la porción del nervio correspondiente al anodo y en la extra-polar que excece de ésta, observándose lo contrario en la zona del catodo y en la que excede de este último. La resistencia total del trozo recorrido por la corriente disminuye al principio, pero crece después cada vez más deprisa, desapareciendo rápidamente estas diferencias en cuanto se interrumpe la corriente (véase *resistencia exterior secundaria*, pág. 132).

336. Teorías de las corrientes muscular y nerviosa.

1.° Para explicar las corrientes muscular y nerviosa ha ideado Du Bois-Reymond la llamada *teoría molecular*, según la cual las fibras nerviosas y musculares contienen moléculas pequeñísimas, de acción electro-motora, dispuestas en series lineales y rodeadas de un líquido conductor indiferente. Estas moléculas son *eléctricas peri-polares*, es decir, que tienen una *zona ecuatorial positiva* vuelta hacia la sección longitudinal del nervio ó del músculo y dos *superficies polares negativas* vueltas hacia las secciónes transversales de los mismos. Toda nueva sección transversal que se practique, pone al descubierto nuevas superficies negativas; así como cualquier sección longitudinal pone al descubierto nuevas zonas positivas.

Esta hipótesis explica las *corrientes fuertes*, puesto que si se une por medio de un circuito la superficie longitudinal positiva con la sección transversal negativa, tendrá que pasar por él una corriente que se dirija de la primera á la segunda. En cambio no se explican así las corrientes *débiles*; para éstas hay que admitir que la actividad electro-motora de las moléculas se debilita con una rapidez diferente cuando están situadas á distinta distancia del ecuador y cuando están también alejadas desigualmente del centro de la sección transversal. Es natural entonces que se presenten diferencias de tensión eléctrica entre las moléculas cuya actividad es enérgica todavía y aquellas que ya están debilitadas.

Pero es el caso que la sección transversal *natural* de los músculos, ó sea su extremo tendinoso, no es negativa, como la artificial, sino positiva y de tensión más

ó menos enérgica. Para explicar este fenómeno admite Du Bois-Reymond que en el extremo tendinoso existe una capa de substancia muscular electro-positiva; y para explicar mejor estos hechos, supone que las moléculas peri-polares del músculo constan cada una de dos elementos bi-polares y que en el extremo tendinoso habría sólo una capa de medias moléculas, ó sea de solo un elemento bi-polar, de tal manera, que su lado positivo estaría vuelto hacia la superficie del tendón. A esta capa la llama él *capa para-electrotónica*. No falta nunca y está tanto más desarrollada cuanto más débil es la corriente que se observa al unir por un circuito el tendón con la superficie longitudinal del músculo, pudiendo darse el caso, cuando está muy desarrollada dicha capa, de que el extremo tendinoso sea positivo con respecto á la sección longitudinal. La cauterización destruye esa capa.

La variación negativa de la corriente se explica suponiendo que la fuerza electromotora de todas las moléculas disminuye, mientras están en actividad el músculo ó el nervio. En la contracción parcial del músculo, el trozo contraído adquiere más bien el carácter de un conductor indiferente, desempeñando este papel respecto á las zonas negativas del contenido pasivo de las otras fibras musculares.

Merecen mención especial las corrientes electrotónicas extra-polares que se observan en los nervios, mientras en los músculos se manifiesta el estado electrotónico, sobre todo en la porción intra-polar. Para explicar las corrientes electrotónicas, se admite que las moléculas bi-polares son capaces de girar, y que la corriente polarizadora hace de manera que sus superficies negativas se dirijan hacia el anodo y las positivas hacia el catodo, ejerciendo sobre ellas una fuerza directriz. De este modo, las moléculas de la porción intra-polar adquieren la disposición de la pila de Volta; en cambio, en la porción extra-polar del nervio esta disposición de las moléculas es tanto menos marcada cuanto más disten de los puntos de aplicación de los polos. Por esa razón, la desviación que marca la aguja del galvanómetro es tanto más débil, cuanto más alejada de ellos sea la zona del nervio cuya corriente electrotónica se trate de estudiar.

II. La *teoría diferencial* establecida por L. Hermann, explica todos los fenómenos de las corrientes muscular y nerviosa en las cuatro siguientes proposiciones: 1.ª El protoplasma, en aquellas porciones en que *está muriendo*, bien á consecuencia de cualquier traumatismo ó de resultas de alguna degeneración, tiene electricidad negativa comparado con la de aquellos puntos en que todavía conserva vida y excitabilidad. 2.ª El protoplasma, en aquellos puntos en que *está excitado*, es negativo respecto á las porciones que se hallan en reposo y sin experimentar ninguna excitación. 3.ª El protoplasma presenta electricidad *positiva* en las porciones *calentadas*, y *negativa* en las *enfriadas*. 4.ª El protoplasma es *muy polarizable* en su *superficie limitante* (nervio, músculo); la constante de polarización disminuye por la excitación (y por el estado moribundo).

Respecto á ciertos detalles, conviene hacer constar que el músculo inactivo intacto y *enteramente fresco*, no presenta ninguna corriente, y lo mismo el nervio completamente intacto (Grünhagen). Tampoco se observa corriente alguna en el corazón (Engelmann), ni en los músculos de los peces cubiertos todavía de piel. La de la rana posee corrientes propias; pero adoptando ciertas precauciones, haciendo que desaparezcan estas corrientes por medio de los cáusticos, se comprueba que tampoco hay corrientes en los músculos de este animal. Observó además L. Hermann que la corriente muscular nunca aparece hasta después de haber transcurrido cierto tiempo (aunque muy corto) después de practicada la sección transversal.

Toda *lesión traumática* del músculo ó del nervio produce la muerte de la substancia lesionada en la superficie correspondiente (superficie de demarcación), que se vuelve negativa: respecto á la substancia intacta, positiva. Así se explica que sea negativa la sección transversal respecto á la longitudinal. A la corriente que así se origina, la llama Hermann *corriente de demarcación*. Si se moja algún punto de un músculo con disolución de una sal potásica ó con jugo muscular, adquiere dicho punto electricidad negativa, que pierde lavándolo y quitándole la disolución ó jugo con que se hubiese mojado (Biedermann).

Al parecer, es una propiedad de toda substancia protoplasmática viva volverse negativa cuando se muere de resultas de alguna lesión, mientras la porción de dicha substancia que ha quedado intacta conserva su electricidad positiva. Así, todas las secciones transversales de los órganos vegetales vivos son negativas en su superficie (Buff), y lo mismo sucede en los órganos animales, v. gr., en las superficies de las glándulas (Matteucci). (Respecto al órgano eléctrico de los peces, véase el § 343).

Engelmann ha descubierto el fenómeno notable de que tanto el corazón como las fibras musculares lisas, vuelven á perder la electricidad negativa de su sección transversal, cuando las células musculares que han sido seccionadas han muerto en toda su extensión hasta la misma substancia que hace de cemento, y las separa de las inmediatas; y, en los nervios, cuando también ha muerto por completo la porción de los mismos que corresponde á una célula hasta el anillo de Ranvier más próximo. Entonces vuelven á no presentar estos órganos ninguna corriente, porque la substancia, muerta en su totalidad, se comporta como un conductor húmedo completamente indiferente. Tampoco se observa electricidad negativa en las superficies de sección de un músculo cortado por el método subcutáneo, cuando ya se han curado dichas superficies de sección (Engelmann).

En virtud de todos estos hechos, *no se puede admitir la preexistencia de corrientes en los tejidos vivos y en reposo.*

También es diferente la explicación que dan Grünhagen y L. Hermann de la *corriente electrotónica*, puesto que la atribuyen á la *polarización interna* que se realiza en las fibras nerviosas entre el núcleo conductor del nervio y sus cubiertas. Ya Matteucci había descubierto que si se cubre un alambre con una envoltura húmeda, y esta envoltura se pone en comunicación con una corriente constante, se presentan corrientes análogas á las electrotónicas de los nervios, las cuales provienen también de un fenómeno de polarización.

Si se interrumpe en algún punto la continuidad del alambre ó de su envoltura, las corrientes polarizadoras no pasan más allá de esa interrupción. La polarización que se desarrolla en la superficie del alambre, es causa, por la resistencia que representa, de que la corriente que se hace pasar por él se propague á una gran distancia en su porción extra-polar.

Ahora bien; los músculos y los nervios tienen una estructura análoga, puesto que constan de filamentos rodeados de conductores indiferentes. Tan pronto como se hace pasar por su superficie una corriente galvánica, se desarrolla una polarización interna entre los filamentos y sus cubiertas, la cual es la causa de la expansión electrotónica de la corriente, que desaparece en cuanto se interrumpe ésta. La polarización se revela en el hecho de que en el nervio vivo la resistencia que encuentra la corriente galvánica á recorrerle cuando se dirige en dirección perpendicular á los tubos nerviosos, es cerca de cinco veces mayor que la que experimenta cuando su dirección es la de estos; y en el músculo, siete veces mayor cuando es perpendicular á las fibras que cuando sigue su misma dirección.

Respecto á *las corrientes que se originan cuando trabaja el músculo (corrientes de acción)* sienta L. Hermann la proposición siguiente: Cuando una *simple onda de ex-*

citación (sacudida) recorre las fibras musculares en toda su longitud, y se hace que dos puntos distintos del músculo comuniquen con los dos polos de un galvanómetro, se observa que adquiere electricidad negativa con respecto á los demás puntos del músculo aquél por donde pasa la onda. A veces se observan en los músculos preparados para estos experimentos, contracciones locales en algunos puntos, cuya electricidad es también negativa respecto á las porciones restantes que se hallan en reposo (Biedermann). Para explicar la corriente que aparece en los músculos de la rana cuando se encuentran en tétanos, se debe admitir que la excitación, causa de la electricidad negativa, interesa menos á los extremos de la fibra que á su parte media. Sin embargo, esto sólo sucede en los músculos cansados ó moribundos (§ 334. 2).

Según veremos en el § 338 D, cuando se aplica directamente una corriente galvánica á un músculo, se inicia la contracción desde el catodo al cerrar la corriente, y desde el anodo al interrumpirla. Así se explica fácilmente que en el primer caso, al contraerse el músculo, sea negativo el catodo y en el segundo el anodo. Según Hering y Biedermann, estos hechos explican las corrientes consecutivas de que se ha hablado en el § 335.

Si excitando un *nervio* se hace que se *contraiga* el músculo correspondiente, se originará en el punto de entrada del nervio una onda de excitación que caminará hacia ambos extremos del músculo, apareciendo negativa respecto á las porciones de éste que se hallen en reposo. Según el punto del músculo por donde penetre el nervio esté más cerca del uno ó del otro extremo, así será la onda ascendente ó la descendente, la que llegue antes al origen ó á la terminación del músculo. Haciendo, por lo tanto, que estos dos extremos comuniquen con el circuito de un galvanómetro, aparecerá negativo antes aquél que esté más cerca del punto de entrada del nervio, v. gr., el extremo inferior en el gastrocnemio, sucediéndose rápidamente, por lo tanto, en el circuito del galvanómetro, dos corrientes, una ascendente y otra descendente, y lo mismo en el músculo, aunque, como es natural, de sentido contrario á las anteriores (Sig. Mayer) (§ 334. 4).

También se observa este fenómeno en los músculos del antebrazo en el hombre. Cuando estos se contraen por excitación de sus *nervios*, el primer punto que se vuelve negativo es el de entrada de éstos á 10 centímetros por debajo del codo y después los extremos musculares cuando la onda de contracción ya ha llegado á ellos con una velocidad de 10 á 13 metros por segundo (L. Hermann) (§ 301. 1). Para este experimento, se excita el plexo braquial en la axila. Los electrodos que se emplean en este caso, se colocan, uno en la parte superior del antebrazo y otro por encima de la muñeca y están constituídos por tiras de tela empapadas en disolución de sulfato de zinc que rodean por completo al miembro en esos puntos, y con los que se ponen en contacto las almohadillas de papel de los electrodos impolarizables de la pila.

Haciendo que un músculo completamente intacto y sin corriente alguna se contraiga *directamente in toto*, no se observa la aparición de ninguna corriente ni con una simple contracción, ni aun en el estado de tétanos, porque *toda la substancia del músculo* se excita y se contrae *en un solo momento*.

También respecto á los *nervios* admite L. Hermann, que las porciones moribundas y en actividad, son negativas respecto á las normales y en reposo.

Cuando corre agua por espacios capilares, también se produce una corriente eléctrica de la misma dirección de la líquida (Quincke, Zöllner). Lo mismo sucede cuando circula agua por los espacios capilares de cuerpos inorgánicos, como los poros de una placa de arcilla, y otro tanto ocurre con el movimiento que se produce en el agua cuando ésta determina la hinchazón de un cuerpo. Recordaré con este motivo, que la superficie de demarcación de un nervio ó de un músculo lesio-

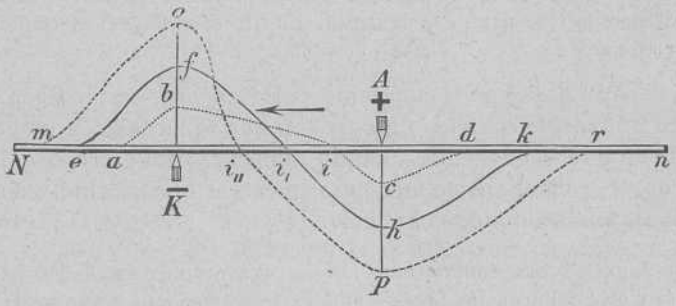
nados, se empapan de líquido y se hinchan con él; que en los puntos en que se contrae un músculo, también absorbe líquido y se hincha (§ 229, II); y que en el acto de la secreción, pasa líquido de la sangre á las células glandulares y de estas al conducto excretor.

En las *plantas* se observan fenómenos eléctricos, tanto en sus movimientos *pasivos* (cuando se doblan las hojas ó el tallo), como en los activos que van acompañados de deformación de ciertas partes, v. gr., los movimientos de la sensitiva, de la dionea (tomo I, pág. 405), etc. Es también muy probable que estas acciones electro-motoras, se puedan explicar por el movimiento del agua que se produce en el interior de los tejidos vegetales cuando se modifica la forma exterior de estos (A. G. Kunkel). Durante la germinación de las plantas, el extremo de la raíz es negativo respecto á las cubiertas de la semilla (Hermann), y los cotiledones positivos respecto á las demás partes del embrión (Müller-Hettlingen). En el huevo de ave incubado, el embrión es positivo, y la yema ó vitellus negativa (Hermann y v. Gendre).

337. Modificaciones en la excitabilidad del nervio y del músculo en el electrótono.

Cuando se hace pasar una corriente eléctrica constante (polarizadora), por un trozo determinado de un nervio vivo, *se modifica la excitabilidad de éste* (Ritter 1802, Nobili, Valentin, Eckhard, Pflüger), sobreviniendo un estado llamado electrotónico ó simplemente *electrótono* (Du Bois-Reymond). Este estado de excitabilidad modificada, no sólo se observa en la

Figura 216.



Esquema de la modificación electrotónica de la excitabilidad nerviosa.

porción del nervio atravesada por la corriente (porción intra-polar), sino que se propaga á todo él. Pflüger ha descubierto (1859), la siguiente ley del electrótono:

La excitabilidad está *disminuída* en el polo *positivo* ó anodo (figura 216, *A*), llamándose á este estado *anelectrótono*; y está *aumentada* la excitabilidad en el polo *negativo* ó catodo (K) á cuyo estado se llama *catelectrótono*. Estas modificaciones de la excitabilidad, alcanzan su grado máximo en la proximidad de los polos.

Como es natural, ha de haber en la *porción intra-polar*, un punto en donde confinen el anelectrótono y catelectrótono, y en donde por lo tan-

to no esté modificada la excitabilidad. *Este punto indiferente* se encuentra más cerca del anodo *i*, con las corrientes débiles, y del catodo i_{11} con las corrientes enérgicas; así que en el primer caso está aumentada la excitabilidad en casi toda la porción intra-polar, y disminuída en el segundo. Las corrientes muy intensas disminuyen tanto la conductibilidad en el anodo, que á veces la *abolen* por completo.

También en el *catodo* se disminuye la excitabilidad y se suprime la conductibilidad del nervio (Grünhagen) cuando la corriente lleva algún tiempo de estar recorriendo el nervio (Werigo).

La zona del nervio *por fuera* de los electrodos, ó zona extra-polar en que está modificada la excitabilidad, es tanto más extensa, cuanto más fuerte sea la corriente que le recorra. Además, con las corrientes muy débiles, la zona extra-polar del anelectrótono es mayor que la del catelectrótono; con las corrientes fuertes sucede lo contrario.

La figura 216 representa gráficamente las modificaciones que experimenta la excitabilidad de un nervio, N *n*, recorrido por una corriente constante en la dirección de la flecha. Las curvas están trazadas de tal modo, que los grados de excitabilidad aumentada en las cercanías del catodo *K*, aparecen como elevaciones por encima del nervio, y como depresiones los de excitabilidad disminuída en la zona del anodo A. La curva *m*, *o*, i_{11}, *p*, *r*, representa la excitabilidad cuando la corriente es intensa; la *e*, *f*, i_1, *h*, *k*, cuando es de mediana intensidad, y la curva *a*, *b*, *i*, *c*, *d*, cuando la corriente que recorre el nervio es débil.

Los efectos electrotónicos se acentuan cuanto mayor es la longitud del trozo de nervio recorrido por la corriente. La modificación de la excitabilidad en el catelectrótono aparece en el mismo instante en que se cierra la corriente; el anelectrótono se desarrolla y propaga con lentitud. El frío *disminuye* el electrótono (Hermann y v. Gendre).

Cuando se interrumpe la corriente polarizadora, se modifica la excitabilidad en *sentido contrario* á aquel en que se hallaba, y luego vuelve al estado en que se encuentra cuando el nervio está en reposo (Pflüger). Wundt observó en el mismo momento de cerrar la corriente, un aumento en la excitabilidad de todo el nervio.

I. Demostración del electrótono en los nervios motores. — Para demostrar la ley del electrótono en los nervios motores, se toma una *preparación de rana*, compuesta de una pata de este animal con su nervio ciático (fig. 217). Aplicando al nervio electrodos *impolarizables* (fig. 219, IV), se hace pasar por una porción de él una corriente constante (pág. 130). Ahora se excita el nervio en la zona del anodo ó del catodo, valiéndose para ello de una descarga eléctrica, de algún agente químico como la sal común, ó bien de algún irritante mecánico (Tigerstedt), y se examina si varían en su magnitud las contracciones producidas por estos excitantes, según que la corriente galvánica que atraviesa el nervio está interrumpida ó cerrada. Las contracciones efectuadas por los gemelos se pueden registrar por medio del *miógrafo* (§ 300). Pueden suceder varios casos:

a) *Anelectrótono extra-polar descendente.* — En este caso, la corriente es descendente, y se trata de estudiar la excitabilidad en la porción extra-polar inmediata al anodo. En este caso, A, aplicando el excitante (sal común) en R, mientras está *interrumpida* la corriente galvánica, se producen grandes contracciones que se *de-*

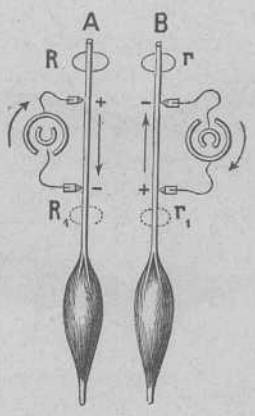
bilitan ó se *extinguen* en cuanto pasa dicha corriente por el nervio. Si se vuelve á interrumpir esta corriente, reaparecen las contracciones con su primitiva intensidad.

b) *Catelectrótono extra-polar descendente* (A).—El excitante salino se aplica en R_1; las contracciones que determina *aumentan de intensidad* en cuanto se cierra la corriente polarizadora, y vuelven á su estado primitivo tan pronto como ésta se interrumpe.

c) *Anelectrótono extra-polar ascendente* (B). —La sal se coloca en r_1; las contracciones que antes de cerrar la corriente eran de mediana intensidad, se hacen más débiles después de dicho cierre.

d) *Catalectrótono extra-polar ascendente* (B).—La sal se aplica en *r*. En este caso hay que distinguir, según la intensidad de la corriente polarizadora: 1.°, si ésta es *muy débil*, lo cual es fácil de conseguir y graduar por medio del reocordio (fig. 208), *aumenta* la energía de las contracciones después de cerrada la corriente polarizadora. 2.° Pero si esta última es *fuerte*, entonces las contracciones se hacen más pequeñas ó hasta cesan por completo. La causa de esta última particularidad, consiste en que, bajo la influencia de una corriente fuerte, disminuye ó se abole por completo la conductibilidad en el anodo (pág. 151), y por lo tanto, aunque en este caso la sal obra sobre una porción de nervio más excitable, no llega esta excitación hasta el músculo, porque encuentra en su camino al anodo, cuya conductibilidad está disminuída ó abolida.

Figura 217.



Procedimiento para estudiar las modificaciones de la excitabilidad en el electrótono.

También se pueden demostrar las leyes del electrótono en un *nervio completamente aislado*. El extremo de éste se coloca sobre los electrodos impolarizables de una corriente intensa. La corriente polarizadora se aplica en el mismo nervio á cierta distancia. Si una vez cerrado el circuito se excita ahora el nervio en el trozo anelectrotónico (por medio de una descarga de inducción), la *variacion negativa* de la corriente será *más débil* que cuando estaba interrumpida la polarizadora, y en cambio será más intensa cuando se excite el nervio en la porción catelectrotónica (Bernstein). También las corrientes que aparecen con el electrótono en la porción extra-polar, presentan variación negativa cuando se excita el nervio (Bernstein).

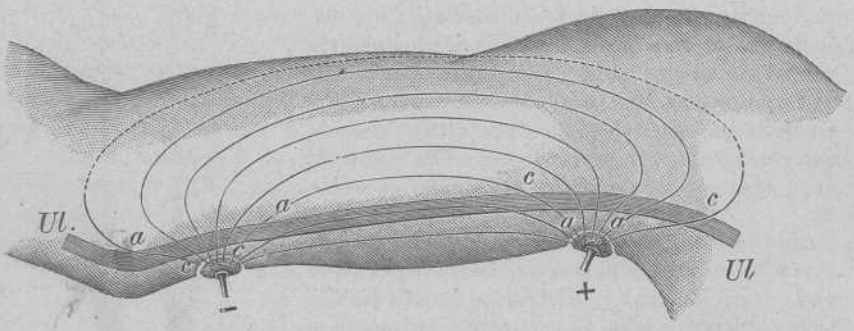
TAMBIÉN SE HA DEMOSTRADO LA LEY DEL ELECTRÓTONO EN EL HOMBRE VIVO (Eulenburg).—En este caso, hay que tener en cuenta las particularidades que presenta la distribución de la corriente en los tejidos del organismo. En efecto, si se aplican los dos electrodos en el curso del nervio cubital (fig. 218), se ve que las corrientes que entran en los nervios por el anodo (+ *a a*) habían de disminuir su excitabilidad; pero por encima y por debajo del anodo (en *c c*), vuelve á salir del nervio parte de la corriente positiva, originando en estos puntos, y como es natural, un catelectrótono. De un modo semejante está también aumentada la excitabilidad en el punto de aplicación del catodo (en — *c c*); pero en los trozos del nervio anterior y posterior á este punto (en *a a*), por donde entra la corriente positiva (que viene de +) en el nervio, ha de estar disminuída la excitabilidad (anelectrótono) (v. Helmholtz, Erb). Por lo tanto, si se quiere excitar un nervio en la proximidad de un electrodo, no habrá que aplicar el excitante á un punto cuya excitabilidad esté modificada por ese electrodo. Según esto, para que la excitación pueda

obrar directamente sobre el mismo punto de aplicación del electrodo, es preciso que el mismo electrodo haga de excitante, v. gr., de un modo mecánico, ó si éste es eléctrico, que la corriente que obre como excitante, sea transmitida por el mismo circuito de la corriente polarizadora (Walter y de Watteville).

II. Demostración del electrótono en los nervios sensitivos. — En una rana decapitada se pone á descubierto y se aisla uno de los nervios ciáticos. Excitándole con el cloruro sódico, se producen *contracciones reflejas* en la otra pata, por intermedio de la médula espinal intacta, cuyas contracciones cesan en cuanto se hace pasar una corriente constante por el nervio, dirigida de tal modo, que el punto excitado por la sal venga á caer en la porción anelectrotónica (Pflüger y Zurhelle, Hällstén).

III. Demostración del electrótono en los nervios de freno ó inhibitorios.— Para estudiar la función moderadora del corazón, del pneumogástrico, en el electrótono, procedí de la manera siguiente: cuando se produce disnea en el conejo, disminuye el número de los latidos cardíacos, porque la sangre disnéica excita al

Figura 218.



Esquema de la distribución de la corriente eléctrica en el brazo cuando se galvaniza el nervio cubital.

centro moderador del corazón, que hay en la médula oblongada. Si en este estado se corta uno de los pneumogástricos, y se hace pasar por el otro una corriente constante de dirección descendente, vuelve á hacerse más frecuente el pulso (anelectrótono extra-polar descendente). Por el contrario, si la corriente fuese ascendente, aún disminuye más la frecuencia de los latidos cardíacos cuando es débil; en cambio aumenta su número cuando la corriente es fuerte (catelectrótono extra-polar ascendente). Resulta, por lo tanto, que la *accion de los nervios de freno en el electrótono, es precisamente la contraria de la de los nervios motores.*

En el *músculo* está modificada la excitabilidad en la porción *intrapolar* durante el electrótono; tampoco pasa de esta zona el retardo en la conductibilidad (v. Bezold) (§ 339, I).

338. Aparición y desaparición del electrótono. Ley de las sacudidas.

El nervio es *excitado*, tanto en el momento de aparecer como en el de desaparecer el electrótono, es decir, lo mismo al cerrar que al romper ó abrir la corriente (Ritter). 1.° Al *cerrar* la corriente sólo se produce esa excitación en el *catodo*, ó sea en el mismo momento en que aparece el catelectrótono. 2.° Al *abrir* ó interrumpir la corriente, no se produce la

excitación más que en el *anodo*, ó sea en el momento en que desaparece el anelectrótono. 3.° De estas dos excitaciones, es más enérgica la que se produce al aparecer el catelectrótono que la que se origina al desaparecer el anelectrótono (Pflüger).

Pflüger ha demostrado que la excitación producida al *interrumpir la corriente, solo proviene del anodo*. Para ello emplea el *tétanos de ruptura* de Ritter, cuyo fenómeno se produce cuando, después de haber hecho pasar una corriente constante enérgica por un trozo largo de nervio, se interrumpe dicha corriente; aparece entonces un tétanos de larga duración. Si la corriente era descendente, cesa el tétanos en cuanto se corta el nervio en su porción intra-polar, lo cual demuestra que la excitación tetánica provenía del anodo, incomunicado ahora con el músculo. En cambio, si la corriente era ascendente, no desaparecía el tétanos, aunque se practicase dicha operación.

Pflüger y v. Bezold encontraron una prueba más de que *la sacudida de cierre proviene del catodo, y la de ruptura del anodo*, en el hecho de que si la corriente es descendente, la sacudida se presenta en el momento del cierre, *antes* que la de ruptura, cuando se interrumpe la corriente: en cambio, con la corriente ascendente sucede todo lo contrario. Este retardo que se observa, proviene del tiempo que invierte la excitación en propagarse por la porción intra-polar del nervio (§ 339). Si en una preparación de rana se suprime la excitabilidad de una gran parte de la porción intra-polar del nervio tocándola con amoníaco, jamás obra como excitante más que el electrodo próximo al músculo: ó sea, al cerrar la corriente cuando es descendente, y al interrumpirla en el caso contrario (Biedermann).

La ley de la excitación se aplica á toda clase de nervios.

A) LEY DE LAS SACUDIDAS. — I. Las sacudidas que se presentan al cerrar ó interrumpir la corriente, difieren según la DIRECCIÓN de ésta (Pfaff) y su INTENSIDAD (Heidenhain).

1.° *Las corrientes muy débiles* sólo producen *sacudida de ruptura*, tanto cuando son descendentes como cuando son ascendentes, en armonía con lo que ya se ha dicho. La desaparición del anelectrótono es una excitación tan débil en este caso, que el nervio no reacciona con ella.

2.° Las corrientes de *intensidad media*, tanto ascendentes como descendentes, producen sacudidas lo mismo al cerrarlas que al abrirlas.

3.° Las corrientes *muy fuertes* sólo producen *sacudida de cierre* cuando son *descendentes*, faltando la de ruptura, porque en este caso el electrótono hace que pierda su conductibilidad casi toda la porción intrapolar (pág. 151). Las corrientes *ascendentes* muy fuertes, tampoco producen más que *sacudidas de ruptura* por esta misma razón. Con cierta intensidad de la corriente, permanece contraído el músculo mientras está cerrada (tétanos de cierre),

II. También se modifica la ley de sacudidas en el nervio *moribundo*, cuya excitabilidad se altera según la ley de Ritter-Valli (§ 327. 7). En efecto, en el período de excitabilidad aumentada, las corrientes *débiles*, sean descendentes ó ascendentes, sólo producen sacudida de cierre. En el período siguiente en que empieza á disminuir la excitabilidad, esas corrientes producen sacudidas de cierre y de ruptura. Finalmente, en el período en que la excitabilidad está muy disminuída, la corriente des-

cendente sólo produce sacudida de cierre, y la ascendente, de ruptura (Ritter, 1829).

III. Como estos diversos períodos de excitabilidad modificada se manifiestan en los nervios iniciándose en su porción central y propagándose sucesivamente á la periferia, á menudo se pueden observar simultáneamente en las diversas porciones de nervio. Según Valentin, A. Fick, Cl. Bernard, Schiff, etc., con el nervio vivo y completamente intacto, sólo se produce sacudida de cierre, sea cualquiera la dirección de la corriente, no dando origen á sacudida de ruptura más que cuando la intensidad de la corriente es muy considerable.

Teniendo en cuenta el hecho de que en un nervio hay ciertos puntos de mayor excitabilidad (§ 327. 8), v. Fleischl y Stricker, han establecido para estos casos una ley especial de sacudidas que el primero de dichos autores formula en los siguientes términos: el nervio ciático se divide en tres trozos que comprenden, el primero, desde el músculo hasta el punto de donde arrancan las ramas que se dirigen á la parte inferior del músculo; el segundo trozo se dirige desde aquí hasta el ganglio intervertebral, y el tercero desde este punto hasta la médula. Cada uno de estos trozos constan de dos partes (polos superior é inferior que confinan en un ecuador). En cada polo superior es más sensible el nervio para la corriente descendente; lo es en cambio para la ascendente en cada polo inferior; y en los ecuadores es la sensibilidad igual para ambas corrientes. La diferencia en la actividad de éstas para un punto dado del nervio, es tanto mayor, cuanto más diste ese punto del ecuador á que corresponda. La excitabilidad es muy pequeña en los puntos del nervio en que se continua cada uno de sus trozos con el siguiente.

Eckard, empleando corrientes de mediana intensidad en el nervio hipogloso del conejo vivo, observó que si eran ascendentes, se producía una especie de temblor (en vez de una contracción) en la mitad correspondiente de la lengua, cuando se interrumpía la corriente, presentándose este mismo fenómeno al cerrarla cuando era descendente (§ 299. 3).

Pflüger ha tratado de explicar de un modo gráfico la ley de las sacudidas. Según él, las moléculas del nervio inactivo se encuentran en un estado de movilidad moderada que aumenta con el catelectrótono y disminuye con el anelectrótono. Según esto, obran estos estados como un excitante cuando hacen que las moléculas nerviosas pasen del estado de reposo al de fácil movilidad, ó del de difícil movilidad al de movilidad media ó reposo.

B) En los *nervios de freno* se observan también fenómenos análogos á los de los nervios motores según la ley de las sacudidas. Moleschott, v. Bezold y Donders, han examinado con tal objeto los ramos cardíacos del pneumogástrico, habiendo obtenido idénticos resultados que con los nervios motores, con la diferencia natural de estar sustituída en este caso la sacudida por una detención de los latidos cardíacos.

C) Lo mismo sucede con los *nervios sensitivos*, sólo que el órgano que percibe la influencia de la excitación se encuentra en este caso en el extremo central del nervio y no en el periférico, como en los nervios motores. Pflüger estudió la influencia del cierre y de la ruptura de las corrientes sobre los nervios sensitivos, observando las *sacudidas reflejas* que así se producen. Con las corrientes *débiles* sólo se originan sacudidas de cierre; con las de *intensidad media*, sacudidas de cierre y de ruptu-

ra ; con las *fuertes* sólo sacudidas de cierre con las corrientes ascendentes y de ruptura con los descendentes. Aplicadas las corrientes á la *piel* del hombre, sólo producen sensación de cierre cuando son *débiles*, sea cualquiera su dirección ; las *fuertes* y *descendentes*, sólo producen sensación á la ruptura y las *fuertes* y *ascendentes* nada más que sensación al cierre (Marianini, Matteucci). Mientras está cerrada la corriente, se percibe una sensación de picazón y ardor que se acentua cuanto más intensa es la corriente (Volta). Los fenómenos que se observan en los *nervios sensoriales* (sensaciones de luz y de sonido), son análogos á los anteriores (Volta, Ritter).

D) En el músculo se estudia la ley de sacudidas, fijando uno de sus extremos de modo que no se pueda acortar, y aplicando á éste la corriente, que se cierra ó se abre, según se desee. Se observa entonces que el extremo movible sigue exactamente la ley de sacudidas como si se hubiera excitado el nervio motor (v. Bezold). Al cerrar la corriente empieza la sacudida en el catodo, y al abrirla ó romperla en el anodo (Engelmann).

E. Hering y Biedermann, demostraron además que las *sacudidas de cierre y de ruptura, son efectos puramente de polarización*. En efecto, cuando se aplica una corriente *débil* á un músculo, se observa como primer fenómeno al *cerrarla*, una pequeña contracción limitada á la *mitad del músculo del lado del catodo*. Si aumenta la intensidad de la corriente, la contracción es más enérgica y se extiende hasta el anodo, pero aun entonces, es más débil aquí que en el catodo ; al mismo tiempo *permanece contraído* el músculo mientras está cerrada la corriente. *Al interrumpirla*, comienza la contracción en el *anodo* ; pudiendo también permanecer el músculo contraído después durante cierto tiempo y cesando esta contracción cuando se hace pasar una corriente en el mismo sentido. La ley de la acción polar se observa también en los *músculos lisos* del útero y del intestino, separados del cuerpo y mantenidos á su calor natural (Engelmann, Biedermann y Simchowitz) ; en el ventrículo aislado de la rana (§ 64, *c*) ; y en la cubierta músculo-cutánea de los vermes (Fürst) y de las holoturias (Biedermann). Es notable que la mayor parte de los protistos (rizópodos) presentan un fenómeno inverso ó sea contracción anódica de cierre (Verworn).

Matando el extremo de un músculo con cualquier procedimiento, disminuye la excitabilidad en sus cercanías, y esa es la causa de que sea muy débil el efecto polar en semejante punto (van Loon y Engelmann, Biedermann). También disminuye la acción polar en un punto del músculo cuando éste se toca con extracto de carne, potasa ó alcohol ; en cambio aumenta con el contacto de las sales de sosa y de la veratrina (Biedermann).

Haciendo pasar una corriente á lo largo de un músculo, hay casos, v. gr., cuando se mata uno de sus extremos ó se trata en el hombre de una parálisis muscular periférica (§ 341. I), en los cuales tanto mientras está cerrada la corriente como después de interrumpida, se producen en *ambos extremos* del músculo, no sólo excitaciones permanentes, sino también sacudidas (Biedermann).

El acortamiento moderado y permanente ó *contracción persistente de cierre* que se observa á veces en el músculo mientras está cerrada la corriente (fig. 180, IV),

proviene de la persistencia anormal de la contracción de cierre en el catodo (cuando el excitante es fuerte, ó en el período moribundo del músculo, ó en las ranas de invierno enfriadas). También se produce á veces una contracción análoga, procedente del anodo, al romper la corriente (Biedermann). Tratando el músculo con una disolución de sal común al 2 por 100, que contenga carbonato sódico, se exagera mucho la contracción permanente y aparece á veces bajo una forma rítmica (Biedermann).

Intercalando todo el músculo en el circuito de la corriente, predomina la sacudida de cierre, sea cualquiera la dirección de aquélla; si es ascendente, es más marcada la contracción permanente, mientras está cerrado el circuito (Wundt).

Es notable que la corriente constante ejerza una influencia opuesta *sobre el músculo que se encuentra en estado de contracción permanente*, que sobre aquel que está relajado. Aplicando los electrodos impolarizables de una corriente constante á un músculo, de modo que le recorra en toda su longitud, cuando se halle contraído permanentemente (á causa de la intoxicación por la veratrina, ó por tratarse del ventrículo en estado de contracción), se inicia, al cerrarse la corriente, una *relajación* en el anodo, que se va extendiendo al resto del músculo; al abrir ó romper la corriente, si el músculo estaba contraído, se inicia la relajación en el catodo.

En armonía con estos fenómenos notables, se observan también corrientes en la substancia muscular, con arreglo á la ley de que toda zona contraída es negativa, respecto á la que se halle en reposo (Biedermann). Quizá ilustre algo esta cuestión lo observado por Paulow, respecto al músculo adductor de las valvas de los lamelibranquios; en efecto, encontró dicho autor en ese músculo fibras nerviosas, cuya excitación hace que se relaje cuando está contraído.

Cuando un nervio ó un músculo está recorrido durante mucho tiempo por una corriente constante, es frecuente que sobrevenga *tétanos* en el momento de interrumpir ésta : tétanos de ruptura, de Ritter (1798). Este tétanos cesa volviendo á cerrar la corriente en la dirección primitiva, y en cambio, se refuerza si la corriente es de dirección contraria (*alternativas* de Volta). En efecto, el paso constante de una corriente, aumenta la excitabilidad para la ruptura de la de la misma dirección, y para el cierre de la corriente de dirección contraria; la disminuye, en cambio, para el cierre de la corriente de la misma dirección y para la ruptura de la dirección opuesta (Volta, J. Rosenthal, Wundt).

La causa de la sacudida de ruptura es, en parte, según Grützner y Tigerstedt, la formación de corrientes consecutivas polarizadoras (§ 335), y según Hermann, la disminución de la polarización anódica positiva.

Engelmann y Grünhagen, explican de otro modo los tétanos de ruptura y de cierre, puesto que los hacen provenir de excitaciones latentes que se producen en los nervios preparados (por la desecación ó las oscilaciones de temperatura), excitaciones que en sí son demasiado débiles para ocasionar el tétanos, pero que llegan á adquirir la suficiente intensidad cuando aumenta la excitabilidad de los nervios en el catodo después del cierre de la corriente, y en el anodo después de su ruptura.

Biedermann ha demostrado que en una preparación de rana se observan dos contracciones sucesivas de ruptura en determinadas circunstancias; de cuyas contracciones, la segunda ó más tardía, corresponde al tétanos de Ritter. La primera es producida por la desaparición del anelectrótono, en el sentido que lo explica Pflüger, y la segunda se explica con la hipótesis ideada por Engelmann y Grünhagen para el tétanos de Ritter.

Accion simultánea de la corriente constante y de la corriente propia. — Acción de dos corrientes. — En la pata galvanoscópica de rana, preparada para demostrar la ley de las sacudidas, se desarrolla en el nervio, como es natural, una corriente de demarcación (§ 336. II). Haciendo pasar por ese nervio una corriente débil que haga de excitante, puede darse el caso de que ésta y la propia del nervio interfieran entre sí; el cierre de una corriente constante muy débil produce una sacudida que no es una verdadera sacudida de cierre, sino que proviene de la ruptura ó derivación de una parte de la corriente de demarcación. En cambio, la ruptura de una corriente constante muy débil, puede producir una contracción, la cual proviene del cierre de una corriente derivada, que es parte de la misma corriente propia del nervio, y pasa por un circuito secundario á través de los electrodos (E. Hering, Biedermann, Grützner).

Cuando un nervio motor es excitado simultáneamente por dos descargas de inducción, pueden suceder dos casos. En el primero, una de las dos descargas es tan débil, que la excitación que determina en el nervio, no es capaz de ocasionar ninguna sacudida, y en cambio, la otra descarga la produce, pero muy ligera; en este caso, la descarga inframínima desempeña el papel de una corriente constante poco intensa, y la magnitud de la sacudida depende tan sólo de si la descarga eléctrica eficaz actua en la zona del anodo ó en la del catodo de la corriente inframínina, (Sewall, Grünhagen, Werigo). Pero si en dos puntos del nervio bastante distantes para excluir la influencia electrotónica, se emplean como excitantes dos descargas eléctricas de desigual intensidad, pero suficiente en ambas para determinar una contracción muscular, se observa el mismo resultado que si sólo obrase la excitación más intensa; la onda de excitación más débil, se confunde por completo con la más fuerte (Grünhagen, Werigo).

339. Velocidad de la transmisión nerviosa.

1.° Excitando un *nervio motor* en su extremo central, se propaga la excitación hasta el músculo con una gran velocidad, que en el ciático de la rana, es de 27 metros y medio por segundo (v. Helmholtz), y en los nervios motores del hombre de 33,9 metros (v. Helmholtz y Baxt).

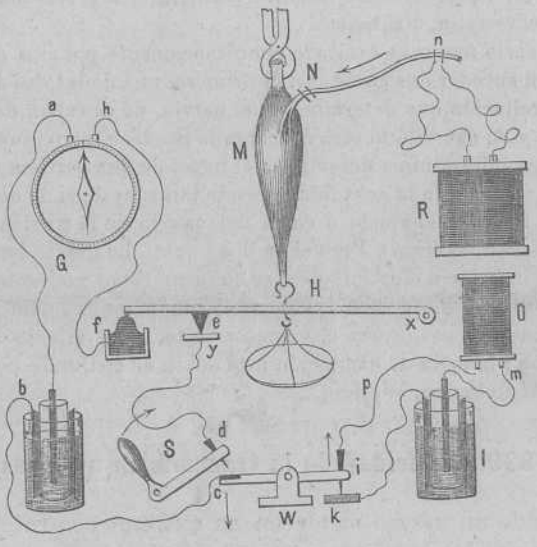
Al parecer, es mucho menor la velocidad de transmisión en los *nervios viscerales*, tal como en las fibras esofágicas del pneumogástrico, en que es de 8,2 metros por segundo (Chauveau), y de 6 en los nervios motores de la langosta, según Fredericq y van de Velde.

La velocidad de la transmisión nerviosa, varía según ciertas influencias. El *frío* la retarda en alto grado (v. Helmholtz), pero también sucede lo mismo con una excesiva *elevación de temperatura* (Steiner y Trojtzky). Tienen la misma acción el *curare* y el estado *electrotónico* (v. Bezold), ó solamente el anelectrótono, y en cambio le acelera (en los nervios puestos al descubierto) (Novi y Brugia) el catelectrótono (Rutherford, Wundt). Varía, además (?), con la *longitud* del trozo de nervio que se

examine (H. Munk, Rosenthal), y aumenta con la *intensidad* de la excitación (v. Helmholtz y Baxt, etc.); pero no al principio (v. Vintschgau) (véase también § 327. 7).

Procedimiento de investigación.— V. Helmholtz (1850), averiguó la velocidad con que se transmite la excitación en el nervio motor de la rana, según el procedimiento de Pouillet, que se funda en que la aguja del galvanómetro, se desvía por una corriente constante de muy poca duración, y que *la magnitud de la desviación, es proporcional á la duración y á la intensidad* (conocida en este caso) *de la corriente. Se cierra la corriente, cuya duración se va á medir, en el momento en que el nervio es excitado, y se la vuelve á romper cuando el músculo se contrae. Si primero se excita el nervio en su extremo más central, y después, inmediatamente antes de penetrar en el músculo, será más corto, en este último caso, el intervalo entre la excitación y la sacudida* (y por lo tanto, menor la desviación de la aguja), *que no en el primero, en que habrá tenido*

Figura 219.



Método de v. Helmholtz, para determinar la velocidad con que se propaga la excitación en los nervios.

que recorrer la excitación todo el trayecto del nervio hasta el músculo. La diferencia entre ambos tiempos, representa el que invierte la excitación en recorrer todo el trozo de nervio examinado en el experimento.

La figura 219, representa en esquema la disposición del experimento. El galvanómetro G, se intercala en el circuito (*a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *h*), (interrumpido por ahora provisionalmente) de la corriente cuya duración se pretende medir. Esta corriente se cierra, bajando la palanca S, con lo cual la punta *d* deprime la placa de platino *c* de la palanca W. Tan pronto como se cierra la corriente, en el mismo momento se desvía la aguja, y se anota la magnitud de la desviación. Pero en este mismo instante en que se cierra la corriente entre *c* y *d*, como quiera que se eleva el otro extremo de la pieza oscilante, se interrumpe en *i* el circuito primario del aparato de inducción (*k*, *i*, *p*, O, *m*, *l*), produciéndose de este modo, en la hélice secundaria R, una descarga de ruptura que excita en *n* al nervio de la preparación de

rana. La excitación se propaga por el nervio al músculo M, que se contrae en cuanto la recibe, levantando la palanca H (que gira alrededor de x), é interrumpiendo de este modo el contacto en e y en f, y por lo tanto, la corriente cuya duración se desea medir. El contacto en f, consiste en un menisco convexo de mercurio, que se estira, siendo atraído hacia arriba. Cuando después de contraído el músculo, vuelve á bajar la palanca H, de modo que la punta e se aplica á la placa sólida subyacente, sigue, sin embargo, interrumpido el contacto en f, y por lo tanto, el circuito del galvanómetro.

Respecto á otros procedimientos, véase el § 334. 5.

En el hombre, han determinado v. Helmholtz y Baxt, la velocidad con se propaga la excitación en el *nervio mediano*, haciendo que, al contraerse los músculos de la eminencia tenar, eleven, con su aumento de espesor, una palanca apoyada sobre ellos, la cual inscribía este movimiento en un cilindro giratorio. Primero se excitaba el nervio en la axila, y después en la muñeca; las dos curvas obtenidas en estos casos, han de presentar cierta diferencia de tiempo en su aparición, que representa el necesario para que recorra la excitación el trozo comprendido entre la axila y la muñeca. Para este experimento, se encierra todo el brazo en un vendaje enyesado, á fin de que se hallen en reposo sus músculos.

Según Bernstein, para que la excitación que se transmite por el nervio motor al músculo estimule las *terminaciones nerviosas*, debe durar, por término medio, 0,0032 segundos (rana).

2.° En *los nervios sensitivos del hombre*, se propaga la excitación, probablemente, con la misma rapidez que en los motores; pero las cifras medias obtenidas, oscilan en límites tan amplios, como entre 94 y 30 metros por segundo (v. Helmholtz, Kohlrausch, v. Wittich, Schelske, Hirsch, de Jaager, etc.).

Procedimiento de investigación. — En la persona que se presta al experimento, se excitan sucesivamente, y de un modo instantáneo, dos puntos cuya distancia al cerebro sea lo más desigual posible, tales como el pabellón de la oreja y el dedo gordo del pie, empleando, v. gr., la corriente inducida de ruptura. Se anota el momento preciso de la excitación, pudiendo valerse, con tal objeto, de un diapasón cuyas ramas, al separarse, no sólo empiezan á vibrar, sino que interrumpen al mismo tiempo la corriente primaria (tomo I, pág. 163). El sujeto del experimento, marca en los dos casos, sobre la placa, una señal en el mismo momento en que siente la excitación (respecto al *tiempo de reacción* que hay que tener en cuenta en estos casos, véase el § 376).

Estados patológicos. — En algunas enfermedades de la médula espinal (§ 336) se ha observado el síntoma notable de una conducción muy retardada en los nervios sensitivos de la piel, aunque sin alterarse en algunos casos. A veces sólo se retarda la conducción de las sensaciones dolorosas, de tal suerte, que cuando se hiere la piel, primero se percibe una sensación tactil y más tarde la de dolor ó á la inversa. Si el intervalo entre estas dos sensaciones es muy considerable, se observa una *doble sensación* perfectamente marcada (Naunyn, E. Remak, Eulenburg, F. Fischer).

En el dominio de los nervios motores es raro que, hallándose la musculatura en buen estado de desarrollo, se efectuen los movimientos voluntarios con mucha más lentitud que de costumbre, porque se alargue el intervalo entre el impulso voluntario y la contracción y porque los músculos se contraigan de un modo más lento, y por lo tanto, más tónico (Petrone). En los nervios que presentan reacción de degeneración (§ 341) está muy retardada la contracción en el electrótono (pág. 160)

(Brugia). En los tabéticos se ha observado también un retardo en la aparición de los reflejos, retardo que es mayor cuando se emplea el calor (60°) como excitante, que no cuando se recurre al frío (0,5° C.) (Ewald).

340. Conductibilidad de los nervios en ambas direcciones.

Se da el nombre de *conductibilidad* á aquella propiedad del nervio vivo por virtud de la cual transmite en toda su longitud la excitación recibida en un punto de la misma. La conductibilidad es destruída por toda intervención que *lesione la continuidad* del nervio, como la sección, la ligadura, el magullamiento, la acción de agentes químicos destructores ó que *abola la excitabilidad* en algún punto de su trayecto, como la falta absoluta de sangre ; ciertos venenos, como el curare para los nervios motores y el anelectrótono muy intenso (pág. 151). La conducción sólo se efectua siempre por fibras que se continuen directamente entre sí ; nunca se realiza entre fibras adyacentes *(ley de la conductibilidad aislada)*.

Entendemos bajo la denominación de *conductibilidad en ambas direcciones*, la facultad que posee el nervio de transmitir á todo lo largo de él y en ambos sentidos la excitación recibida en un punto de su trayecto.

Cierto que en el organismo intacto las disposiciones anatómicas de los nervios hacen que el nervio motor sólo conduzca en dirección centrífuga y el sensitivo en dirección centrípeta ; pero disponiendo las cosas de un modo conveniente, se demuestra que todo nervio es capaz de conducir en ambas direcciones, á la manera de un conductor inorgánico.

Las pruebas que se han aducido para demostrar este aserto, son las siguientes :

1.ª Cuando se excita un nervio *se modifican sus propiedades eléctricas* por encima y por debajo del punto excitado (véase *variación negativa de la corriente en el nervio*, pág. 142).

2.ª Si en el malapteruro se excita el extremo posterior libre de las fibras nerviosas eléctricas, centrífugas, cortadas, entran en excitación las ramas que parten de estos nervios por encima del extremo excitado, de tal manera, que se descarga todo el órgano eléctrico (Babuchin, Mantey). Incindiendo á lo largo el tercio inferior del músculo sartorio de la rana y excitando mecánicamente uno de estos cabos musculares, se ve que la excitación se propaga por estas fibras nerviosas bifurcadas, de tal manera, que partiendo de la rama excitada, asciende hasta el punto de bifurcación y desciende por la otra al cabo muscular no excitado directamente, pero que de este modo lo es, y cuyas fibras se contraen por lo tanto (Kühne). El músculo vasto interno de la rana está dividido en dos mitades por una intersección tendinosa, y las ramas nerviosas de cada mitad provienen de una bifurcación del tronco respectivo. Ahora bien, excitando el nervio correspondiente á una de esas mitades del músculo, se contrae éste en su totalidad (Kühne).

DR. PEREZ ARAPILES
c/ Lancia núm. 12 - 3.º
Teléfono 30 81 16

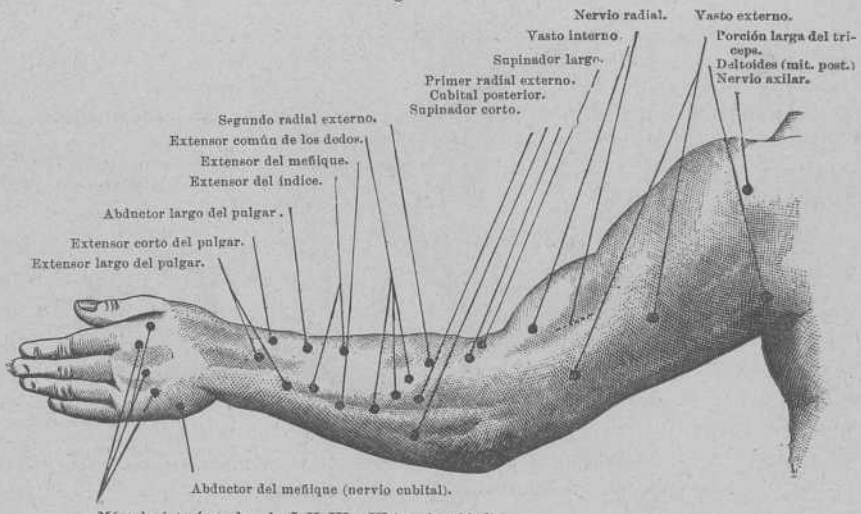
Todas las pruebas que antes se aducían fundándose en experimentos en los que se cortaba un nervio y se le volvía á ingertar, de tal manera, que parecía conducir en distinto sentido que antes de la operación (Gluge y Thiernesse, P. Bert) no resisten á la crítica (Koch).

341. Electroterapia. — Reacción de degeneración.

La electricidad se emplea mucho en medicina con fin terapéutico, y sobre todo, ó bien bajo la forma de *corrientes alternas rápidamente interrumpidas*, valiéndose del *aparato de inducción* (§ 332) (corrientes farádicas usadas especialmente desde Duchenne, 1847) de las *máquinas electro-magnéticas* (pág. 135) ó de los aparatos de extra-corriente (pág. 132) ó bien como *corrientes constantes* (pág. 130), especialmente desde Remak (1855) acá.

El empleo de la electricidad se funda en sus propiedades físicas y fisiológicas.

Figura 220.



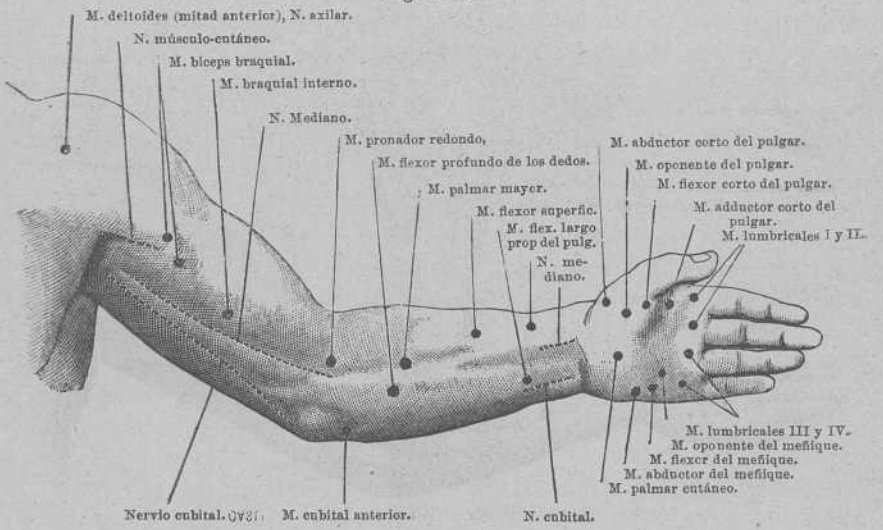
Puntos motores del nervio radial y de los músculos animados por él. Cara dorsal de la extremidad superior (según Eichhorst).

I. En las parálisis se aplican las corrientes farádicas al músculo mismo (Duchenne) ó al punto de entrada en él del nervio motor (v. Ziemssen); empleándose electrodos apropiados, húmedos y cubiertos de un trozo de esponja (fig. 223, 222, 221 y 220). La fig. 229 representa los puntos motores de la cara, y la fig. 228 los del cuello. Con la faradización se aspira por de pronto á evitar que el músculo paralizado degenere secundariamente á causa de su inacción; con ese objeto se excitan artificialmente sus movimientos. Pero si, además de los nervios motores de un músculo, están paralizados sus nervios tróficos, por mucho tiempo que se esté empleando la faradización no se conseguirá ningún resultado, pues, á pesar de ella, se atrofiará el músculo (§ 327. 4).

Pero el empleo de la corriente farádica ó inducida puede ser de cierto provecho para los músculos paralizados en cuanto *aumenta su riego sanguíneo* y *activa su nutrición* por vía refleja. Además, las corrientes de inducción de poca intensidad *reaniman* la *excitabilidad* de los nervios debilitados (v. Bezold, Engelmann).

La *corriente constante*, más que como excitante que provoque contracciones (al cerrarla, interrumpirla, invertirla y aumentar ó disminuir su intensidad) en los casos de parálisis, sirve por su *acción polar*. En efecto, al cerrar el circuito se excita al nervio en el catodo, y en el anodo al abrirlo (§ 338). Además, mientras está cerrada la corriente aumenta la excitabilidad del nervio en el catodo (§ 337), efecto que puede ser terapéutico tonificando al nervio. Sin embargo, cuando se emplea la corriente galvánica aplicada á la piel del cuerpo humano, conviene tener presentes las particularidades descritas en la pág. 153; en efecto, también aumenta la excitabilidad en la proximidad del anodo. Esto se observa, sobre todo, cuando se invierte varias veces la corriente, pero también después de cerrarla y de romperla, y en determinados casos aunque se mantenga uniforme su intensidad. Si se examina el aumento de excitabilidad obtenido por el paso de la corriente, se ve que este aumento queda para el cierre de una corriente del mismo sentido y para la ruptura de una corriente de dirección contraria (pág. 159).

Figura 221.



Puntos motores de los nervios mediano y cubital, así como de los músculos animados por ellos. Cara anterior de la extremidad superior (según Eichhorst).

Otro efecto, que se obtiene con la corriente constante, y, sobre todo, con la ascendente, es el *restaurador* ó reparador, puesto que R. Heidenhain ha descubierto que un músculo fatigado y debilitado se repone y restablece haciendo pasar por él una corriente constante (pág. 52).

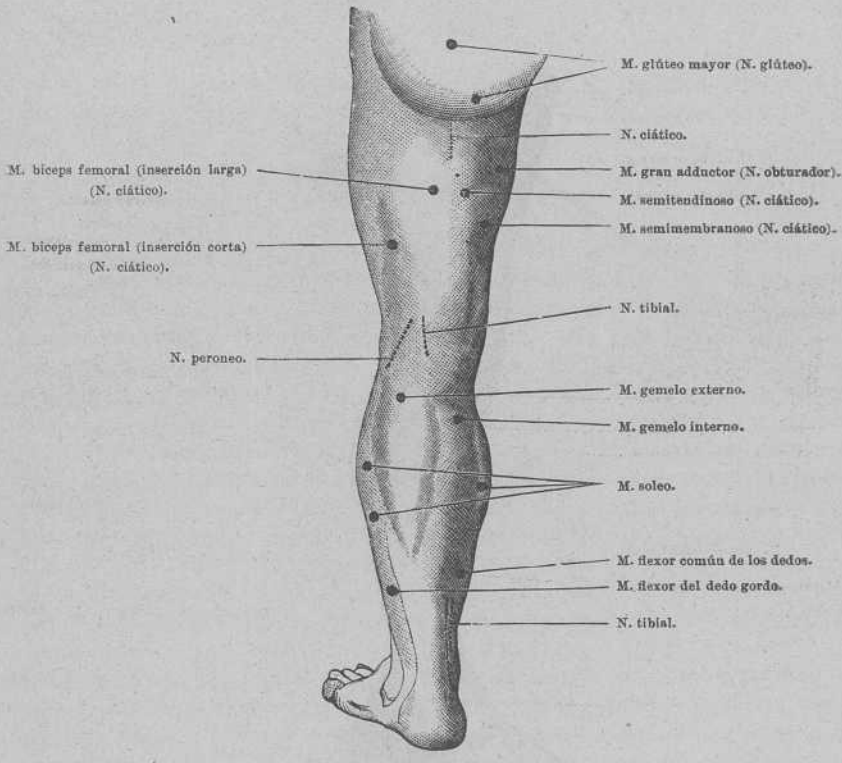
Finalmente, la corriente constante produce también resultados terapéuticos por su acción *catalítica* ó *catafórica* (pág. 131), mediante la cual disuelve, descompone ó arrastra productos inflamatorios ó de trasudación que acaso se hubiesen acumulado en los músculos ó en los nervios, pudiendo además obrar directamente ó por vía refleja sobre los nervios que animan á los vasos sanguíneos y linfáticos.

Si el origen primitivo de la parálisis se encuentra en el mismo músculo, también se suele aplicar directamente á él la corriente *inducida* por medio de electrodos de esponja; en cambio, en los padecimientos primitivos de los nervios motores se eligen éstos como puntos de aplicación de las corrientes. Estas habrán de ser muy poco intensas, debiendo evitarse como dañosas las contracciones tetánicas y las sesiones muy largas.

DR. PEREZ ARAPILES
C/ Lanuza núm. 12 - 3.º
Teléfono 20 85 19

La *corriente galvánica* puede emplearse también exclusivamente sobre el músculo, sobre el nervio (y, si acaso, sobre el centro de donde parte), ó á la vez sobre uno y otro, debiendo colocarse el catodo, por lo general, en aquel punto cuya excitabilidad está deprimida, porque aumenta bajo su influencia. El anodo se fija en un punto indiferente, tal como el esternón. Aumenta la acción del catodo paseándolo á lo largo del nervio ó variando la intensidad de la corriente. Cuando el asiento de la parálisis es un órgano central, se practica la galvanización á lo largo de la columna vertebral, ó de ésta y del nervio al mismo tiempo, ó en la cabeza (con precaución), aproximándose todo lo posible al asiento presunto del mal, v. gr., al centro del lenguaje ó á las circunvoluciones centrales (fig. 229). Conviene evitar el empleo de corrientes de gran intensidad ni que duren mucho tiempo.

Figura 222.

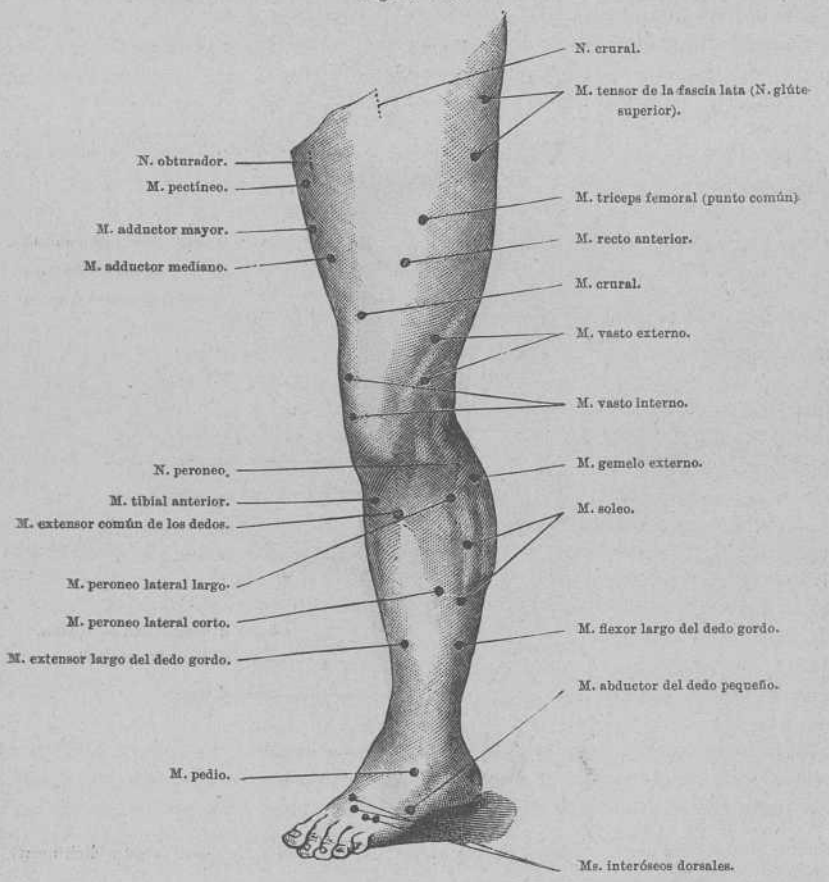


Puntos motores del nervio ciático y de sus ramas: N. peroneo y N. tibial (según Eichhorst).

Hemos de hacer mención especial de la distinta reacción que presentan los nervios y los músculos paralizados respecto á las corrientes constante é inducida. A esta particularidad se la ha llamado *reacción de degeneración*. Recordemos, ante todo, el hecho fisiológico de que, tanto los músculos inervados por nervios moribundos (pág. 119) (Baierlacher, 1859), como los de un animal curarizado, reaccionan con mucha menos energía que los músculos frescos de un animal intacto, á las corrientes farádicas y de alternativas rápidas. Según Neumann, la mayor duración de la corriente constante, comparada con el cierre y ruptura momentáneos de la inducida, es la que hace posible que se presente la contracción muscular. En efecto, si se interrumpe la corriente constante con la misma frecuencia y rapidez que la

farádica, es inactiva como ésta; en cambio, la corriente inducida se vuelve activa cuando es mayor su duración. Esto se consigue con el aparato de Du Bois-Reymond, manteniendo cerrado el circuito primario y acercando y alejando á éste alternativamente el carrete secundario. De este modo se originan corrientes de inducción, cuya intensidad aumenta y disminuye con lentitud, y que obran enérgicamente haciendo contraerse los músculos curarizados (Brücke). Según esto, en la excitación del músculo y del nervio, no sólo influye la intensidad ó fuerza de la corriente empleada, sino también su duración, á la manera de lo que sucede con la desviación de la aguja del galvanómetro (Neumann).

Figura 223.



Puntos motores de los nervios peroneo y tibial en la cara anterior de la pierna (peroneo á la izquierda, tibial á la derecha) (según Eichhorst).

La *reacción de degeneración típica*, está caracterizada en lo esencial por los siguientes fenómenos. En el *músculo* disminuye hasta extinguirse la excitabilidad á la corriente farádica; aumenta en cambio, á la galvánica (desde el día tercero al cincuenta y ocho) para volver á disminuir, aunque con algunas variaciones desde los días setenta y dos al ochenta; predomina la contracción de cierre en el anodo sobre la de cierre en el catodo. Además, la sacudida en el músculo interesado es más

lenta, peristáltica y limitada localmente, en contraposición á la sacudida súbita que se observa en el músculo normal. En el período de excitabilidad disminuída á la corriente galvánica, la fase de excitación latente dura cuatro veces más que en el estado normal (§ 300), y la contracción dos veces más (P. Rosenbach y Schtscherbach). En el *nervio* disminuye hasta extinguirse la excitabilidad, tanto para la corriente farádica como para la galvánica (Bastelberger). Si es normal la reacción del nervio y en cambio el músculo presenta la reacción de degeneración cuando se le estimula directamente con la corriente galvánica, se trata entonces de la *reacción parcial de degeneración* (Erb), la cual es constante en los casos de atrofia muscular progresiva (Erb, Günther).

Cuando está alterada la sensibilidad en la tabes dorsal (§ 336), se observa en los nervios sensitivos, una reacción análoga á la de los motores en la reacción de degeneración.

Hay casos raros en los que aunque se emplee la corriente de inducción sobre el nervio, también es perezosa y vermicular la contracción del músculo; *reacción farádica de degeneración* (E. Remak, Kast, Erb).

(Respecto á la degeneración y regeneración de los nervios, véase el párrafo 327).

II. En las diversas formas de movimientos convulsivos, tales como los espasmos, contracturas y temblores, *debe recurrirse principalmente á la corriente constante* (Remak), y en primer término para calmar con el anelectrótono la excitabilidad exagerada del nervio ó del músculo. Debe por lo tanto, aplicarse el anodo sobre estos, ó en caso de que se trate de un fenómeno reflejo, sobre aquellos puntos reconocidos como focos de origen de la excitación patológica. En estos casos son preferibles por su eficacia, las corrientes débiles y de intensidad uniforme. También convendrá no echar en olvido la acción relajadora ó polar inhibitoria de estas corrientes (pág. 158). Pero la corriente constante puede además ser eficaz por su acción catalítica, mediante la cual aleja de la parte enferma ciertos productos que obraban en ella como excitantes. Finalmente, un hecho observado muy á menudo, desde que Remak llamó la atención acerca de él, es la mayor influencia que ejerce la voluntad sobre un aparato motor más ó menos afectado, después de emplear la corriente constante. Esta puede hacerse pasar por los mismos órganos centrales (§ 349), en los casos de afecciones convulsivas de origen central.

La *faradización* se emplea en las afecciones convulsivas; en primer término para vigorizar los músculos antagonistas que se encuentran debilitados; pero además también adquirirán mayor extensibilidad con la faradización, los músculos que se encuentren en estado de contractura (Remak), puesto que el músculo que se halla en estado de contracción activa fisiológica, es más extensible que el inactivo (§ 303).

En el tratamiento de la *anestesia cutánea* se debe estimular la misma piel, y con tal objeto, se emplea muy á menudo la corriente de inducción y electrodos de alambre en forma de pincel. Cuando se usa la corriente constante, se aplicará el catodo á la zona insensible, y en este caso pueden utilizarse corrientes muy fuertes que hasta lleguen á producir vesicación cutánea. Sobre el presunto asiento central de la afección, sólo se puede obrar por medio de la corriente constante; cuidando de observar hasta qué punto será posible combatir la disminución de sensibilidad produciendo el catelectrótono en el foco morboso central.

III. En las hiperestesias y neuralgias se recurre á la corriente farádica, en parte con el fin de que con la sobreirritación producida con su empleo enérgico,

se adormezca en cierto modo la sensibilidad exaltada de la zona cutánea correspondiente. Para ello, valiéndose del pincel de alambre y empleando corrientes fuertes, se flagela la piel y hasta se puede dejar colocado el pincel sobre un punto durante cierto tiempo, en cuyo caso hace de moxa eléctrica. Pero además de estos efectos locales, producen las corrientes débiles una aceleración de la corriente sanguínea, por vía refleja, reforzando la acción cardíaca y estrechando los vasos ; en cambio, las corrientes fuertes determinan el efecto opuesto (§ 373. II, O. Naumann). Ambos pueden ser de resultado terapéutico según las circunstancias.

El empleo de la corriente constante (Remak) en las neuralgias, tiene por objeto, en primer lugar, originando el anelectrótono en la porción del nervio asiento de la excitación patológica, disminuir su excitabilidad. Así que, según los casos, se aplicará el anodo ó al tronco del nervio, ó al centro mismo de donde éste arranca, y el catodo á un punto indiferente del cuerpo. Pero además tiene mucha importancia en estos casos la acción catalítica ó catafórica, mediante la cual pueden resolverse ó ser arrastrados los productos inflamatorios que obran como irritantes, sobre todo en las neuralgias reumáticas recientes. Se recomiendan de preferencia en semejantes circunstancias, las corrientes descendentes dirigidas á lo largo del nervio afecto, y suelen ser de una eficacia sorprendente, sobre todo cuando el mal lleva poco tiempo. Por fin, la corriente constante, al igual de la farádica, es también capaz de obrar por vía refleja sobre las actividades vascular y cardíaca.

Para saber á ciencia cierta si es ó no normal la excitabilidad de un nervio ó de un músculo, se necesita un reómetro absoluto, siendo el instrumento mejor para el caso el *galvanómetro modelo* de Edelmann con un electrodo (*electrodo modelo*) de 3 c^2 de sección transversal. Con este instrumento oscila la excitabilidad normal para la corriente galvánica en un mismo sujeto de 2 á 3 miliamperes. Las diferencias de excitabilidad entre diversos sujetos sanos y para un mismo nervio, son más pequeñas (1 á 2 m. a.) que entre diferentes nervios de un mismo individuo (2 á 3 m. a). La contracción catódica de cierre aparece, por lo general, antes que la anódica de ruptura (Stintzing). Para obtener sacudidas en el recién nacido, excitando los músculos ó los nervios, se requieren corrientes más intensas que en el adulto (Westphal).

v. Ziemsen y Edelmann han introducido también el empleo de una dosificación exacta de las corrientes inducidas cuando se utilizan en el tratamiento de las afecciones nerviosas.

Recientemente Charcot y Ballet han empleado también, y con éxito, la chispa ó la descarga de las máquinas de electricidad estática para tratar las anestesias, las parálisis faciales y la parálisis agitante. Según Charcot, en los casos de parálisis espinal se puede hacer que se contraigan aisladamente, y por medio de las chispas, músculos que ya no reaccionan á la corriente farádica.

Finalmente, hemos de recordar que sirve también la electricidad para producir efectos térmicos bajo las diversas formas de cauterios (*galvanocáustica* de Middeldorpf).

Las propiedades electrolíticas de las corrientes eléctricas se han utilizado para producir coagulaciones en los aneurismas y en las várices (tumores arteriales y venosos llenos de sangre) (*galvanopuntura*).

342. Carga eléctrica del cuerpo en totalidad y de sus diferentes partes.

Ya Saussure había examinado antiguamente la *carga* eléctrica de muchos sujetos, colocándolos sobre un taburete aislado y empleando el electroscopio. Los fenómenos irregulares que observaba de este modo, los atribuía á la electricidad que se produce por el roce de los vestidos con la piel. Posteriormente á este autor, Gardini y otros encontraron que el cuerpo estaba cargado normalmente de electricidad *positiva*; en cambio ésta era *negativa* para Sjösten y otros autores. Sin embargo, es probable que todas estas cargas de electricidad, lo mismo que los hechos observados por Meissner, provengan de fonómenos de causa puramente exterior, y sean debidos á fricciones ó modificaciones en la distribución del aire y al contacto de conductores heterogéneos (Hankel).

En muchas ocasiones se han referido casos de cargas eléctricas más intensas hasta producir chispas. El dato más antiguo que yo he encontrado acerca de estas cuestiones es en Cardán (1553), que refiere haber hecho saltar chispas del cabello; según Hosford (1837) de una señora nerviosa de Oxford se sacaban chispas de sus dedos, hasta de 4 centímetros de largo, mientras estaba sentada sobre una alfombra aisladora. Cuando el aire está seco, es frecuente observar chispas al peinar el cabello ó al acariciar un gato con la mano.

De las diversas partes y substancias del cuerpo se ha encontrado que la orina recientemente emitida, posee electricidad negativa (Vasalli-Eandi, Volta), y lo mismo los hilos de las telarañas acabados de formar (Murray); en cambio la sangre es positiva.

343. Fisiología comparada. — Reseña histórica.

Entre los hechos más interesantes relativos á la electricidad animal, se cuenta la existencia de *ciertos peces llamados eléctricos*, de los cuales se conocen unas 50 especies, y entre ellas, la anguila eléctrica ó gymnotus electricus, que se encuentra en las aguas dulces de la comarca del Orinoco, y tiene hasta 2,5 metros de largo; las tremielgas, y entre ellas el torpedo marmorata de 30 á 70 centímetros de largo, y el t. ocellata, la narcina, en el mar Mediterráneo y otras especies afines; el malapterurus eléctricos, y el mormyrus en el río Nilo. Estos animales están provistos de un *órgano eléctrico* (Redi, 1666) particular, por medio del cual son capaces de emitir fuertes descargas eléctricas ya voluntariamente (gimnoto y malapteruro), ya por virtud de excitación refleja (tremielga). El órgano en cuestión, se compone de compartimentos ó *cajitas* de diversa forma, limitados por tejido conjuntivo y llenos de una substancia gelatinosa y mucosa, capaz de hincharse mucho por imbibición y á la que Weyl ha dado el nombre de *torpedomucina*; por una de las caras de esos compartimentos, penetran los nervios que se distribuyen aquí en forma de red. De estas redes parte una placa llamada *placa eléctrica* (Bilharz, M. Schultze) que contiene células y representa las terminaciones de los cilindroejes. Cuando se excitan los *nervios eléctricos* aferentes al órgano, se descarga éste.

En los *gimnotos*, el órgano eléctrico está dispuesto en varias filas comparables á la pila de Volta y se halla colocado debajo de la piel á ambos lados de la columna vertebral hasta la cola, recibiendo por su extremo anterior varias ramas de los nervios intercostales. Además de este órgano principal, se encuentra otro más pequeño por encima y á ambos lados de la aleta anal. En este animal son verticales las

placas, y la dirección de la corriente es ascendente en el interior del cuerpo, y por lo tanto, descendente en un circuito que enlace los dos extremos del órgano y lo mismo, como ya se comprende, en el agua que rodee al animal (Faraday, Du Bois-Reymond).

En el *malapteruro*, el órgano eléctrico envuelve más al cuerpo del animal á manera de un manto y sólo recibe una fibra nerviosa (pág. 107) cuyo cilindro-eje parte de una célula ganglionar jigantesca que se encuentra en la proximidad de la médula oblongada (Bilharz) y está formado por la unión de varias prolongaciones protoplasmáticas (Fritsch). Las placas también son verticales y reciben los nervios por su cara posterior; la dirección de la corriente en el momento de la descarga, es descendente en el interior del animal (Du Bois-Reymond).

En las *tremielgas* ó torpedos, el órgano se encuentra inmediatamente por debajo de la piel y se extiende desde la cabeza hasta las aletas pectorales, recibiendo varios nervios que arrancan de una porción especial del encéfalo, llamada *lóbulo eléctrico* que está situada entre los tubérculos cuadrigéminos y la médula oblongada. Las placas son horizontales, no aumentan de número conforme va creciendo el animal (Delle Chiaje, Babuchin) y reciben sus fibras nerviosas por la cara ventral. La corriente se dirige en el pez desde el vientre hacia el dorso (Galvani). El torpedo occidentalis de la costa oriental de América, tiene 1,5 metros de largo y con su descarga es capaz de derribar al hombre más vigoroso.

Es sumamente probable que los órganos eléctricos (gimnotos) sean músculos modificados en los que las terminaciones nerviosas hayan adquirido un alto grado de desarrollo: las placas eléctricas corresponderán á las placas motoras terminales de las fibras musculares, pero la substancia contráctil ha desaparecido y, cuando funciona el órgano, la fuerza química de tensión no se transforma más que en electricidad, y en cambio falta por completo el desarrollo de trabajo mecánico. Confirman esta opinión el desarrollo del órgano eléctrico, cuyo primitivo esbozo es análogo al del músculo (Babuchin); el hecho de que su reacción es neutra cuando está vivo, y ácida cuando se halla en actividad ó moribundo; el de contener una substancia albuminóidea afine á la misma (Weyl), y que, lo mismo que ésta, presenta los signos de la *rigidez* después de la muerte (§ 297). Cuando se excitan los órganos eléctricos, lo mismo que cuando se excitan los músculos, aumenta el ácido fosfórico procedente de la descomposición de la lecitina ó de la nucleína (§ 296. II, 1) (Weyl). Tanto el órgano eléctrico como el músculo se cansan, y en ambos se observa la fase de *excitación latente* cuando se estimulan sus nervios respectivos, fase que en el órgano eléctrico dura 0,016 segundos, mientras las sacudidas del mismo (comparables á la corriente del músculo en actividad) duran 0,07 segundos. Cada 25 sacudidas de éstas constituyen una descarga, que viene á durar unos 0,23 segundos, siendo, por lo tanto, lo mismo que el tétanos, un fenómeno discontínuo (Marey). Los excitantes mecánicos, térmicos, químicos y electro-tetánicos, producen las sacudidas de descarga; en cambio no se obtiene este resultado con las descargas aisladas de un aparato de inducción (Sachs). Mientras se produce la descarga eléctrica, se deriva parte de la corriente por los mismos músculos del animal, que entran en contracción en las tremielgas, pero se mantienen inactivos en el gimnoto y el malapteruro (Steiner). La tremielga puede producir 50 sacudidas eléctricas en un minuto, después se cansa y necesita reponerse; también es capaz de no descargar el órgano más que en parte (Al. v. Humboldt, Sachs). Este se debilita con el enfriamiento y se hace más activo con el calor á los 22°. Con la estricnina entra en tétanos (Becquerel), y con el curare se paraliza (Sachs). Excitando el lóbulo eléctrico de la tremielga, se descarga el órgano (Matteucci); el frío hace que esta descarga sea más lenta y la sección de los nervios eléctricos paraliza el órgano. Los peces eléctricos son muy poco sensibles, aun á

las fuertes corrientes de inducción que se transmitan al agua que los rodea (Du Bois-Reymond).

La substancia del órgano eléctrico es mono-refringente; si se extrae un trozo de ella, se observa que presenta una corriente de reposo, de la misma dirección que la descarga; el tétanos del órgano debilita la corriente (Sachs, Du Bois-Reymond). Quizá el órgano del malapteruro provenga de glándulas cutáneas modificadas (Fritsch).

Reseña histórica. — Los antiguos ya conocían las descargas de los peces eléctricos del Mediterráneo. Richer fue el primero que publicó trabajos (1672) acerca del gimnoto. Walsh (1772) estudió experimentalmente el modo de producir electricidad y de descargarla en las tremielgas. Con estas descargas consiguió J. Davy imantar trozos de acero, desviar la aguja magnética y producir electrolisis. Además de estos autores, Becquerel, Brechet y Matteucci, estudiaron la dirección de la corriente descargada, con la cual el último observador y Linari llegaron á sacar hasta 8 y 10 chispas. Al. de Humboldt describe el modo de vivir y los efectos de los gimnotos (*tembladores*) de la América del Sur, que son capaces hasta de aturdir á un caballo con sus descargas.

Hausen (1743) y De Sauvages (1744) admitían que la fuerza que obraba en los nervios era la electricidad. Las investigaciones verdaderas acerca de la electricidad animal, comienzan con Aloisio Galvani (1791), que vió contraerse la pata de una rana, como reacción á la descarga de una máquina eléctrica, ó cuando se ponían en contacto de la misma dos metales diferentes. Creía este autor que se desarrollaba electricidad propia en los mismos músculos y nervios. En cambio Alessandro Volta hacía provenir la contracción que se observa en el segundo experimento, de una corriente eléctrica cuyo origen se encuentra fuera de la preparación de rana en el punto de contacto de los metales heterogéneos. Las contracciones sin metales, obtenidas por Galvani y confirmadas por Al. de Humboldt (1798), parecían destruir esta opinión. Después demostró este último autor que deben existir sin duda alguna manantiales de electricidad en los mismos tejidos animales. Pfaff (1793) fue quien primero observó la influencia que tiene la dirección de la corriente en las sacudidas originadas en la pata de la rana cuando se excita su nervio. Bunzen construyó una pila eléctrica con varias patas de rana. Todos estos estudios entraron en una nueva fase cuando se descubrió el galvanómetro, y con los métodos clásicos introducidos por Du Bois-Reymond desde 1843.

CAPÍTULO III

FISIOLOGÍA DE LOS NERVIOS PERIFÉRICOS

344. División de las fibras nerviosas según sus funciones.

Como las fibras nerviosas son capaces de transmitir excitaciones en ambos sentidos (§ 340), es evidente que su significación fisiológica depende de los órganos terminales á donde se dirijan y de los centrales de donde partan. De este modo, cada nervio tiene á su cargo una zona determinada, á la que inerva, en condiciones normales, cuando el cuerpo está intacto. A esta actividad particular de cada nervio, dependiente de sus conexiones anatómicas, se la denomina *energía específica*.

Con arreglo á ella, se dividen los nervios en :

I. — NERVIOS CENTRÍFUGOS

a) NERVIOS MOTORES. — El centro de éstos, es una célula nerviosa central ó periférica, y su órgano terminal un músculo.

1.° Fibras motoras de los *músculos estriados* (§ 294-322).

2.° Nervios motores del *corazón* (§ 64).

3.° Nervios motores de las *fibras musculares lisas* (v. gr., del intestino) (§ 165). Respecto á las particularidades del movimiento que provocan, se ha tratado en la fisiología de los movimientos del aparato digestivo, v. gr., en el § 162 y en la página 34. En este grupo, son dignos de mención especial los nervios *vaso-motores* (§ 373).

b) NERVIOS SECRETORES. — Su centro es una célula nerviosa central ó periférica, y su órgano terminal una célula glandular.

Ejemplos : los nervios que rigen las secreciones salivar (§ 150) y sudoral (§ 290, II), etc.

c) NERVIOS TRÓFICOS. — Su órgano terminal, desconocido todavía, se encuentra en los mismos tejidos, presidiendo á su nutrición normal, crecimiento y subsistencia en condiciones fisiológicas.

En algunos tejidos, se conoce un enlace directo con nervios capaces de obrar sobre sus fenómenos de nutrición. Anatómica ó fisiológicamente, se conoce la conexión de ciertos nervios con las células de la córnea (§ 202. 7), con las pigmentarias de la piel de la rana (Ehrmann), con los corpúsculos de tejido conjuntivo de la serosa estomacal de la rana y con las células que rodean á los estomas de las cavidades linfáticas (§ 197. 5) (E. F. Hoffmann).

Respecto á las funciones tróficas de ciertos nervios, pueden leerse los siguientes párrafos: influencia del *trigémino* en el ojo, en la mucosa bucal y nasal y en la cara, § 349; del *vago* sobre el pulmón, § 354; de los *nervios motores* sobre los músculos, § 309; de los *centros nerviosos* sobre la conservación de las *fibras nerviosas*, § 327. 4; de ciertos *órganos centrales* sobre determinadas vísceras, § 381.

Recordemos además la influencia que ejerce la *sección de los nervios* en el *crecimiento de los huesos*. H. Nasse, observó que, con dicha operación, disminuye la cantidad absoluta de todos los principios constitutivos de los huesos, y, en cambio, aumenta la grasa. Después de cortar el nervio espermático, se encontró degenerado el *testículo* (Nélaton, Obolensky); la *glándula submaxilar*, degenera cuando se extirpa su nervio secretor (tomo I, pág. 301); la *cresta* del gallo se detiene en su desarrollo, cuando se cortan sus nervios (Legros, Schiff); se *cae el pelo* de la oreja (gato, conejo), cuando se secciona el segundo nervio cervical (Joseph); la piel de la rana se altera, después de lesionar los ganglios espinales (Gaule); cuando se corta el simpático cervical, se congestiona mucho la mitad correspondiente de la cabeza, *aumenta de tamaño la oreja de dicho lado* (Bidder, Striker) y *crece el pelo con más rapidez* (Schiff, Sig. Mayer); en cambio (?), se empequeñece el hemisferio cerebral del mismo lado, quizá como consecuencia de la presión de los vasos dilatados (Brown-Séquard). Levaschew, después de estar irritando el ciático con agentes químicos de un modo prolongado y persistente, vió presentarse en los perros *hipertrofia de la pierna y del pie* y desarrollarse dilataciones aneurismáticas en los vasos.

En el *hombre*, no es raro observar, cuando hay irritaciones ó parálisis de los nervios ó degeneraciones de la substancia gris de la médula (Jarisch), modificaciones en el *pigmento* cutáneo, en las *uñas* y *pelos*, y en su crecimiento, *erupciones cutáneas* (v. Bärensprung, Leloir) y tendencia al *decúbito* (§ 381 al final), y, más rara vez, afecciones y degeneraciones de las *articulaciones* (en los tábicos, Charcot, etc.).

d) NERVIOS INHIBITORIOS Ó DE FRENO; son los que paralizan ó moderan un movimiento ó una secreción.

Ejemplos: El *pneumogástrico* como nervio inhibitorio de los movimientos del *corazon* (§ 371); el *nervio esplácnico*, moderador de los movimientos *intestinales* (§ 165); los *vaso-dilatadores*, como nervios inhibitorios de los *músculos lisos de los vasos* (§ 374).

II. — NERVIOS CENTRÍPETOS

a) NERVIOS SENSITIVOS, sensibles ó de la sensibilidad general. Son aquellos que, por medio de aparatos terminales especiales, transmiten las excitaciones sensitivas á los órganos centrales.

b) NERVIOS SENSORIALES ó de los sentidos especiales.

c) NERVIOS REFLEJOS Ó EXCITO-MOTORES; excitados en la periferia, conducen la excitación al centro, donde es reflejada volviendo por las fibras centrífugas (I. *a*, *b*, *c*, *d*), cuya actividad es excitada, por lo tanto, como *movimiento* (§ 362), *secreción* ó *inhibición* reflejos.

III. — NERVIOS INTERCENTRALES

Estos enlazan á los centros nerviosos entre sí con el objeto de transmitir las excitaciones recíprocamente de unos á otros, v. gr., en los movimientos coordinados y en los reflejos extensos.

NERVIOS ENCEFÁLICOS Ó CRANEALES

Todos los nervios encefálicos motores arrancan de sus núcleos de origen, del mismo modo que las fibras de las raíces anteriores de la médula, parten de las células correspondientes (§ 361). Los nervios encefálicos sensitivos penetran libremente, con sus ramificaciones más finas, en la proximidad de los llamados núcleos sensitivos. Los orígenes verdaderos de los nervios sensitivos craneales, son los ganglios periféricos (yugular, petroso, etc.) (Kölliker),

345. I.—Nervio olfatorio.

El *tractus* en forma de cordón prismático triangular que se encuentra en la cara inferior del lóbulo frontal se abulta en la porción que descansa sobre la lámina cribosa del etmoides, formando el *bulbo olfatorio*, análogo á la *porción especial del cerebro*, que existe en varios vertebrados de olfato muy desarrollado (Gratiolet). Del bulbo parten 12 á 15 *filamentos olfatorios* que atraviesan los orificios de la lámina cribosa, penetrando primero entre la mucosa y el periostio, y después, en el tercio inferior de la región olfatoria, en la misma mucosa. El tronco del nervio está formado por debajo de substancia blanca y por encima de substancia gris mezclada con células fusiformes pequeñas. Henle distingue en su textura seis capas y Meynert hasta ocho.

El *origen del nervio olfatorio* se puede seguir: hasta la circunvolución del cuerpo calloso (figura en el § 380); por la lámina perforada anterior hasta la cápsula interna (haz sensorial del cerebro, § 380. IV) y más adelante hasta la circunvolución del hipocampo (centro cortical sensorial). Las fibras de origen se *cruzan* probablemente en el interior del cerebro. En la comisura anterior existen fibras que unen á los dos bulbos olfatorios (Flechsig).

Este nervio es el del *olfato* ú *olfatorio*, y sólo se excita fisiológicamente por las materias olorosas gaseiformes (véase *sentido del olfato*, § 422). La excitación eléctrica del nervio en la cavidad nasal, produce una sensación olfatoria (§ 423). La falta congénita ó la sección de ambos nervios, fácil de practicar en los animales jóvenes (Biffi), abole el olfato.

Estados patológicos.—Se llama *hiperosmia* á la agudeza exagerada anormalmente del sentido del olfato (v. gr., en las histéricas). Las sensaciones olfatorias puramente subjetivas (alucinaciones del olfato, v. gr., en los locos) provienen probablemente de una excitación anormal del centro cortical correspondiente (§ 380. IV). La administración de la *antifebrina*, substancia insípida é inodora, produce en algunos sujetos una sensación de olor de origen subjetivo, hasta en casos en que está embotado este sentido por existir un intenso coriza (Hilbert). La *hiposmia* y la *anosmia* (disminución ó supresión del sentido del olfato) son debidas, ó á causas mecánicas ó á una sobrexcitación. La *estricnina* exagera á veces el olfato y la *morfina* lo debilita.

DR. PEREZ ARAPILES
c/ Lancia núm. 12 - 3.º
Teléfono 20785 19
LEON

346. II.—Nervio óptico.

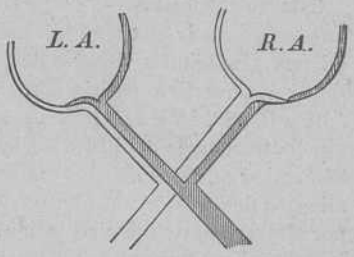
La cinta óptica parte del *tubérculo cuadrigémino anterior*, *del cuerpo geniculado externo* y del llamado pulvinar del *tálamo óptico* (figs. 225 y 226). Todos estos orígenes comunican por medio de un haz ancho que se encuentra inmediatamente por fuera del cuerno posterior del ventrículo lateral, con el *centro cortical psico-óptico* del lóbulo occipital del mismo lado (Wernicke y v. Monakow) (§ 380. IV). Del cerebelo parten fibras de origen que vienen por el pedúnculo superior.

La cinta óptica forma con la del otro lado el *quiasma*, del que parten ambos nervios ópticos.

En el quiasma se verifica, por lo general, *un semi-entrecruzamiento* de las fibras (fig. 224), de manera que la cinta izquierda envía fibras á las dos mitades izquierdas de ambas retinas, y la derecha á las dos de su mismo nombre.

Así se explica que en el hombre la *destrucción de una cinta* ocasione una *hemiopía homónima*, ó sea una ceguera de las dos mitades del mismo nombre de ambas retinas (§ 380, IV. 1). La sección antero-posterior del quiasma en el hombre produjo en un caso la ceguera de las dos mitades nasales de ambas retinas (Weir-Mitchell). Se citan casos muy raros, en que faltó por completo el cruzamiento de estas fibras en el hombre (Vesalio, Caldani, Lösel, etc.).

Figura 224.



Esquema de la semidecusación de los nervios ópticos.

Entre los animales existe un cruzamiento parcial en el conejo, el gato y el perro, y total en el ratón, el cavia, la paloma y el mochuelo (Singer y Münzer). En los peces óseos se cruzan ambos nervios ópticos, pero aisladamente, sin mezclarse sus fibras; en los ciclóstomos no hay entrecruzamiento.

Una *comisura especial* (comisura inferior) reviste á manera de arco el ángulo posterior del quiasma (Gudden). Esta comisura no degenera después de la enucleación de los globos oculares, y debe considerarse, por lo tanto, como intercentral. El mismo resultado que la destrucción de la cinta óptica produce, como es natural, el de sus orígenes, aunque según Bechterew basta con destruir el cuerpo geniculado externo y el brazo anterior.

Cuando se *extirpa un ojo* en el hombre, degeneran en el nervio óptico las fibras correspondientes (Gudden) y, por lo tanto, la mitad de las que existen en cada cinta óptica (Baumgarten, Mohr). Después de cortar ambos nervios ópticos, ó de enuclear los dos globos oculares, degeneran, como es natural, las dos cintas ópticas en totalidad. Esta degeneración se extiende hasta sus orígenes en los tubérculos cuadrigéminos, cuerpos geniculados externos y pulvinar, pero no al haz que se dirige hasta el centro psico-óptico (v. Monakow) (respecto á las degeneraciones secundarias que se observan después de destruir el centro óptico cortical; véase el § 380, IV. 1).

Este nervio es el *nervio de la visión*, cuya excitación fisiológica sólo se efectua por la transmisión de las vibraciones del éter á los bastoncitos y conos de la retina (véase *sentido de la vista*). Cualquier otra *excita-*

ción del nervio, en su trayecto periférico ó en su centro, produce una *sensación luminosa;* su *sección* ó degeneración ocasiona *ceguera*. La *excitación* del nervio óptico determina también *estrechamiento de las pupilas por vía refleja*, mediante el nervio motor ocular común (pág. 177, 2). Si la excitación no es muy intensa, se produce además *oclusión de los párpados* y *secreción lagrimal* (pág. 181). Respecto á la *influencia de la luz* sobre la *nutrición*, véase el § 133. 9; y en cuanto á la misma sobre las fibras retino-motoras, véase el § 397.

Como el nervio óptico tiene conexiones *especiales*, tanto con el centro *psico-óptico* (§ 380. IV) como con el *centro constrictor de la pupila* (§ 347), se comprende que pueda haber casos patológicos de ceguera, conservándose los movimientos del iris, ó por el contrario, de abolición de estos movimientos, con integridad de la visión (Wernicke).

En los nervios ópticos encontró Gudden dos clases diferentes de fibras: unas finas ó fibras visuales, cuyo centro se encuentra en el tubérculo cuadrigémino del lado opuesto y otras gruesas ó fibras pupilares que arrancan del cuerpo geniculado externo. La destrucción de las primeras produce ceguera; la de las segundas es causa de una gran dilatación pupilar.

Estados patológicos.—Las excitaciones en cualquier punto del sistema nervioso, pueden producir una sensibilidad exagerada del aparato visual (*hiperestesia óptica*) ó hasta sensaciones visuales de diversas clases (*fotopsia*, *cromopsia*) que pueden llegar á convertirse en *alucinaciones visuales* cuando está excitado el centro psico-óptico (§ 380. IV). Las lesiones é inflamaciones del aparato nervioso producen con mucha frecuencia debilidad de la vista (*ambliopía*), ó hasta ceguera (*amaurosis*). Sin embargo, estos estados pueden sobrevenir también á consecuencia de padecimientos de otros órganos, como afecciones *simpáticas*, producidas muchas veces por alteraciones en la circulación, resultado de excitaciones de los nervios vasomotores. En estos casos, los trastornos visuales retrogradan con más facilidad.

Algunos *venenos* como el plomo y el alcohol, pueden alterar la facultad visual. Son notables ciertas formas intermitentes de amaurosis, tales como la *hemeralopia* (ceguera nocturna) que se observa por ejemplo en algunas enfermedades del hígado y la *nictalopia* ó ceguera diurna.

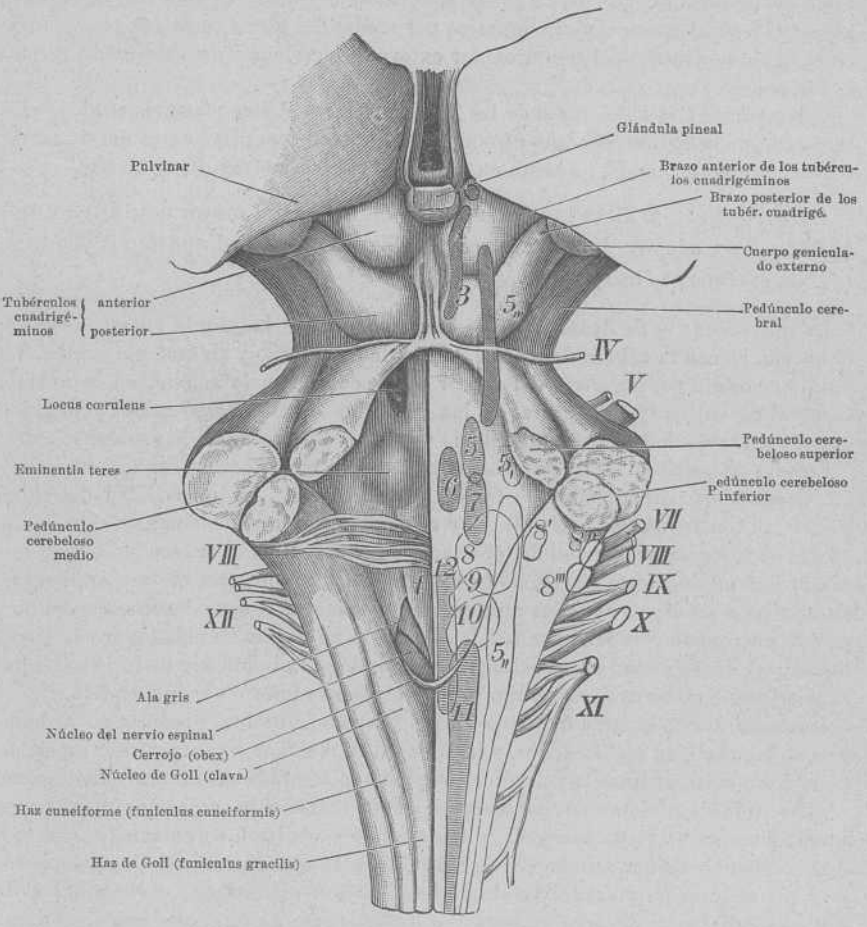
347. III. — Nervio motor ocular común.

Procede de un núcleo especial que se encuentra en la continuación de las astas anteriores de la médula como prolongación anterior del núcleo del patético, por debajo del acueducto de Sylvio (fig. 225). Su origen está en conexión con el *tubérculo cuadrigémino anterior*, pudiéndose seguir hasta aquí las fibras intra-oculares; algunas parten del núcleo del otro lado y se cruzan por lo tanto (Gudden, Kölliker). Su origen está en conexión además, por medio del pedúnculo cerebral, con la corteza del hemisferio opuesto, localizándose en el pliegue curvo (gyrus angularis), el centro cortical motor de este nervio y de los pares craneales 4.° y 6.° (§ 380. I). Este nervio sale entre los manojos internos del pedúnculo, no lejos de la protuberancia anular.

Contiene el nervio motor ocular común: 1.° Fibras motoras voluntarias para todos los músculos estrínsecos del ojo excepto el recto externo y el

oblícuo superior, y además para el músculo elevador del párpado superior (sin embargo de esto la coordinación de los movimientos de los dos globos oculares es independiente de la voluntad). 2.° Las fibras que por excitación refleja de la retina excitan al *esfínter de la pupila*. 3.° Las fibras del *músculo de la acomodación* (§ 389). Las fibras de los grupos 2 y 3 provienen de las ramas de los músculos oblícuo inferior, como raiz

Figura 225.



Médula oblongada y tubérculos cuadrigéminos (amplificados). Los números IV á XIII indican los nervios craneales ó encefálicos; las cifras 3 á 12 la situación de sus núcleos de origen; *t*, funículus teres.

corta del ganglio oftálmico ó ciliar (fig. 227. 3) y siguen por los nervios ciliares cortos para penetrar en el globo ocular. v. Trauwetter, Adamük, Hensen y Völckers, observaron que cuando se excita el nervio motor ocular común, el ojo se dispone como para la visión próxima y se estrecha la pupila. (Para más detalles acerca del origen de cada una de las porciones del nervio, véase el § 389).

El *centro* para la excitación *refleja* del esfínter de la pupila por la luz, está situado en los *tubérculos cuadrigéminos*, cerca del acueducto de Sylvio. (Véanse más detalles á este respecto en los §§ 381 y 394). El estrechamiento de la pupila que acompaña siempre al movimiento de acomodación, debe interpretarse como un movimiento asociado ó concomitante (§ 394. 5).

Este nervio se *anastomosa* en el hombre, en el seno cavernoso, con la primera rama del trigémino, que le da *fibras musculares sensitivas* (Valentin, Adamük); además se anastomosa con el simpático por medio del plexo carotídeo, é (?) indirectamente por medio del motor ocular externo, recibiendo de este modo *nervios vaso-motores*.

Como variedades en el curso de las fibras pupilares, deben mencionarse los casos raros en que se han encontrado fibras para el esfínter pupilar en el nervio motor ocular externo (Adamük) ó hasta en el mismo trigémino (Schiff, v. Gräfe).

La *atropina* paraliza las fibras intra-oculares del motor ocular común; el *haba del Calabar* las excita (ó paraliza al gran simpático ó produce ambos efectos; véase § 394).

La manera mejor de demostrar el estrechamiento de la pupila cuando se *excita* el nervio, es con la cabeza de un ave, separada del cuerpo y abierta por arriba. La pupila se dilata por *parálisis* del motor ocular común en la asfixia, en la anemia cerebral repentina (por ligadura de las carótidas ó por decapitación) y también cuando sobreviene de pronto un éxtasis venoso como sucede en la agonía.

Estados patológicos. — La *parálisis* completa del motor ocular común, ocasiona: 1.°, la caída del párpado superior (*ptosis paralítica*); 2.°, la inmovilidad del globo ocular; 3.°, el *estrabismo* hacia afuera y abajo, y, como consecuencia de esto, la diplopia; 4.°, ligera propulsión del ojo hacia afuera, porque el músculo oblícuo superior que produce este efecto, no tiene que luchar con los tres rectos paralizados, antagonistas de él; en aquellos animales que tienen un músculo retractor del ojo, es más acentuado este fenómeno; 5.°, dilatación pupilar moderada (*midriasis paralítica*); 6.°, incapacidad de reaccionar la pupila bajo la influencia de la luz. La parálisis puede, como es natural, limitarse á algunas ramas ó ser incompleta.

La *excitación* de la rama del elevador del párpado superior, produce en el hombre un lagoftalmos espasmódico, y la de las demás ramas un estrabismo espasmódico. Pero estas últimas irritaciones, pueden ser también de origen reflejo, como sucede en la dentición y en las diarreas de los niños. Los espasmos clónicos se manifiestan de un modo bilateral, como oscilación ocular involuntaria (*nistagmus*), á consecuencia de una excitación de los tubérculos cuadrigéminos. El espasmo tónico del esfínter pupilar, recibe el nombre de *miosis espasmódica*, y el clónico el de *hippus*. También se observa un espasmo de la acomodación, combinado no raras veces con macropia por apreciación errónea de las distancias.

348. IV. — Nervio patético.

Este nervio, próximo al motor ocular común, proviene de un núcleo especial, que viene á continuar, en cierto modo, el *cuerno anterior*; está situado por debajo de la masa gris que rodea al acueducto de Sylvio; se dirige después al borde inferior del tubérculo cuadrigémino posterior, luego á la válvula de Vieussens (velum medullare superius), donde se entrecruza con la raiz del del otro lado, para salir libre-

mente al exterior (fig. 225). Consideraciones de orden fisiológico, obligan á admitir fibras que le unan con el *centro motor cortical* de los músculos oculares (página 725) (§ 380. I).

Este nervio es el motor voluntario del músculo oblícuo superior; pero la inervación coordinada de este músculo es involuntaria.

Sus conexiones con el plexo carotídeo del gran simpático y con la rama primera del trigémino, tienen la misma significación que las análogas del motor ocular común.

Estados patológicos. — La *parálisis* del patético, sólo ocasiona una ligera pérdida en los movimientos del globo ocular hacia afuera y abajo; se presenta un *ligero estrabismo hacia adentro y arriba* con diplopia. Las imágenes visuales se colocan oblícuamente una sobre otra, acercándose cuando la cabeza se inclina hacia el lado sano, y alejándose si se vuelve hacia el lado enfermo. Los que padecen esta afección, inclinan al principio la cabeza hacia adelante, y después la hacen girar alrededor del eje vertical hacia el lado sano. Cuando gira la cabeza (con cuyo movimiento el ojo *sano* pueda conservar la posición normal), el ojo ejecuta el mismo movimiento de rotación. El *espasmo* del patético, produce *estrabismo hacia afuera y abajo.*

349. V.—Nervio trigémino.

El trigémino (fig. 225) tiene *dos* raíces, *como los nervios espinales* (fig. 226); la *menor*, anterior, *motora*, procede del *núcleo motor del trigémino* (fig. 225. 5), rico en células grandes, y que se encuentra en el suelo del cuarto ventrículo, no lejos de la línea media. Del centro cortical motor del lado opuesto, parten fibras que se dirigen á este núcleo por el pedúnculo cerebral. Además de esto, suministra fibras motoras la *raiz descendente*, que se extiende (5_{III}) desde el tubérculo cuadrigémino anterior lateralmente y hacia abajo á lo largo del acueducto de Sylvio, hasta el punto de emergencia del nervio (Henle, Forel). A esta raiz se la ha considerado en otro tiempo como trófica (Merkel) ó como sensitiva. La raiz *gruesa*, *posterior* ó *sensitiva*, posee fibras : 1.°, de las células pequeñas del núcleo situado al lado del motor (5_I), *núcleo sensitivo del trigémino*, análogo ó representante del cuerno posterior; 2.°, de la substancia gris del cuerno posterior de la médula, hasta el nivel de la segunda vértebra cervical. Estas fibras pasan al cordón blanco posterior, y después, como *raiz ascendente*, al trigémino (5_{II}); 3.°, Meynert describe fibras que vienen desde el *cerebelo* por el pedúnculo cerebeloso superior.

Los orígenes de las raíces sensitivas se anastomosan con los núcleos motores de todos los nervios que parten de la médula oblongada, á excepción de los del motor ocular externo. *Así se explican las acciones reflejas del trigémino.*

El tronco de este nervio es grueso, y sale por entre las fibras del puente de Varolio; después, su raiz posterior (quizás unida con algunas fibras de la anterior), forma sobre el vértice del peñasco el *ganglio de Gasserio* (fig. 226, 227), al que se dirigen *fibras del gran simpático*, procedentes del plexo cavernoso, y por fin se divide todo el nervio en sus *tres grandes ramas.*

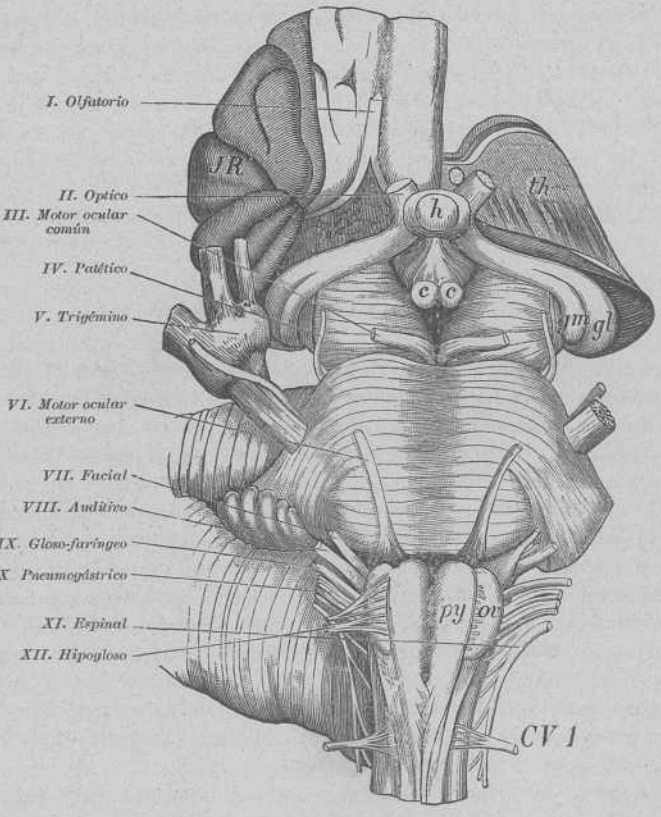
I. PRIMERA RAMA; NERVIO OFTÁLMICO (fig. 227, *d*). —Recibe *fibras del gran simpático* (*nervios vaso-motores*), procedentes del plexo cavernoso, y después penetra por la hendidura esfenoidal (fissura orbitalis) en la cavidad orbitaria. Sus ramas, son :

1.° El pequeño *nervio recurrente* que da ramitas sensitivas á la tienda

del cerebélo, y le acompañan fibras del plexo carotídeo del gran simpático, que hacen de *nervios vaso-motores* de la dura-madre.

2.° El *nervio lagrimal* que suministra: *a*) ramas *sensitivas* á la conjuntiva, al párpado superior y á la piel de la región temporal limítrofe (fig. 227, *a*); *b*) *verdaderas fibras secretoras* á la glándula lagrimal (§ 349. II. 2); de donde resulta que la excitación del nervio provoca esta secreción y su sección iría seguida de una secreción lagrimal paralítica

Figura 226.



Nervios craneanos ó encefálicos, I á XII, según Schwalbe. JR, isla de Reil. — *h*, Hipófisis. — *th*, tálamo óptico. — *cc*, tubérculos mamilares (corpora candicantia). — *gm*, *gl*, cuerpos geniculados interno y externo.—*py*, pirámide anterior.— *ov*, oliva.—CV1 primer nervio cervical.

(Herzenstein, Wolferz, Demtschenko). Puede también provocarse la secreción de un modo reflejo con una luz muy viva, la excitación de las ramas primera y segunda del trigémino y hasta la de cualquier otro nervio craneal sensitivo y de algunos nervios del tronco, según Demtschenko (§ 358. A. 6). El centro reflejo de la secreción lagrimal se encuentra en los tálamos óptico (Bechterew y Mislawski).

3.° El *nervio frontal f*, da en su rama *frontal interna* ó *supra-troclear*, ramitos *sensitivos* y *excitadores* reflejos de la *secreción lagrimal*,

para el párpado superior, la ceja y la piel del entrecejo (glabella), y en su rama *supra-orbitaria* ó *frontal externa*; *b*, ramitos análogos para el párpado superior, para la piel de la frente y para la de la región temporal limítrofe hasta el sincipucio.

4.° El *nervio nasal* ó *naso-ciliar n c*, da con su rama *infra-troclear* ó *nasal externa*, fibras análogas á las del nervio frontal, para la conjuntiva, la carúncula y el saco lagrimales, el párpado superior, la ceja y la raiz de la nariz. Su rama *etmoidal* ó *nasal interna* provee de ramitos sensitivos á la punta y á las alas de la nariz, por dentro y por fuera, *con filetes táctiles* (que también excitan en parte por vía refleja la secreción lagrimal), la parte anterior del tabique y de los cornetes ó conchas inferiores y quizá también con *ramitas vaso-motoras* que provendrán (?) de la anastomosis con el gran simpático. El nervio nasal ó naso-ciliar da también la raiz larga *l*, del ganglio oftálmico *c* y uno á tres nervios ciliares largos.

El **ganglio oftálmico** ó **ciliar** (fig. 227. *c*), que más bien pertenece al tercer par craneal que al quinto (Schwalbe), tiene tres raíces: *a*) la *raiz corta* que proviene del motor ocular común (3) (véase la pág. 177); *b*) la *raiz larga l*, que proviene del nasal ó naso-ciliar, y *c*) la *raiz simpática s*, unida á veces con la anterior, que procede del plexo carotídeo. Del ganglio parten seis á diez nervios ciliares cortos *t*, que unidos con los largos, penetran en la proximidad de la entrada del nervio óptico, atravesando la esclerótica, para dirigirse hacia adelante, entre esta membrana y la coroides. Contienen:

1.° Las *fibras motoras* para el *esfínter de la pupila* y para el *tensor de la coroides*; provienen de la raiz que da el motor ocular común (§ 347. 2. 3).

2.° *Fibras sensitivas* para la *córnea* (Bochdalek), que se distribuyen con ramificaciones finísimas entre las células epiteliales y para la *conjuntiva bulbar*, atravesando la esclerótica (Giraldés). Estas fibras provocan también la secreción lagrimal por vía refleja (nervio lagrimal) y la oclusión de los párpados (nervio facial). Reciben igualmente fibras sensitivas, el *iris* (dolor en las inflamaciones y en las operaciones), la *coroides* (tensión dolorosa cuando se contrae enérgicamente el tensor de la coroides) y la *esclerótica*.

3.° *Nervios vaso-motores* para los vasos del iris, de la coroides y de la retina, que provienen, pero sólo en parte, de la raiz *simpática* y de la anastomosis del gran simpático con la primera rama del trigémino (Wegner). El *iris* y la *retina* reciben la mayor parte de sus vaso-motores del trigémino mismo (Rogow) y pocos del gran simpático; según Klein y Svetlin, este último nervio no influye nada (?) en los vasos retinianos.

4.° *Fibras motoras* para el músculo dilatador de la pupila, que proceden *en su mayor parte del gran simpático* (Petit, 1727), por medio de la raiz simpática del ganglio y de la anastomosis del gran simpático con el trigémino (Balagh, Oehl). Pero la primera rama contiene también fibras dilatadoras de la pupila, propias, que vienen directamente de la médula oblongada (Schiff).

En el *hombre* no se ha averiguado á ciencia cierta si las ramas dilatadoras de la pupila vienen de la raiz simpática del ganglio oftálmico y después por los nervios ciliares; por lo menos en el perro y en el gato no siguen ese camino, sino que sin pasar por el ganglio, van al nervio óptico y penetran con éste en el ojo (Hensen y Völckers); todas atraviesan el *ganglio de Gasserio*, siguen con la primera rama del trigémino y por fin acompañan á los nervios ciliares largos (Jegorow). Respecto al centro de estas fibras véase el § 369. 8.

De aquí resulta que, cuando se corta el trigémino, se *estrecha* la pupila, después de un período muy corto en que se dilata (conejo y rana); y que cuando se extirpa el ganglio cervical superior del simpático, no se abole *por completo* la facultad de dilatarse la pupila. Pero el estrechamiento que se observa en el conejo, y que desaparece á la media hora, puede interpretarse también como resultado de una excitación refleja de las fibras nerviosas del esfínter pupilar, procedentes del motor ocular común, á consecuencia de la excitación dolorosa ocasionada al cortar el trigémino.

Esta es la ocasión de mencionar los fenómenos que se observan cuando SE EXCITA Ó SE PARALIZA EL SIMPÁTICO CERVICAL, ó la continuidad de sus fibras hasta el ojo. Al excitarle, *se dilata la pupila*, y además son influídos los *músculos lisos* que hay en la *órbita* y en los *párpados*. La membrana orbitaria, que en los animales separa á la órbita de la fosa temporal, contiene gran número de fibras musculares lisas (*músculo orbitario*). También la membrana análoga del hombre, que se encuentra en la hendidura esfeno-maxilar, posee una capa muscular de un milímetro de grueso, cuyas fibras están dirigidas, casi todas, en la dirección del diámetro mayor de dicha hendidura. Además, existen fibras lisas en *ambos párpados*, que los aproximan al contraerse; en el superior, vienen como á continuar al músculo elevador, y en el párpado inferior, se hallan inmediatamente por debajo de la conjuntiva. También la *cápsula de Tenon* contiene fibras musculares lisas. Estos músculos son inervados por el gran simpático (Enrique Müller) (el orbicular, lo es en parte por el ganglio esfeno-palatino); en los animales, lo es también el retractor del tercer párpado, que se encuentra en el ángulo interno del ojo. *De ahí que la excitación del gran simpático produzca la dilatación de la pupila y de la hendidura palpebral, y la propulsión del globo ocular hacia afuera.* Esta excitación puede ser también de origen reflejo, provocada por la irritación intensa de algún nervio sensitivo. También se presentan estos fenómenos, en un grado moderado, de resultas de una viva excitación de los nervios de los órganos sexuales; y acaso haya que incluir, en esta categoría de hechos, la dilatación de la pupila que se observa en los niños pequeños afectos de helmintiasis. Igualmente se dilata la pupila en el tétanos, por virtud de la excitación de la médula espinal (origen del simpático). Cuando se *corta* éste, se estrecha la hendidura palpebral, se hunde el globo ocular en la órbita, y en los animales, se relaja el tercer párpado; pero en el perro, se presenta además *estrabismo interno*, porque el músculo recto externo está animado, en parte, por fibras motoras del gran simpático (§ 350). Respecto al origen de estas fibras en la región cilio-espinal, véase el § 364. 1.

5.º Todavía no se sabe si el trigémino contiene *fibras tróficas*, acompañando á los nervios ciliares. El hecho es que cuando se corta dentro de la cavidad craneana, al cabo de seis á ocho días se inflama la córnea, se necrosa, y por fin se destruye el globo ocular (Fodéra, 1823, Magendie).

Pero todo esto, sólo sucede cuando se corta el trigémino en el ganglio de Gasse-

rio, ó después de atravesarle, no cuando se secciona antes (Magendie). La causa de los trastornos nutritivos, proviene de las células ganglionares (Gaule). Para formar juicio acerca de esta cuestión de los nervios tróficos, hay que tener en cuento los datos siguientes: 1.° La sección del trigémino, vuelve *insensible al ojo en su totalidad;* el animal no siente ningún traumatismo directo, y no se substrae á su influencia; ni siquiera son eliminados el moco y el polvo que se adhieren á sus ojos, porque ya no provocan *parpadeo* por excitación refleja. Esta falta de reflejos, hace que los ojos estén abiertos mucho más tiempo que de costumbre, y expuestos, por lo tanto, á la acción de muchos agentes perjudiciales, y de la desecación; también falta la *secreción lagrimal de causa refleja.* Cuando Snellen (1857), en el conejo, fijó delante del ojo la oreja, cuya sensibilidad lo defendía contra los agentes exteriores, se presentaba mucho más tarde la inflamación del órgano; y si se coloca delante de éste una cápsula que le defienda de toda influencia exterior, hasta no llega á sobrevenir dicha inflamación (Meissner y Büttner). Así sucedió también, cuando Gudden refrescó en el conejo los bordes libres de los párpados, los cosió y dejó que se adhiriesen entre sí. También se mantiene intacta la córnea si se cuida con el mayor esmero posible de que esté limpia (Gudden). No cabe, por lo tanto, duda alguna de que la pérdida de sensibilidad en el ojo, favorece su inflamación. Pero además, ha habido gran empeño en aislar, en lo posible, las fibras tróficas y seccionarlas á ellas solas. Ahora bien, como quiera que Meissner, Büttner y Schiff han visto que se inflamaba también el ojo, aunque sólo se cortasen las fibras más internas del trigémino (*tróficas*), conservando el ojo su sensibilidad, estaba con esto demostrada la existencia de semejantes fibras; pero Cohnheim y Senftleben niegan la exactitud de estos datos. En cambio, con la lesión parcial del nervio, puede perder el ojo su sensibilidad, sin que se llegue á inflamar (Schiff). Ranvier, que niega la existencia de nervios tróficos, hace en la córnea una incisión circular que sólo interese sus capas superficiales, con lo cual se cortan todos sus nervios, que se encuentran en éstas. La córnea queda insensible, y sin embargo, no se inflama. Además, lo mismo en el hombre que en los animales, cuando no se pueden cerrar los párpados, se presentan rubicundez y lagrimeo, ó ligera sequedad y enturbiamiento de la superficie del globo ocular (xerosis), pero nunca la inflamación destructora de que hemos hecho mérito (Samuel). 2.° Pero hay también que tener en cuenta un dato, al que se ha concedido en parte poca importancia. La sección del nervio trigémino, *paraliza los vaso-motores* en el interior del globo ocular, y esta parálisis tiene que alterar la circulación sanguínea en el mismo. Además, según Jessner y Grünhagen, el trigémino provee al ojo de *fibras vaso-dilatadoras*, cuya excitación provoca mayor aflujo sanguíneo, trasudación consiguiente de los generadores de la fibrina, y aumento en la proporción de albúmina en el humor acuoso. 3.° Después de cortado el nervio, *disminuye la tensión del globo ocular;* en cambio, aumenta en grado considerable la presión intra-ocular, cuando es excitado dicho nervio (Hippel, Grünhagen, Adamük). La disminución de la presión intra-ocular, habrá de alterar las relaciones normales entre las circulaciones sanguínea y linfática, y la de los jugos plasmáticos, que tanto influyen en la nutrición normal. 4.° W. Kühne, vió moverse los corpúsculos de la córnea cuando se excitaban los nervios de esta membrana. No es improbable que el movimiento de estos corpúsculos influya en la circulación plasmática del sistema canalicular de la córnea (§ 202. 7); ahora bien, si estos movimientos dependen del sistema nervioso, la destrucción de este último habrá de acarrear trastornos en la nutrición (Landois, 1880). Y así observó Gaule, que al poco tiempo de cortar los nervios, se atrofia una parte de los corpúsculos de la córnea, mientras otros aumentan de tamaño; ocurriendo una cosa análoga con las células epiteliales de dicha membrana, de las que unas se necrosan y otras proliferan con gran actividad.

Estados patológicos. — También en el *hombre* se han observado, á consecuencia de anestesia del trigémino, y más rara vez en los estados irritativos de este nervio, inflamaciones de la conjuntiva, ulceración y perforación de la córnea, y por fin la panoftalmía (Carlos Bell) que se ha designado con el nombre de *oftalmía neuroparalítica*. Samuel ha producido estos mismos efectos en los animales irritando el ganglio de Gasserio por medio de la electricidad.

Difieren completamente de estas afecciones oculares aquellas que provienen de los *vaso-motores*, puesto que nunca dan origen á procesos degenerativos, como la sección del trigémino. A este grupo pertenece la *oftalmía intermitente*, producida por el paludismo y caracterizada por una hiperemia muy acentuada, unilateral é intermitente, de los vasos del ojo, acompañada de lagrimeo, fotofobia, y en muchos casos, de iritis y derrame de pus en las cámaras del ojo. Esta enfermedad ha sido considerada por primera vez por Eulenburg y por mí como una afección de los nervios vaso-motores del ojo. La clínica, lo mismo que la experimentación en los animales (Mooren y Rumpf), han demostrado que existe una conexión fisiológica muy íntima entre los territorios vasculares de ambos ojos, de tal suerte que las afecciones de uno de ellos provocan con facilidad otras análogas en el del lado opuesto. Así se explica que los procesos inflamatorios, sobre todo los del interior del globo ocular, ocasionen en el otro la llamada *oftalmía simpática* (Cassio Félix, 97 años antes de J. C.). Así también los irritantes que afectan á los nervios ciliares ó al trigémino, de *un lado* provocan al mismo tiempo la dilatación de los vasos en el *otro ojo* con todas sus consecuencias (Jesner y Grünhagen). Merece además mencionarse la tensión exagerada y patológica del ojo con sus consecuencias (*glaucoma simple*), que Donders atribuye á una excitación del trigémino. Se ha observado repetidas veces *lagrimeo* en un ojo con los estados irritativos del nervio oftálmico; en cambio, es un hecho raro la *abolición unilateral de esta secreción* en los estados paralíticos de dicho nervio (Uhthoff).

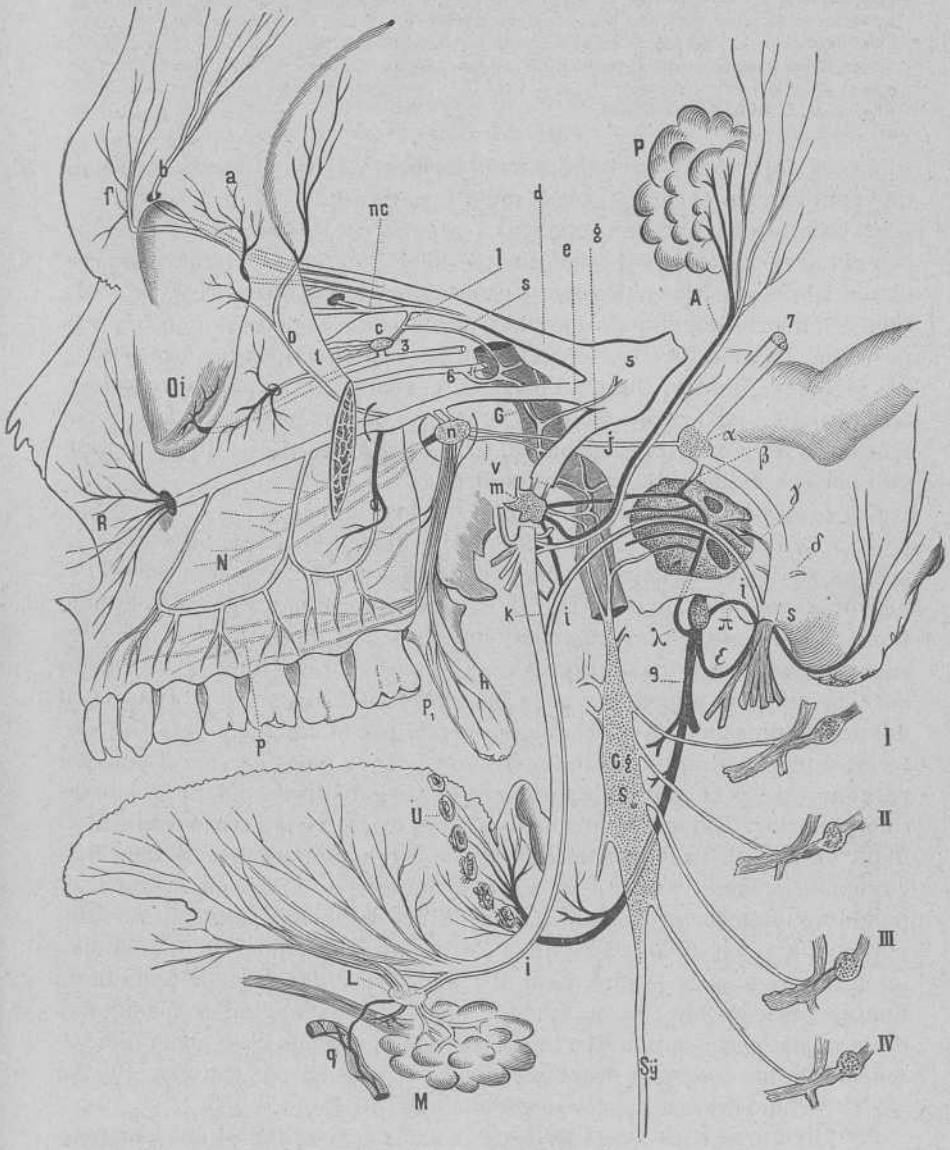
II. SEGUNDA RAMA: NERVIO MAXILAR SUPERIOR (fig. 227. *e*). — Este nervio suministra las siguientes ramas: 1.° *el nervio recurrente ó meníngeo medio, ramo sensitivo* muy fino de la dura madre que acompaña en el dominio de la arteria meníngea media á las ramificaciones *vaso-motoras* de esta arteria, las cuales provienen del ganglio cervical superior del gran simpático. Cuando se excita este ramo, se provoca la oclusión refleja de los párpados en el perro (Exner y Paneth).

2.° *Ramo orbitario ó subcutáneo de la mejilla* (*o*). — Se divide en dos: temporo-malar y lacrimo-palpebral. Da *fibras sensitivas* al ángulo externo del ojo y á la porción limítrofe de la región temporal y de la mejilla. Algunos filetes serían verdaderos nervios secretores de la glándula lagrimal (véase *nervio lagrimal*, pág. 180. 2) (Herzenstein, Wolferz).

3.° *Ramos dentarios posterior y anterior*. — Suministran con los filetes anteriores de la rama infra-orbitaria, *fibras sensitivas* á los dientes de la mandíbula superior (tomo I, pág. 317), á la encía, al periostio y al seno maxilar. Los vaso-motores de todas estas partes provienen del ganglio cervical superior del simpático.

4.° *Ramo infra-orbitario* (R). — A su salida del agujero infra-orbitario se ramifica al párpado inferior, al dorso y ala de la nariz y al labio superior, hasta cerca de la comisura bucal, suministrándoles *fibras sensitivas*. Las arterias que les acompañan reciben los vaso-motores del gan-

Figura 227.



Representación semi-esquemática de los nervios del ojo, de las conexiones del trigémino y de sus ganglios, del facial y del gloso-faríngeo. — 3, Ramo del nervio motor ocular común para el músculo oblícuo inferior del ojo (*Oi*), con la raiz corta y gruesa del ganglio oftálmico (*c*). — *t*, nervios ciliares. — *l*, raiz larga del ganglio oftálmico procedente del nervio nasal (*nc*). — *s*, raiz simpática procedente del plexo del simpático (*Sy*) que rodea á la carótida interna (*G*). — *d*, primera rama del trigémino (5) con el nervio nasal (*nc*) y los filetes terminales del lagrimal (*a*), del supra orbitario (*b*) y del frontal (*f*) — *e*, segunda rama del trigémino — *R*, nervio infra-orbitario. — *n*, ganglio esfeno palatino con las raices que recibe del facial (*j*) y del simpático (*v*). — *N*, ramos nasales y *pp*, ramos palatinos del ganglio. — *g*, tercera rama del trigémino. — *k*, lingual. — *ii*, cuerda del tambor. — *m*, ganglio óptico con sus raíces del plexo timpánico, del plexo carotídeo y de la tercera rama del trigémino, y con sus ramificaciones para los nervios aurículo-temporal (*A*) y para la cuerda del tambor (*ii*). — *L*, ganglio sub-maxilar

con sus raíces del nervio lingual y el plexo simpático que acompaña á la arteria maxilar externa ó facial (*q*). — 7, nervio facial. — *j*, nervio petroso superficial mayor. — α, ganglio geniculado. — β, ramo para el plexo-timpánico. — γ, nervio del músculo del estribo. — δ, anastomosis con el ramo auricular del pneumogástrico — *s*, agujero estilo-mastóideo. — 9, nervio gloso-faríngeo. — λ, nervio de Jacobson. — π y ε, anastomosis con el facial. — *U*, terminación de las fibras gustativas del gloso-faríngeo en las papilas caliciformes. — *Sy*, gran simpático con el ganglio cervical superior *Gg*, *s*. — I II III IV, primeros nervios cervicales. — *P*, parótida. — *M*, Glándula sub-maxilar.

glio cervical superior del simpático. Respecto á las *fibras sudoríparas* que contiene (en el cerdo), véase tomo I, pág. 649.

El GANGLIO ESFENO-PALATINO (*n*) ó *ganglio de Meckel*, está en relación con el nervio maxilar superior. Recibe de él, por medio de uno ó varios filetes, fibras sensitivas que constituyen su raiz corta ó *sensitiva*, llamada también nervio esfeno-palatino. Las *fibras motoras* penetran en la parte posterior del ganglio con el nervio petroso superficial mayor, procedente del facial (*j*) (Bidder, Nuhn). Finalmente, recibe fibras pálidas *vaso-motoras* (*v*) del plexo carotídeo (nervio petroso mayor profundo). Las fibras motoras y vaso-motoras, forman el *nervio vidiano*, que se dirige al ganglio por el conducto del mismo nombre.

Las ramas eferentes de este ganglio son las siguientes:

1.° *Fibras sensitivas* (N) que inervan el techo, las caras laterales y el tabique de las fosas nasales (nervios nasales posteriores superiores); el nervio esfeno-palatino penetra con sus filetes terminales por el conducto incisivo hasta el paladar, distribuyéndose detrás de los dientes incisivos superiores. Los nervios sensitivos nasales posteriores é inferiores para los cornetes inferior y medio, y para los meatos del mismo nombre, vienen del nervio palatino anterior, que desciende por el conducto palatino posterior ó pterigo-palatino. Finalmente, la bóveda palatina (*p*), el velo del paladar (p_1) y la amígdala, reciben filetes sensitivos del nervio palatino posterior. Todos los nervios sensitivos de la nariz (véase también el filete etmoidal), provocan el *estornudo* por acción refleja (§ 126. 3), á cuyo acto precede siempre una sensación de cosquilleo en la nariz, y puede también ser provocado (fuera de los casos de excitación directa) por la dilatación de los vasos de la nariz que se produce fácilmente con los enfriamientos de la piel. Esta dilatación vascular va acompañada de una mayor secreción de la mucosa nasal. La excitación de los nervios de la nariz, provoca también *lagrimeo* (por vía refleja), así como una *detención* de los movimientos respiratorios en posición espiratoria (Hering y Kratschmer) (véase *centro respiratorio* § 370).

2.° Las fibras *vaso-dilatadoras* de la nariz, acompañan á las sensitivas de este mismo ganglio, y provienen, en su mayor parte, de la raiz simpática del mismo (Prevost, etc.).

3.° Las *ramas motoras* descienden con el nervio palatino posterior, por el conducto ptérigo-palatino, y se distribuyen (*h*) á los músculos peristafilino interno y palato-estafilino ó azigos de la úvula (Nuhn, Frühwald) (las fibras sensitivas de estos músculos provienen del trigémino). Según Politzer, la contracción espasmódica de estos músculos en forma de accesos produciría ruidos de crugido en el oído (§ 420).

4.° Los *vaso-motores* de todo este territorio, provienen de la raiz simpática y por lo tanto del ganglio cervical superior.

5.° La raiz procedente del trigémino, suministra los *nervios secretores* de las glandulitas mucíparas de la mucosa nasal. Cuando se excita el trigémino, se provoca esta secreción; si se reseca, disminuye y al mismo tiempo se atrofia y degenera la membrana mucosa. De aquí que también se haya atribuído al trigémino una acción *trófica* sobre esta membrana (Aschenbrandt).

La excitación eléctrica débil del *ganglio* puesta á descubierto, determina una secreción abundante de moco y elevación de temperatura en la nariz (Prévost), con dilatación de los vasos (Aschenbrandt).

Cuando se corta el trigémino, también se enrojece la mucosa nasal del mismo lado á causa de que el polvo que en ella se deposita y la misma secreción de moco no provocan por vía refleja *su propia expulsión*, y obran como agentes irritantes y flogógenos.

III. TERCERA RAMA : NERVIO MAXILAR INFERIOR (*g*).—Reune *todas las fibras motoras* del trigémino con algunas *sensitivas* formando un plexo, del que parten:

1.° El *nervio recurrente* que proviene sólo de la raiz sensitiva ; penetra en el cráneo por el agujero redondo menor y se distribuye en la dura madre con el nervio del mismo nombre procedente de la segunda rama. De este nervio parten también filetitos, que atravesando la fisura petro-escamosa, van á inervar la mucosa de las células mastóideas.

2.° Rama *motora* para los músculos masticadores : nervio masetérico, dos nervios temporales profundos, nervios pterigóideos interno y externo. Las fibras sensitivas de estos nervios, provienen de la raiz sensitiva.

3.° El nervio *bucal* ó *buccinador*, es un nervio *sensitivo* que se distribuye en la mucosa del carrillo y en la comisura bucal hasta en los labios.

Según Jolyet y Laffont, contiene además fibras vaso-motoras, procedentes en último término del gran simpático con toda probabilidad, para la mucosa del carrillo, el labio inferior y sus glandulitas mucosas.

Como después de cortar el trigémino se ulcera esta región de la mucosa, se ha admitido la existencia de fibras *tróficas* en el nervio bucal. Pero á esto hace notar Rollet que cuando se corta el nervio maxilar inferior, se paralizan los músculos masticadores del lado correspondiente, y á consecuencia de esta parálisis, los dientes de ambas mandíbulas no coinciden como en el estado normal, sino que se aplican contra la mucosa del carrillo. Además, á causa de la insensibilidad de la cavidad bucal, quedan adheridos á esa mucosa resíduos alimenticios, poco masticados generalmente, que la irritan tanto por su acción mecánica, como por su influencia química, por haberse descompuesto. Más tarde también se producen úlceras en el lado *sano* á causa del desgaste anormal de los dientes. De todo esto se deduce que no está justificada la admisión de semejantes fibras tróficas.

4.° El *nervio lingual* (*k*) recibe, formando un ángulo agudo, la cuerda del tambor (*i i*), ramita del facial que viene desde la caja timpánica. El *lingual no contiene ninguna fibra motora*. Es el *nervio sensitivo y tactil de la lengua*, de los pilares anteriores del velo del paladar, de las amígdalas y del suelo de la boca. Cuando se excita este nervio, y lo mismo las

demás fibras sensitivas de la cavidad bucal, se provoca por vía *refleja* la *secreción salivar* (tomo I, pág. 301. 2). Es además el lingual el *nervio gustativo* de la punta y bordes de la lengua (donde no se distribuye el nervio gloso-faríngeo), puesto que, con la neurotomía del lingual en el hombre, han visto Busch, Inzani, Lussana y otros abolirse la sensibilidad tactil de toda la mitad correspondiente de la lengua y la gustativa de la parte anterior de dicha mitad. Sin embargo, estas fibras proceden, en general, de la cuerda del tambor, como diremos al tratar del nervio facial (§ 351. 4). (Con todo, para Schiff esas fibras son del mismo nervio lingual, y en este sentido deponen algunos casos observados por Erb y por Sénator, casos en que se trataba, sin duda alguna, de excepciones de la ley general). Las ramificaciones del lingual que hay en el interior de la lengua, poseen pequeños ganglios (Remak). Como Schiff ha visto que cuando se corta el lingual, á la vez que el hipogloso, se *enrojece la lengua*, se deduce de esto que contiene fibras vaso-motoras; pero lo que no está bien averiguado es si provienen de la anastomosis del ganglio de Gasserio con el gran simpático. El lingual parece contener también *fibras vaso-dilatadoras* para la lengua y para la encia, procedentes de la cuerda del tambor (§ 351).

Después de haber cortado el trigémino, suelen morderse los perros la lengua, cuya situación y movimientos en la boca no sienten, produciéndose de este modo numerosas lesiones é inflamaciones.

5.° El *nervio dentario inferior* es el *nervio sensitivo* de los dientes y de la encía; las fibras vaso-motoras provienen del ganglio cervical superior. Antes de penetrar en el conducto dentario, emite el nervio milo-hióideo, que suministra las fibras *motoras* para el músculo milo-hióideo y para el vientre anterior del digástrico, así como algunos filetes para el depresor del ángulo bucal (triangularis menti) y para el músculo cutáneo; contienen además estos filetes *fibras sensitivas para los músculos*. El nervio mentoniano, que sale por el agujero de este nombre, no es más que *sensitivo*, y se distribuye en el mentón, el labio inferior y el borde de la mandíbula.

6.° El *nervio auriculo temporal* (A) da *ramas sensitivas* para la pared anterior del conducto auditivo externo, la membrana del tambor, la parte anterior de la oreja, la zona limítrofe de la región temporal y la articulación témporo-maxilar (vease también § 149).

En la figura 228 está marcada la zona de distribución de las ramas del trigémino en la cabeza, así como la de los nervios cervicales; siendo fácil con ella orientarse en los casos patológicos de afecciones circunscritas á determinados territorios (neuralgias, anestesias).

El ganglio ótico se encuentra debajo del agujero oval al lado interno del maxilar inferior. Sus *raíces* son: 1.°, ramos *motores* cortos del mismo maxilar inferior; 2.°, fibras *vaso-motoras* del plexo de la arteria meníngea media, que provienen, por lo tanto, del ganglio cervical superior del gran simpático. 3.°, fibras procedentes del ramo de Jacobson (ó

timpánico) del gloso-faríngeo, que se dirigen al plexo timpánico (figura 227. A), desde aquí atravesando el conductillo petroso y con el nervio petroso superficial menor á la cavidad craneana, y luego por el agujero rasgado anterior al ganglio ótico (*m*). El nervio facial también está, por medio de la cuerda del tambor, en relación constante con el ganglio, pasando inmediatamente por debajo de éste (fig. 227. *m*, *i*).

Las *ramas eferentes* del ganglio ótico, son: 1.°, ramas motoras para el músculo interno del martillo (tensor del tímpano) y para el peristafilino externo, acompañadas de filetes sensitivos musculares (C. Ludwig y Politzer). 2.°, una ó más ramas anastomóticas del ganglio al *nervio auriculo-temporal*, que provienen por las raíces segunda y tercera del gran simpático y del gloso-faríngeo; acompañan á dicho nervio (figura 227. A), y al pasar éste por la glándula parótida (P) se ramifican en ésta. Estas ramas presiden la secreción salivar de la parótida, como ya hemos visto en los §§ 149 y 150.

La sección del trigémino provoca lesiones inflamatorias en la mucosa de la cavidad timpánica, en todos los grados posibles (en el conejo) (Bertholdy, Grünhagen, Kirchner). (Las lesiones del simpático ó del gloso-faríngeo no ocasionan ninguna lesión).

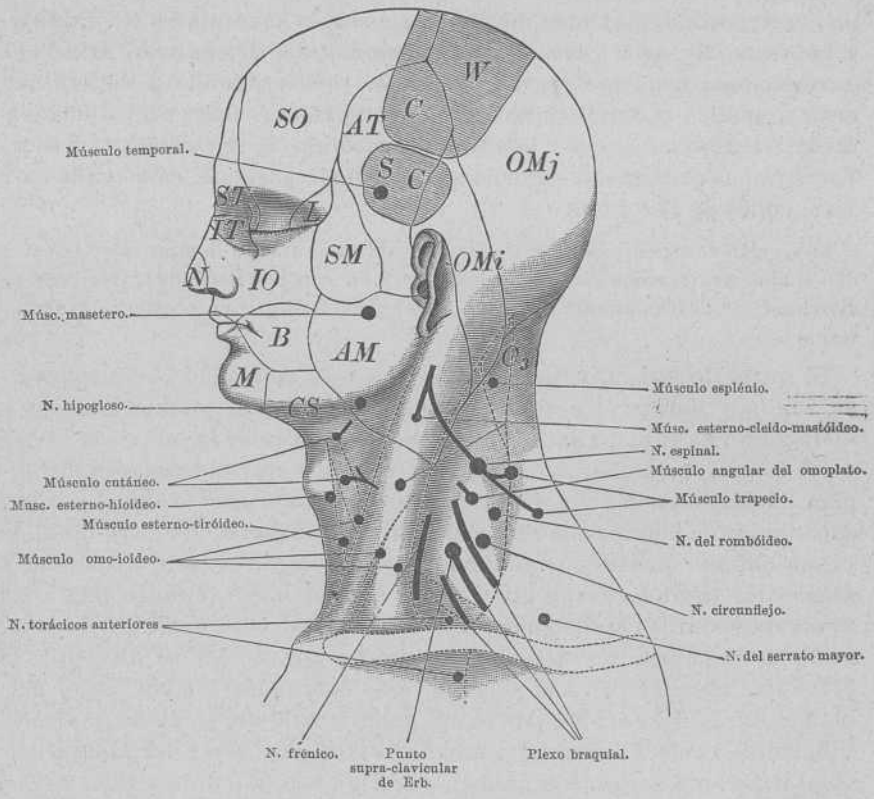
El **ganglio submaxilar** (fig. 227. L) está aplicado al lado convexo del arco que forma el nervio timpánico-lingual y al conducto excretor de la glándula submaxilar (M). Recibe las siguientes *raíces*:

1.° Ramas de la cuerda del tambor (*i i*) que experimentan, según Vulpian, la degeneración grasienta cuando se corta el nervio facial y están encargadas de influir en la secreción salivar de las glándulas sub-maxilar y sub-lingual, puesto que contienen *fibras secretoras* (saliva acuosa) y *fibras vaso-dilatadoras* (§§ 149 y 150); dan además ramificaciones á las fibras musculares lisas del conducto de Wharton. Sin embargo de esto, no todas las fibras nerviosas de la cuerda del tambor se dirigen á la glándula; algunas van á la lengua (véase cuerda del tambor, en el nervio facial). 2.° La *raiz simpática* del ganglio sale del plexo de la arteria submental, rama de la facial ó maxilar externa (*q*) (ó sea del ganglio cervical superior del gran simpático), se dirige á la glándula y es el *nervio secretor* que provoca, cuando es excitado, la formación de una saliva concentrada (nervio *trófico* de la glándula); lleva además fibras vasoconstrictoras á los vasos de ésta. 3.° *Raices sensitivas*, que provienen del lingual y se distribuyen parte en las glándulas y en sus conductos de excreción y parte vuelven á unirse al timpánico-lingual para ramificarse en la lengua.

Estados patológicos.—Se observa entre otros, en la tercera rama del trigémino, el *espasmo de los músculos masticadores*, bilateral casi siempre, unas veces *clónico* (rechinamiento de dientes) y otras *tónico* (trismo). Estas contracciones espasmódicas coexisten, por lo regular, con las de otras muchas partes del cuerpo, como convulsiones generales; rara vez se presentan aisladas como síntomas de lesiones en foco localizadas en el bulbo raquídeo, en el puente de Varolio, ó en la corteza del cerebro en la zona del centro motor del trigémino. También pueden ser de origen reflejo, determinadas por la irritación de algún nervio craneal sensitivo.

Las *degeneraciones* del núcleo motor ó las afecciones de la raiz del nervio en el interior del cráneo, ocasionan *parálisis de los músculos masticadores*, muy rara vez bilaterales. La parálisis del músculo interno del martillo (tensor del tímpano) produciría sordera (Romberg) ó zumbido de oidos (Benedikt). Sería de desear que se recogiese mayor número de observaciones, tanto respecto á este punto, como en lo que se refiere á la parálisis del peristafilino externo.

Figura 228.



Distribución de los nervios sensitivos en la cabeza y situación de los puntos motores en el cuello.

SO, zona de distribución del nervio supra-orbitario. — ST, nervio frontal interno. — IT, nervio nasal externo.—L, nervio lagrimal. — N, nervio etmoidal. — IO, nervio infra-orbitario.—B, nervio bucal.—SM, ramo orbitario.—AT, nervio auriculo-temporal.—AM, nervio auricular mayor. — OMj, nervio occipital mayor — OMi, nervio occipital menor. — C_3, tercer nervio cervical. — CS, ramas cutáneas de los nervios cervicales. — CW, región de las circunvoluciones centrales del cerebro. —SC, región del centro del lenguaje articulado (tercera circunvolución central.

Respecto á las afecciones de la *totalidad* del trigémino, merece ser mencionada en primer término la neuralgia del mismo que sobreviene en forma de accesos de dolor vehementísimo que se irradia á sus ramificaciones periféricas. Es casi siempre unilateral, limitándose generalmente á una sola de las tres ramas y á veces tan sólo á algunas de sus ramificaciones. Los puntos desde donde se irradian los dolores, suelen ser los conductos óseos, que dan salida á los ramitos nerviosos. Rara vez son afectados, el oído, la dura-madre ó la lengua. No es infrecuente que los accesos dolorosos se acompañen de *contracciones convulsivas* en los

músculos faciales de la zona correspondiente; contracciones que, ó bien son de origen reflejo ó acaso son debidas á una irritación directa de las fibras del facial que van unidas con los filamentos terminales del nervio trigémino. Las contracciones reflejas se manifiestan á veces en los grados más intensos hasta en la musculatura del brazo y del tronco.

Se observa como síntoma concomitante de la neuralgia facial, una intensa *rubicundez* de la zona correspondiente, con aumento ó disminución en las secreciones de la conjuntiva, de la nariz y de la boca. Estos fenómenos son indudablemente de origen reflejo (simpático). También es frecuente observar un *trastorno de las funciones cerebrales* á consecuencia de modificaciones en el riego sanguíneo del órgano, de origen vaso-motor, por excitación refleja. C. Ludwig y Dittmar, descubrieron que la excitación de los nervios sensitivos, estrecha el calibre del árbol arterial y aumenta, por consiguiente, la presión sanguínea en los vasos cerebrales. Así es frecuente observar en estos casos, melancolía é hipocondría muy pronunciadas. Yo conozco un caso en el que sobrevienen alucinaciones visuales muy bien caracterizadas durante los accesos violentos de neuralgia de la tercera rama del trigémino. En general, todas las afecciones de este nervio producen numerosos fenómenos reflejos.

Son muy interesantes los *trastornos tróficos* que se observan en los padecimientos del trigémino. Entre ellos se cuentan: la fragilidad y aspecto erizado que adquieren los cabellos, su encanecimiento y caída; las inflamaciones cutáneas circunscritas y las erupciones vesiculosas (Zoster) en la cara, y también en la córnea (herpes neurálgico de la córnea) (Schmidt-Rimpler).

Mencionemos, por fin, la *atrofia facial progresiva*, unilateral casi siempre, pero que también se ha observado bilateral (Eulenburg, Flashar, Jul. Wolf). Proviene según todas las probabilidades, de una perturbación en las funciones tróficas del trigémino (¿raiz descendente, Mendel), pero también puede interesarse por vía refleja, la actividad vaso-motora del gran simpático. Yo saqué el trazado esfigmográfico del famoso caso de Romberg (un sujeto llamado Schwahn) y resultó que la gráfica de la carótida del lado enfermo era más pequeña evidentemente que la del lado sano. La sección intracraneal de la raiz sensitiva del trigémino en el perro, produce un trastorno de nutrición análogo (Schiff y Girard). La contrapartida de esta enigmática afección, es la *hipertrofia unilateral de la cara*, anomalía rarísima que también proviene de trastornos nutritivos de origen neurotrófico (Friedreich, Schieck, etc.), y que es afine del *desarrollo gigantesco* de ciertas partes del cuerpo.

Todavía nos falta hacer mérito de la notable observación de Urbantschitsch, según la cual, cuando se irrita una rama del nervio trigémino, sobre todo, de las que se dirigen al oído, *aumenta la agudeza visual*. Este fenómeno puede también presentarse de un modo pasajero, soplando en la mejilla ó en la mucosa nasal, con la excitación eléctrica, el rapé y los olores muy fuertes. También las sensaciones del olfato y del gusto, así como la sensibilidad de ciertas zonas cutáneas, pueden exagerarse por *vía refleja* con una irritación ligera del trigémino. En las enfermedades graves del oído, en que se interesan profundamente fibras nerviosas del trigémino, pueden deprimirse dichas actividades sensoriales; siendo frecuente, en semejantes circunstancias, que recobren su agudeza normal cuando mejora localmente el padecimiento del oído.

350. VI. — Nervio motor ocular externo.

Este nervio tiene su origen en un grupo de células grandes (que corresponden al cuerno anterior de la médula espinal) y se encuentran algo *por delante*, y en parte, *en el mismo núcleo del facial*, en la profundidad de la zona anterior del cuarto ven-

trículo (*eminentia teres*) (fig. 225). Consideraciones de orden fisiológico obligan á admitir fibras de comunicación entre el núcleo de origen del nervio motor ocular externo y el centro cerebral cortical del lado opuesto que tiene á su cargo los movimientos del ojo (§ 380. I). El nervio emerge por el borde posterior de la protuberancia anular (fig. 226).

Es el nervio motor voluntario del músculo recto externo, aunque en los movimientos coordinados de los ojos, es excitado de un modo involuntario.

Recibe en el seno cavernoso buen número de ramitas procedentes del gran simpático (fig. 227. 6), y en menor número del trigémino, cuya significación es la misma que la de las fibras análogas del patético y del motor ocular común (página 175).

Estados patológicos.—La *parálisis* completa de este nervio produce estrabismo convergente, y, como consecuencia, diplopia. La sección del simpático cervical en el perro, produce una ligera desviación del globo ocular hacia adentro (Petit). De aquí se infiere, que el motor ocular externo recibe algunas fibras motoras del simpático cervical. El *espasmo* del motor ocular externo, produce estrabismo divergente.

Hagamos notar, por fin, respecto al ESTRABISMO, que éste no sólo puede ser ocasionado por excitación ó parálisis de los nervios, sino por afecciones primitivas de los músculos; cortedad congénita, contracturas y lesiones. También se origina por *opacidad* en los medios transparentes del ojo; los que la padecen colocan involuntariamente al ojo enfermo de tal manera, que los rayos de luz penetren por la parte que no está opaca. Consecuencias análogas producen las afecciones retinianas en la mancha amarilla. O bien se coloca involuntariamente el ojo defectuoso de manera que no perturbe la función visual del ojo intacto; de este modo el sujeto llega á no mirar más que con un solo ojo sin darse cuenta de ello.

351. VII.—Nervio facial.

Su origen se encuentra en el *núcleo del facial* (fovea anterior) (fig. 225. 7) que está en el suelo del cuarto ventrículo, algo por detrás del origen del motor ocular externo que recibe algunas fibras y al que rodea en su curso. Sus fibras sólo son centrífugas. Las destinadas al músculo orbicular de los párpados parecen tener su origen especial en el núcleo del motor ocular común (Mendel). El origen del facial comunica con la corteza del hemisferio cerebral del lado opuesto (§ 380. I).

Sale al exterior con dos raíces, de las cuales la menor (*nervio intermedio de Wrisberg*) también está en conexión con el nervio auditivo (véase éste). Las fibras de origen de la porción intermedia ó nervio de Wrisberg, provienen del núcleo del gloso-faríngeo (Sapolini). *Al parecer, por medio de estas fibras penetran en el facial las gustativas y táctiles que posee la cuerda del tambor* (Duval, Ed. Schultze, Vulpian). Sería, según esto, el nervio de Wrisberg, una porción desprendida de los nervios gustativos que acompañan al facial y á la cuerda del tambor para penetrar en la lengua. Entra unido al auditivo, primero por el conducto auditivo interno, y en el fondo de éste se separa de dicho nervio para penetrar en el conducto de Falopio. Su dirección es transversal hasta que llega al hiatus de este conducto, después se dobla formando un ángulo recto en la llamada *rodilla* ó *ganglio geniculado* (fig. 227. α), pasando por encima de la caja del tambor para descender recorriendo el espesor del hueso, en la pared posterior de esta cavidad. Finalmente, sale al

DR. PEREZ ARAPILES
c/ Lancia núm. 12 - 3.º
Teléfono 20 85 19

exterior por el agujero estilo-mastóideo, atraviesa la parótida y se divide y ramifica en forma de abanico (pata de ganso).

Sus ramas son (fig. 227, pág. 185).

1.º El *nervio petroso superficial mayor* (*j*); es un nervio *motor*. Sale de la rodilla ó ganglio geniculado por el hiatus del conducto facial ó de Falopio á la cavidad craneana, descendiendo por la cara anterior del peñasco, pasa por el agujero rasgado anterior á la cara inferior de la base del cráneo, y atravesando el conducto vidiano, llega al *ganglio esfeno-palatino* (pág. 184). Todavía no está averiguado si el nervio lleva también al facial *fibras sensitivas* de la segunda rama del trigémino; Prévost lo niega.

2.º Fibras que hacen comunicar al ganglio geniculado con el ganglio ótico (β) y cuyo curso y función ya hemos expuesto al tratar de este último (pág. 189. 3).

3.º *Rama motora* para el músculo tensor del estribo (γ) (§ 412).

4.º La *cuerda del tambor* (*ii*), arranca del facial antes de que éste salga por el agujero estilo-mastóideo (*s*), atraviesa la caja timpánica por encima del músculo interno del martillo, entre el mango de éste y la rama larga del yunque, sale fuera de la base del cráneo por la fisura petro-timpánica y se une formando un ángulo agudo, con el nervio lingual (véase pág. 188, 4). Antes de realizarse esta unión, se efectua un cambio recíproco de fibras entre la cuerda y el ganglio ótico (*m*). Tanto por medio de este cambio, como por la unión de la cuerda con el lingual, puede recibir la primera fibras sensitivas, y por lo tanto también el mismo nervio facial. En efecto, la cuerda del tambor contiene fibras sensitivas, puesto que su excitación (posible en el hombre cuando está destruída la membrana timpánica), produce una sensación de picor y de pinchazos en la porción antero-lateral y punta de la lengua (v. Tröltsch); después de haber cortado la cuerda en el hombre, encontró Wolf que estaba abolida la *sensibilidad táctil* y *térmica* en dichas zonas (y también la gustativa como veremos más adelante). Contiene además la cuerda *fibras secretoras* y *vaso-dilatadoras*, para las glándulas sub-lingual y sub-maxilar (véase *ganglio sub-maxilar*, pág. 189).

Otro hecho confirmado por muchos investigadores, es que la cuerda del tambor posee también *fibras gustativas* para el borde y la punta de la lengua, que se dirigen á ésta por el camino del nervio lingual (véase N. lingual, pág. 187), (Roux, etc). Urbantschitsch, vió un sujeto cuya cuerda estaba al descubierto, y en el que la irritación de la misma en la cavidad timpánica, producía sensaciones gustativas á la vez que táctiles.

Debe darse por bien averiguado que las fibras gustativas de la cuerda del tambor provienen del *gloso-faríngeo*, pudiendo llegar á ella por las vías siguientes:

1.º Por el nervio intermedio de Wrisberg, origen que es el principal según la opinión más reciente (véase, *origen del facial*, pág. 192).

2.º Otra comunicación aferente es la que se realiza después del agujero estilo-mastóideo, por medio del ramo que envía el gloso-faríngeo (fig. 227. ε), á aquella rama del facial que contiene al mismo tiempo las fibras motoras para el músculo

estilo-hióideo y para el vientre posterior del digástrico (nervio estilo-hióideo de Henle). [Este nervio da quizá además fibras sensitivas musculares para los músculos estilo-hióideo, y vientre posterior del digástrico, admitiéndose también que con esta anastomosis recibe el gloso-faríngeo fibras motoras del facial (Henle)].

3.° Otra comunicación entre los nervios craneales séptimo y noveno, se encuentra en la caja timpánica: el *nervio de Jacobson* ó timpánico, que penetra en esta cavidad y proviene del gloso-faríngeo (λ), se une en el plexo timpánico con el nervio petroso superficial menor (β) procedente del ganglio geniculado del facial. De este modo, el nervio petroso superficial menor puede suministrar fibras gustativas á dicho ganglio geniculado; pero también puede llevar las fibras gustativas primero al ganglio ótico, que está siempre en conexión con la cuerda del tambor (véase, *ganglio ótico*, pág. 188, 3).

4.° Finalmente se ha descrito otra cuarta anastomosis por medio de un filetito (π) del ganglio petroso del gloso-faríngeo directamente con el tronco del facial en el acueducto de Falopio (Garibaldi).

En la cuerda hay *fibras vaso-dilatadoras* para los dos tercios anteriores de la lengua (Vulpian).

Esta es la ocasión de recordar el hecho notable de que de una á tres semanas después de haber cortado el nervio hipogloso, se provocan movimientos en la lengua paralizada, si se excita la cuerda del tambor (Philipeaux y Vulpian, R. Heidenhain). Estos movimientos son poco enérgicos y más lentos que los provocados por la excitación del nervio hipogloso. Heindenhain cree que la causa que obra como excitante para producir esa contracción muscular, es el aumento en la secreción de linfa producido por la excitación de la cuerda del tambor, aumento que hasta llega á poner edematosa la mitad correspondiente de la lengua (Ostroumoff, Marcacci). Llama dicho autor á ese efecto, *pseudo-motor*.

Recordemos respecto á esta interpretación de Heidenhain, que la contracción muscular proviene de una tumefacción producida por absorción de líquido (§ 299. II). La contracción pseudo-motora tiene un período latente prévio diez veces más largo, que el que precede á la producida excitando el hipogloso. Una descarga de inducción aislada y de moderada intensidad, es inactiva y lo mismo la excitación química; pero es fácil de obtener en cambio, por vía refleja, excitando diversos nervios sensitivos. La nicotina suscita primero, y después paraliza los movimientos provocados por la cuerda del tambor, los cuales todavía se verifican al poco tiempo de interrumpir la circulación sanguínea (Heidenhain). La contracción pseudo-motora no produce ningún sonido muscular (Rogowicz).

5.° El tronco del facial, antes de emitir la cuerda del tambor, se anostomosa directamente con el *nervio auricular*, procedente del pneumogástrico (δ) (§ 354. 2), que cruza su camino en el conductillo mastóideo, y le suministra *fibras sensitivas*.

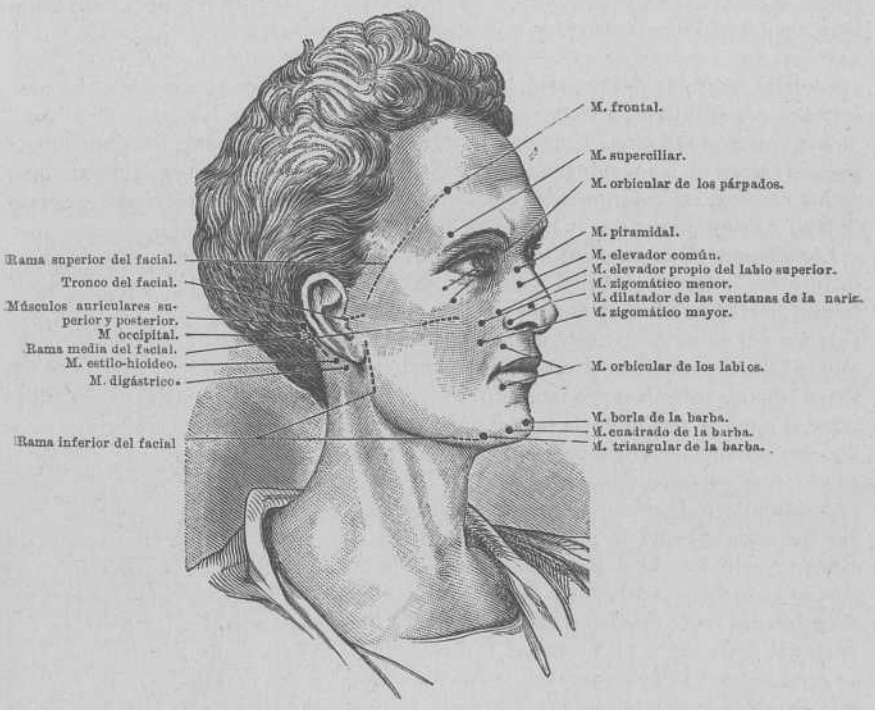
6.° Después que el facial sale de su conducto, no emite más que ramas sensitivas á los músculos estilo-hiódeo, al vientre posterior del digástrico, al occipital, á todos los músculos de la oreja y de la cara, al buccinador y al cutáneo. Contiene además el facial *fibras sudoríparas* para la cara (§ 290).

Aunque el facial está sometido á la acción de la *voluntad* en la mayor parte de sus ramas de la cara, sin embargo de esto, la mayoría de los hombres no pueden mover voluntariamente los músculos de la nariz y de la oreja. Yo consigo con-

traer aisladamente los músculos transverso y oblícuo de la oreja, con lo cual se dobla el cartílago de ésta y se produce un ruido como de crujido en el oído correspondiente. También soy capaz de contraer en el orbicular de los labios, una sola mitad de la porción que corresponde al inferior. Según Mendel, las fibras del facial que animan al músculo orbicular, nacerían del extremo posterior del núcleo del motor ocular común.

En la cara se *anastomosan* regularmente las ramas del facial con las del trigémino, que de este modo llevan á los músculos fibras sensitivas. Esta misma significación tienen las anastomosis periféricas de las ramas sensitivas de los nervios auricular del pneumogástrico y auricular mayor

Figura 229.



Puntos motores del facial y de los músculos de la cara inervados por él (según Eichhorst).

para los músculos de la oreja, así como las que enlazan los filetes sensitivos del tercer nervio cervical con las fibras del facial que animan al músculo cutáneo. La sección del facial en el agujero estilo-mastóideo, es *dolorosa*, pero aún lo es más la de sus ramas periféricas (Magendie), como se comprende en vista de lo que hemos dicho. (Véase pág. 197 y § 357, *sensibilidad recurrente*).

La figura adjunta da una idea exacta del curso del tronco del nervio facial, y de sus ramas de la cara, superior, media é inferior, así como de aquellos puntos por donde penetran en sus músculos cada una de las ramas motoras. Aplicando uno de los electrodos á esos puntos y el otro á

cualquier parte del cuerpo, se puede hacer que se contraiga aisladamente cada uno de los músculos, y éstos son también los sitios donde se han de aplicar los electrodos cuando se emplea la electricidad con un fin terapéutico (§ 341).

Estados patológicos.—En las PARÁLISIS del facial, lo más importante es averiguar si el asiento de la afección es *periférico* (en la vecindad del agujero estilo-mastóideo), ó se encuentra en el trayecto del largo acueducto de *Falopio*, ó si quizá es *central* (cerebral). Este punto se precisa con un análisis detenido de los síntomas. Es *causa* frecuente de parálisis en el agujero estilo-mastóideo, el *reumatismo*, que obra probablemente produciendo una exudación que paraliza al nervio, comprimiéndole quizá en el punto del espacio linfático, á manera de prolongación del saco aracnóideo, descubierto por Rüdinger en la cara interna del acueducto de Falopio, entre el periostio y el nervio. Otras causas son las inflamaciones de la parótida, los traumatismos directos, y la presión producida por el forceps en los recién nacidos. Las causas de parálisis del facial en su trayecto por el *acueducto de Falopio* son las fracturas del peñasco, los derrames sanguíneos en el acueducto, las neoformaciones sifilíticas, y la caries del peñasco, sobre todo en los casos de inflamaciones internas del oído. Finalmente, como causas *intracraneales* se mencionan: las afecciones de las meninges cerebrales y de la base del cráneo en la proximidad de los nervios, las enfermedades del *núcleo del facial*, del centro cortical del nervio (§ 380) y de las fibras que le unen con el núcleo (figura en el § 367).

Los síntomas de la parálisis unilateral del facial, son: 1.° *Parálisis de los músculos de la cara:* la frente está lisa y sin arrugas, la *hendidura palpebral abierta* (lagoftalmos paralítico) con el ángulo externo más caído que el interno. La superficie anterior del globo ocular está un poco seca: la córnea empañada, sobre todo porque la falta de parpadeo altera la distribución del líquido lagrimal, y hasta se inflama ligeramente á veces á causa de la sequedad (queratitis xerótica). Para substraer el ojo á la acción de la luz, el enfermo hace girar hacia arriba al globo ocular, escondiéndolo debajo del párpado superior (Bell), y relaja el elevador de éste, con lo cual desciende un poco (Hasse). La *nariz* permanece inmóvil, y el pliegue naso-labial está borrado. Con esto se perjudica algo la olfación, porque las ventanas de la nariz ya no se pueden dilatar. Pero esta alteración del olfato tiene su causa principal en la defectuosa excreción de las lágrimas (por la parálisis en el movimiento de los párpados y del músculo de Horner), que trae como consecuencia sequedad de la fosa nasal correspondiente. Los caballos, que dilatan mucho sus ventanas de la nariz, sucumben (Cl. Bernard) de asfixia ó por lo menos padecen de gran ahogo (Ellenberger) cuando se les cortan los dos nervios faciales. La cara está desviada toda ella hacia el lado sano, de modo que la nariz, la boca y la barba quedan en dirección oblícua. A causa de la parálisis del músculo estilo-hióideo y del vientre posterior del digástrico, puede desviarse la lengua hacia el lado sano en los movimientos forzados del hioides (Kétli). La parálisis del buccinador impide la *formación* normal del *bolo alimenticio* (tomo I, pág. 374); los alimentos se acumulan entre los dientes y el carrillo paralizado, de donde tiene que sacarlos el enfermo con los dedos: la saliva y los líquidos se derraman por el ángulo de la boca. En las espiraciones enérgicas es proyectado hacia afuera el carrillo péndulo del lado paralizado. El *lenguaje articulado* puede experimentar cierta alteración por la dificultad para formar las consonantes labiales (sobre todo en la parálisis bilateral) y las vocales *o*, *u*, y *u* francesa; la palabra toma timbre nasal en la parálisis bilateral de los ramitos que animan á los músculos del paladar (§ 630) (Cuming). Están perturbados entonces los actos de silbar, chupar, soplar y escupir. Con la parálisis *bilateral* del facial, algunos de estos síntomas se acentuan; en cambio

otros, como la desviación de los rasgos de la fisonomía, no se presentan, como es natural. La cara está completamente paralizada, sin ninguna expresión fisionómica; los enfermos se rien y lloran «como detrás de una careta» (Romberg). 2.° En las *parálisis del velo del paladar*, en que la úvula está inclinada hacia el lado sano, y la mitad paralizada del velo aparece relajada y péndula sin poderse elevar (N. petroso superficial mayor), no está averiguado hasta la fecha, si éstas perturbaciones influyen, y hasta qué punto, en los *movimientos de deglución* y en la *formación de las consonantes*. 3.° *Trastornos del gusto* (ó su abolición), en los dos tercios anteriores de la lengua, ó retraso y alteración de la sensación gustativa. Se explican, según lo que hemos dicho, de la cuerda del tambor. 4.° Arnold, fue el primero que mencionó una *disminución de la secreción salivar* en el lado paralizado; pero falta por averiguar si este trastorno depende, por vía refleja, de una alteración simultánea en el sentido del gusto, ó de la evaporación rápida de la saliva, á causa de estar muy abierta la boca y su comisura, y desecarse el lado correspondiente de la cavidad bucal. 5.° Desde Roux, se viene llamando la atención acerca de una *hiperestesia acústica* (oxiacoia ó hiperacusia de Willis). La parálisis del músculo tensor del estribo, produce una mayor movilidad de este huesecito en la ventana oval, de modo que todas las conmociones de la membrana del tambor, se habrán de transmitir á dicho huesecito, que á su vez producirá oscilaciones notables en el líquido del laberinto (§ 412). Es más raro observar que, á causa de una parálisis del músculo del estribo, se puedan oir los sonidos graves á una distancia mayor que en el lado sano (Lucae, Moos). 6.° Como en el hombre parece que el nervio facial lleva fibras sudoríparas (§ 290. II), así se explica que, cuando se inicia la atrofia de éste, desaparezca la *secreción del sudor* en la cara (Strauss y Bloch). 7.° Como ya se comprende, no se presentarán trastornos de sensibilidad en las afecciones puramente centrales del nervio facial; pero las ramas periféricas del mismo, van acompañadas de numerosos filetes sensitivos (pág. 195); de ahí que con las parálisis de estas ramas periféricas se altere la sensibilidad en ciertas zonas de la cara.

Cuando se corta el facial en los animales jóvenes, se atrofian los músculos correspondientes. Se detiene el desarrollo de los huesos de la cara, que quedan más pequeños que los del lado sano; éstos, en cambio, aumentan de tamaño, y llegan hasta exceder de la línea media, invadiendo el lado enfermo (Brown-Sequard, Brücke, Schauta, Gudden). También se detienen en su desarrollo las glándulas salivares (Brücke, Buffalini).

Las IRRITACIONES en el *dominio del facial*, ocasionan contracciones convulsivas, *parciales* ó *generalizadas*, *directas* ó de *origen reflejo*, *tónicas* ó *clónicas*. A las variedades más generalizadas, se las designa con el nombre de *tic convulsivo de la cara*. De las formas parciales, la más frecuente es el *blefaro-espasmo* ó contracción tónica del orbicular de los párpados, provocada por la irritación de los nervios oculares sensitivos, sobre todo en los casos de oftalmías escrofulosas ó de excesiva irritabilidad de la retina (fotofobia). Es más raro que la excitación parta de puntos más lejanos, como en un caso en que tenía su origen en una irritación inflamatoria del pilar anterior del velo del paladar (v. Gräefe). El centro de la irritación refleja, es el núcleo del facial. La contracción clónica del orbicular de los párpados ó *parpadeo espasmódico* (spasmus nictitans), es casi siempre de origen reflejo, provocado por irritación del ojo, de los nervios dentarios, ó acaso de otros más distantes. En los grados más intensos, es bilateral la afección, y hasta se extienden las contracciones espasmódicas á los músculos del cuello, del tronco y de las extremidades superiores. Las contracciones convulsivas en los músculos de los labios, son producidas, ó por emociones (§ 380. I), ó de un modo reflejo. Contracciones fibrilares, se observan también después de las parálisis del facial, como fenómeno de degeneración (§ 299. 1. 3). En los perros, vió Schiff que persistían, durante años, en

la zona paralizada de la cara, sacudidas fasciculares, las cuales, en contraposición á las fibrilares, se pueden provocar por vía refleja, y á las que Schiff atribuye la desviación de los rasgos fisionómicos en el hombre. También pueden ser origen de contracciones espasmódicas, irritaciones *intracraneales* de diverso género, que afecten al centro cortical ó al núcleo del nervio. Finalmente, el tic convulsivo de la cara, puede sobrevenir como un síntoma que forma parte de convulsiones generales, tal como en la epilepsia, la eclampsia, el corea, el histerismo y el tétanos. Ya Areteo (ochenta y un años después de Jesucristo), dió á conocer el hecho interesante de que en el tétanos se mueve el pabellón de la oreja. Respecto á la influencia de la irritación del facial en el sentido del gusto, debemos esperar que observaciones clínicas más precisas nos instruyan acerca de este punto. Se ha descrito, como hecho muy raro en los casos de irritación del facial, la elevación convulsiva del velo del paladar, y una mayor secreción salivar (Leube). Moos, observó una secreción salivar profusa, cuando es excitada la cuerda del tambor, á consecuencia de una operación en la caja del tímpano. Ya Aristóteles notó que, durante el bostezo (§ 126. 9), se produce sordera pasajera, que yo atribuyo á una contracción espasmódica del músculo del estribo, contrapartida de la hiperacusia de Willis. Al mismo tiempo, se oye un ligero ruido retumbante, que procede de la conmoción del laberinto, producida por la contracción de dicho músculo (§ 305). Gottstein observó en un caso, blefarospasmo con accesos de esta contracción, acompañados del ruido antes citado.

352. VIII. — Nervio auditivo.

Este nervio tiene *dos raíces* de origen (Stieda); una *anterior*, de fibras gruesas y otra *posterior*, de fibras delgadas. De la primera, parte el *nervio vestibular* y de la última el del *caracol* ó *coclear*, que en la oveja y en el caballo está completamente separado del anterior (Horbaczewski). Cada una de estas dos raíces tiene dos núcleos de origen, uno medio y otro lateral, de modo que en realidad existen cuatro núcleos (fig. 225. 8, 8′, 8″, 8‴,). El nervio vestibular se une en lo esencial con masas grises que comunican con el cerebelo (Foville, Meynert); dichas masas sirven probablemente para *regular el equilibrio*. Del origen de las *fibras cocleares* se dirige la porción principal hacia el otro lado al tubérculo cuadrigémino posterior y al cuerpo geniculado interno y sigue, sobre todo, por el haz posterior de la cinta de Reil, la oliva superior y el cuerpo trapezoidal (Bechterew y Flechsig), al lóbulo temporal del cerebro (§ 380. IV. 2) (Baginski, Spitzka). Después de extirpar el lóbulo temporal se atrofian las fibras correspondientes de la corona radiante, hasta penetrar en la cápsula, en el tubérculo cuadrigémino posterior y en el cuerpo geniculado interno (v. Monakow). Las *estrías acústicas* constituyen una vía central de la raíz lateral del nervio auditivo (Nussbaum); forman un sistema secundario de proyección de este nervio, que se entrecruza á manera de un quiasma (v. Monakow). Los núcleos de origen de ambos nervios auditivos, comunican entre sí en el encéfalo por medio de fibras comisurantes (Flechsig).

En el trayecto del conducto auditivo interno se efectua entre el nervio auditivo y la porción intermedia del facial (nervio de Wrisberg), un cambio recíproco de fibras, cuya significación se desconoce.

El nervio auditivo tiene una función *doble*. Por una parte es el *nervio de la audición*; toda excitación de sus puntos de origen, de su trayecto ó de su terminación, produce una *sensación auditiva*; toda *lesión* de dichos puntos ocasiona, según su intensidad, *sordera parcial* ó *absoluta*.

R. Ewald observó en sus experimentos el hecho notable de que no sólo el aparato terminal del nervio auditivo es excitable con las ondas sonoras, sino que también lo es el mismo tronco del nervio.

Pero el nervio auditivo tiene otra función distinta de la que indica su nombre. Esta nueva función, que está localizada en los *conductos semicirculares*, consiste en provocar los movimientos necesarios para *mantener el equilibrio del cuerpo*, mediante la excitación de las expansiones periféricas del nervio en las ampollas de dichos conductos.

Es muy interesante la reacción del nervio auditivo á la corriente galvánica. Cuando se cierra ésta en el catodo, se percibe un sonido en el oído, que persiste, debilitándose, mientras se mantiene cerrado el circuito. Otro sonido, más débil, se observa al romper la corriente en el anodo : *fórmula acústica normal de Brenner*. Este sonido concuerda exactamente con la resonancia propia del aparato que transmite las vibraciones sonoras en el oído mismo (Kiesselbach).

La aparición de este sonido se explica del modo siguiente : En el oído medio existe un ruido permanente, producido por la circulación sanguínea, al cual responde por resonancia el sistema cavitario del oído medio con su sonido propio. La costumbre hace que no percibamos este sonido por lo regular, pero sí en cuanto el nervio auditivo se halla en un estado de mayor excitación, ó sea, según la ley del electrótono (§ 338), al cerrar el catodo y al interrumpir la corriente en el anodo (Kiesselbach).

Sin embargo, según Gradenigo, Pollak y Gärtner, en el sujeto *sano* no produce ninguna reacción el nervio auditivo con las corrientes de mediana intensidad. Sólo se observa una reacción en los estados hiperémicos ó irritativos del aparato de la audición, existiendo entonces en *ambos oídos* aunque la afección sea *unilateral*. La fórmula de reacción de tales casos, corresponde por completo á la ley de Pflüger (§ 338) : se produce retintin de oídos cuando el cierre del catodo, y un zumbido profundo al abrir el anodo. Existe una reacción constante mientras está cerrada la corriente, aunque sea débil. Esta reacción típica puede persistir aun en casos de sordera absoluta.

Patología de la audición. — La excitabilidad exagerada del nervio auditivo en cualquier punto de su trayecto, en sus centros ó en sus expansiones terminales, produce una mayor agudeza auditiva, de causa nerviosa (*hiperacusia*), que casi siempre es sintomática de una excitabilidad nerviosa generalizada, v. gr., en las histéricas. En los casos muy acentuados, esta excitabilidad exagerada de la audición puede llegar á ser dolorosa, y se ha designado con el nombre de *hiperalgia acústica* (Eulenburg). La *excitaciones* en el dominio del nervio auditivo producen *sensaciones acústicas*, y entre ellas el *zumbido nervioso ó retintin de oídos* (tinnitus), que proviene, ó de que los ruidos vasculares son anormalmente intensos en el oído ó de que el nervio auditivo está hiperestésico. Así se explica también el retintin de oídos después de las grandes dosis de quinina ó de ácido salicílico, como consecuencia de una acción vaso-motora sobre los vasos del laberinto, que puede acentuarse hasta producir su rotura (Kirchner). En los casos de zumbidos de oídos es frecuente que esté exagerada la reacción á la corriente galvánica. Es más rara la llamada *reacción paradójica*, que consiste en que al aplicar la corriente galvánica

á un oído, se producen á un tiempo, reacción normal en éste y reacción contraria en el que no está sometido á la acción de la corriente ; puede explicarse este fenómeno como una especie de transferencia (transfert de los franceses (§ 431) (Landois). En otros padecimientos del nervio auditivo, se producen en vez de sonidos, verdaderos ruidos al pasar la corriente. Además, se observan algunas variantes de la fórmula de Brenner y hasta su completa inversión. Las excitaciones del centro cortical del nervio auditivo producen á veces *alucinaciones del oído*, sobre todo en los locos (§ 380. IV). Cuando la excitabilidad de este nervio está disminuida ó quizá abolida, se presenta la sordera nerviosa parcial (*hipoacusia*) ó total (*anacusia*).

Conductos semicirculares del laberinto.—La sección total de estos conductos, sobre todo si es bilateral (Flourens), no suprime la facultad auditiva, pero en cambio aparecen, aunque no en los peces (Kiesselbach) *trastornos muy singulares del equilibrio, que proviene evidentemente de una sensación de vértigo*, acompañados de debilidad en la energía, disminución del tono de los músculos estriados y menoscabo de la sensibilidad muscular (J. R. Ewald). Es *característico*, en tales casos, el *movimiento pendular de la cabeza* en la dirección del plano del conducto semicircular lesionado. Cuando lo es el horizontal, gira la cabeza (de la paloma) alternativamente á la derecha y á la izquierda. Estos movimientos se acentuan cuando el animal pretende hacer alguno, y disminuyen si permanece en reposo. Este fenómeno persiste á veces meses enteros. La lesión del conducto vertical posterior ocasiona intensos movimientos de cabeceo hacia atrás y hacia adelante, con los cuales no es raro que el animal se caiga en una de estas direcciones. Finalmente, las lesiones de los conductos verticales superiores ocasionan también movimientos pendulares de la cabeza, con tendencia frecuente á caerse hacia adelante. Cuando se destruyen todos los conductos, la cabeza se encuentra agitada por movimientos pendulares múltiples, que suelen hacer imposible la actitud de pie. Breuer observó movimientos giratorios análogos de la cabeza, con las excitaciones mecánicas, térmicas y eléctricas de los conductos en cuestión, y yo también ví presentarse los movimientos pendulares antes descritos, que desaparecían á veces, pasado cierto tiempo, cuando ponía á descubierto los conductos y los tocaba con una disolución de sal común. Instilando en el oído del conejo una disolución de cloral al 25 por 100, se produce á los quince minutos el mismo resultado que cuando se destruyen los conductos semicirculares (Vulpian). Y lo mismo sucede cuando en el cráneo se cortan los nervios auditivos (Bechterew, Loeb).

Goltz considera á los conductos mencionados como el aparato sensorial para mantener el equilibrio de la cabeza; Mach, como el encargado de percibir los movimientos de ésta. Según Goltz, en cada posición distinta de la cabeza, la endolinfa ejerce una mayor presión en un punto determinado de los conductos semicirculares, y excita, por lo tanto, en un grado de intensidad diferentes, las terminaciones nerviosas de las ampollas. Según Breuer, cuando gira la cabeza, se producen corrientes en la endolinfa de los conductos semicirculares, que están en íntima relación con la dirección y amplitud de dichos movimientos, las cuales, cuando son percibidas de este modo, suministran un medio de apreciar semejantes movimientos. Según esto, si los conductos semicirculares funcionan como aparatos, y, en cierto modo, como *órganos sensoriales* (Goltz) *para la sensación de equilibrio*, y la

apreciación de la posición de los movimientos de la cabeza, se infiere que con su destrucción ó excitación se alterarán esas sensaciones y darán origen á oscilaciones anormales de la cabeza (§ 421). Breuer deduce de sus experimetos que el laberinto sirve para la orientación en el espacio, y que, en especial, los conductos semicirculares tienen por objeto percibir los movimientos de rotación y angulares, y, en cambio, las terminaciones nerviosas en el saquillo con los otolitos, son las encargadas de dar á conocer la posición de la cabeza respecto á los movimientos verticales y la existencia de movimientos de traslación en línea recta. [Los sordomudos (James, Kreidl) y los animales cuyo laberinto está destruído, no pueden ser afectados de vértigo].

La sensación de *vértigo*, ó falsa apreciación de las relaciones que hay entre el cuerpo y todo lo que le rodea, con oscilación simultánea de éste, se observa de preferencia en las anomalías *adquiridas* de los movimientos del ojo, sean esas anomalías movimientos involuntarios del globo ocular en distintos sentidos (nistagmus) ó parálisis de algunos de sus músculos.

Cada movimiento activo ó pasivo de la cabeza ó del cuerpo va acompañado normalmente de otros movimientos de los globos oculares, que varían según los primeros. El carácter fundamental de estos movimientos de ambos ojos, que se designan con el nombre de compensadores, consiste en el mantenimiento de su primitiva posición de reposo, sea cualquiera el cambio de actitud de la cabeza y del cuerpo. Estos movimientos oculares dejan de presentarse cuando se corta el acueducto de Sylvio á nivel de los tubérculos cuadrigéminos anteriores, ó los dos nervios auditivos, ó bien cuando se *destruyen ambos laberintos membranosos;* en cambio, la irritación de cualquiera de esas partes produce movimientos asociados de ambos ojos.

De aquí se deduce que los movimientos compensadores de éstos, que se verifican en circunstancias normales, son provocados por vía refleja desde el laberinto membranoso. De los laberintos parten vías de excitación refleja para ambos ojos, de tal manera, que cada uno de éstos se halla en relación con los dos laberintos. Estos últimos comunican, por medio del nervio auditivo, con el *centro*, que se extiende desde el mesocéfalo hasta el principio de la médula espinal (Wlassak), y desde ese centro parten fibras centrífugas para los músculos oculares. La destrucción de los conductos semicirculares altera, por lo tanto, los movimientos compensadores normales de los globos oculares y produce vértigo de este modo (Högyes).

El cloroformo y otros venenos debilitan esos movimientos de compensación de los globos oculares. La nicotina y otras substancias los abolen, y lo mismo la asfixia, influyendo en el centro respectivo (Högyes con Kovacs y Kertézs).

Ya Cyon había observado que, irritando el conducto semicircular horizontal, se producía un nistagmus en esta dirección; en la vertical cuando se irritaba el posterior, y diagonal si se irritaba el anterior. La excitación de un nervio auditivo, produce nistagmus giratorio y movimiento de rotación del animal hacia el lado excitado.

Es natural pensar que la *perturbación del equilibrio*, los *accesos de vértigo* y la sensación aparente de movimiento, que se presentan cuando se hace pasar una *corriente galvánica á través de la cabeza*, aplicando los

electrodos á ambos oídos, ó á las dos apófisis mastoides, hayan de provenir también de su influencia sobre los conductos semicirculares del laberinto (§ 382). En este caso, se observan además oscilaciones de los globos oculares (Hitzig), y un movimiento de la cabeza hacia el anodo (Hitzig, Kny) al cerrar la corriente.

Estados patológicos. — Los ataques de vértigo que sobrevienen de pronto en las afecciones del laberinto y en el llamado mal de Menière, y que en este último, no es raro vayan acompañados de zumbidos de oídos, vómitos, vacilación al andar y sordera muy pronunciada, deben atribuirse á una afección de los nervios de las ampollas, de sus órganos centrales ó de los conductos semicirculares. Así se observa también que con las inyecciones hechas con gran violencia en el oído del conejo, se presentan accesos de vértigo con nistagmus y desviación de la cabeza hacia el lado en que se practicó la inyección (Baginski). Lucae observó que cuando se emplea la ducha de aire al conducto auditivo, en los casos de pérdidas de substancia de la membrana timpánica, en el hombre, se tuerce la vista y aparecen vértigos. También las inflamaciones del oído medio pueden ocasionar nistagmus con vértigo. Y así se explica igualmente el vértigo que se observa en los casos de espasmo del músculo interno del martillo, cuyo espasmo aumenta mucho la presión en el laberinto (Weber-Liel). Es notable la tendencia al vértigo que existe en algunas enfermedades crónicas del estómago ; vértigo estomacal de Trousseau. Quizá sea debido á que la irritación de los nervios del estómago estimule á los nervios vaso-motores del laberinto y altere de este modo la presión á que está sometida la endolinfa. Se han descrito como producidos por un mecanismo análogo, vértigos intestinal (Leube), laríngeo (Charcot) y uretral (Erlenmeyer).

353. IX. — Nervio gloso-faríngeo.

Este nervio (fig. 225. 9) parte del núcleo del mismo nombre que se encuentra en la mitad inferior del cuarto ventrículo (fig. 225), núcleo constituído en parte por células grandes (motoras) y en parte por células pequeñas, que corresponden á las fibras gustativas. Este núcleo confina por su parte posterior con el del pneumogástrico y *á su parte más anterior se la considera como raiz de la porción intermedia del facial ó nervio de Wrisberg* (§ 351). Finalmente, este nervio posee además fibras procedentes de las zonas de origen del pneumogástrico, señaladas con los números 2 y 3.

Todas las fibras se reunen para formar dos tronquitos que más tarde constituyen uno sólo y salen de la médula oblongada por delante del pneumogástrico (fig. 226). En la fosita petrosa, al salir por el agujero rasgado posterior, se abulta para constituir el *ganglio yugular, de Andersch, ó petroso* (fig. 230), del cual se encuentra á veces una porcioncita separada antes de salir el nervio de la cavidad craneana, en su tronquito posterior ; á esta porcioncita se la llama *ganglio de Ehrenritter*. El gloso-faríngeo se anastomosa en el ganglio de Andersch con el trigémino, el *facial* (fig. 227. ε y π), el pneumogástrico (fig. 230) y el plexo carotídeo. De este ganglio asciende verticalmente (fig. 227. λ) hacia la cavidad timpánica el nervio de Jacobson para unirse con el plexo timpánico. Esta rama (§ 351. 4) emite también *ramitas sensitivas* á la cavidad timpánica y á la trompa de Eustaquio, y además envía, al nervio petroso superficial menor, *fibrillas para la secreción salivar* de la parótida (perro) (Heidenhain) (§ 149).

Este nervio desempeña las siguientes *funciones* :

1.° Es el *nervio del gusto* para el tercio posterior de la lengua, la parte lateral del velo del paladar y su pilar anterior (véase § 424).

Respecto á la sensibilidad gustativa de los dos tercios anteriores de la lengua, ya se ha hablado cuando se estudiaron el nervio *lingual* (§ 349. III. 4) y la *cuerda del tambor* (§ 351. 4). Las ramitas linguales llevan *ganglios*, sobre todo, en los puntos de bifurcación y en la base de las papilas caliciformes (Remak, Kölliker, Schwalbe). Las ramitas terminales se pueden seguir hasta en las *papilas caliciformes* (fig. 227. U), donde terminan en los llamados *botones gustativos* (§ 421).

2.° Es el *nervio sensitivo* del tercio posterior de la lengua, de la cara anterior de la epiglotis, las amígdalas, los pilares anteriores, el velo del paladar y una parte de la faringe. Estos nervios sirven para *detener* los actos de deglución y respiración. Producen además, por vía refleja, secreción salivar, á la manera de como lo hacen las fibras gustativas (tomo I, pág. 301).

3.° Es el *nervio motor* para los músculos estilo-faríngeo y constrictor medio de la faringe (Volkmann), y, según ciertos datos, parece serlo además para los músculos (?) gloso-estafilino (Hein), peristafilino externo y palato-estafilino (??) (véase *ganglio esfeno-palatino*). Continua sin resolver la cuestión de si el gloso-faríngeo ya lleva en su origen fibras motoras, puesto que hay autores (Meynert, Huguenin, W. Krause, Duval) que hasta le conceden un núcleo motor, ó si dichas fibras no las posee hasta haberse anastomosado con ellas en el ganglio de Andersch, por medio del ramo comunicante que viene del facial.

4.° Una rama acompaña á la arteria lingual (Cruveilhier); obra como *vaso-dilatadora* para el tercio posterior de la lengua (Vulpian).

No existen observaciones *patológicas* exactas relativas á afecciones puras y aisladas del nervio *gloso-faríngeo* en el hombre.

354. X.—Nervio pneumogástrico.

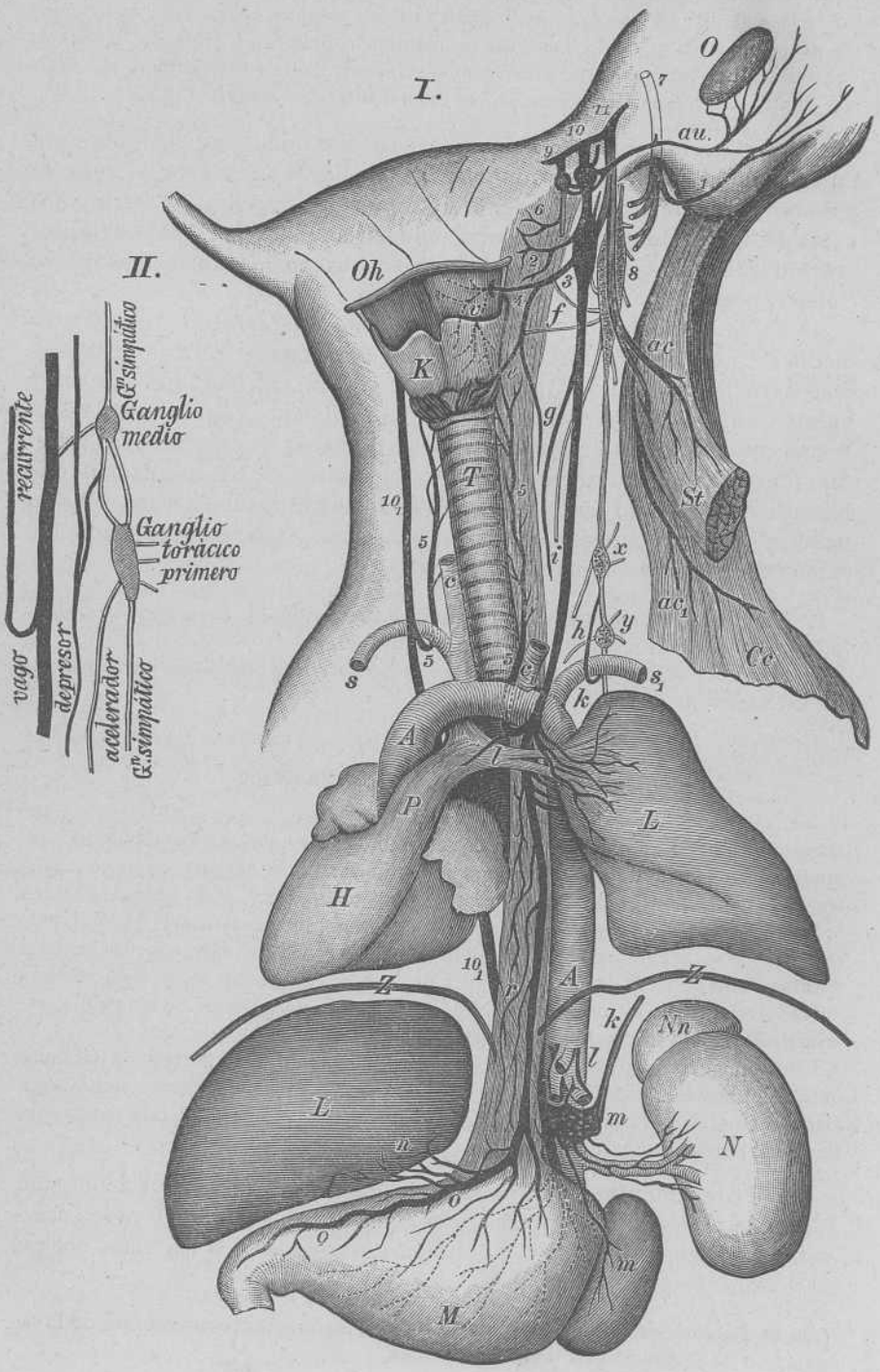
Su núcleo de origen, que se halla en relación con los nervios gloso-faríngeo y espinal, se encuentra distribuído del modo siguiente: 1.°, el *ala gris*, que se encuentra en la parte inferior de la fosa romboidal (fig. 220); 2.°, otras fibras de origen provienen de un *haz longitudinal* (haz de Lenhossek, haz respiratorio de W. Krause), situado en la cara exterior del núcleo y que se continua inferiormente hasta el abultamiento cervical de la médula; 3.°, finalmente, un núcleo *motor* colocado á la parte interna (nucleus ambiguus), prolongación del asta anterior de la médula, suministra también fibras de origen á este nervio.

El pneumogástrico emerge del bulbo raquídeo por 10 á 15 filamentos situados detrás del nervio gloso-faríngeo (fig. 226), entre el cordón cuneiforme y el lateral, y forma en el agujero rasgado posterior un *ganglio* llamado *yugular*. Sus ramas contienen fibras de diferentes funciones.

1.° El *ramo meníngeo y sensitivo* (del ganglio yugular), que acompaña á la rama posterior de la arteria meníngea media en unión de *fibras vasomotoras* del gran simpático, y también envía ramitas á los senos occipital y transverso.

Su excitación es capaz de provocar *vómitos* en las intensas congestiones de la cabeza y en las inflamaciones de la dura-madre.

Figura 230.


I.
II.
O
au.
Oh
K
T
St
Cc
ac
ac1
A
P
H
L
N
Nn
M
f
g
x
y
h
k
l
m
n
o
s
s1
Gn simpático
Ganglio medio
Ganglio torácico primero
vago
recurrente
depresor
acelerador
Gn simpático

DR. PEREZ ARAPILES
C/ Lancia núm. 12 - 3.º
Tel. 24 85 19

I. *Esquema de la distribución de los nervios pneumogástrico y espinal.* 10, Salida del pneumogástrico izquierdo del cráneo.—10_1 pneumogástrico derecho.—9 N, gloso-faríngeo.—7 N, facial.—1 N, ramo auricular posterior profundo del facial.—2, ramo faríngeo del pneumogástrico.—6, ramo faríngeo del gloso-faríngeo.—3 N, laríngeo superior con sus anastomosis (*f*), del simpático y su división (4) en ramos interno (*v*) y externo (*e*).—5 N, laríngeo superior ó recurrente.—*au*, ramo auricular del pneumogástrico. N, *cardíacos : g*, ramos cardíacos procedentes del tronco del pneumogástrico y del nervio laríngeo superior.—*i*, *h*, los tres ramos cardíacos procedentes de los ganglios cervicales del gran simpático, superior (8), medio (*x*), é inferior (*i*).—*h*, anillo de Vieussens.—*l*, ramo cardíaco procedente del recurrente.—L, pulmón con los plexos pulmonares anterior y posterior.—*r*, plexo esofágico.—*o*, *o*, ramos gástricos del pneumogástrico izquierdo con los ramos hepáticos (*n*).—*m*, plexo solar.—*k* N, esplácnico terminando en este plexo.—11 N, espinal que envía su rama interna al plexo gangliforme del pneumogástrico y con las ramificaciones de su rama externa inerva al músculo esterno-cleido-mastóideo (*a*, *c*, S, *t*,) y al músculo trapecio (*a*, *c*, C, *c*).—O, conducto auditivo esterno.—O *h*, hueso hioides.—K, cartílago tiroides.—T, tráquea.—H, corazón.—P, arteria pulmonar.—A, A, aorta.—*c*, carótida derecha.—c_1 carótida izquierda.—*s*, subclavia derecha.—*s*, subclavia izquierda.—ZZ, diafragma.—N, riñón.—N *n*, cápsula supra-renal.—M, estómago. *m*, bazo.—LL, riñón é hígado (las vísceras aparecen en una escala menor).—II *Esquema del nervio depresor cuyo origen en el vago se encuentra más arriba y del nervio acelerador procedente del simpático (en el gato).*

2.º El *ramo auricular* (fig. 230, *a u*) procede del ganglio yugular; recibe una anastomosis del nervio de Andersch del nervio gloso-faríngeo, cruza después, atravesando el conductillo mastóideo, al nervio facial (7), al que suministra probablemente fibras sensitivas. Más adelante da ramas sensitivas á la parte posterior del conducto auditivo externo y á la porción limítrofe del pabellón de la oreja. Una rama acompaña al nervio auricular posterior del facial, suministrándole *fibras sensitivas para los músculos*.

También es este nervio capaz de provocar *vómitos* cuando el conducto auditivo externo está irritado por inflamaciones ó por algún cuerpo extraño. Si la excitación de dicho conducto se produce en su porción más profunda, inervada por el ramo auricular, se provoca *tos* como acto reflejo (Casio Félix, 97 años después de J. C.), y rara vez menor frecuencia de los latidos cardíacos. Por fin, también se provoca *estrechamiento de los vasos del oído* como acto reflejo, cuando se excita dicho ramo nervioso (Snellen, Lovén).

3.º *Las anastomosis del pneumogástrico* son: 1.º, un ramito que une directamente el ganglio de Andersch con el ganglio yugular, y cuya función es desconocida. 2.º Inmediatamente por encima del nervio gangliforme, se dirige toda la mitad externa del *espinal* á unirse con el tronco del pneumogástrico, suministrando á éste las *fibras motoras* para la laringe (Bischoff, 1832), la faringe y la porción cervical del esófago, y además las *inhibitorias del corazón* (Cl. Bernard). 3.º En el plexo gangliforme se unen al pneumogástrico fibras de función desconocida procedentes del hipogloso, del ganglio cervical superior, del gran simpático y del plexo cervical.

4.º El pneumogástrico (2) envía desde la porción superior del nervio gangliforme una ó dos *ramas faríngeas*, que á nivel del constrictor medio de la faringe, forman con las ramas faríngeas del gloso-faríngeo y del ganglio cervical superior del gran simpático, el llamado *plexo-faríngeo*, colocado al lado de la arteria faríngea ascendente ó inferior. El pneumogástrico atiende por medio de este plexo con los *nervios motores* que de él salen á los *tres constrictores de la faringe*, al peristafilino externo (véase *ganglio ótico*) y al peristafilino interno (véase *ganglio esfeno-*

palatino) (quizá estas fibras sean sensitivas musculares). Las fibras *sensitivas* del pneumogástrico procedentes del plexo faríngeo se distribuyen en la faringe desde la altura del velo del paladar hacia abajo; estas fibras son las que excitan por vía refleja á los constrictores de la faringe en el acto de la deglución (véase tomo I, pág. 323), y cuando su excitación es muy intensa, son capaces de provocar el *vómito*. Las fibras del plexo faríngeo, procedentes del *gran simpático*, pasan á ser nervios vaso-motores de los vasos de la faringe ; respecto á las ramas faríngeas de este plexo, procedentes del gloso faríngeo, véase el § 353.

5.° Las dos ramas laríngeas del pneumogástrico, son: el *nervio laríngeo superior y el laríngeo inferior.*

a) *El nervio laríngeo superior* (3) recibe un filete *vaso-motor* del ganglio cervical superior ; se divide en dos ramos, interno y externo. El *ramo externo* recibe también del mismo origen, fibras vaso-motoras que acompañan á la arteria tiróidea superior y da fibras *motoras* al músculo crico-tiróideo y fibras *sensitivas* á la porción inferior y lateral de la mucosa laríngea. 2.° El *ramo interno* sólo da fibras *sensitivas :* al repliegue gloso-epiglótico y á la zona lateral inmediata de la base de la lengua; al repliegue ariteno-epiglótico y á toda la cara interna de la laringe, menos á la parte inervada por el ramo externo (Longet). La excitación de estos ramos sensitivos provoca tos como acto reflejo, y lo mismo la de los bordes de la glotis respiratoria, pero no la de las cuerdas vocales verdaderas (Kohts). Este mismo efecto produce la excitación de las ramas sensitivas de la tráquea procedentes del pneumogástrico, sobre todo en el punto de la bifurcación ; la de la mucosa bronquial, la del parénquima pulmonar, y la de la pleura cuando se halla en estado patológico (inflamada). El *centro de la tos* estaría situado á ambos lados del rafe, cerca del ala gris (Kohts). En los accesos de tos muy violentos, se presentan á veces *vómitos*, sea por excitación de la faringe ó como movimientos asociados.

Es singular el hecho de que en algunos sujetos se pueda provocar la tos excitando nervios sensitivos muy *distantes*, tales como los del conducto auditivo externo (ramo auricular del pneumogástrico), de la mucosa nasal («tos del trigémino» de Schadewald), del hígado, del bazo (Naunyn), del estómago é intestino, del útero (Hegar), de la mama, del ovario (Stübing), y hasta de ciertas zonas cutáneas (Ebstein). No se sabe hasta ahora si en estos casos, la excitación del nervio centrípeto estimula directamente al centro de la tos que acaso se halle en estado de excitabilidad anormal, ó si influye primero en su vascularización y secreción de los órganos respiratorios (§ 143), haciendo que éstos actuen secundariamente provocando la tos como acto reflejo ; esta opinión es á mi juicio la más probable.

La tos provocada por la excitación de la tráquea y de los bronquios (perro, gato), sobreviene en el acto y dura mientras persiste la excitación. Cuando ésta afecta á la laringe, primero se suspende la respiración y se producen movimientos de deglución, no presentándose la tos hasta que cesa de obrar el excitante (Kandarazky).

El nervio laríngeo superior, contiene además fibras centrípetas, cuya excitación *suspende el acto respiratorio*, cerrándose la glotis (Rosenthal), (véase *centro respiratorio* § 370) ; fibras que provocan *movimientos de deglución* (§ 369. 6); y por fin

fibras centrípetas cuya excitación aumenta la energía del centro vaso-motor, y por lo tanto, la *presión sanguínea* (véase *centro vaso-motor* § 273. II).

b) *El nervio laríngeo inferior ó recurrente* (5), rodea en el lado izquierdo al cayado de la aorta, y en el derecho al tronco braquio-cefálico para ascender, en el surco que queda entre la tráquea y el esófago; emite *filetes motores* á estos dos órganos y al constrictor inferior de la faringe, y por fin llega á la laringe para proveer de *ramos motores* á todos sus músculos excepto al crico-tiróideo. Ejerce además una acción inhibitoria sobre el centro respiratorio (véase § 370).

Del nervio laríngeo superior, se dirige un *ramo anastomótico* al inferior (la llamada anastomosis de Galeno), que además emite ramitos *sensitivos* á la mitad superior de la tráquea (á veces á la laringe ?), quizá también al esófago (Longet), y ramitos sensitivos musculares (?) para los músculos laríngeos, inervados por el recurrente.

Exner, describe un nervio laríngeo medio, procedente de los nervios faríngeos del pneumogástrico y de sus anastomosis en el plexo faríngeo, que concurre á la inervación del músculo crico-tiróideo y de las partes anterior é inferior de la mucosa laríngea.

La *excitación* de los nervios laríngeos superiores es dolorosa, y determina la contracción de los músculos crico-tiróideos, y por vía refleja, la de los demás músculos laríngeos. La *sección* de dichos nervios, hará que sean un poco menos frecuentes los movimientos respiratorios, á causa de la parálisis de los músculos crico-tiróideos (Sklarek). Al mismo tiempo, se hace más grave y ronca la voz en el perro, á causa de ser deficiente la tensión de las cuerdas vocales (Longet). Además, se vuelve insensible la laringe, de modo que los líquidos bucales y las partículas alimenticias, no provocan la oclusión refleja de la laringe, ni la tos; penetran, por lo tanto, en la tráquea y en los pulmones, y se produce la llamada pneumonía por deglución, con terminación mortal (Friedländer).

La excitación de los nervios recurrentes, ocasiona *espasmo de la glotis*. Su sección determina la parálisis de los músculos laríngeos, inervados por ellos, la voz se apaga, y se vuelve bronca en el cerdo (Galeno, Riolano, 1618), hombre, perro y gato; pero no en el conejo, que conserva la voz en toda su intensidad. La glotis está estrecha; en cada inspiración, se acercan mucho las cuerdas vocales, sobre todo en su parte anterior; en la espiración, se ponen flácidas y se separan empujadas por la corriente de aire. Esa es la causa que la inspiración sea difícil y ruidosa, sobre todo en los individuos jóvenes, cuya glotis respiratoria es estrecha (Legallois), y en cambio, la espiración sea fácil en extremo. A los dos ó tres días, se tranquiliza el animal (carnívoro), respira sin trabajo alguno, y van disminuyendo los movimientos pasivos y vibratorios de las cuerdas vocales. Pero aun después de mucho tiempo de esto, si se excita enérgicamente el animal, es frecuente que con la mayor necesidad respiratoria, se presente un acceso intenso de disnea, que no cesa hasta que se va tranquilizando (perro) poco á poco. La parálisis laríngea, puede ser causa también de que en la tráquea penetren cuerpos extraños, sobre todo, porque la parálisis de la primera porción del esófago dificulta la de-

glución. De aquí que hasta pueda sobrevenir una bronco-pneumonía (Arnsperger).

6.° El *nervio depresor*, que en el *conejo* proviene del tronco laríngeo superior, y á veces por una segunda raiz del mismo tronco del pneumogástrico, se dirige en el cuello hacia abajo, acompañando al gran simpático, desciende al ganglio estrellado, y desde aquí pasa al plexo cardíaco. Es un *nervio centrípeto*, cuya excitación, y lo mismo la del cabo central (cuando se le corta), *deprime la energía del centro vaso-motor*, con lo cual desciende la presión arterial (C. Ludwig y Cyon) (véase § 373. II). Esta excitación, se transmite al mismo tiempo al centro inhibitorio del corazón, y con esto se *retardan los latidos cardíacos*.

El nervio depresor, existe también en el *gato* (fig. 230. II) (Bernhardt), el erizo (Aubert, Röver), la rata y el ratón (Vitz); en el caballo y en el hombre, vuelven á pasar al tronco del pneumogástrico, fibras de origen análogo á las del nervio depresor (Bernhardt, Kreidmann). También en el conejo contiene, el mismo tronco del pneumogástrico, fibras de acción depresora del centro vaso-motor (Dreschfeldt, Stelling).

7.° Las *ramas del plexo cardíaco, procedentes del pneumogástrico* (*g,l*), así como el mismo plexo, ya se han descrito en otra ocasión (§ 63). Contienen las *fibras inhibitorias de los movimientos cardíacos* (Ed. Weber, 1845; Budge, 1846), y además *fibras sensitivas* para el corazón, en la rana (Budge), y en parte en los mamíferos (Goltz). Por fin, el corazón recibe también, por medio del pneumogástrico, parte de las *fibras aceleradoras*; en efecto, con la excitación ligera de ese nervio, se aceleran á veces los latidos cardíacos (Schiff, Moleschott, Gianuzzi). En las intoxicaciones atropínica y estricnica, en que se paralizan las fibras inhibitorias del corazón, se hacen más frecuentes sus latidos cuando se excita el pneumogástrico (Schiff, Schmiedeberg) (véase §§ 371 y 372). A favor de la existencia de fibras vaso-motoras en los ramitos cardíacos, depone el siguiente experimento : si se excita de un modo permanente el extremo periférico del pneumogástrico cortado, sobrevienen *hemorragias en el endocardio*, análogamente á lo que se observa en las intoxicaciones por la estricnina ó la digitalina cuando se prolongan mucho, siendo la causa de tales hemorragias, la contracción espasmódica de los vasos del endocardio, con relajación paralítica consecutiva de éstos y su rotura (Gaglio) (véase § 379 al final).

8.° Las *ramas pulmonares* del pneumogástrico, se agrupan en dos plexos : plexo pulmonar anterior y posterior. El primero envía á la tráquea ramitos *motores* y *sensitivos*, y penetra en el pulmón (L), siguiendo la cara anterior de las ramificaciones bronquiales. El plexo posterior, formado por tres á cinco ramas gruesas que proceden del pneumogástrico, junto á la bifurcación de la tráquea, se une con las ramas que proceden del *ganglio cervical inferior* del gran simpático y con fibras del plexo cardíaco, y después de abandonar algunos filetes que se entrecruzan con los del otro lado, acompaña á las ramificaciones bronquiales hasta penetrar en el pulmón. En las ramas pulmonares, existen células ganglionares (Arnold), y lo mismo en la laringe, en la tráquea y en los bronquios

DR. PEREZ ARABLES
c/ Lancia núm. 12 - 3.º
Teléfono 20 85 19
LEON

(Kandarazki). Del plexo pulmonar, parten filetitos para el pericardio y para la vena cava superior (v. Luschka, Zuckerkandl).

La *función* de las ramas pulmonares del pneumogástrico es múltiple: 1.º Emiten *ramos motores* para las fibras musculares lisas de todo el árbol bronquial (véase § 112). 2.º Suministran en una pequeña parte, *nervios vaso-motores*, á los vasos pulmonares (Schiff), aunque éstos provienen en su mayoría (¿por completo?) de la anastomosis con el gran simpático (en los animales del ganglio cervical superior) (Brown-Sequard, A. Fick y Badoud, Lichtheim). 3.º Proveen de *fibras sensitivas* (provocadoras de la tos) á todo el árbol bronquial y á los pulmones. 4.º Llevan fibras centrípetas, cuya excitación deprime la actividad del centro *vaso-motor* (*descenso de la presión sanguínea en la espiración forzada*, tomo I, pág. 159). 5.º Contienen también fibras, cuya excitación modera la actividad de las inhibitorias del centro cardíaco, propias del pneumogástrico (y por lo tanto acelera el pulso) (véase § 371. II). La excitación simultánea de las fibras indicadas en los números 4.º y 5.º, altera el ritmo del pulso (Sommerbrodt). 6.º Contienen fibras centrípetas, que se dirigen desde el parénquima pulmonar al bulbo raquídeo, y que obran *excitando* el centro respiratorio. Resulta de esto, que la sección de ambos nervios pneumogástricos, hace que disminuya de un modo considerable el número de movimientos respiratorios, que al mismo tiempo se vuelven más profundos, de suerte que el animal renueva *al principio* volúmenes iguales de aire, que en estado normal, y en estos volúmenes existe también la proporción fisiológica de oxígeno y ácido carbónico (Valentin). Excitando los cabos centrales de los pneumogástricos cortados, se vuelve á acelerar la respiración (Traube, J. Rosenthal). Esta respiración, difícil y trabajosa, se explica por la supresión de esas fibras excito-motoras, que, en estado normal, hacen que se efectue con facilidad el reflejo respiratorio; cuando se las corta, la incitación á los movimientos respiratorios habrá de producirse preferentemente por excitación *directa* de la misma médula oblongada (véase *centro respiratorio*, § 370).

El ácido carbónico (Berns, Gad, Knoll), lo mismo que el amoníaco ó los vapores de cloroformo (Knoll y Zagari) introducidos en las vías respiratorias, producen un movimiento de inspiración provocado desde la mucosa de los bronquios gruesos; en cambio, si se ponen en contacto de la mucosa que está por encima de la tráquea, suscitan un movimiento espiratorio reflejo.

La pulmonía después de la sección de los dos pneumogástricos ha despertado la atención de gran número de investigadores desde Valsalva (muerto en 1723), Morgagni (1740) y Legallois (1812). Para explicarla conviene tener en cuenta los siguientes datos: *a*) En primer lugar, tenemos que la sección de los dos pneumogástricos *abole la motilidad de la laringe así como su sensibilidad* en caso de que dicha sección se haya practicado por encima del arranque de los nervios laríngeos superiores, y también las de la tráquea, bronquios y pulmones. Falta, por lo tanto, en absoluto, la oclusión de la laringe en el momento de la deglución, así como su oclusión refleja cuando penetra en ella algún cuerpo extraño, tal como los líquidos bucales, las partículas alimenticias ó gases irritantes; y tampoco se presenta la *tos* que se provoca por vía refleja, en circunstancias normales, para expulsar dichos cuerpos extraños si ya hubieron penetrado en la laringe. De aquí que lleguen

hasta el mismo pulmón agentes nocivos, con tanta más facilidad cuanto que la *parálisis simultánea del esófago* permite que queden retenidas en éste substancias alimenticias que de ese modo penetran más fácilmente en la laringe. Todos estos hechos favorecen en gran manera la aparición de la pulmonía, puesto que Traube demostró que se puede detener su desarrollo haciendo que los animales respiren por una cánula traqueal. Si, á la inversa, sólo se cortan los nervios motores recurrentes y se liga el esófago para que los animales tengan que atragantarse por necesidad, se presenta análogamente una pneumonia por introducción de cuerpos extraños, con terminación funesta (Traube, O. Frey). *b*) Otra causa que hay que tener presente es la *gran congestión pulmonar* que debe producirse á causa de que los movimientos respiratorios son más amplios y penosos á la par que ruidosos y acompañados de estertores (véase *parálisis del recurrente*, pág. 207), siendo la causa de dicha congestión la presión anormalmente baja del aire contenido en los pulmones, mientras se realiza el ensanchamiento inspiratorio del tórax, extenso y prolongado. Con esto llega á producirse una *trasudación serosa* (edema pulmonar) y hasta sanguínea en ocasiones, con dilatación de las vesículas en los bordes de los pulmones (Frey). Esta es otra causa que favorece la entrada de cuerpos extraños en la glotis, sobre todo de líquidos, y también en este caso se evita la inflamación pulmonar colocando una cánula traqueal. *c*) Acaso contribuya algo á la producción de la pulmonía la *parálisis parcial de los vaso-motores*, puesto que la mayor congestión sanguínea que ésta ocasiona, prepara el terreno para dicha afección. Finalmente, cabe pensar que el pneumogástrico contenga fibras tróficas encargadas de mantener en estado normal al parénquima pulmonar. Según Michaelson, la pneumonía que sobreviene *inmediatamente* después de haber cortado los nervios pneumogástricos, se localiza de preferencia en los lóbulos medio é inferiores ; en cambio asienta casi siempre en los superiores la inflamación catarral, que se desarrolla *con más lentitud* después de haber cortado los nervios recurrentes. Los conejos mueren, por lo regular, en veinticuatro horas con los síntomas pneumónicos ; pero si se adoptan las precauciones que hemos dicho, tardan en sucumbir algunos días. Los perros pueden vivir más tiempo. Los conejos también mueren de pneumonía cuando se *arrancan* los nervios craneales 9°, 10° y 12° en un solo lado (Grünhagen). En las *aves* no se inflaman los pulmones aunque se corten ambos nervios pneumogástricos (Blainville, Billroth), porque la laringe superior se mantiene bien cerrada. Sucumben, sin embargo, de esto, á los ocho días, de *inanición*, á causa de la parálisis del buche (Einbrodt, Zander, v. Anrep); al mismo tiempo experimentan la degeneración grasienta el corazón. (Eichhorst), y lo mismo el hígado, el estómago y los músculos (v. Anrep). Según Wassilieff, el corazón presentaría tumefacción parenquimatosa y degeneración cérea poco marcadas. En los rumiantes se presenta una dilatación timpánica del estómago, muy considerable (Ellenberger), porque se les hace imposible la regurgitación. Las ranas, que en cada movimiento respiratorio abren la glotis y la mantienen cerrada en los intervalos, perecen de asfixia cuando se cortan los troncos de los pneumogástricos; en cambio la sección de las ramas pulmonares no las ocasiona ningún perjuicio (Bidder).

9.° El *plexo esofágico* (*r*) lo forman ramas del pneumogástrico, primero del laríngeo inferior, después del plexo pulmonar y por abajo del mismo tronco del nervio. Sus ramas animan la musculatura del esófago (tomo I, pág. 324), y prestan á este conducto la *sensibilidad* obscura que sólo existe en su porción superior (y también la de la contracción muscular) y le suministran además fibras para la *excitación refleja*.

10. El *plexo gástrico* (*oo*) está constituído por el extremo del pneumo-

gástrico izquierdo anterior que todavía suministra filetes al esófago, costea la curvadura menor del estómago, y en parte se distribuye en el hígado con ramas de la vena porta ; también el pneumogástrico derecho ó posterior después de haber emitido algunas fibras esofágicas, contribuye á formar el plexo gástrico, al que vienen á reunirse en el píloro fibras del *gran simpático*. Los pneumogástricos llevan *fibras secretoras* á la mucosa estomacal (§ 168), y también contienen fibras *vaso-motoras*, puesto que la sección de los troncos de esos nervios ocasiona hiperemia de dicha mucosa (Panum, Pincus).

Cuando se cortan los dos pneumogástricos por debajo del diafragma, sobreviene la muerte en un plazo de tres meses, lo más largo, precedida de demacración, inflamación de la mucosa gástrica y proliferación vascular en el hígado y en los riñones (Arthaud y Butte).

11. Sin embargo de esto, unos dos tercios del pneumogástrico derecho pasan al *plexo solar* (*m*) y de aquí, acompañando á las arterias, al hígado, bazo, páncreas, intestino delgado, riñones (N) y cápsulas supra-renales. El pneumogástrico provee al *estómago* de fibras *motoras*, que provienen de su raíz y no del espinal (Stilling, Bischoff, Chauveau) (véase página 206). Pero las fibras gástricas contienen además vías *centrípetas* que estimulan la *secreción salivar* (véase tomo I, pág. 301), siendo dudoso si pueden también suscitar el vómito. Respecto á la influencia del pneumogástrico en los *movimientos intestinales*, ya se ha tratado en el § 165 á la vez que lo concerniente á los demás nervios del intestino. Según algunos fisiólogos (Stilling, Kupffer, C. Ludwig, Remak), la excitación del vago provoca contracciones tanto en el intestino delgado como en el grueso. Cortando el nervio y excitando el cabo periférico, se contraen en el *bazo* las fibras musculares lisas de su cápsula y de sus trabéculas (en el perro y el conejo, según Oehl). La excitación del pneumogástrico al nivel del cardias, determina un aumento en la *secreción urinaria* con dilatación de los vasos renales, adquiriendo la sangre de la vena renal un color más rojo (Cl. Bernard). En el perro y en el conejo también recibirían las vísceras abdominales *algunas fibras vaso-motoras* procedentes del pneumogástrico (Rossbach y Quellhorst), mientras la mayor parte de ellas es suministrada por el esplácnico.

12. Finalmente, en el tronco y en las ramas del vago, existen todavía fibras, de alguna de las cuales ya se ha hecho mérito, que obran de un modo *centrípeto* sobre ciertos aparatos nerviosos.

a) Sobre el CENTRO VASO-MOTOR obran : α) *fibras tónicas*, en especial en ambos nervios laríngeos, con cuya excitación se estrecha el árbol arterial por vía refleja y aumenta la presión sanguínea ; β) *fibras depresoras* (en el nervio depresor ó en el mismo pneumogástrico), que producen el efecto opuesto. (Respecto á estas fibras se trata en el § 373 con motivo del *centro vaso-motor*).

b) Sobre el CENTRO RESPIRATORIO obran : α) *fibras estimulantes* (ramas pulmonares), cuya excitación *acelera* la respiración, y β) *fibras inhibitorias* (en ambos nervios laríngeos), que excitadas, *detienen* la respiración. (De estas fibras se trata en el § 370, centro respiratorio).

c) En el tronco del pneumogástrico hay fibras pertenecientes al SISTEMA INHIBI-

TORIO DEL CORAZÓN, cuya excitación estimula por vía centrípeta al centro respectivo y hace que el corazón se pare en diástole. De ahí, que la excitación del extremo central del pneumogástrico cortado, produzca la parálisis cardiaca. Y á esta categoría de hechos, pertenece también el observado por Mayer y Pribram, de que una distensión repentina del estómago, enrarece y hasta suspende los latidos cardíacos, contrayéndose al mismo tiempo las arterias del bulbo raquídeo en medio de un aumento de la presión sanguínea.

d) Se puede excitar el CENTRO DEL VÓMITO (tomo I, pág. 327), estimulando el extremo central del pneumogástrico cortado (como se ha dicho en las págs. 203 y 206), ó ciertas fibras centrípetas del mismo.

e) La excitación del extremo central del pneumogástrico cortado influye en la SECRECIÓN PANCREÁTICA, suspendiéndola (tomo I, pág. 357), por intermedio seguramente de determinados nervios pancreáticos.

f) Según Cl. Bernard, las ramificaciones pulmonares del pneumogástrico contendrían fibras cuya excitación exageraría la GLICOGENIA HEPÁTICA, por vía refleja, quizá por intermedio de las ramas hepáticas de dicho nervio, puesto que cuando se cortan los dos, derecho é izquierdo, cesa dicha formación de azúcar en el hígado. Pero este fenómeno depende tan sólo de la asfixia que sobreviene con semejante operación (Couvreur).

Las diversas ramas y vías del pneumogástrico poseen un grado desigual de *excitabilidad*. Si se excita el *extremo periférico* del nervio y se comienza con estímulos de poca intensidad, primero se contraen los músculos laríngeos y hasta algo después no se enrarecen los latidos cardíacos (Rutherford). Si se excita el cabo central, se cansan, aunque el excitante sea débil, las fibras que estimulan la función respiratoria y sólo después las que la inhiben (Burkart). Según Steiner, en el pneumogástrico del conejo están dispuestas las diferentes fibras de tal modo, que las centrípetas ocupan la mitad externa del tronco nervioso y las centrífugas la interna.

Estados patológicos. — Las excitaciones ó las parálisis en el dominio del pneumogástrico, presentan un cuadro sintomático muy distinto, según que la afección interese á todo el tronco del nervio ó sólo á algunas de sus ramas, y también según sea unilateral ó bilateral. Las *parálisis de la faringe y del esófago*, que casi siempre son de origen central ó intracraneal por lo menos, dificultan ó abolen los movimientos de deglución, de tal manera, que los alimentos se detienen en el esófago, pasan en parte á la laringe, ocasionando disnea y también penetran en las fosas nasales. En el acto de beber, se percibe á veces un ruido de gorgoteo que se produce en el conducto esofágico relajado (deglución sonora). Cuando la parálisis es *incompleta*, entonces todavía es posible la deglución, pero se hace con más lentitud y dificultad que en el estado normal; es más fácil relativamente, cuando el bolo alimenticio es más voluminoso. Entre los síntomas de la irritabilidad nerviosa general, se observa una mayor energía en las contracciones esofágicas y hasta una contracción espasmódica de este conducto (véase tomo I, pág. 324).

Entre las *contracciones espasmódicas de los músculos de la laringe*, predomina por su frecuencia el espasmo de la glotis, que se observa más á menudo en la infancia y sobreviene bajo la forma de accesos de disnea, con inspiración angustiosa y sibilante, acompañados á veces de sacudidas convulsivas en los músculos de los ojos, de la mandíbula, de los dedos de las manos y de los pies, etc. Es una afección de origen probablemente reflejo, cuyo centro se encuentra en la médula oblongada, pudiendo ser provocada desde diversos nervios sensitivos, tales como los dentarios, intestinales ó de la piel (Eulenburg). Pero además de este espasmo, existen el de los dilatadores de la glotis (Fräntzel), y el de otros músculos laríngeos.

Enseña la experiencia que las excitaciones de los nervios *sensitivos* de la laringe provocan *tos*. Si la excitación es muy intensa, como en la tos ferina, puede suceder que se interesen también aquellas fibras de los nervios laríngeos que obran *inhibiendo ó paralizando* el centro respiratorio; disminuye la frecuencia de los movimientos respiratorios, que llegan á suspenderse por completo, relajándose el diafragma; con las excitaciones más intensas cesa la respiración en medio de un movimiento espasmódico de espiración, cerrándose la glotis, cuyo estado de suspensión respiratoria puede durar hasta quince segundos. Se trata de una verdadera neurosis inhibitoria del aparato respiratorio (Eulenburg y Landois). Las *parálisis de los nervios laríngeos* que producen alteración de la voz, ya han sido objeto de nuestro estudio (§ 315). En la parálisis bilateral del recurrente, producida á veces por la tracción de este nervio á consecuencia de un aneurisma de la aorta ó del tronco braquio-cefálico, se expulsa una grandísima cantidad de aire cada vez que se trata, en vano, de emitir un sonido; además, la expectoración se hace difícil y es imposible toser con fuerza en tales casos (v. Ziemssen). Pero también en los *grandes esfuerzos* se observan aquellos intensos accesos de disnea, que se tiene ocasión de estudiar en los animales por medio de la experimentación. Algunos accesos de disnea muy pronunciada, que duran de quince minutos hasta algunas horas, se los ha atribuído á una excitación del plexo pulmonar (Salter, Bergson), (tomo I, pág. 226), que determinaría una *contracción espasmódica de los músculos bronquiales* (asma bronquial). El examen físico de los pulmones no da á conocer, fuera de la existencia de algunos roncus (tomo I, pág. 251), ningún otro síntoma por donde pueda colegirse la causa del acceso grave de disnea. Si se trata de una verdadera contracción espasmódica, será casi siempre de origen reflejo, y en tal caso los nervios centrípetos que intervienen como punto de partida, son los de las vías respiratorias, pero también pueden serlo los de la piel (enfriamientos) ó los de los órganos genitales (asma sexual, Peyer). Sin embargo, yo no puedo menos de pensar, que en algunos de los casos que se incluyen en el asma, se trata de una paresia transitoria de aquellos nervios pulmonares que estimulan al centro respiratorio; el acceso sería en tales casos una reproducción de la respiración anhelosa que se observa después de la sección de ambos nervios pneumogástricos. Lo que todavía es cuestionable, es si el enfisema pulmonar agudo que se observa constantemente en esta enfermedad, es ocasionado por una excitación (Kredel) ó por una parálisis (L. Langer), de las fibras musculares del pulmón. Según Biermer, sería producido por la existencia de pequeños obstáculos en los bronquios, obstáculos que serían vencidos mejor por la corriente inspiratoria que por la espiratoria. Esos obstáculos son: la hinchazón catarral de la mucosa, la acumulación de moco ó de sangre en los bronquios y la contracción espasmódica de estos.

Las excitaciones en el dominio de las *ramas cardíacas* del pneumogástrico, pueden producir por estímulo directo, accesos de disminución en la energía de las contracciones cardíacas, y hasta de suspensión temporal de éstas; accesos que se acompañan de una sensación de gran desfallecimiento y de extinción de las funciones vitales, y en algunos casos, de dolores en la región precordial. Pero también sobrevienen accesos análogos por causa refleja, por excitaciones de las vísceras abdominales, viniendo á reproducir en el hombre el experimento del mazo de Goltz, sobre el intestino de la rana. Yo fuí el primero que en 1865 estudié estos fenómenos siguiendo los procedimientos de la fisiología experimental y les dí el nombre de angina de pecho, de origen pneumogástrico ó reflejo. Después de la extirpación de la laringe, sobrevienen á veces trastornos circulatorios, de terminación funesta; provienen de un estado irritativo persistente de los nervios laríngeos, que á veces se propaga al mismo tronco del pneumogástrico (Grossmann). Hennoch y Silbermann, observaron en niños, con síntomas de irritación gástrica,

lentitud de los latidos cardíacos, y yo observé en los adultos interrupción de los mismos. Esta misma acción refleja puede alterar también las funciones respiratorias del nervio pneumogástrico, originando el estado que Hennoch llama *asma dispépsico*. Rara vez se observa en los casos de parálisis intermitente de las ramas cardíacas del pneumogástrico, una *aceleración* considerable de los latidos cardíacos hasta 160 á 240 por minuto (Riegel, etc.); el pulso se hace además muy irregular y desigual en algunos de estos casos, y también se presenta disnea en algunos de ellos (Winternitz). De aquí se deduce, que en cada caso se necesita un análisis muy detenido de todas sus particularidades para deslindar hasta qué punto intervienen, en la producción de los síntomas, las excitaciones de los centros cardíacos automáticos ó las de las fibras aceleradoras del corazón. Respecto á las afecciones patológicas de la fibras *intra-abdominales* del pneumogástrico, son bastante inciertos los datos recogidos hasta ahora. Si están paralizados el *tronco del pneumogástrico* ó su *centro*, el síntoma que más se acentua, es la respiración penosa, lenta y profunda, lo mismo que se observa después de haber cortado los dos nervios pneumogástricos (§ 354. 8) (Guttmann).

355. XI.—Nervio espinal.

El núcleo de origen de este nervio, es *único*, de forma alargada (fig. 225), y comprende el grupo celular dorso-lateral del cuerno anterior de la porción cervical de la médula, que comienza por abajo desde el sexto nervio cervical, y se extiende sin interrupción hacia arriba, hasta el bulbo raquídeo, en el extremo superior del cruzamiento de las pirámides (Roller, v. Darkschewitsch). Este núcleo se continua por arriba con el del hipogloso, ocupa después, por encima del primer nervio cervical, el centro del cuerno anterior, luego se desvía en sentido lateral para situarse, desde el nervio segundo al cuarto, en el borde lateral del cuerpo anterior, y más abajo, hasta por debajo del nivel del sexto nervio cervical, se halla en la base del cuerno lateral (Dees).

Los filetes radiculares del nervio suben y penetran en el cráneo por el agujero occipital, se unen sin entrecruzarse en la proximidad del agujero rasgado posterior (Holl), y luego forman las *dos ramas del nervio*, de las cuales *la interna se sumerge por completo en el plexo gangliforme del pneumogástrico* (fig. 230), *suministrando á éste la mayor parte de las fibras motoras* (§ 354. 3) y *además las inhibitorias del corazon*.

Si en un animal se arrancan los nervios espinales, experimentan la degeneración grasienta las fibras inhibitorias del corazón. Si, á los cuatro ó cinco días de la operación, se excita en el cuello el tronco del pneumogástrico, no se retardan en lo más mínimo los latidos cardíacos (Waller, Schiff, etc.); según Heidenhain, hasta se acelerarían inmediatamente después de haber arrancado las raíces del nervio.

La *rama externa* proviene de la porción procedente de la médula espinal; se une con filetes sensitivos de las raíces posteriores del nervio cervical primero, y, más rara vez, también del segundo, que le proveen de fibras *sensitivo-musculares;* luego se dobla hacia atrás, rodeando la apófisis transversal del atlas, y termina como nervio *motor* en el esterno-cleido-mastóideo y en el trapecio (fig. 230) (Galeno). Pero este último músculo suele recibir también ramas motoras del plexo cervical.

La *rama externa* se *une* además con *varios nervios cervicales*. Estas fibras contribuyen á la inervación de dichos músculos, ó bien el espinal les devuelve, en parte, los filetes sensitivos que había recibido de las raíces posteriores de los dos primeros nervios cervicales, que pasan luego á las ramas cutáneas de estos últimos.

Estados patológicos.—Las *excitaciones* de la rama externa se manifiestan como contracciones tónicas y clónicas de los músculos mencionados, unilaterales casi siempre. Si sólo está afectada la rama del músculo esterno-cleido-mastóideo, al contraerse clónicamente éste, atrae la cabeza hacia el lado respectivo. Si la afección es bilateral, esta tracción suele alternar en ambos lados; es mucho más raro que los dos músculos se contraigan al mismo tiempo de modo que la cabeza se incline alternativamente hacia atrás y hacia adelante. En la contracción espasmódica del trapecio, la cabeza es atraída hacia atrás y lateralmente; el omoplato suele seguir á la tracción del haz de ese músculo, interesado con más violencia. Las contracciones *tónicas* del esterno-cleido-mastóideo colocan á la cabeza en la posición característica del *tortícolis espasmódico* (caput obstipum); las contracciones análogas del trapecio no suelen afectar más que á algunas porciones del músculo, que, como es natural, colocarán á la cabeza y al omoplato en posiciones variables según los casos.

En la *parálisis de un esterno-cleido-mastóideo*, el predominio del congénere desviará la cabeza hacia el lado no paralizado (*tortícolis paralítico*). La *parálisis* del trapecio no interesa, por lo regular, más que á algunas porciones de ese músculo. Las *parálisis de todo el tronco del nervio espinal* (de origen central casi siempre), además de ocasionar las de los músculos esterno-cleido-mastóideo y trapecio, producen las de las ramas motoras del pneumogástrico, de que ya hemos hecho mérito (Erb, Fränkel, Holz). En los casos rarísimos de parálisis bilateral, hasta no habría faltado la aceleración de los latidos cardíacos (§ 371) (Seligmüller, E. Remak).

356. XII.—Nervio hipogloso.

Su núcleo de origen, alargado y de grandes células (fig. 225), es una continuación del cuerno anterior de la médula espinal, y se encuentra en la profundidad de la parte inferior del suelo del cuarto ventrículo, recibiendo fibras de comunicación de la *corteza del hemisferio cerebral* del lado opuesto (§ 380. II). Junto al núcleo de grandes células se encuentra otro de células pequeñas (Roller, Koch).

El nervio emerge con 10 á 15 filetitos en la misma línea que continua la de las raíces *anteriores* de los nervios espinales (fig. 226). Por su desarrollo se revela el hipogloso en parte como un nervio espinal (Froriep).

El hipogloso, puramente motor en su origen, es el *nervio motor de los músculos de la lengua*, inclusive los *genio-hióideos y tiro-hióideos*.

El tronco del nervio hipogloso se une : 1.°, con el *ganglio cervical superior* del gran simpático, que le provee de los *vaso-motores* para los vasos de la lengua. Después de cortar el hipogloso y el nervio lingual, se enrojece la mitad correspondiente de la lengua (Schiff). 2.° También le aporta fibras el plexo gangliforme del pneumogástrico, y lo mismo su pequeño ramo lingual (v. Luschka), al principio del arco del hipogloso, proveyendo á este nervio de *fibras sensitivas musculares*, puesto que aun después de cortar el lingual, posee la lengua una sensibilidad obtusa. Debe admitirse (Lewin), que recibe también fibras análogas de los nervios cervicales, ó de la anastomosis que siempre existe con el lingual por debajo

de la lengua. 3.° Se encuentran constantemente anastomosis en forma de asa (asa del hipogloso) que le unen con *los dos primeros nervios cervicales*. Estas anastomosis siguen después por el *ramo descendente*, con el cual también descienden fibras sensitivas musculares procedentes del lingual (Lewin), á los músculos esterno-hióideo, omoplato-hióideo y esterno-tiróideo; la excitación de las raíces del hipogloso rara vez obra sobre los músculos mencionados y en grado muy poco marcado (Volkman) (véanse § 299. 3, y § 338. III).

Con la *sección* de ambos hipoglosos se paraliza por completo la lengua. Los perros ya no pueden chupar, y se muerden la lengua, que está relajada y péndula. Las ranas, que se valen de la lengua para cojer su presa, se mueren de hambre; la lengua cuelga fuera de la boca, impide la oclusión de esta, y de éste modo se asfixia el animal, puesto que, sólo manteniendo la boca cerrada, es como puede aspirar aire á sus pulmones.

Estados patológicos.—Las *parálisis* del hipogloso (*glosoplegia*), de origen central casi siempre, alteran la articulación de la *palabra* (pág. 100). Respecto á las desviaciones de la lengua en los casos de parálisis unilateral, véase tomo I, pág. 321. Además, la parálisis de la lengua dificulta la *masticación*, la *formación del bolo alimenticio* y la *deglución en la cavidad bucal*. El sentido del gusto está algo embotado porque faltan los movimientos de la lengua, por medio de los cuales se pone ésta en contacto más íntimo con las substancias sápidas. También está dificultada la *emisión de sonidos elevados* y de falsete, para cuya producción parecen ser necesarias posiciones determinadas de la lengua (Bennati).

Las *contracciones convulsivas de la lengua* que producen la aftongia (pág. 100), son casi siempre de origen reflejo y en todo caso rarísimas. También se han descrito casos de espasmo idiopático de la lengua, en los que este órgano es agitado por movimientos violentos; el centro de la excitación se encuentra, ó en la corteza cerebral ó en el bulbo raquídeo (Berger, E. Remak).

357. Nervios raquídeos ó espinales.

Cada uno de los 31 nervios raquídeos tiene dos raíces de origen: una *posterior*, constituída por corto número de haces, gruesos y redondeados, que sale del surco existente entre los cordones lateral y posterior de la médula espinal, y otra *anterior*, formada por haces más numerosos, finos y aplanados que arranca de la médula por el surco que hay entre el cordón lateral y el anterior. La raiz posterior es más gruesa que la anterior, excepto la del primer nervio cervical; en ella se encuentra el *ganglio espinal*, fusiforme (§ 323. II. 2). Después de este ganglio se aplican íntimamente ambas raíces y forman dentro todavía del conducto vertebral, un tronco nervioso mixto. Las ramas que salen de este tronco siempre contienen filamentos procedentes de ambas raíces. El número de fibras nerviosas en el tronco, es exactamente la suma del de las dos raíces; de aquí se deduce que las células del ganglio espinal deben estar intercaladas en el curso de dichas fibras (Gaule y Birge).

Davida ha encontrado doble en algunos casos el ganglio espinal; y según Hyrtl y Rattone, es frecuente que existan células ganglionares diseminadas en la raiz posterior, entre el ganglio espinal y la médula. En algunos casos existe cierta asimetría en la disposición de las raíces en ambos lados de la médula; en la porción

dorsal de ésta, falta á veces alguna que otra de sus raíces ó hasta todo un nervio espinal (Adamkiewicz).

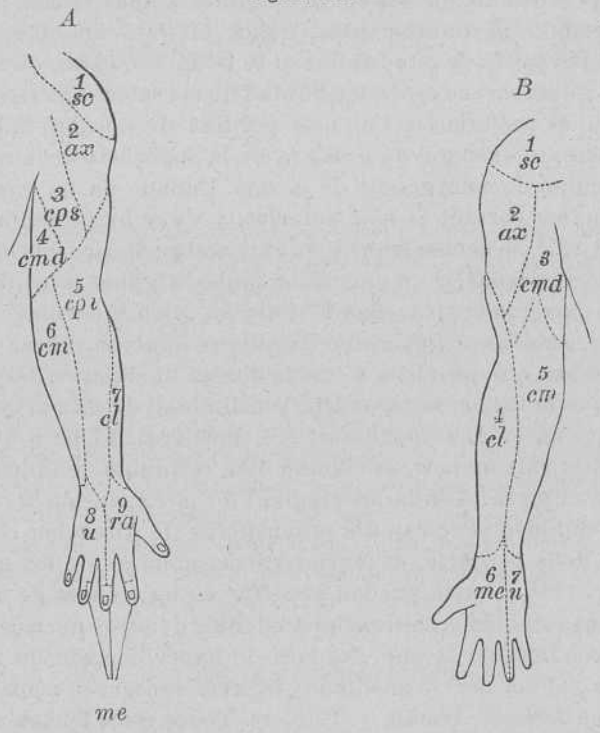
Carlos Bell descubrió (1811) la ley que lleva su nombre, según la cual, *las raíces anteriores de los nervios raquídeos contienen las fibras motoras y las posteriores las sensitivas.*

Magendie (1822) descubrió el hecho notable de que en las raíces anteriores de los animales de sangre caliente (no en la rana, Schiff) también existen *fibras sensitivas*, de modo que su irritación ocasiona dolor. Pero este dolor proviene de que, después de unirse ambas raíces, pasan fibras de la posterior á la anterior para seguir en ésta un curso centrípeto (Schiff, Cl. Bernard). A este fenómeno se le da el nombre de *sensibilidad recurrente* ; desaparece esta sensibilidad de las raíces anteriores en cuanto se cortan las posteriores. Con esta pérdida de sensibilidad de las raíces anteriores, se extingue también la de la superficie de la médula alrededor del punto de emergencia de la raiz. Cuando ya ha pasado mucho tiempo de haber cortado la raiz anterior, y ya se ha presentado la degeneración (§ 327), se encuentran en su extremo periférico cierto número de fibras no degeneradas, y en cambio se hallan algunas (sensitivas) que lo están en el extremo central (Schiff, Vulpian). Schiff encontró en algunos casos en que estaban degeneradas las fibras motoras, fibras intactas en la raiz anterior, que pasaban á las meninges medulares. Hay casos raros en los que la raiz anterior recibe sensibilidad de más orígenes que el de la raiz posterior correspondiente (Cl. Bernard). El paso de las fibras sensitivas á la raiz motora, se efectua ó en el ángulo de unión de ambas raíces, ó en el plexo, ó en la proximidad de la expansión terminal periférica. Así también penetran fibras sensitivas de dirección centrípeta, y que vienen de la periferia, en varias ramas motoras de los nervios craneales (pág. 195), y hasta pueden penetrar en los troncos de nervios *sensitivos* ramas también sensitivas procedentes de otros nervios. Así se explica el hecho notable de que, después de haber cortado un tronco nervioso, v. gr., el del nervio mediano, todavía conserven sensibilidad sus extremos periféricos (Arloing y Tripier). Todos estos fenómenos podrían resumirse de un modo muy sencillo en los siguientes términos : *el tejido de los nervios sensitivos y motores posee fibras sensitivas del mismo modo que la mayor parte de los tejidos del cuerpo.*

En virtud de los delicados experimentos de sección de las raíces nerviosas (Magendie, 1822) y del descubrimiento de las relaciones reflejas entre las raíces sensitivas y la excitación de las raíces anteriores (movimientos reflejos) por Juan Müller (1832) y Marshall Hall, se pueden deducir con facilidad, de la ley general de Bell, las consecuencias siguientes : 1.° En el momento de cortar la raiz *anterior* se presenta una *sacudida* en los músculos inervados por dicha raiz, por excitación mecánica de las fibras motoras (§ 326. 1). 2.° Pero también se presenta una sensación *dolorosa* ; sensibilidad recurrente. 3.° Después de haber cortado el nervio quedan *paralizados los músculos* correspondientes. 4.° La excitación del cabo periférico de la raiz anterior, cuando se hace al poco tiempo de la operación, determina una *contracción* de los músculos, y acaso tam-

bién una sensación dolorosa á causa de la sensibilidad recurrente. 5.° La excitación del cabo central cortado no produce *ningún efecto*. 6.° En las partes paralizadas está completamente conservada la sensibilidad. 7.° En el momento de cortar una raiz *posterior*, se presenta un *dolor violento*. 8.° Al mismo tiempo se produce un movimiento, suscitado por vía *refleja*. 9.° Después de cortar el nervio están completamente *insensibles* las zonas inervadas por las raíces cortadas. 10. No produce ningún resultado

Figura 231.



Distribución de las ramas nerviosas cutáneas en la extremidad superior (según Henle).

A. Cara posterior de la extremidad superior. —1. *sc*, nervios supra-claviculares. —2. *ax*, nervio circunflejo. — 3. *cps*, ramo cutáneo interno del radial. — 4. *cmd*, accesorio del braquial cutáneo interno. — 5. *cpi*, ramo cutáneo externo del radial. — 6. *cm*, braquial cutáneo interno. — 7. *cl*, nervio musculo-cutáneo. — 8. *u*, nervio cubital. — 9. *ra*, nervio radial. — 10. *me*, nervio mediano.

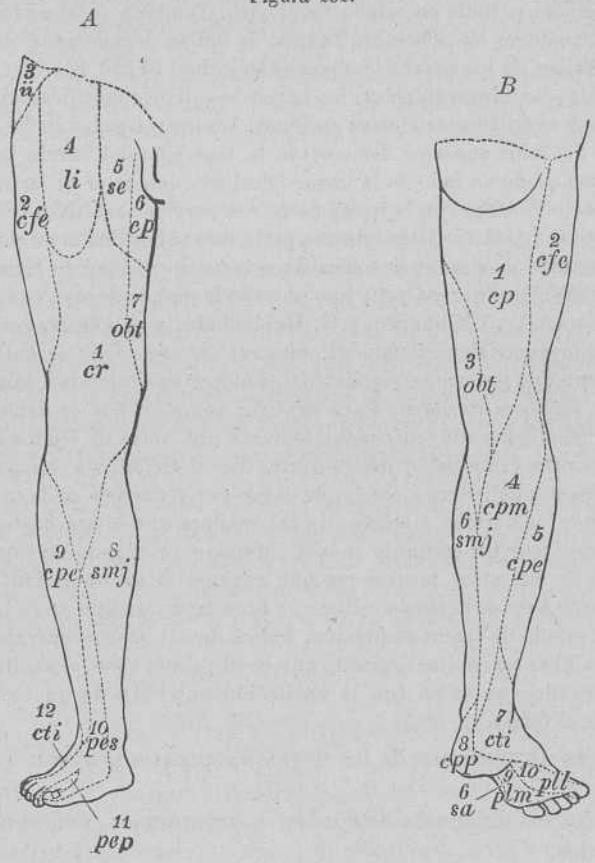
B. Cara anterior de la extremidad superior. 1. *sc*, nervios supra-claviculares. — 2. *ax*, nervio circunflejo. — 3. *cmd*, nervio accesorio del braquial cutáneo interno. — 4. *cl*, nervio músculo-cutáneo. — 5. *cm*, nervio braquial cutáneo interno. — 6. *me*, nervio mediano. 7. *u*, nervio cubital.

la excitación del extremo periférico de la raiz cortada. 11. La excitación del extremo central determina dolor y movimientos *reflejos*. 12. En las partes insensibles, v. gr., de las extremidades, se conserva intacta la motilidad.

Según Waller (1851), siempre que se corta una raiz anterior, degenera el trozo periférico correspondiente. La sección de la raiz posterior, antes ó detrás del ganglio, deja intactas aquellas fibras que permanecen en

conexión con él; en cambio degeneran aquellas cuya continuidad con el ganglio se interrumpe. De aquí deduce Waller, que la médula espinal sería el centro trófico de las raíces anteriores, y el ganglio espinal el de las posteriores.

Cuando se corta alguna de estas últimas, tal como la de las extremidades posteriores, conservan los músculos sus movimientos, pero alterados de un modo caracFigura 232.



Zona de distribución de los ramos nerviosos cutáneos, en la extremidad inferior (según Henle).

A. Cara anterior. — 1, nervio crural.—2, nervio femoro-cutáneo ó lateral de Henle. — 3, nervio abdomino-genital menor.— 4 y 5, ramos crural y genital del genito-crural. — 6, nervio ciático menor —7, nervio obturador. — 8, nervio safeno interno —9, nervio cutáneo peroneo.—10, nervio musculo-cutáneo del ciático poplíteo externo. — 11, nervio tibial anterior. — 12, nervio safeno externo.

B. Cara posterior. — 1, nervio ciático menor. —2, nervio fémoro-cutáneo ó lateral de Henle.—3, nervio obturador.—4, rama terminal del ciático menor.— 5, nervio cutáneo peroneo.—6, nervio safeno interno — 7, nervio safeno externo. — 8, ramo cutáneo plantar del tibial posterior. — 9, nervio plantar interno. — 10, nervio plantar externo.

terístico. El animal los ejecuta, al parecer, con cierta torpeza (brincos irregulares, caminar con las patas muy separadas, etc.), sin armonía ni uniformidad. Perros á quienes corté las raíces posteriores de los nervios de ambas extremidades posteriores, también presentaban, después de colocarles en posiciones completamente

distintas, dificultad en el mantenimiento del equilibrio del cuarto trasero, que con frecuencia se caía al suelo al correr ó al menear la cola. Estos fenómenos provienen de que, á causa de la insensibilidad de los músculos y de la piel, no siente el animal las resistencias que se oponen á sus movimientos, y no puede, por lo tanto, apreciar la fuerza muscular necesaria para vencerlas. Y, como es natural, también faltan todos los movimientos auxiliares de carácter reflejo. Los animales que han perdido la sensibilidad de alguno de sus miembros, suelen conservar éstos por mucho tiempo en una posición anormal, que tratan de cambiar en el acto cuando dicha sensibilidad se halla en estado fisiológico. También se observan movimientos atáxicos análogos en el hombre cuando se hallan degenerados en éste los extremos periféricos de los nervios cutáneos (Déjerine) (§ 366. 3).

En determinadas circunstancias, hasta puede sufrir la motilidad cuando se cortan los nervios sensitivos de ciertas regiones. En los solípedos se ha observado la inmovilidad del labio superior después de la resección del nervio infra-orbitario (Bell, Pineles), la de un lado de la laringe después de cortar el laríngeo superior (Exner), y la del esófago con la parálisis de sus nervios sensitivos (Chauveau). Se ve, por lo tanto, que la motilidad de una parte está subordinada en muchas ocasiones á la integridad de sus nervios sensitivos (sensomovilidad de Exner).

Harless (1858), Ludwig y Cyon, han observado un hecho cuya exactitud niegan v. Bezold, Uspensky, Grünhagen, y G. Heidenhain, y es que *las raíces anteriores poseen un grado mayor de excitabilidad, mientras las posteriores se hallan intactas y excitables*; pero que presentan signos de una menor excitabilidad, tan pronto como se cortan las raíces posteriores. Para explicar estos hechos se debe admitir, que en el estado fisiológico afluyen constantemente una serie de excitaciones por las raíces posteriores (impresión de contacto, de posición, de temperatura sobre las diversas partes del cuerpo, etc.), que obran por vía refleja en la médula espinal para volver por los nervios motores, de tal manera que ahora basta para excitar las raíces anteriores un estímulo menos intenso que cuando se suprime ese impulso reflejo de las raíces posteriores que exagera la excitabilidad. Es evidente que el estímulo necesario para excitar una fibra nerviosa que ya se halle de antemano en un estado de ligera excitación, habrá de ser menos enérgico que el que requiera otra fibra no excitada, puesto que en el primer caso, el excitante que provoca el acto reflejo se suma con la excitación que obra de un modo constante (véase § 364, al final).

Las RAÍCES ANTERIORES de los nervios espinales proveen de fibras *centrífugas*:

1.° A todos los músculos *estriados*, ó voluntarios, del tronco y de las extremidades.

Cada músculo recibe siempre sus filetes motores de *varias raíces anteriores, nunca de una sola;* en cambio *cada raiz* provee de fibras nerviosas á un grupo muscular particular (Preyer, P. Bert, Gad). Además, los experimentos practicados por Ferrier y Yeo en las raíces anteriores de los monos, han demostrado que la excitación de cada raiz (en los plexos braquial y lumbo-sacro) provoca un movimiento sinérgico y coordinado. La sección de una sola raiz nunca produce una parálisis completa de aquellos músculos que intervienen en un movimiento combinado; sólo les priva de alguna fuerza. Estos experimentos confirman los datos suministrados por la clínica. Las fibras nerviosas correspondientes á *grupos musculares de acción funcional sinérgica*, tales como los flexores ó los extensores, provienen de zonas especiales y circunscritas, de la médula espinal. Así también, los abultamientos cervical y lumbar de esta última, representan centros más elevados para la coordinación de los movimientos musculares.

DR. PEREZ ARAPILES
Valencia núm. 12 2.º
Teléfono 30 85 19

2.° Además, las raíces anteriores suministran fibras motoras para algunos órganos provistos de fibras *lisas*, v. gr., para la vejiga de la orina (§ 282), el conducto deferente y el útero.

3.° Fibras motoras para los músculos lisos de los vasos, ó sea fibras *vaso-motoras* (§ 373).

4.° Fibras que *inhiben* la contracción de las fibras musculares de los vasos (sólo conocidas en parte): fibras vaso-dilatadoras (§ 374).

5.° Fibras *secretoras* que influyen en la secreción del sudor (§ 290. II).

6.° Fibras *tróficas* de los tejidos (§ 344. I. *c*).

Después de la lesión de los *ganglios espinales*, en el conejo, observó Gaule alteraciones en la piel y en las cápsulas supra-renales, hemorragias en los músculos y atrofia de los órganos sexuales y del lóbulo de la glándula tiroides del lado opuesto al de la lesión.

Las RAÍCES POSTERIORES contienen los *nervios sensitivos* de la piel y de los órganos internos, á excepción de los que corresponden á la parte anterior de la cabeza, á la cara y al interior del cráneo (véase: *nervios craneales*). Contienen además los *nervios táctiles* de dichas superficies cutáneas. También recibe la médula por las raíces posteriores las *excitaciones* que provocan *actos reflejos*. Las fibras sensitivas de un tronco nervioso mixto se dirigen á aquella zona cutánea que es movida por los músculos, ó que cubre á los músculos (Preyer) inervados por las fibras motoras que proceden del mismo nervio (Schröder van der Kolk).

En las figuras 231 y 232 están trazadas las zonas de distribución de los nervios sensitivos de las extremidades, y en la figura 228 las de las ramas sensitivas raquídeas de la cabeza. Con estas figuras es fácil orientarse en los casos de neuralgias y anestesias que ocupen dichas zonas. Es notable que en la gallina emerge un corto número de fibras motoras por las raíces posteriores (!) (Lenhossék, S. Ramón y Cajal).

358. Nervio gran simpático.

El sistema nervioso del gran simpático, en el que predominan las fibras nerviosas finas y de Remak, consta en primer término de dos largos *cordones*, uno á cada lado de los cuerpos vertebrales, provistos de ganglios y dirigidos en sentido vertical. Cada nervio raquídeo envía un *ramo comunicante* al cordón del simpático, que presenta siempre un ganglio en el punto en donde recibe ese filete anastomótico. Pero los cuatro ramos comunicantes superiores, se dirigen desde los cuatro primeros nervios cervicales de donde proceden á un solo ganglio, el ganglio cervical superior (fig. 227, Gg, *s*); el quinto y el sexto al ganglio cervical medio, y el séptimo y octavo al ganglio cervical inferior, ó último de los ganglios cervicales del gran simpático. Desde el primer nervio torácico ó dorsal, corresponde un ganglio del simpático á cada filete anastomótico procedente de un nervio raquídeo. El último par de ganglios del gran simpático suele estar unido, por delante de la primera vértebra coxígea, mediante un asa nerviosa en la cual se encuentra intercalado á veces el ganglio coxígeo, que es impar.

Los ramos comunicantes proceden de la médula espinal y contienen fibras que provienen parte de las raíces *anteriores* de los nervios raquídeos y parte de las *pos-*

teriores. De aquí se deduce su función, que habrá de ser análoga á la de estas mismas raíces (§ 357).

A medida que el cordón del gran simpático se va acercando al cráneo, se va *uniendo* con *gran número de nervios encefálicos* ó craneales (véase la *fisiología de los nervios craneales*).

Del cordón del gran simpático parten numerosos filamentos que se dirigen sobre todo á las *cavidades torácica y abdominal*, para constituir en éstas *grandes plexos ricos en células nerviosas*, de los cuales parten á su vez nuevos filetes nerviosos, que se distribuyen en diversos órganos, y cuya función también es diferente.

Respecto á las *funciones* del gran simpático, sólo daremos aquí un resumen general de ellas.

I. Damos el nombre de *funciones independientes del gran simpático* á las de ciertos plexos, las cuales persisten aun después de haber seccionado todos los filamentos anastomóticos que los enlazan con el eje cerebro-espinal. A este grupo pertenecen:

1.° Los ganglios automáticos del *corazón* (§ 64).

2.° El plexo mientérico del *intestino* (§ 165).

3.° Los plexos del *útero*, *trompas*, *conductos deferentes*, y de los *vasos sanguíneos y linfáticos*.

Los nervios que reciben estos plexos, procedentes del eje cerebro-espinal, pueden influir en su actividad funcional estimulándola ó moderándola.

II. *Funciones subordinadas*. — Por el gran simpático circulan además fibras que, como las de los nervios periféricos, sólo funcionan cuando se hallan en comunicación con el sistema nervioso central; tal sucede con las fibras sensitivas del nervio esplácnico. Otras fibras transmiten los impulsos recibidos en el sistema nervioso central, á los *ganglios*, que á su vez envían estos estímulos á los órganos correspondientes bajo la forma de inhibición ó de excitación motora.

La intoxicación por medio de la nicotina ha ilustrado la cuestión del papel de los ganglios en el gran simpático. En el animal intoxicado están *paralizadas las células ganglionares*, puesto que la excitación de los ganglios ya es ineficaz y lo mismo la de los nervios aferentes de éstos. En cambio todavía da resultado la excitación de las fibras nerviosas, que, partiendo de los ganglios, se dirigen en sentido periférico (Langley y Dickinson).

A. — Porción cervical del gran simpático

1.° *Fibras dilatadoras de la pupila* (véase *ganglio oftálmico*, § 349. II, é *iris*, § 394). Según Budge, estas fibras proceden de la médula espinal y caminan, según Langley, por los tres primeros nervios dorsales al cordón del gran simpático para dirigirse, en sentido ascendente, á la cabeza (gato). Así que, cortando el cordón del gran simpático ó sus ramos comunicantes, se estrecha la abertura pupilar. (Respecto al origen de estas fibras en los centros nerviosos, ya se ha tratado en el § 266. 1 y en el § 369. 8).

2.° Las *fibras motoras* para los músculos lisos de H. Müller, de la órbita, de los párpados y, *en parte*, para el músculo recto-externo del ojo (véase el § 350) salen por los nervios dorsales primero al quinto (gato) (Langley).

3.° Los *ramos vaso-motores* para los vasos del oído externo y de la parte lateral de la cara (Cl. Bernard), de la cavidad timpánica (Prussak), de la conjuntiva, del iris, de la coroides, de la retina (*sólo en parte*; véase *ganglio oftálmico*, § 349. I), del esófago, de la laringe, de la glándula tiroides, del cerebro y de las meninges (Donders y Callenfels), procedentes de los nervios torácicos primero al quinto (Langley).

4.° En el cordón cervical del gran simpático existen *fibras centrípetas* que *excitan al centro vaso-motor* de la médula oblongada (Aubert).

5.° *Fibras secretoras* (tróficas) y *vaso-motoras*, de las glándulas salivares (§ 170), que salen por los nervios dorsales primero al quinto (Langley).

6.° Respecto á las *fibras sudoríparas* véase el § 290. II.

7.° También las glándulas lagrimales reciben *fibras secretoras* del gran simpático (Wolferz, Demtschenko, Bechterew y Mislawski) (véase § 381: *tálamo óptico*).

Con la intoxicación nicotínica no produce ningún resultado la excitación del simpático cervical desde su origen hasta los ganglios inclusive; en cambio, todavía lo produce la excitación de los nervios periféricos en el trayecto á partir del ganglio cervical superior hasta los órganos á donde están destinados. La nicotina paraliza los ganglios intercalados en el trayecto del gran simpático (Langley y Dickinson) (véase pág. 222).

B. — Porciones torácica y abdominal del gran simpático

1.° A estas porciones corresponde, en primer término, la parte que toma el simpático en la formación del *plexo cardíaco* (§ 63. 2), enviando *fibras aceleradoras* al corazón, las cuales emergen del último ganglio cervical y del primero dorsal (§ 372), y provienen de los nervios dorsales primero al sexto (gato) (Langley).

2.° Respecto á los *vaso-motores* de las extremidades, de la piel del tronco y de los pulmones que pasan por el gran simpático (y en parte por el pneumogástrico) véase el § 373; para los *vaso-dilatadores* véase el § 374.

3.° Los *pilo-motores* del cuello y de la nuca (gato) vienen de los nervios dorsales cuarto al séptimo (Langley).

4.° En el cordón cervical del gran simpático y en el esplácnico habría fibras cuya irritación excitaría por vía centrípeta el sistema *inhibitorio cardíaco* que hay en la médula oblongada (Bernstein).

5.° Para las *funciones del esplácnico* véanse los §§ 165, 178, 278 y 373.

6.° Respecto á la significación de los plexos solar y mesentérico, se ha tratado en los §§ 185 y 194. Después de la extirpación del ganglio celíaco, vió Lamansky un trastorno pasajero de la digestión, por virtud del cual se expulsan por el ano los materiales alimenticios sin digerir.

7.° Para las *fibras sudoríparas* véase el § 290. II.

8.° Por fin, en la porción abdominal del gran simpático hay fibras *motoras* y *vaso-motoras* para el *bazo* (§ 290. I), el *intestino grueso* (al que llegan con las ramificaciones arteriales), la *vejiga* (§ 282), los *uréteres*, el *útero* (al que se dirigen por el plexo hipogástrico), los *conductos deferentes* y las *vesículas seminales*. La irritación de todas esas vías nerviosas estimula los movimientos de los órganos mencionados, movimientos que también se excitan cuando disminuye el riego sanguíneo de dichos órganos (§ 165). La sección de esos nervios produce una dilatación vascular con trastorno subsiguiente de la circulación y hasta de la nutrición. Respecto á las relaciones que tal vez existan entre las *cápsulas suprarenales* y el gran simpático, véase el § 188. IV; para el plexo *renal*, véase el § 278, y cuanto al plexo *cavernoso*, se tratará en el § 438 al hablar de la erección.

Estados patológicos.—Por razón de las múltiples ramificaciones del gran simpático presenta ancho campo este nervio á las alteraciones patológicas. Hagamos notar, con este motivo, que las afecciones de todas las fibras nerviosas que se hallan en relación con el sistema vascular, serán tratadas en el § 373.

El *simpático cervical* es paralizado ó excitado con mucha frecuencia por la acción de traumatismos directos. Las heridas punzantes ó por armas de fuego, los tumores, los infartos ganglionares, los aneurismas, las inflamaciones del vértice del pulmón y de la pleura que le cubre, y las exostosis de la columna vertebral, en unos casos excitan y en otros paralizan dicho nervio. Los síntomas que entonces se observan se han analizado en parte al estudiar el ganglio oftálmico (§ 349. I). La *excitación* del simpático cervical, en el hombre, produce dilatación de la pupila (midriasis espasmódica), palidez de la cara, y, á veces, hiperhidrosis (§§ 290. II y 291. 2); trastornos de la visión próxima, en la que la pupila ya no se puede contraer (véase *acomodación*) y de aquí la aberración de esfericidad (§ 393) que habrá de perjudicar á la visión; además exoftalmía con dilatación palpebral. La *parálisis* del simpático cervical produce congestión del lado correspondiente de la cabeza, acompañada á veces de anidrosis; contracción de la pupila (miosis paralítica), cuyo diámetro todavía se modifica con la acomodación, pero no con la luz; la atropina la dilata un poco. Al mismo tiempo está estrechada la abertura palpebral, hundido el globo ocular, un poco aplanada la córnea y disminuída la consistencia del globo ocular. Con la excitación del simpático se ha visto *exagerarse la secreción salivar* (§ 150). También se ha observado como uno de los síntomas de la excitación del simpático cervical, la *atrofia unilateral de la cara* (§ 349). Los fenómenos irritativos en el dominio del *esplácnico*, sobre todo, bajo la influencia de la intoxicación saturnina, se revelan como dolores violentos (cólicos saturninos), *detención de los movimientos intestinales* (y de aquí estreñimiento pertinaz), *menor frecuencia de los latidos cardíacos*, de causa refleja, á la manera de la que se produce en el experimento de Goltz. Entre las afecciones irritativas de las ramas sensitivas del simpático, se encuentra también la afección dolorosa de las regiones abdominal y sacra, llamada por Romberg neuralgia hipogástrica, la histeralgia y la neuralgia del testículo, que se localizan en determinados plexos del gran simpático. En las afecciones del *simpático abdominal* se observa en unas ocasiones, un estreñimiento pertinaz, en cuyo caso puede coexistir una excitación de los esplácnicos con una disminución de secreción por parte de las glándulas del intestino; en otros casos, aumentan por el contrario las secreciones de la mucosa intestinal (véase § 194). Sin embargo, en todas estas cuestiones reina todavía bastante obscuridad.

359. Fisiología comparada. — Reseña histórica.

A veces falta por completo algún *nervio craneal*, ó se desarrolla de un modo imperfecto él ó alguna de sus ramas. Los cetáceos no tienen *nervio olfatorio*. El *nervio facial*, que en el hombre tiene á su cargo los *movimientos mímicos y respiratorios* de la cara, disminuye gradualmente de importancia á medida que se desciende en la escala de los vertebrados, en armonía con el menor desarrollo de los músculos de la cara. En las *aves* y *reptiles* inerva los músculos que se insertan en el hioides, ó los músculos superficiales del cuello y de la nuca. En los *anfibios* (rana) ya no existe el facial como nervio separado; la rama nerviosa equivalente, emerge del ganglio del trigémino. En los *peces*, los pares quinto y séptimo, forman un sólo nervio. La porción correspondiente al facial, que también recibe el nombre de ramo opercular del trigémino, es la encargada principalmente de la inervación de los músculos del opérculo branquial y desempeña por lo tanto el papel de un nervio *respiratorio*. Los ciclóstomos (lamprea) tienen su nervio facial independiente. Todos los vertebrados poseen nervio *pneumogástrico*; en los peces y renacuajos parte de él el gran *nervio lateral* del cuerpo, que sigue por la línea media de éste á todo lo largo del conducto lateral, estando representado en el hombre por el ramo auricular (Juan Müller). En la rana salen formando un solo tronco los pares craneales noveno, décimo y duodécimo, y otro los séptimo y octavo. En los peces y anfibios, el hipogloso es el primer nervio raquídeo. En el amphioxus no se distinguen entre sí los nervios craneales de los *raquídeos*. Estos últimos presentan una gran semejanza en todas las clases de vertebrados. El *gran simpático* falta en los ciclóstomos, donde está representado por el pneumogástrico.

En los demás peces corre á lo largo de la columna vertebral, recibiendo en su camino ramos comunicantes de los nervios raquídeos. En la cabeza, sus anastomosis más notables, en los peces, son las que se establecen con los pares craneales quinto y décimo. Estas anastomosis con los nervios craneales son más numerosas en las ranas y más todavía en las aves.

La escuela de Hipócrates ya conocía la distinción entre el pneumogástrico y el gran simpático. Herófilo es el primero que distingue los nervios de los tendones, distinción que todavía rechazaba Aristóteles. Erasistrato hace salir todos los nervios del encéfalo y de la médula espinal y distingue entre ellos motores y sensitivos. Marino (80 años después de J. C.), es el primero que admite la existencia de siete pares craneales. Galeno ya posee un conocimiento más completo de la actividad nerviosa (§ 145); vió que se presentaba afonía cuando se ligaba el nervio recurrente; conoció el nervio espinal y los ganglios anejos á los nervios abdominales. En el *Talmud* ya se menciona la cola de caballo; Coiter (1573), describe con exactitud las raíces anteriores y posteriores de los nervios raquídeos. Van-Helmont (muerto en 1644), ya refiere que los nervios motores periféricos son también sensibles al dolor; Cesalpino (1571) dice que la interrupción de la circulación sanguínea vuelve insensible á la parte respectiva. Thomas Willis describe los ganglios principales (1664). En Descartes (1650), se encuentran mencionados por primera vez los movimientos reflejos, y Esteban Hales y Rob. Whytt, demostraron que para la producción de éstos es necesaria la médula espinal. Prochaska es el primero que demuestra el camino que siguen estos movimientos; Duverney (1761) describe el ganglio oftálmico, y Varolio (1573) la cuerda del tambor; Gall inquirió con más exactitud el camino que siguen los pares craneales tercero y sexto y lo mismo los nervios raquídeos hasta la substancia gris. Hasta entonces no se contaban más que nueve nervios craneales; Sömmering (1791), separa al facial del auditivo, y Andersch hace lo mismo con los pares craneales noveno, décimo y undécimo.

CAPÍTULO IV

FISIOLOGÍA DE LOS CENTROS NERVIOSOS

360. Generalidades.

Los órganos centrales del sistema nervioso se caracterizan de un modo general por las siguientes particularidades:

1.ª Contienen *células nerviosas*, formando grupos, en el interior de dichos órganos centrales ó intercalados en el trayecto periférico de los nervios.

2.ª Los centros nerviosos son capaces de producir *actos reflejos*, tales como movimientos, secreciones ó actos de inhibición.

3.ª Los centros pueden ser excitados de un modo *automático* ó sea, sin ningún estímulo exterior al parecer, hacer que queden en libertad fuerzas que se transmiten á órganos periféricos. Estas excitaciones automáticas pueden ser ó *permanentes*, es decir, subsistir sin ninguna interrupción (automatismo *tónico* ó *tono*), ó sucederse de un modo *intermitente*, siguiendo cierto ritmo (automatismo rítmico).

4.ª Los órganos centrales del sistema nervioso son los *centros tróficos* para los nervios que de ellos parten, y pueden serlo además de los mismos tejidos inervados por ellos.

5.ª Las *actividades anímicas* están ligadas á la integridad de los órganos centrales ricos en células nerviosas.

Estas diversas funciones están distribuídas en *diferentes* centros; ninguno de éstos tiene á su cargo *varias* de ellas.

MÉDULA ESPINAL

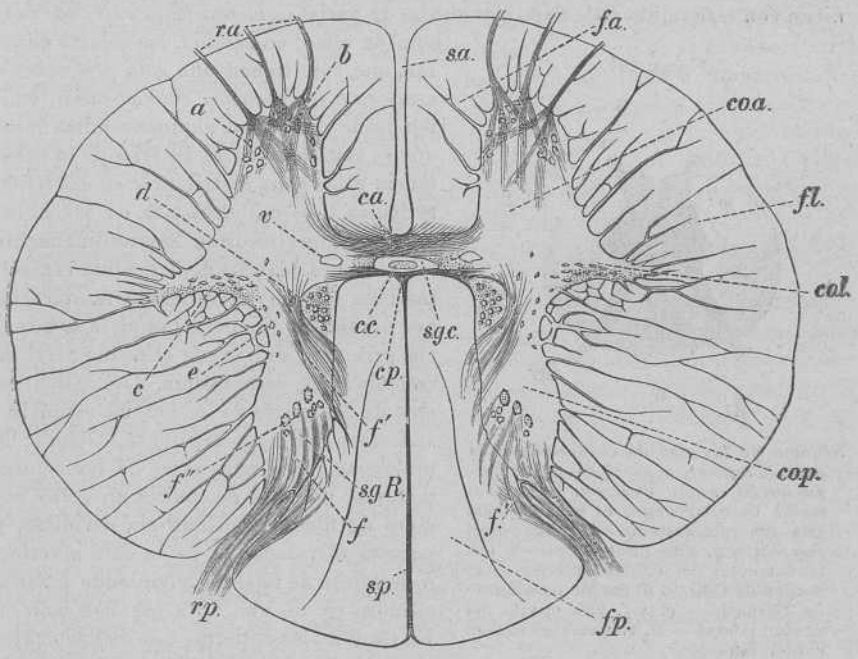
361. Estructura de la médula espinal.

La médula espinal contiene en su interior la SUBSTANCIA GRIS, que tiene la forma de una H ó de una X, en la que se distinguen los *cuernos anteriores* (*co.a*) los *posteriores* (*co.p*) y la rama intermedia que los une. Por el centro de esta última corre el *conducto central*, desde el calamus scriptorius hasta la parte inferior de la médula, conducto que está tapizado de epitelio cilíndrico y es un resto del *tubo medular* de la vida embrionaria.

La SUBSTANCIA BLANCA rodea á la gris y está dividida en varios CORDONES. Desde la cara anterior y siguiendo la línea media, penetra una fisura profunda (*s.a*), que no llega hasta la substancia gris, puesto que deja sin dividir la *comisura blanca* que está en el fondo de dicha fisura (*c.a*). Entre ésta y el surco por donde salen las

raíces anteriores, se encuentra el *cordón anterior* (*f.a*). La parte lateral de la masa blanca, que se encuentra entre las raíces anterior y lateral, se llama *cordón lateral* (*f.l*); y por fin, se denomina *cordón posterior* (*f.p*) á la porción comprendida entre la emergencia de las raíces posteriores y la fisura longitudinal posterior. Esta penetra más profundamente que la fisura anterior, puesto que llega hasta la substancia gris. En los cordones posteriores aún se distinguen dos porciones: una más delgada, inmediatamente adyacente á la fisura posterior (funiculi graciles), llamada *cordón de Goll*, y otra más gruesa, llamada *cordón cuneiforme* (funiculus cuneautus) ó de *Burdach*, que constituye el resto del cordón posterior (véase fig. 234).

Figura 233.



Corte transversal de la médula espinal á nivel del octavo nervio dorsal. (Aumento 10 : 1), según Schwalbe.

s. a, fisura longitudinal anterior.—*s. p*, tabique posterior, ocupando la fisura longitudinal posterior.—*c. a*, comisura anterior. —*s. g. c*, substancia gelatinosa central. —*c. c*, conducto central.—*c. p*, comisura posterior.—*v*, vena.—*co. a*, cuerno anterior.—*co. l*, cuerno lateral y, por detrás de él, la formación reticular.—*co. p*, cuerno posterior. —*a* y *b*, grupos laterales, anterior y medio de las células ganglionares.—*c*, células del cuerno lateral —*d*, células de las columnas de Stilling-Clarke.—*e*, células solitarias del cordón posterior.—*r. a*, raiz anterior.—*r. p*, raiz posterior.—*f*, haz del cuerno posterior.—*f'*, haz del cordón lateral —*f''*, fibras longitudinales del cuerno posterior.—*s. g. R*, substancia gelatinosa de Rolando. —*f. a*, cordón anterior.—*f. l*, cordón lateral.—*f. p*, cordón posterior.

La *substancia blanca*, está constituída principalmente por fibras nerviosas mielínicas, sin vaina de Schwann ni anillos constrictores, pero con vainas de queratina (Kühne, Ewald), que siguen en los cordones una dirección *longitudinal*. Las raíces que entran en esta substancia, lo mismo que las fibras longitudinales que también penetran en los cordones, como procedentes de la substancia gris, y que los atraviesan, tienen una dirección en parte transversal, y en parte oblicua. Igualmente se entrecruzan fibras en dirección transversal, en la comisura blanca anterior.

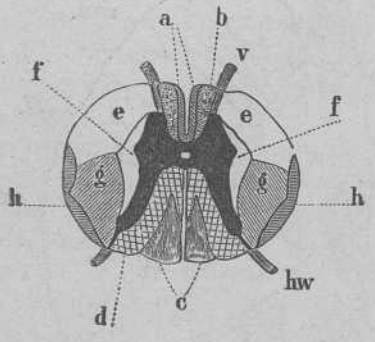
La SUBSTANCIA GRIS, contiene en primer término una *red* abundantísima de *fibri-*

llas nerviosas sumamente finas (Gerlach), que provienen de las células nerviosas. Fibras mielínicas, agrupadas de un modo irregular y que se ramifican gran número de veces, recorren la red fibrosa gris, ó se confunden al fin con ésta, después de haber perdido su mielina y haberse ramificado gran número de veces. Tanto por delante como por detrás del conducto central, cruzan fibras de la substancia gris, pasando de un lado á otro de la línea media.

De las *células nerviosas*, se encuentran las *mayores* rodeadas de espacios linfáticos en forma de cáscara, en grupos en el cuerno anterior (*células motoras*), y las *menores*, fusiformes (*sensitivas*), en el cuerno posterior.

Además de estas células, contiene la substancia gris aquel *tejido reticulado* de fibras nerviosas que la recorre en toda su extensión. Las células sensitivas, comunican con este tejido reticulado por medio de varias *prolongaciones nerviosas* cada una de ellas; en cambio, las células motoras, que sólo tienen una sola *prolongación nerviosa* ó *prolongación cilindro-axial*, emiten desde esta última algunas ramitas finas, que se ramifican en el interior de la substancia gris, para distribuirse en ese tejido reticular. Los cilindros-ejes de las fibras nerviosas, que recorren longitudinalmente los cordones blancos de la médula espinal, también emiten lateralmente ramificaciones nerviosas, que penetran en la substancia gris para unirse con el tejido nervioso reticulado de esta última. Los cilindros-ejes de las raíces de los nervios espinales, se forman del modo siguiente (Golgi): la prolongación cilindro axial de las células motoras, después de emitir un corto número de fibras, continua sin dividirse, y penetra directamente en la raiz anterior, rodeándose de mielina, y viniendo á ser el cilindro-eje de una fibra nerviosa motora. En cambio, los cilindros-ejes de los nervios sensitivos de las raíces posteriores, se forman merced á la reunión de varios filetes nerviosos finos, procedentes de la médula espinal.

Figura 234.



Sistema de las vías de conducción en la médula espinal, al nivel del tercer nervio dorsal, según Flechsig. La porción media de color negro es la substancia gris.—*v*, raiz anterior.—*hw*, raiz posterior.—*a* y *g*, vías piramidales.—*b*, haz fundamental del cordón anterior. — *c*, cordón de Goll. — *d*, cordón cuneiforme de Burdach. — *e*. y *f*, vías mixtas del cordón lateral. — *h*, vías cerebelosas del cordón lateral.

En efecto, si se sigue una *fibra de la raiz posterior* hasta la médula espinal, se la ve dividirse, en el cordón posterior, en dos ramas, una ascendente, y descendente la otra. De estas dos ramas, como de la misma fibra radicular, parten ramitas más finas, que penetran en la substancia gris, y terminan en ella con una ramificación arborescente. A todos estos *arbolitos terminales*, les ha dado Ramón y Cajal el nombre de *colaterales*. El extremo de la rama descendente, forma una colateral con la substancia gris de la médula, y el de la ascendente, otra en la médula oblongada (Kölliker). También las fibras nerviosas de los demás cordones blancos de la médula, emiten colaterales enteramente análogas, que penetran en la substancia gris.

Las prolongaciones nerviosas de muchas células de la médula, se continuan con los cilindros ejes de los cordones fibrosos blancos, insertándose en su totalidad en las fibras longitudinales, con las que forman ángulo recto.

Pero de todas las células nerviosas parten, además de las mencionadas prolongaciones nerviosas, las *prolongaciones protoplasmáticas*, que se esparcen por la substancia gris á manera de una raiz muy ramificada. Estas prolongaciones no se con-

DR. PEREZ ARAPILES
Lancia núm. 12 - 3.°
Teléfono 20 85 19

tinuan directamente entre sí las unas con las otras; no hacen más que acercarse las de células próximas. A pesar de esto, son de naturaleza nerviosa, y en algunos animales, como el malapteruro electaico (§ 343), hasta se reunen varias para constituir una prolongación nerviosa. Según otra opinión, las prolongaciones protoplasmáticas no serían de naturaleza nerviosa; sólo estarían en conexión con las fibras de la neuroglia y de los vasos sanguíneos, y desempeñarían el papel de una especie de raiz para la nutrición de las células nerviosas (Golgi).

La red fibrosa gris, que también está intercalada entre las células de los cuernos anteriores y posteriores, emite además filetes que pasan al otro lado, por delante y por detrás del conducto, atravesando la comisura gris.

Desde la región cervical inferior, hasta el tercio inferior de la médula, en su porción dorsal, sobresale de la substancia gris un apéndice dirigido en sentido lateral; el *cuerno lateral*. Cerca de la línea media, y un poco por detrás de la comisura gris, se encuentran á cada lado los grupos de células nerviosas de las columnas de Stilling-Clarke, que acaso ya comienzan en la médula oblongada, pero que no se hacen bien ostensibles, hasta la zona comprendida entre el extremo del abultamiento cervical y el principio del lumbar. A las células de los mismos, se dirigen fibras de las raices posteriores, y desde aquí, por los cordones cerebelosos laterales, al cerebelo (para más detalles, véase el § 367).

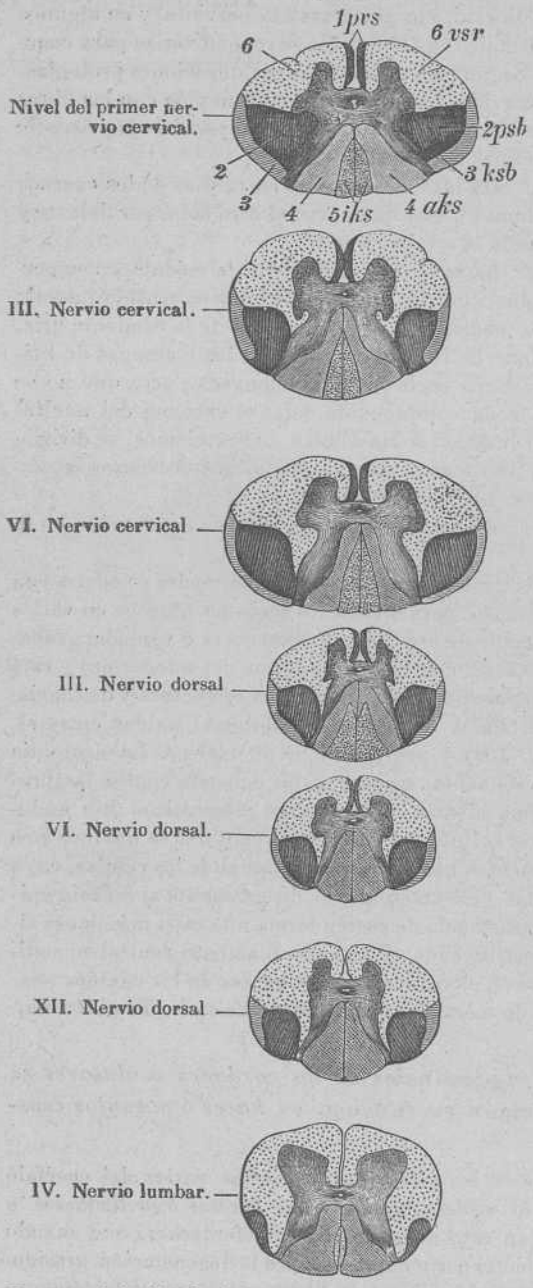
Los estudios histológicos, sólo en parte ilustran las vías de conducción en la médula espinal.

El *tejido conjuntivo* de la médula proviene en parte de la pia-madre y penetra con los vasos, sólo en la substancia blanca, para dividir los cordones fibrosos en varios haces ó manojos. Conviene distinguir de ese tejido la NEUROGLIA ó verdadera substancia de sosten. No es una substancia conjuntiva (se forma del ectodermo) y está constituída por una *substancia fundamental*, homogénea, sin estructura y de consistencia semiblanda (Gierke) y de *células de neuroglia* (Kölliker) unidas entre sí, formadas de neuroqueratina (pág. 109) y provistas ó no de núcleos. La neuroglia sirve de armazón de sostén á los elementos nerviosos, los defiende contra las presiones exteriores y los aisla. Forma además los conductos plasmáticos (sin endotelio) ó vías linfáticas para recoger la linfa que en tan gran cantidad se produce con la actividad funcional de los elementos nerviosos y en especial de las células, cuya linfa pasa finalmente á los espacios peri-vasculares ó directamente al espacio epicerebral ó subpial (Gierke). La substancia de sostén forma una capa más densa alrededor del conducto central, constituyendo el llamado filamento central ependimario; es además más abundante en el vértice y en los bordes de los cuernos posteriores, donde recibe el nombre de *substancia gelatinosa de Rolando*. También hay *neuroglia en el encéfalo*.

La totalidad de las fibras longitudinales de los cordones medulares se agrupan sistemáticamente, según su función, en haces ó manojos especiales.

Ya Türck había observado que en las afecciones de ciertas partes del encéfalo *degeneraban secundariamente en la médula espinal haces fibrosos bien limitados y siempre los mismos*. En armonía con esto demostró P. Schieferdecker, que cuando se corta la médula espinal también experimentan siempre la degeneración grasienta, por encima y por debajo de la sección, haces de fibras nerviosas perfectamente definidos. Finalmente averiguó Flechsig, que los distintos sistemas de haces en la médula espinal, al irse desarrollando, *adquieren su vaina de mielina en distinta época*, siendo ésta tanto más tardía cuanto más largo es el recorrido de las fibras respectivas. Con arreglo á estos hechos, estableció el siguiente sistema de vías longitudinales de la médula (fig. 234).

Figura 235.



Esquema de la distribución de los distintos haces de la médula espinal. — 1*pvs*, haz piramidal anterior (directo). — 2*psb*, haz piramidal lateral (cruzado). — 3*ksb*, haz cerebeloso lateral. — 4*aks*, cordón cuneiforme externo, de Burdach. — 5*iks*, cordón interno ó de Goll. — 6*vsr*, resto del cordón antero-lateral, que según Flechsig, se descompone en haz fundamental del cordón anterior y en resto del cordón lateral. Aumento 2: 1.

1.° En el *cordón anterior* existen, á partir de la fisura longitudinal anterior: *a*) el *haz piramidal directo* y por fuera de éste; *b*) el *haz fundamental del cordón anterior*. 2.° En el *cordón posterior* se distinguen; *c*) el *haz fino ó de Goll* y *d*) el *haz cuneiforme ó de Burdach*. 3.° En el *cordón lateral* se encuentran; *e*) el *haz antero-lateral*; *f*) el *haz lateral-mixto*; *g*) el *haz piramidal lateral ó cruzado* y *h*) el *haz cerebeloso lateral directo* que degenera después de la extirpación del cerebelo (Flechsig).

De estos haces, *a* y *g* contienen todas las vías de comunicación que existen con las *circunvoluciones centrales* del cerebro, y por donde descienden las excitaciones para realizar los *movimientos voluntarios* (§ 367); *h*, es una vía ascendente que, partiendo de las células de la columna de Stilling-Clarke, se dirige por el cuerpo restiforme al *cerebelo*; y como en esa columna penetran las raíces posteriores, sirve también ese haz *h para enlazar el cerebelo con las raíces posteriores del tronco* (no de las extremidades) (§ 367); *b*, *e*, *f*, y una pequeña porción de *d*, son las vías de conducción para los *centros de acción refleja* que hay en la substancia gris de la médula y en el bulbo

raquídeo (§ 366); en *b*, *e* y *f*, existen además algunas vías de conducción sensitiva. Finalmente, *c* son los haces por medio de los que comunican las raíces posteriores con los núcleos grises de los funiculi gracilis ó cordones restiformes de la médula oblongada; *d* establece vías de comunicación entre las raíces posteriores y el núcleo del cordón cuneiforme (§ 367) y además vías que se dirigen desde las raíces posteriores, por el cuerpo restiforme hasta el vermis del cerebelo (Flechsig). La conducción en los *cordones posteriores*, que continuan las raíces posteriores, *es ascendente sin duda alguna*, puesto que degeneran en sentido ascendente cuando se destruyen las raíces posteriores.

Además se han recogido, respecto á estas vías de conducción los siguientes datos: los *haces piramidales* (fig. 235. 1 y 2), los *cerebelosos laterales* (3) y los *cordones de Goll* (5), van disminuyendo de espesor de arriba á abajo; enlazan centros intra-craneales con grupos ganglionares escalonados y esparcidos á todo lo largo de la substancia gris de la médula. El *haz cuneiforme* (4), el *haz fundamental anterior* y el *haz antero-lateral mixto* (6), varían de espesor á distintas alturas de la médula, según el volumen de las raíces posteriores que en ésta penetran. De aquí se puede deducir, que en esos haces existen fibras que enlazan porciones de substancia gris, situadas á distintas alturas en la médula, para unirlas al fin también con la médula oblongada, y que por lo tanto, no avanzan hasta las partes más elevadas del encéfalo.

Las vías piramidales tienen su *centro trófico* en el cerebro; las raíces anteriores de la médula lo tienen en las células de su substancia gris. Cuando se corta la médula espinal, degeneran secundariamente por encima del corte los haces de Goll y los *cordones cerebelosos laterales ó directos;* estos últimos tienen su centro trófico en las células de las columnas de Stilling-Clarke y los primeros en los ganglios espinales de las raíces posteriores. Finalmente, aquellas fibras de la médula que no degeneran después de la sección de ésta, y que son muy numerosas en los cordones laterales y anteriores (Schieferdecker, Singer), son fibras comisurales de la médula que se dirigen de célula á célula y que tienen sus centros tróficos en sus dos extremos.

Respecto á la *época en que se desarrolla cada sistema de fibras* observó Flechsig que las primeras que aparecen son las que hay entre la periferia y la substancia gris central de la médula, y, por lo tanto, las *raíces nerviosas*. Después aparecen las fibras que unen entre sí diversos centros pertenecientes á esa substancia gris. Luego se desarrollan las fibras que enlazan esta substancia gris medular con el cerebelo, así como las que unen la primera con el *casquete* del pedúnculo del cerebro. Ultimamente aparece el sistema de fibras que establecen la comunicación entre los ganglios del *pie* de este pedúnculo, y quizá también la substancia gris de la corteza del cerebro con la de la médula espinal. Las fibras de los haces piramidales aún no contienen mielina en la época del nacimiento. Cuando hay falta congénita del cerebro, no se desarrollan ni las vías piramidales, ni las mismas pirámides. En el cerebro ya se forman fibras mielínicas antes de nacer, en el lóbulo paracentral, en las circunvoluciones centrales, en los lóbulos occipitales, en la ínsula de Reil, y, en último término, en el lóbulo frontal (Tuczek).

362. Reflejos medulares.

Entendemos con el nombre de movimientos reflejos á aquellos que son provocados por la excitación de un nervio *centrípeto* (sensitivo). Este recibe la excitación, la transmite al centro (médula), cuya substancia gris, muy rica en células, representa el *centro reflejo*, y, por fin, una vez llegada la excitación á este centro, es transmitida á la vía nerviosa *centrífuga* ó motora. Así que, para la producción del movimiento reflejo, intervienen tres factores : la fibra centrípeta, el centro transmisor y la fibra centrífuga, constituyéndose de este modo el llamado *arco reflejo*. En la producción del movimiento reflejo, no interviene el órgano de la voluntad.

Se distinguen tres especies de movimientos reflejos :

I. *El reflejo simple ó parcial* caracterizado, porque la excitación de una zona sensitiva sólo suscita la contracción de *un músculo* ó de un grupo limitado de músculos. Ejemplo : un golpe sobre la rodilla produce una contracción del triceps femoral; en el dominio de los nervios craneales, el contacto con la conjuntiva determina la oclusión de los párpados.

II. *El reflejo extenso y desordenado ó convulsión refleja.* — Aparece bajo la forma de contracciones clónicas ó tetánicas en las que toman parte grupos musculares enteros ó quizá todos los músculos del cuerpo. La convulsión refleja puede ser producida por las dos siguientes causas : *a*) A veces la substancia gris de la médula se encuentra en un estado de *excitabilidad exagerada*, de modo que la excitación que llega á un punto de la médula se transmite á las zonas centrales próximas, fácilmente excitables. Aumentando la excitabilidad es como obran ciertos venenos, sobre todo la *estricnina* y también la brucina, la cafeína (Aubert), la atropina, la nicotina, el fenol, etc. En cuanto se produce el contacto más ligero en un animal envenenado con la estricnina, entran en convulsión todos los músculos de su cuerpo. También se exagera mucho la excitabilidad de un animal (perro) cuando se le enfría hasta que su temperatura descienda á 23° C (Quinquaud), y un resultado semejante producen ciertas afecciones, como se ve en la hidrofobia y en el tétanos. Por el contrario, puede hallarse el órgano central en un estado en que ya *no sean capaces de producirse las convulsiones reflejas extensas :* en el estado de *apnea* faltan las convulsiones que se provocan en los intoxicados con la estricnina (J. Rosenthal y Leube, Uspensky), por virtud de los movimientos de la respiración artificial (v. Ebner), puesto que, con ellos, se distienden los nervios de la piel del vientre y del pecho (Eckhard) (véase § 363. 3). También se produce un estado análogo cuando se practican movimientos pasivos y periódicos en otras partes del cuerpo (Buchheim). La aparición de convulsiones reflejas se impide igualmente *enfriando en grado considerable* la médula espinal (Kunde). *b*) Pero las convulsiones reflejas extensas pueden también presentarse cuando la excitación que las provoca es *muy enérgica*. Así se observan en el hombre contracciones convulsivas extensas con las neuralgias muy violentas.

En las convulsiones generales predominan los movimientos de extensión (y también de la columna vertebral: opistótonos), porque también predomina la fuerza de los músculos extensores. Además de esto, los nervios que parten de la médula oblongada pueden también ser estimulados por vía refleja, mediante la excitación de nervios centrípetos distantes, sin que sobrevengan convulsiones generales.

La *estricnina*, que es el veneno que obra con más energía, produciendo convulsiones reflejas, lo hace por influencia directa sobre las células de la substancia gris de la médula. Así que también se presentan en la rana convulsiones reflejas cuando el veneno se aplica directamente á la misma médula, después de ligar el corazón. Las convulsiones, no sólo aparecen á consecuencia de excitaciones mecánicas, térmicas y eléctricas, sino también de excitaciones químicas (Schlick). En los ataques convulsivos se pára el corazón en diástole (por excitación del pneumogástrico), y se eleva mucho la presión arterial por virtud de la excitación de los centros vaso-motores de la médula oblongada y de la espinal. Durante uno de estos ataques, pueden sucumbir los mamíferos á consecuencia de asfixia; sin embargo, con grandes dosis del tósigo la muerte sobreviene, cesando muy pronto los movimientos convulsivos y á causa de la parálisis de la médula espinal. Las gallinas resisten dosis bastante considerables de la substancia tóxica.

Provocación de reflejos. — *Excitantes ligeros* que, aplicados una vez, no son capaces de provocar un acto reflejo, lo consiguen cuando se repite su aplicación. En la médula, que es á donde llegan las excitaciones, se efectua entonces una *adición* de las mismas.

Para que se produzca semejante resultado basta con que se repitan tres excitaciones débiles en un segundo; el resultado máximo se obtiene con 16 excitaciones por segundo; pasando de esa cifra no por eso se obtiene un efecto más intenso (J. Rosenthal). Sin embargo, se ha visto á algunos excitantes (descargas de inducción) ser eficaces en límites más ámplios á intervalos (de 0,05 á 0,04 segundos (Ward). W. Stirling ha demostrado que es muy probable que los reflejos se produzcan por sacudidas de los centros nerviosos.

Propagación de los reflejos. — Pflüger ha establecido las leyes que siguen los reflejos en su propagación: 1.ª Al principio se produce el movimiento reflejo en el *mismo* lado del nervio sensitivo excitado, y sólo se contraen aquellos músculos cuyos nervios emergen de la médula al mismo nivel que dicho nervio sensitivo. 2.ª Cuando el reflejo ya se propaga al *otro lado*, el primer movimiento concomitante que entonces aparece es siempre el de los músculos homólogos del lado primeramente interesado. 3.ª Si la intensidad de los movimientos convulsivos es desigual en ambos lados, siempre es mayor en aquél en que primero se presentaron. 4.ª De continuar invadiendo la excitación refleja á nervios motores más próximos, siempre interesa primero á aquellos que se encuentran en la dirección de la médula oblongada. 5.ª Ultimamente llegan á contraerse convulsivamente todos los músculos del cuerpo.

Esto no obstante, hay casos raros en los que se observan excepciones á estas reglas. Así, si á una rana privada de cerebro se la frota en el globo del ojo, suele presentarse una contracción refleja en la pata posterior del *lado opuesto*. En los tritones, lagartos y tortugas decapitados, y en los perros y gatos narcotizados profundamente, el cosquilleo de una de las patas anteriores produce muchas veces un movimiento de contracción de la pata posterior del otro lado (Luchsinger). A este fenómeno se le ha dado el nombre de *reflejo cruzado*. Si en un animal se divide la médula espinal por medio de un corte antero-posterior, los reflejos se mantienen *unilaterales*.

El reflejo puede transmitirse á un nivel diferente de la médula espinal. En la rana sin cerebro, y empleando excitaciones débiles, se efectua la transmisión del reflejo en los límites de la médula cervical y del bulbo raquídeo; con excitaciones más enérgicas, la transmisión se realiza en la parte inferior de la porción dorsal de la médula, que es menos excitable. Si se practican en la médula varios cortes que sólo interesen sus mitades derecha é izquierda, alternativamente, no por eso deja de propagarse la excitación refleja en dirección ascendente, para lo cual tiene que seguir en este caso un curso ondulante y bilateral. Pero con este experimento, cuantas más hemisecciones de la médula se practiquen, tanto más intenso habrá de ser el excitante para que produzca resultado (Rosenthal).

III. El *reflejo extenso y coordinado* está caracterizado porque, á consecuencia de la excitación de una fibra sensitiva, se provocan en grupos musculares completos y hasta diferentes, movimientos complicados que presentan el carácter de tender á un fin determinado y hasta el de remedar un acto voluntario é intencional.

Los experimentos se practican ó en animales de sangre fría (ranas decapitadas, lagartos ó anguilas), ó en mamíferos á los que, sosteniéndoles la respiración artificial, se les ligan las cuatro arterias cefálicas á fin de abolir las funciones del cerebro (Sig. Mayer, Luchsinger). Los reflejos en el dominio de la porción inferior de la médula, se pueden estudiar también en los animales (ó en el hombre) cuya médula esté seccionada transversalmente en su porción dorsal superior; sólo que debe transcurrir algún tiempo desde la sección, para que desaparezca el primer efecto de ésta (el llamado shok), que obra al principio paralizando los reflejos. En los mamíferos de muy poca edad, todavía persisten los reflejos algún tiempo después de la decapitación.

A los reflejos ordenados pertenecen :

1.° *Los movimientos de defensa y de huída* en las ranas y tortugas decapitadas ó privadas de cerebro; cuando tratan de quitarse el ácido que se les aplicó á la piel, ó de empujar el instrumento que las sujeta, etc. Todos estos movimientos se efectuan, al parecer, con reflexión, y utilizando aquellos grupos musculares más convenientes para el caso, tanto que Pflüger los hace provenir de una *alma medular*. Hasta trozos cortados de una anguila se desvían de un modo conveniente de una excitación intensa (llama) que se les aplique. También la cola del tritón, del lagarto, de una víbora, de una anguila ó de una salamandra, decapitados, se desvía hacia aquel punto en que se la frota suavemente, y se separa en cambio de aquél en que se emplea una excitación enérgica (Luchsinger).

2.° *El experimento del canto de la rana, de Goltz*, consiste en hacer que cante este animal, *privado de su cerebro*, cada vez que se le acaricia en la piel del dorso.

3.° Otro experimento de Goltz con la rana, consiste en coger el trozo de tronco, de un animal macho, comprendido entre el cráneo y la cuarta vértebra. Excitando ligeramente la piel del pecho, el animal *abraza* el *objeto* con que se produce esta excitación. Este experimento se practicará en primavera, que es cuando las ranas se hallan en la época del celo.

En el animal *intacto*, el punto de partida de esta excitación es la repleción del testículo (Tarchanoff). Este reflejo cesa en cuanto se excita ligeramente el lóbulo óptico (§ 363. 2) (Albertoni).

4.° En los animales de sangre caliente (perros) pertenecen al grupo de los reflejos coordinados, en el dominio del extremo posterior, cortado. de la médula : el acto de rascarse con las patas posteriores, como en el animal intacto, en la región de la piel en que se hagan cosquillas; los movimientos necesarios para la micción, defecación y erección; los que se requieren para el acto del parto (Goltz con Freusberg y Gergens); y los movimientos ordenados de las patas y de la cola en el pato (Tarchanoff) y en la paloma (Singer). Los reflejos ordenados que se presentan simultáneamente en puntos muy distantes de la médula espinal, ya no suelen observarse después de extirpar el bulbo raquídeo. En éste existe quizá un órgano reflejo de categoría más elevada que sirve de medio de enlace para unir por medio de fibras blancas diversos centros reflejos de la médula espinal (Ludwig y Owsjannikow) (§ 369. 9).

5.° En el hombre se observan también reflejos ordenados durante el *sueño*, y lo mismo en los estados soporosos patológicos.

La mayor parte de los movimientos que se ejecutan en el estado de vigilia *de un modo inconsciente*, ó cuando la actividad psíquica es solicitada con más intensidad en otro sentido, deben contarse entre los reflejos coordinados. Algunos movimientos más complicados tienen que aprenderse al principio, como el baile, la patinación, la equitación, antes de llegar á la categoría de reflejos inconscientes y ordenados de un modo armónico. A los reflejos ordenados que parten de la médula espinal y de la oblongada, pertenecen también la tos, el estornudo y el vómito.

Respecto á otras particularidades de los reflejos, conviene hacer notar los hechos siguientes :

1.° Los reflejos se provocan con más facilidad y de un modo más completo cuando es el *órgano específico terminal* de los nervios centrípetos el que recibe la excitación, que no cuando ésta afecta al tronco nervioso en su trayecto (Marshall Hall, 1837, Volkmann, Fick y Erlenmeyer).

2.° Para la producción de un movimiento reflejo se necesita un estímulo *más intenso* que no para la excitación directa del mismo nervio motor. El movimiento reflejo, provocado por una excitación de intensidad suficiente, es desde el primer momento una sacudida bastante enérgica, que ya no aumenta de intensidad aunque crezca la del excitante (véase § 326. 5).

3.° El movimiento de origen reflejo es de duración *más corta* que el mismo cuando se ejecuta voluntariamente; además, media indudablemente un intervalo más largo entre el momento de la excitación y el de contracción en el primer caso que en el segundo. Este intervalo es, en la rana, unas doce veces mayor que el que corresponde á la conducción por los nervios sensitivo y motor (§ 339) (v. Helmholtz, 1854). Según esto, la médula espinal, oponiendo cierta resistencia á la marcha de la excitación, retarda la conducción de ésta.

El TIEMPO REFLEJO, ó sea el necesario para que la excitación recorra las células de la médula espinal, es de 0,008 á 0,015 segundos, y aumenta en un tercio próxi-

mamente, cuando la conducción se propaga al otro lado de la médula ó á lo largo de ésta, v. gr., desde las raíces sensitivas de la extremidad anterior á las motoras de la posterior. Con el calor disminuye el tiempo reflejo y aumenta la actividad refleja. El descenso de temperatura (ranas de invierno) y los venenos, ya mencionados, que exageran los reflejos, alargan el tiempo reflejo, á la vez que aumentan la excitabilidad refleja. En cambio disminuye el tiempo reflejo á medida que aumenta la intensidad del excitante empleado, y puede hasta llegar á su valor mínimo (J. Rosenthal).

Se puede averiguar el tiempo reflejo anotando el momento de la excitación de las fibras sensitivas y el de la contracción muscular. De las cifras así obtenidas hay que substraer el tiempo invertido en la conducción por los dos nervios, sensitivo y motor (§ 339), así como el correspondiente á la excitación latente (§ 300. I. 1), (v. Helmholtz, J. Rosenthal, Exner, Wundt).

363. Inhibición de los reflejos.

Existen en el cuerpo mecanismos por medio de los cuales se puede impedir la producción de los reflejos, y á los que se ha dado, por esta razón, el nombre de *mecanismos inhibitorios de los reflejos*.

1.° Por medio del órgano de la voluntad, se pueden impedir ciertos reflejos, tanto de origen cerebral como de origen medular. Así se pueden mantener abiertos los ojos aunque se toque en el globo ocular, y dejar de moverse aunque se cosquillee la piel. Conviene, no obstante, recordar que la represión de los reflejos no es posible más que en ciertos límites, y que cuando la excitación es muy intensa y repetida, la provocación al acto reflejo, llega al fin á vencer á la influencia de la voluntad. Además, tampoco es posible en general, reprimir aquellos movimientos reflejos que nunca se pueden ejecutar voluntariamente. Así la erección, la eyaculación, las contracciones del parto y los movimientos del iris ni pueden realizarse bajo la influencia de la voluntad, ni ésta puede tampoco impedir su producción una vez provocados por vía refleja.

2.° Se designa con el nombre de *centro inhibitorio de Setschenow* á un segundo aparato cerebral que se halla colocado en la rana á cada lado en los lóbulos ópticos y tubérculos cuadrigéminos. Separando ese centro por medio de un corte, aumenta la excitabilidad refleja, y en cambio, la excitación de la superficie inferior de dicho corte, por medio de la sal común ó de la sangre, inhibe los movimientos reflejos. Este resultado se observa á veces aunque se opere *en un sólo lado*. Por analogía, se deduce que en los vertebrados superiores debe existir un centro semejante en los tubérculos cuadrigéminos y en el bulbo raquídeo. De lo dicho en los números 1 y 2, se infiere que los reflejos se presentarán con más facilidad y de un modo más regular después de interrumpir la comunicación con el cerebro.

3.° *La excitación muy fuerte de los nervios sensitivos*, inhibe los movimientos reflejos, que llegan á ser impedidos por completo cuando se irrita *muy enérgicamente* el nervio centrípeto que los provoca (Goltz, Lewisson, A. Fick y Erlenmeyer). *Ejemplos:* la interrupción del estornudo frotando la nariz, y la de los movimientos ocasionados por las cos-

DR. PEREZ ARAPILES
C/ Lancia núm. 12 - 3.º
Teléfono 20 85 19
León

quillas, mordiéndose la lengua. Las excitaciones muy violentas hasta pueden reprimir los movimientos coordinados voluntarios. Los dolores vehementes de las vísceras abdominales (intestino, útero, riñón, hígado, vejiga urinaria), imposibilitan de andar y de estar de pie. Entre estos hechos hay que incluir el de caerse al suelo los sujetos que han sido heridos en órganos internos muy ricos en nervios, cuando las heridas no habrían sido capaces de determinar semejante resultado ni por los nervios motores que han interesado ni por la hemorragia producida. También las excitaciones de los órganos centrales por determinadas vías centrípetas (de los órganos sensoriales, de los nervios genitales, etc.), disminuyen los reflejos producidos por otros troncos nerviosos.

4.º Bueno será hacer notar, que cuando se inhiben los reflejos, es frecuente observar la aparición de *movimientos antagónicos*, ya de origen voluntario, ya por la excitación de nervios sensitivos, es decir, de origen reflejo. Hay además, ciertos casos en que para que se produzca la inhibición refleja de algunos movimientos, parece que basta concentrar nuestra atención en ellos; es decir, que basta fijar ésta en la ejecución de un movimiento reflejo algo complicado para que ya no se pueda realizar. Así hay algunos que no son capaces de estornudar cuando piensan mucho en cómo se efectua este acto (Darwin): la voluntad, anticipándose en cierto modo, empieza á hacerse dueña del centro reflejo por medio de la atención, y perturba de este modo la marcha normal de la excitación refleja que se dirige desde la periferia hacia dicho centro (Schlösser).

5.º *Ciertos venenos* deprimen la excitabilidad refleja, tales como el cloroformo, la picrotoxina, la morfina, la quinina, el bromuro potásico y otros, probablemente después de una fase transitoria de exageración de la misma. *Las corrientes constantes*, dirigidas á lo largo de la médula espinal, debilitan los reflejos (Ranke), sobre todo cuando son descendentes (Legros y Onimus, Uspensky).

Cuando las ranas se asfixian y paralizan en una atmósfera privada de oxígeno, son inexcitables en absoluto el encéfalo y la médula espinal y por lo tanto, incapaces de producir actos reflejos. En cambio, los nervios motores y los músculos han perdido muy poco de su excitabilidad, que conservan por espacio de varios días (Aubert).

Según el *procedimiento de Türck*, se examina en una rana decapitada el grado de la excitabilidad refleja, determinando el tiempo que transcurre entre la inmersión de una pata en *ácido sulfúrico diluído* y el momento en que se presenta el movimiento de repulsión con dicha extremidad. Este tiempo se alarga cuando se tocan los lóbulos ópticos con sangre ó después de haber irritado un nervio sensitivo.

Setschenow ha dividido los reflejos en *táctiles* ó provocados por los *nervios del tacto* y *páticos*, cuyo origen radica en la excitación de fibras nerviosas sensitivas (conductoras de las sensaciones dolorosas). Cree dicho autor, con Paschutin, que los reflejos táctiles son reprimidos por el órgano de la voluntad y los páticos por el centro descrito por él.

Teoría de los reflejos.—Para explicar los fenómenos que se observan en la producción de los movimientos reflejos, se ha establecido la siguiente teoría: Se admite, que las fibras centrípetas comunican en el interior de la substancia gris con las células de ésta, por medio del tejido reticulado fibroso, y que encuentra considerable *resistencia* la propagación de las excitaciones que llegan hasta aquí.

La resistencia menor se encuentra en la dirección de aquellas fibras motoras que emergen de la médula al mismo nivel y en el mismo lado. De aquí, que con las excitaciones más ligeras se produzca el *reflejo simple*, que se manifiesta en general como un simple movimiento de protección ó de defensa para resguardar la zona asiento de la excitación sensitiva. En la dirección de las otras células motoras, todavía se encuentran grandes resistencias para que se transmita la excitación. Para que el reflejo pase á estas vías nerviosas, tiene que ser *mucho más enérgica* la excitación que le provoca (puesto que á medida que aumentan la intensidad y la duración de la misma, aumenta en extensión el movimiento reflejo); ó bien habrá de *disminuir* la resistencia á la conducción entre las células de la substancia gris. Esto último es lo que sucede bajo la acción de los venenos que ya hemos citado, así como bajo la influencia de una exageración general de la excitabilidad nerviosa (histerismo, nervosismo). De ese modo puede producirse la convulsión refleja generalizada, ó por mayor intensidad del excitante, ó por disminución de las resistencias á la conductibilidad en la médula espinal. Respecto á los medios que enseña la experiencia, dificultan ó impiden los reflejos, está justificada la opinión de que introducen mayores resistencias en las vías de conducción del arco reflejo. De un modo parecido habría que interpretar el modo de obrar de las influencias inhibitorias de los reflejos. Como quiera que es evidente que las fibras del arco reflejo han de estar en relación con las vías inhibitorias de los reflejos, es natural pensar que con la excitación inhibitoria se introduce también cierta resistencia en el arco reflejo. Lo que todavía presenta dificultades para su explicación, es el hecho de los *reflejos extensos y coordinados*. Se supone que aquellos grupos de células nerviosas que primero han recibido la excitación, comunican de un modo más fácil por el ejercicio y ulteriormente por la herencia con aquellos otros que transmiten dicha excitación á los grupos musculares, cuya actividad mejor substrae al cuerpo ó al miembro correspondiente de la influencia tal vez dañosa del agente excitante, para lo cual se contraen de un modo ordenado y conveniente. Así que cada excitación estimula siempre á un grupo celular coordinado por el ejercicio, el cual reacciona á dicha excitación con un movimiento complicado, armónico y dirigido á un fin determinado.

Estados patológicos.—Las anomalías de la actividad refleja suministran al médico datos muy importantes para el estudio de las enfermedades nerviosas. Se debilitan y á veces hasta se extinguen los reflejos: 1.°, cuando las fibras centrípetas han perdido en parte ó por completo su impresionabilidad; 2.°, en los estados análogos en los órganos centrales; 3.°, ó también cuando sucede esto mismo en las fibras centrífugas. Cuando está muy deprimida la actividad general del sistema nervioso, como sucede después de las conmociones, compresión ó inflamaciones de los órganos centrales, en la asfixia, en el coma profundo y á consecuencia de algunas intoxicaciones, disminuyen también los reflejos hasta cesar por completo en muchos casos. En los estados patológicos se ha prestado particular atención al estudio de ciertos reflejos, tales como los llamados *reflejos tendinosos* que consisten en la contracción de un músculo, que se provoca cuando se da un golpe sobre el tendón correspondiente, tal como el del triceps femoral, el tendón de Aquiles, etc. Así Westphal, Erb (1875), Eulenburg y otros, observaron que los reflejos tendinosos, sobre todo, el reflejo rotuliano, llamado también fenómeno de la rodilla, faltan casi siempre en los casos de ataxia locomotriz progresiva ó tabes dorsal; en cambio está exagerado y es más extenso en la parálisis espinal espasmódica (Erb), afección en que están interesadas las vías piramidales. La sección de los nervios musculares abole el reflejo rotuliano en el conejo (Schultze) y lo mismo la de la médula á nivel de las vértebras lumbares 5.ª á la 6.ª (Tschirjew, Senator). Yo observé en mí mismo que transcurren 0,048 segundos entre el gol-

pe sobre el ligamento rotuliano y la contracción del triceps: según Waller, tardan en presentarse, tanto el reflejo de la rodilla como el del tendón de Aquiles, de 0,03 á 0,04 segundos, y según Eulenburg 0,032 segundos después de haber golpeado el tendón respectivo. Según Westphal, estos fenómenos no son verdaderos reflejos, sino actos más complicados que están en íntima conexión con el tono muscular, de suerte que ya no se observa á veces el fenómeno de la rodilla cuando se deprime el tono del triceps femoral. Para que subsista dicho fenómeno, es precisa la integridad del segmento externo de los cordones posteriores de la médula (Westphal). También se debilita con el cansancio de cuerpo ó de espíritu. Las excitaciones breves que despiertan la atención acentuan su intensidad (Lombard). Jendrássik vió que se exageraba mucho cuando se contraen valuntariamente algunos músculos, v. gr., los del brazo; en cambio se debilita con las contracciones intensas y persistentes y con las tensiones extremas (Weir Mitchel y Morris, S. Lewis, Bowditch). Otro reflejo, muy importante en el concepto diagnóstico es el *reflejo abdominal* (O. Rosenbach). Frotando la piel del vientre con el mango del martillo de percusión, se contraen los músculos de las paredes abdominales. La falta bilateral de este reflejo, en una afección encefálica, indica la existencia de una lesión cerebral difusa; si sólo falta en un lado, revela la existencia de una lesión local de la mitad opuesta del cerebro. También pueden ser objeto de exploración los reflejos *hipocóndrico*, *anal*, *cremastérico*, *conjuntival*, *mamilar*, *pupilar y nasal*. En las lesiones cerebrales acompañadas de hemiplegia, siempre se observa una disminución de los reflejos en el lado paralizado, no siendo infrecuente, á todo esto, que esté exagerado el reflejo rotuliano. En las afecciones cerebrales difusas, coexiste con el coma una falta bilateral de los reflejos (O. Rosenbach) y entre ellos naturalmente los del ano y la vejiga.

Al dormirse (§ 376) se exageran pasajeramente los reflejos; en el primer sueño están debilitados y contraida la pupila. En el sueño profundo faltan los reflejos abdominal, cremastérico y rotuliano; el cosquilleo de la nariz y de la planta del pie no produce resultado sino cuando alcanza cierta intensidad. En la *anestesia*, obtenida por medio del cloroformo ó de la morfina, los primeros que desaparecen son el abdominal, después el conjuntival y el rotuliano, y últimamente se estrechan las pupilas (O. Rosenbach).

La *exageración* anormal de la actividad refleja indica casi siempre un aumento de la excitabilidad del centro reflejo, pero también puede ser originada por una impresionabilidad anormal de los nervios centrípetos ó por un menoscabo en la función inhibitoria. Como la graduación armónica de los movimientos voluntarios quizá es dirigida y regulada por los reflejos, así se explica que, en las afecciones medulares, se observen múltiples alteraciones en dichos movimientos, tales como el trastorno característico en la marcha y en los actos de prehensión de los atáxicos (§ 366. 3).

364. Centros reflejos en la médula espinal.

En diversos puntos de la médula espinal se encuentran centros que reaccionan á las *excitaciones reflejas* provocando determinados movimientos coordinados; centros cuya actividad persiste aunque la médula se separe del bulbo raquídeo. Además, los que se encuentran en la porción inferior de la médula espinal, conservan su actividad aunque esta porción se separe de la superior por medio de un corte; pero en el organismo en estado fisiológico, estos centros medulares están *subordinados*

en sus funciones á *centros reflejos más elevados*, que se encuentran en el bulbo raquídeo. Por esa razón se puede dar á los primeros el nombre de *centros espinales subordinados*. Por fin, el mismo cerebro puede influir sobre algunos de estos centros subordinados, bien cuando se despiertan ciertas ideas ó cuando funciona como órgano de la voluntad, estimulando ó reprimiendo la producción de actos reflejos. Detalles más precisos se deducen de lo que ahora vamos á decir.

1.° El centro de la dilatación pupilar se extiende desde la parte inferior de la porción cervical de la médula hasta el nivel de las vértebras dorsales primera á tercera : *centro cilio-espinal* de Budge. Es excitado por la obscuridad ; en el hombre reaccionan *ambas* pupilas aunque sólo disminuya la cantidad de luz que reciba *una sola retina* (véase *nervio óptico é iris*). La extirpación unilateral de esta parte de la médula determina la contracción de la pupila del mismo lado. Las fibras motoras van al simpático cervical (en el gato), pasando antes por las raíces anteriores de los tres primeros nervios torácicos (véanse éstos : § 358. A. 1 y pág 182).

En la cabra y en el gato, aunque se separe este centro de la médula oblongada, puede ser excitado directamente por la sangre disnéica, ó también por la excitación refleja de nervios sensitivos, v. gr., del mediano, sobre todo si la médula se halla en estado de excitabilidad exagerada bajo la acción de la estricnina ó de la atropina (Luchsinger). (Respecto al centro dilatador pupilar superior, que se halla en la médula oblongada, véase el § 369. 8).

2.° El *centro ano-espinal*, de Budge, para la defecación. Los nervios centrípetos se encuentran en los plexos hemorroidal y mesentérico inferior; el centro, á la altura de la quinta vértebra lumbar (perro) ó de la sexta y séptima (conejo); las fibras centrífugas provienen del plexo pudendo y se dirigen á los esfínteres. Respecto á la irritación de este centro y á su subordinación al cerebro, véase el § 164. Después de haber cortado la médula espinal, ha visto Goltz que el esfínter del ano se contrae rítmicamente cuando se introduce el dedo; según esto, la actividad ordenada de dicho centro sólo es posible mientras comunica con el cerebro.

3.° *Centro vesico-espinal*, de Budge, que rige la micción. El que tiene á su cargo al *esfínter* se encuentra á la altura de la quinta vértebra lumbar (perro) ó de la séptima (conejo); el del *plano muscular* de la vejiga se halla más arriba. Sólo funciona con regularidad mientras está bajo la influencia del cerebro, como ya hemos dicho en el § 282.

4.° El *centro de la erección* (§ 438) (Goltz, Eckard) se encuentra en la porción lumbar de la médula. Los nervios centrípetos son las ramas sensitivas del pene ; los centrífugos son, para la arteria profunda del pene, los vaso-dilatadores, procedentes de los nervios sacros primero á tercero (nervios erectores de Eckard), y, para los músculos isquio-cavernoso y transversal profundo del periné, las fibras motoras procedentes de los nervios sacros tercero al cuarto. Estas últimas pueden también ser excitadas voluntariamente, y las primeras, en parte, desde el cerebro, con-

DR. PEREZ ARAPILES

centrando la atención en la actividad sexual. Excitando también pue-sentarse la erección después de excitar la médula en su porción superior, el puente de Varolio, ó los pedúnculos cerebrales.

5.° El *centro para la eyaculación*. — Los nervios centrípetos son los sensitivos (N. dorsal del pene); el centro, llamado por Budge génito-espinal, se encuentra hacia la cuarta vértebra lumbar (conejo), y las fibras motoras del conducto deferente provienen de los nervios lumbares cuarto y quinto que, antes de distribuirse en dicho conducto, pasan por el cordón del gran simpático. Las fibras motoras para el músculo bulbo-cavernoso, que es el que lanza violentamente el sémen contenido en el bulbo de la uretra, vienen de los nervios sacros tercero y cuarto (nervios del periné).

6.° El *centro del acto del parto* (§ 455), se encuentra á la altura de las vértebras lumbares primera y segunda (Körner). Sus fibras centrípetas, provienen del plexo uterino, en el que también entran las fibras motoras, que proceden de la médula espinal. Goltz y Freusberg, vieron concebir y parir á una perra, cuya médula espinal estaba cortada á la altura de la primera vértebra lumbar.

7.° *Centros vaso-motores*, tanto constrictores como dilatadores, se encuentran diseminados á todo lo largo del eje cerebro-espinal. Entre éstos, se debe contar también el *centro esplénico* (Bulgak), que se halla á nivel de las vértebras cervicales primera á la cuarta (perro). Se excitan por vía refleja, pero están subordinados, en su acción, á la influencia superior de centros que se hallan en la médula oblongada (§§ 373 y 374). También pueden ser influídos por excitaciones psíquicas (cerebrales) (§ 379).

8.° *Centros de la secreción sudoral;* distribuídos quizá de un modo análogo á los centros vaso-motores (§ 290).

Los movimientos provocados por todos estos centros, son, según acabamos de ver, *reflejos coordinados*, y en lo fundamental, se pueden comparar con los reflejos coordinados de los músculos del tronco y de las extremidades.

Tono muscular. — Se habían atribuído, además, á la médula *funciones automáticas*, y entre ellas la de mantener á los músculos en cierto estado medio de tensión activa, que se designa con el nombre de *tono*. El tono de los músculos estriados, se trataba de demostrar con la retracción que experimentan los dos extremos de uno de ellos cuando se cortan á través; pero este fenómeno proviene sencillamente de que todos los músculos están un poco más distendidos que su longitud normal (pág. 45), y por eso se observa también en los músculos paralizados que debieran no tenerlo, si el tono fuese de origen nervioso. También se ha aducido, como una prueba de la existencia del tono, el hecho de contraerse ciertos músculos cuando se paralizan los antagonistas, y el desviarse los rasgos de la fisonomía hacia el lado sano, en los casos de parálisis de un nervio facial. Pero estos hechos provienen tan sólo de que, después de contraerse los músculos del lado intacto, no surge ninguna fuerza que vuelva á colocar las partes en su posición normal é intermedia de equilibrio. Además, contra la admisión de una contracción tónica, habla el siguiente experimento de Auerbach y Heidenhain: Si en una rana decapitada se ponen en distensión los músculos de una pata posterior, no se alargan cuando se corta el nervio ciático, ó cuando se paraliza éste por haberle tocado con amoníaco ó con fenol (Landois).

En cambio, si á una rana decapitada se la cuelga en una *posición anormal*, se observa que, cuando en un lado se corta el nervio ciático ó las *raíces posteriores* de los nervios de la extremidad respectiva, permanece ésta relajada y péndula, siendo así que queda algo retraída en el lado intacto. Los nervios sensitivos de la pierna péndula, se mantienen en un estado de ligera *excitación*, producida por el peso de la misma extremidad, excitación que determina un pequeño grado de contracción refleja de la misma; esta contracción falta cuando están paralizadas las fibras nerviosas sensitivas del miembro en cuestión. Si esta retracción ligera se la quiere designar con el nombre de tono, debiera dársele el de *tono reflejo* (Brondgeest) (compárese á este respecto los experimentos de Harless, C. Ludwig y Cyon, página 220).

Después de extirpar grandes porciones de la médula espinal, degeneran los músculos voluntarios de la zona completamente paralizada; pero conservan su integridad y también su actividad funcional los músculos de la vejiga, del intestino y de los vasos. También se mantiene incólume en su nutrición la piel; en cambio, los huesos aparecen muy quebradizos (Goltz y Ewald).

365. Excitabilidad de la médula espinal.

Todavía se discute hoy si la médula espinal es excitable á la manera de un nervio periférico, ó si se caracteriza por la propiedad singular de que la mayor parte de sus haces conductores y de sus células, no reaccionan á las *excitaciones directas eléctricas ó mecánicas*.

En lo que ahora vamos á decir, se exponen con más detalles las opiniones encontradas de los distintos investigadores. *Aplicando con precaucion un excitante á las substancias blanca ó gris, puestas á descubierto, ni se produce ningún movimiento ni se origina ninguna sensacion* (van Deen, 1841, Brown-Séquard, Schiff, Huizinga, Sigm. Mayer). En estos experimentos hay que procurar, con el mayor cuidado, no excitar las raíces de los nervios raquídeos, porque éstas reaccionan, como es natural, y provocan, por una parte, sensaciones y movimientos reflejos, y por otra, movimientos suscitados por irritación directa. Ahora bien; como quiera que, según esto, la médula espinal transmite al cerebro las excitaciones que recibe por las raíces posteriores, y en cambio, no es capaz de reaccionar ella misma á las excitaciones que producen las sensaciones, Schiff la ha dado el nombre de *estesódica* ó conductora de las sensaciones. Y como, por otra parte, es de igual modo capaz de transmitir las excitaciones motoras de origen voluntario ó reflejo, sin que la impresionen los impulsos excito-motores cuando se la aplican á ella misma directamente; de ahí que también se la haya dado el nombre de *kinesódica* (Schiff), ó conductora de los movimientos.

Así que, según Schiff, todos los fenómenos que se observan á consecuencia de la excitación de la médula espinal intacta (convulsiones, contracturas), son ocasionados ó por excitación simultánea de las raíces anteriores, ó como actos reflejos provocados por los cordones posteriores, ó por la excitación simultánea de éstos y de las raíces posteriores.

Las enfermedades que no interesan más que á los cordones anteriores y laterales, nunca producen síntomas de irritación y sí tan sólo de parálisis.

Las excitaciones no producen resultado alguno, ni en la anestesia completa ni en el estado de apnea. Según Schiff, todos los centros, tanto espinales como cere-

brales, son, en general, inexcitables con los procedimientos experimentales. Así que sólo se puede determinar el sitio donde radica un centro por medio del procedimiento de las parálisis. De aquí deduce Schiff lo siguiente:

1.° En los CORDONES POSTERIORES es dolorosa la excitación de las *fibras radiculares sensitivas* que los atraviesan, pero no la de *las fibras que realmente constituyen dichos cordones*. Schiff sólo observó, como signo de que la excitación de estos últimos produjera sensaciones táctiles, el hecho de que se dilataba la pupila cada vez que se producía la irritación (§ 394). La separación de los cordones posteriores produce *anestesia* (pérdida del tacto), conservándose la algesia (sensación dolorosa), y existiendo hasta *hiperalgesia* en los primeros momentos.

2.° Los CORDONES ANTERIORES son inexcitables, tanto para los músculos estriados, como para los lisos, con tal que no se exciten más que las fibras propias de dichos cordones. Pero pueden suscitarse algunas contracciones musculares, bien porque se exciten las fibras de las raíces motoras, ó porque se derive parte de la corriente eléctrica á los cordones posteriores, en los que estimula á las fibras radiculares sensitivas, provocando, por lo tanto, movimientos *reflejos*.

Enfrente de estas opiniones sostienen otros autores la *posibilidad de una excitacion directa de la médula espinal*. Afirma Fick que se producen movimientos de las extremidades posteriores cuando en la rana se excitan directamente largos trozos de cordones anteriores, aislados del resto de la médula, para que no puedan pasar á ésta derivaciones de la corriente eléctrica. Biedermann llega á la conclusión siguiente: el nervio motor posee su máximum de excitabilidad en su sección transversal. También son eficaces los excitantes débiles (sacudida de ruptura con la corriente descendente), en la superficie de sección transversal de la médula (rana), pero no lo son en una zona que se halle por debajo de dicha superficie de sección. Este hecho habla á favor de una analogía en la excitabilidad de ambos tejidos. Pero, según los estudios de Schiff, relativos á esta cuestión, existen en el *cordón anterior de la médula de la rana*, además de las fibras que conducen las excitaciones motoras, otras *sensitivas*, cuya excitación provoca actos reflejos. De ahí que *ninguno de los movimientos en que parece excitable el cordon anterior de la médula de la rana pueda invocarse en apoyo de la excitabilidad directa de las vías motoras en dicho cordon*. Esas fibras sensitivas tendrían su origen en la substancia gris y pasarían á los cordones anteriores en el *interior de la misma médula* sin hacerlo antes por las raíces posteriores: *nervios intra-centrales de Schiff*.

3.° Los *vaso-constrictores* que, partiendo de su centro respectivo, descienden por la misma médula, son excitables por toda clase de estímulos en el interior de ella; de ahí que la irritación directa de cualquiera superficie de sección transversal de la médula determine el estrechamiento de todos los vasos inervados por la porción de la médula situada por debajo de dicha superficie de sección (C. Ludwig y Thiry). Son irritables del mismo modo las fibras tónicas del centro vaso-motor que ascienden por la médula (C. Ludwig) (§ 366. 10), pero al excitarlas no se produce ninguna sensación. Con todo, según Schiff, tampoco se trata en estos experimentos de un efecto directo de la excitación.

4.° La médula espinal parece ser impresionable á los *excitantes químicos*, tales como el humedecer con sangre sus superficies de sección.

5.° Los *centros motores* son directamente excitables por sangre *calentada á más de* 40° C ó asfíxica, y también por la *anemia* repentina y total que sobreviene ligando la aorta (Sig. Mayer). El mismo resultado producen *algunos venenos*,como la picrotoxina, la nicotina y las combinaciones de bario (Luchsinger).

En estos experimentos se habrá cortado la médula, v. gr., á nivel de la última vértebra dorsal, unas veinte horas antes, á fin de que ya esté restablecida de su conmoción. En la porción inferior deben seccionarse también las raíces posteriores para descartar cualquier influencia refleja que pudiera intervenir. Si en un gato preparado de este modo se produce *disnea*, ó *se calienta su sangre* en un grado excesivo, se presentan en las regiones inervadas por el trozo inferior de la médula, *contracciones musculares con predominio de los extensores*, *estrechamiento de los vasos*, *secreción sudoral*, *miccion*, *defecación* y *contracciones del útero y del conducto deferente;* resultados semejantes se obtienen con la administración de ciertos venenos, tales como la picrotoxina (Marshall Hall, Luchsinger, v. Schiff). En los animales, á los que se da un corte por debajo de la médula oblongada, hasta se provocan de este modo movimientos respiratorios rítmicos, cuando se coloca préviamente á la médula en un grado de gran excitabilidad por medio de la estricnina ó del calor muy elevado (P. v. Rokitansky, v. Schroff jun) (§ 370).

También las *excitaciones mecánicas* son capaces de excitar las células nerviosas de los cuernos anteriores (Birge): y, según Biedermann, la substancia gris reacciona asimismo á las *excitaciones eléctricas*.

Es digno de mencionarse el hecho notable de que después de la sección unilateral de la médula, ó de sólo los segmentos posterior y más interno del cordón lateral, en el conejo (Martinotti) se presente *hiperestesia* por debajo del corte y en el mismo lado que éste (Fodéra, 1823, etc.), de tal manera que el conejo ya chilla con gran energía, apenas se le toca en los dedos. Este fenómeno dura á veces unas tres semanas, y puede ir seguido de una reaparición de la sensibilidad normal ó hasta subnormal. El lado sano presenta constantemente una disminución en la sensibilidad. Hechos parecidos se han observado en hombres con lesiones semejantes.

También se observó un fenómeno análogo después de cortar los cordones anteriores, ó sea una gran tendencia á presentarse sacudidas convulsivas en los músculos que se hallan por debajo del corte dado en la médula (*hiperquinesia*) (Brown-Sequard).

En el organismo sano, la excitabilidad fisiológica de la médula está ligado á la persistencia de la circulación *normal*. Si se liga la aorta abdominal se paralizan rápidamente las extremidades inferiores (Stenson, 1667) por virtud de la anemia de la médula espinal (Schiffer).

La *anemia* total y repentina, por impermeabilidad fisiológica de la aorta en el perro, ocasiona primero convulsiones (veinte segundos), después parálisis (un minuto), luego excitación sensitiva (dos minutos) y últimamente insensibilidad (tres minutos) (Fredericq).

Después de una ligadura permanente degeneran las raíces anteriores de la médula espinal, y toda la substancia gris de la porción inferior de la médula que se ha vuelto anémica. La extremidades posteriores pierden para siempre su motilidad y su sensibilidad (Ehrlich y Brieger).

366. Vías de conducción en la médula espinal.

1.° Las *impresiones táctiles localizadas* (de presión y *sentido muscular*) se transmiten por las raíces posteriores á las células de los cuernos respectivos, y de aquí ascienden por el *cordón posterior del mismo lado.* (La conducción de las impresiones de calor se efectuaría por la substancia gris). Toda interrupción de los cordones posteriores, abole las sensaciones de frío, de temperatura y muscular.

En el *hombre*, las vías conductoras de la extremidad inferior siguen por el cordón de Goll, y las de la superior por el haz fundamental (fig. 234) (Flechsig).

En el *conejo*, la vía que conduce la impresión localizada del tacto se encuentra en la porción dorsal inferior del cordón lateral (C. Ludwig y Woroschiloff, Ott y Meade Smith). Cortando algunas zonas del cordón lateral, en el conejo, se abole esa sensibilidad en los *territorios cutáneos correspondientes;* la sección unilateral total produce el mismo resultado para toda la mitad del cuerpo situada por debajo de dicha sección. Se llama *anestesia* á la abolición de las sensaciones táctiles y musculares.

2.° La transmisión nerviosa necesaria para el *movimiento voluntario y localizado* se efectua en el hombre por los cordones anterior y lateral del *mismo lado* (fig. 234), y más especialmente por las *vías piramidales*, estudiadas con más detalles en los §§ 360 y 367. En el punto correspondiente de la médula se verifica dicha transmisión primero á las células del cuerno anterior y de aquí á la raiz anterior.

Los experimentos exactos de secciones de la médula, llevados á cabo por C. Ludwig y Woroschiloff, Ott y Meade Smith, demostraron que en la *porción dorsal inferior de la médula del conejo*, esas vías caminan exclusivamente por el cordón lateral.

Las secciones *parciales* en este último abolen el *movimiento voluntario de algunos de los músculos* que están situados por debajo de la sección medular. Teniendo en cuenta las vías de conducción 1 y 2, se explica bien cómo los cordones laterales van aumentando en diámetro y en número de fibras, á medida que ascienden por la médula (Stilling, Woroschiloff).

En el cuerno anterior de la rana, *cada* fibra motora comunica con su célula nerviosa correspondiente (Gaule y Birge).

3.° El *reflejo táctil*, extenso y coordinado. Las fibras penetran por las raíces posteriores y pasan después á las células nerviosas de los cuernos posteriores. Además, á distintas alturas de la médula espinal existen grupos celulares que rigen á los reflejos coordinados, unidos por fibras que caminan: las de las extremidades, por el haz mixto antero-lateral (? haz fundamental anterior), y las del tronco por los cordones cuneiformes (pág. 231). Finalmente, desde las células motoras salen las fibras paralos músculos respectivos por las raíces anteriores.

La ataxia locomotriz progresiva ó tabes dorsal, en la que se encuentra una degeneración de los cordones posteriores, es notable por el trastorno motor característico que en ella se observa. En efecto, los movimientos voluntarios pueden eje-

cutarse con toda la energía normal, pero no puede graduarse su intensidad ni su amplitud con la armonía y precisión que en el estado fisiológico. Estas cualidades son reguladas en parte por las sensaciones táctiles y musculares, cuyas vías de conducción se encuentran en los cordones posteriores; así que cuando degeneran éstos, no sólo se presenta anestesia, sino también *trastorno en la producción de los reflejos táctiles*, en cuyo arco reflejo está interrumpido el trayecto centrípeto. Pero también una lesión simultánea de los nervios simplemente sensitivos, puede, de un modo análogo, alterar en alto grado la armonía de los movimientos, por la analgesia y abolición de los reflejos páticos que produce (§ 357). Como las fibras de las raíces posteriores atraviesan á los cordones respectivos de la médula, así se explica también que al degenerar estas partes sobrevengan trastornos en la esfera de la sensibilidad (Charcot y Pierret). Pero á veces degeneran *las mismas raíces posteriores*, y su lesión explica también los trastornos en la sensibilidad (§ 357), que consisten, ó en una exageración anormal de las sensaciones táctiles ó dolorosas, acompañada de dolores lancinantes, ó en una disminución de la misma que puede acentuarse hasta la insensibilidad absoluta para el tacto ó para el dolor. Asimismo y por consecuencia de la excitación de los cordones posteriores, está alterada la sensación del tacto, bajo la forma de sensaciones, adormecimiento, acorchamiento, hormigueo ó constricción. Es frecuente que se *retarde* la conducción sensitiva (pág. 161). También está alterada la sensibilidad de los músculos, articulaciones y órganos internos. Por fin, si realmente existen en los cordones cuneiformes fibras para la conducción de los reflejos extensos y coordinados, parte de la ataxia se explicaría por una interrupción de esas vías conductoras. Los casos rarísimos de *tabes sin trastorno de la sensibilidad* (Erb), sólo podrían explicarse admitiendo una lesión en las vías conductoras de los reflejos coordinados ó de las células.

4.° La *inhibición de los reflejos táctiles* se efectua por la vía de los *cordones anteriores*; la conducción se realiza en el punto correspondiente de la médula, desde el cordón anterior á la substancia gris para continuar por las demás vías conductoras del aparato reflejo.

5.° La *conducción de las impresiones dolorosas* se verifica por las raíces posteriores, y de aquí por *toda la substancia gris*. Las fibras ya se *cruzan en parte* en la misma médula pasando de un lado á otro de la misma (pág. 255). Respecto á su curso ulterior hasta el cerebro, véase el § 367.

Si se corta la substancia gris hasta que no quede más que una pequeña zona que sirva de medio de unión, basta esta sóla para transmitir las impresiones dolorosas en dirección ascendente; pero, según Schiff, la conducción se verifica entonces *con más lentitud*. Sólo cuando la substancia gris está seccionada en su totalidad es cuando se interrumpe por completo la transmisión de las impresiones dolorosas procedentes de las partes del cuerpo, situadas por debajo de la sección medular. Sobreviene entonces el estado designado con el nombre de *analgesia*, en el cual, cuando se mantienen intactos los cordones posteriores, todavía se conservan las sensaciones táctiles. No es raro observar este estado en el hombre cuando se le cloroformiza de un modo incompleto, y sobre todo cuando se combinan el empleo del cloroformo y de la morfina (Thiersch). Como estos venenos adormecen antes los nervios que reciben las impresiones dolorosas que no los táctiles, de ahí que los operados refieran que han sentido el acto operatorio como una impresión táctil (presión, etc.) y no como una impresión dolorosa (Schiff). Como la transmisión de esta última siempre se efectua por toda la substancia gris, y las excitacio-

nes dolorosas se propagan en ésta á una zona tanto más extensa, cuanto más intenso sea el dolor causado por el excitante respectivo, de ahí el hecho de la llamada *irradiación* de las impresiones dolorosas. En efecto, en los dolores violentos parece que estos se irradian desde el punto en donde se produce el dolor á zonas más extensas, v. gr., en los dolores de muelas muy vehementes, desde la muela respectiva á toda la región maxilar y hasta á la mitad correspondiente de la cabeza.

En frente de esta opinión, sostiene Bechterew que las impresiones dolorosas son transmitidas por la zona anterior de los cordones laterales (conejo, gallina).

De las investigaciones de N. Weiss en el *perro*, cortando el *cordón lateral* en el límite de las porciones dorsal y lumbar de la médula, se deduce que cada cordón lateral contiene regularmente fibras sensitivas para ambos lados del cuerpo. La sección de los *dos* cordones laterales abole por completo la sensibilidad y la motilidad en ambos lados. Los cordones anteriores y la substancia gris no serían suficientes para conservarlas.

6.° La conducción para los *movimientos convulsivos, involuntarios y no coordinados*, se verifica por la *substancia gris*, y de aquí se continua siempre por las raíces anteriores.

Se observa, v. gr., en la apoplegía y en ciertas intoxicaciones, como la estricnica y la urémica (§ 279), y en el tétanos (§ 362. II). También las excitaciones que originan las convulsiones anémicas y disnéicas tienen su origen en la médula oblongada y descienden por toda la substancia gris de la médula.

7.° La conducción del *reflejo convulsivo extenso* se efectua desde las raíces posteriores á las células, primero de los cuernos posteriores y después de los anteriores, para pasar á las raíces anteriores, con las particularidades que se han expuesto al tratar de esta forma de movimiento reflejo (véase § 362. II).

8.° La *inhibición del reflejo pático* se efectua descendiendo por el *cordón anterior* á la substancia gris para introducir cierta resistencia en las vías de enlace del órgano reflejo.

9.° Las *vías vaso-motoras* caminan por los *cordones laterales* (Dittmar) y después de dirigirse á las células de la substancia gris de la zona correspondiente de la médula, abandonan á ésta saliendo con las raíces anteriores, para distribuirse en los vasos que contienen elementos musculares, bien acompañando á las ramificaciones de los nervios espinales, ó lo que es más frecuente, pasando por medio de los ramos comunicantes, al gran simpático y de éste á los plexos vasculares (§ 373).

La *sección* transversal de la médula paraliza todos los vaso-motores situados por debajo del corte; la *excitación* del trozo de la médula que ha quedado separado del resto, produce, por el contrario, la contracción de todos los vasos inervados por dichos nervios.

10. Las *fibras que elevan la presión sanguínea* penetran en la médula con las raíces posteriores, suben luego por los *cordones laterales* y por fin se cruzan de un modo incompleto (C. Ludwig y Miescher).

Su terminación final es el *centro vaso-motor principal* que hay en el bulbo raquídeo, al que excitan de un modo reflejo. Las fibras que deprimen la tensión sanguínea, también deben caminar por la médula, pero no se conoce todavía su trayecto.

11. Desde el *centro respiratorio* que hay en el bulbo raquídeo descienden los *nervios respiratorios* por el cordón lateral del mismo lado, y, pasando antes por las células de la substancia gris, salen con las raíces anteriores para distribuirse con los nervios motores de los músculos respiratorios (Schiff).

De aquí que á medida que se practican cortes unilaterales ó totales de la médula, más superiores de cada vez, se van paralizando nervios respiratorios de uno ó de ambos lados, cuyo origen se halla también en un punto más elevado de la médula (§ 119, tomo I, pág. 293).

Estados patológicos. — En los casos de degeneración ó lesiones directas de la médula espinal ó de alguna de sus partes, conviene tener presente que á veces coexisten en los primeros momentos síntomas de irritación y de parálisis en porciones de la médula muy próximas y que esta circunstancia dificulta la análisis é interpretación de dichos síntomas.

La *degeneración de los cordones posteriores*, sin lesión simultánea de las raíces que en ellos penetran, produce como síntoma más culminante la abolición de las *sensaciones táctiles*, conservándose las de calor. La *degeneración de las columnas de células de los cuernos anteriores*, v. gr., en la parálisis espinal infantil, ocasiona parálisis de los nervios motores que de ellas parten ; al mismo tiempo se atrofian rápidamente los músculos inervados por éstos, porque las células son los centros tróficos del nervio y del músculo. Se repite en este caso, por lo tanto, el mismo fenómeno que se observa con la interrupción permanente de un nervio motor periférico. La *degeneración del cuerno gris posterior* produce menoscabo de la sensibilidad cutánea y trastornos tróficos de la piel. La *degeneración en la zona media de la substancia gris*, además de alterar también la nutrición de la piel, abole las sensaciones térmicas.

Es muy interesante el hecho de que una oclusión pasajera de la aorta abdominal (conejo) determina una parálisis permanente, sensitiva y motora, en toda la región correspondiente á la zona de la médula en que se hubiese interrumpido la circulalación sanguínea. Degeneran las células y fibras nerviosas de los cuernos anteriores, y después secundariamente las raíces anteriores (pero no las fibras vaso-motoras de éstos) y la substancia blanca inmediata á dichos cuernos anteriores. Más tarde se atrofian también los posteriores. Quedan intactos: las raíces posteriores, los ganglios espinales, los cordones posteriores y la porción periférica más externa del resto de los cordones antero-laterales (Ehrlich y Brieger, Singer, etc.).

ENCÉFALO

367. Esquema general de la estructura y disposición del encéfalo. Trayecto de las vías motoras y sensitivas.

Para comprender bien estructura y disposición tan complicadas como las del encéfalo, es muy conveniente tener antes una idea general de las mismas, aunque sea á grandes rasgos. A Meynert le pertenece el mérito no pequeño de haber expuesto esta idea general de un modo útil y práctico, como basada en investigaciones profundas. El esquema trazado por este autor, será también el que á nosotros nos servirá de norma, aunque completándolo y rectificándolo con arreglo á los estudios más recientes.

El *peso del encéfalo* es, por término medio, de unos 1358 gramos en el hombre, y de unos 1220 en la mujer (Bischoff).

La *zona* más externa de la corteza consta de una capa de neuroglia y de fibras nerviosas intercaladas en su tejido. Por debajo se encuentran la capa de células nerviosas pequeñas, luego la de grandes células piramidales, y por fin, la de células irregulares. Todas las células poseen una prolongación cilindro-axial y gran número de prolongaciones protoplasmáticas. Entre las células se encuentran por todas partes numerosos haces de fibras nerviosas mielínicas.

La corteza del cerebro está constituída por la *substancia gris periférica*, rica en surcos y circunvoluciones (fig. 236. C), la cual ya se revela como un órgano nervioso central por contener gran número de células ganglionares (§ 360. 1). De este órgano *parten* todas las fibras motoras excitables por *influencia psíquica* (voluntad, idea); y *á él se dirigen* también todas las fibras que provienen de los órganos, de los sentidos y de las terminaciones sensitivas, y por medio de los cuales *se transmiten las impresiones exteriores para convertirse en percepciones psíquicas.*

Todas estas vías conductoras reunidas, parte centrípetas y parte centrífugas, siguen un trayecto, en general, convergente hacia el centro de cada hemisferio cerebral, donde están situados los *grandes ganglios cerebrales centrales:* cuerpo estriado (*Cs*), núcleo lenticular (*Nl*), tálamo óptico (*To*) y tubérculos cuadrigéminos (*v*). Algunas fibras no hacen más que costear estos ganglios y seguir adelante (5, 5), pero muchas de ellas se continuan con esta *substancia gris central.* El mencionado sistema de fibras que está agrupado en forma radiada en el interior de la masa esférica de la substancia cerebral, lleva el nombre de corona radiante ó SISTEMA DE PROYECCIÓN DE PRIMER ORDEN.

Además de éste, contiene la substancia blanca otros grupos de fibras; *a*) las *fibras comisurantes*, cuerpo calloso y comisura anterior *c*, *c*, que unen entre sí á ambos hemisferios cerebrales, y *b*) las *fibras de asociación* que enlazan á diversas zonas corticales del mismo lado *a*, *a*.

Las grandes masas grises y ricas en células de los ganglios nerviosos centrales, constituyen, para un gran número de fibras del primer sistema de proyeción, la primera etapa de su trayecto. Al penetrar en estos grupos centrales, experimentan una *interrupción* en su camino, y además se *reduce* en esos puntos el número de fibras de la corona radiante.

Según Meynert, las relaciones que existen entre estas últimas fibras y los grandes ganglios centrales, son las siguientes: La masa total de las fibras de la corona radiante, se desdobla, en general, en tantos manojos como ganglios hay de cada lado. Existen, por lo tanto, un sistema de la corona radiante del cuerpo estriado (1, 1), otro del núcleo lenticular (2, 2) y otros del tálamo óptico (3, 3), y de los tubérculos cuadrigéminos respectivamente (4, 4).

A partir de los grandes ganglios centrales y en dirección descendente, se desarrolla el SEGUNDO SISTEMA DE PROYECCIÓN, cuyos haces fibrosos longitudinales terminan, por de pronto, en la llamada *substancia gris central cavitaria*, con cuyo nombre se designa la substancia gris, muy rica en células, que se extiende desde el tercer ventrículo por el acueducto de Sylvio y la fosa romboidal, ó suelo del cuarto ventrículo, hasta la porción más inferior de la substancia gris de la médula espinal. Es, por lo tanto, la masa gris que llena el interior del tubo medular. Representa, al mismo tiempo, la segunda etapa del trayecto de las fibras del segundo sistema de proyección, alcanzando, por lo tanto, este último, en dirección descendente, desde los grandes ganglios centrales hasta la substancia gris central cavitaria. Es evidente que las fibras de este sistema habrán de tener longitudes muy distintas; en efecto, algunas ya terminan en esa substancia gris por encima de la médula

oblongada (origen del motor ocular común), y otras llegan hasta el nivel de los últimos nervios espinales. La substancia gris central cavitaria, representa desde luego una masa que interrumpe los haces de fibras; pero además *aumenta* en ella el número de estas últimas, puesto que de la substancia gris del bulbo raquídeo y de la médula espinal, salen en dirección periférica muchas más fibras que las que descienden hasta la misma, como procedentes de los ganglios encefálicos centrales.

Respecto á la distribución especial de cada grupo de fibras de este sistema de proyección de segundo orden, se admite que las que descienden del núcleo lenticular y del cuerpo estriado (8, 8), se agrupan, formando un manojo particular, que, pasando por la parte superior del pie del pedúnculo del cerebro, continuan al bulbo raquídeo, ó, según Flechsig, sólo hasta el puente de Varolio. Del mismo modo, parte otro manojo desde el tálamo óptico (7), y desde los tubérculos cuadrigéminos (6, 6), el cual desciende por el casquete (*H*) del pedúnculo del cerebro. Ambos grupos de fibras, del pie y del casquete del pedúnculo, no se unen hasta que llegan á la médula espinal.

Según Wernicke, los núcleos lenticular y caudal, no son partes del encéfalo, en las que penetren fibras de la corona radiante procedentes de la corteza, sino más bien partes análogas á esta última, y de las cuales parten también fibras que continuan hasta el casquete del pedúnculo, en donde se aplican á las fibras que provienen de los tálamos ópticos y de los tubérculos cuadrigéminos.

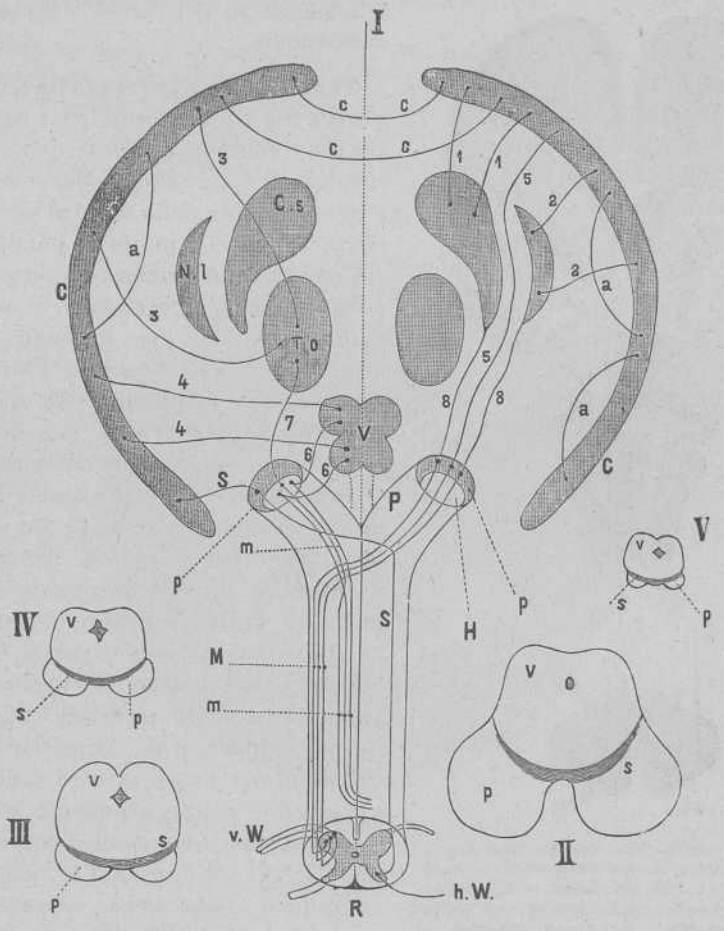
Los haces de fibras que desde los tálamos ópticos y tubérculos cuadrigéminos siguen por el *casquete* del pedúnculo cerebral (6, 6 y 7), representan *vías reflejas*, según Meynert. Según esto, las masas encefálicas mencionadas, serían los centros de ciertos movimientos reflejos, extensos y coordinados. Así lo demuestra el hecho de que, cuando se destruyen las vías de conducción de la motilidad voluntaria en los animales, permanece intacta la perfección técnica de los movimientos, hasta donde ésta depende de la producción de los reflejos. Los mencionados haces fibrosos, descienden en la *médula, al principio por el mismo lado* (*m*); pero muy probablemente, se *entrecruzan* más abajo, en la misma médula.

Por fin, de toda la substancia gris cavitaria central, parte una categoría de fibras que llevan el nombre de SISTEMA DE PROYECCIÓN DE TERCER ORDEN: son los *nervios periféricos*, sensitivos y motores, que presentan en su conjunto un aumento de fibras, respecto al número de las que contiene el sistema de proyección de segundo orden.

Representa un órgano especial y *sui generis* el CEREBELO, que contiene la substancia gris, parte como capa cortical y parte en grupos situados en su misma masa. El cerebelo está unido con el *cerebro*: 1.°, por el *pedúnculo cerebeloso superior*, que proviene de las fibras del sistema de la corona radiante, pasa luego al casquete, y, después de haberse cruzado en su totalidad, penetra en el cerebelo; y 2.°, por los *pedúnculos cerebelosos medios*, y desde el puente de Varolio, por el pedúnculo cerebral, al hemisferio respectivo. Pero además, el cerebelo está unido también con la médula espinal: 1.°, con su *cordón posterior* (funiculus cuneatus y gracilus); y 2.°, con su *cordón anterior* (corpus restiforme). Ambas mitades están unidas entre sí por medio de las *fibras comisurantes* transversales del puente, que adquieren un gran desarrollo.

Finalmente, desde el punto de vista práctico, tiene una gran importancia el estudio de la DISTRIBUCIÓN DE LOS VASOS SANGUÍNEOS EN EL ENCÉFALO. La arteria Sylviana ó cerebral media, riega la zona motora de la corteza en los animales; pero en

Figura 236.

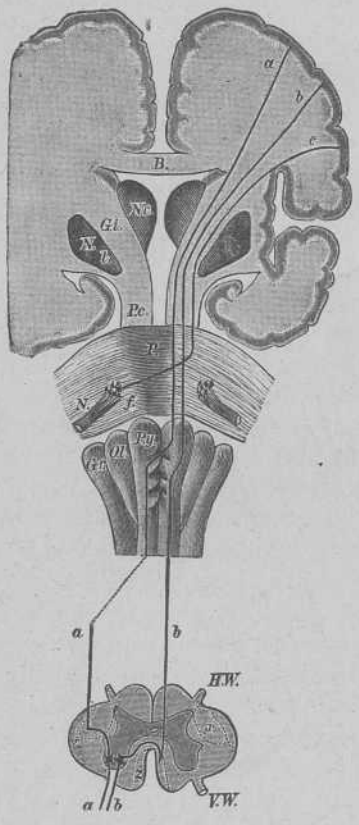


I. Esquema de la estructura del cerebro: *C*, *C*, corteza cerebral. — *C*, *s*, cuerpo estriado. — *N*, *l*, núcleo lenticular. — *T*, *o*, tálamo óptico. — *V*, tubérculos cuadrigéminos. — *P*, pedúnculo del cerebro. — *H* y *p*, casquete y pie del mismo. — 1, 1, fibras de la corona radiante del cuerpo estriado. — 2, 2, fibras radiantes del núcleo lenticular. — 3, 3, fibras radiantes del tálamo óptico. — 4, 4, fibras radiantes de los tubérculos cuadrigéminos. — 5, haz que va directamente á la corteza cerebral (Flechsig). — 6, 6, fibras que se dirigen desde los tubérculos cuadrigéminos, al casquete del pedúnculo. — 7, fibras que van del tálamo óptico al casquete, y *m*, curso ulterior de las mismas. — 8, 8, fibras que se dirigen del cuerpo estriado y del núcleo lenticular al pie del pedúnculo del cerebro. — *M*, curso ulterior de las mismas. — *S*, *S*, curso de las fibras sensitivas. — *R*, sección transversal de la médula espinal — *v*, *W*, raiz anterior, y *h*, *W*, raiz posterior de la misma — *a*, *a*, fibras de asociación. — *c*, *c*, fibras comisurantes. — II. Corte transversal que interesa á los tubérculos cuadrigéminos posteriores y á los pedúnculos del cerebro en el hombre (según Meynert). — *p*, pie del pedúnculo. — *s*, substancia negra (de Sömmering). — *v*, tubérculos cuadrigéminos con el corte transversal del acueducto de Sylvio. — III. El mismo corte en el perro. — IV. El mismo en el mono. — V. El mismo en el cavia.

el hombre, es regado el lóbulo paracentral por la arteria cerebral anterior (Duret) La región de la tercera circunvolución frontal, tan importante para la función del lenguaje, recibe siempre sus ramitos vasculares de una *rama especial* de la arteria

cerebral media. Aquella zona del lóbulo frontal, cuya lesión ocasionaría, según Ferrier, tratornos de la inteligencia, es atendida por la arteria cerebral anterior. Las zonas corticales, cuya lesión determina hemianestesia, según Ferrier, son regadas por la arteria cerebral posterior. Las anemias aisladas de este territorio, estarían relacionadas en el hombre con los estados melancólicos.

Figura 237.



Trayecto de las vías motoras voluntarias: *a*, *b*, vías de los nervios motores del cuerpo. — *c*, vías del facial. — *B*, cuerpo calloso — *N.c*, núcleo caudal. — *G.i*, cápsula interna. — *N.l*, núcleo lenticular. — *P*, puente. — *N.f*, núcleo de origen del facial. — *P.y*, pirámide con su entrecruzamiento. — *O.l*, oliva. — *G.r*, cuerpo restiforme. — *H.W*, raiz posterior. — *V.W*, raiz anterior. — *x*, haz piramidal lateral ó cruzado. — *z*, haz piramidal anterior ó directo.

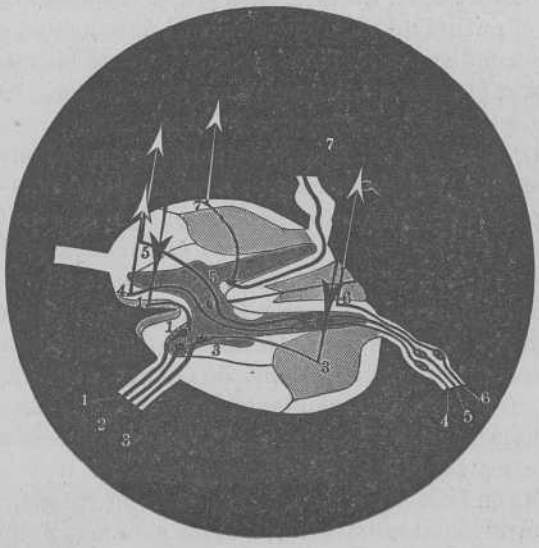
TRAYECTO DE LAS FIBRAS DE LOS MOVIMIENTOS VOLUNTARIOS: VÍAS DE CONDUCCIÓN PSICO-MOTORAS Ó CORTICO-MUSCULARES (fig. 237). — Desde las regiones motoras de la corteza cerebral (§§ 377, 380. I), punto de partida de las excitaciones motoras voluntarias para los nervios craneales y raquídeos, parten las vías de conducción (fig. 237, *a*, *b*, *c*) (Charcot, Flechsig) designadas con el nombre de *vías piramidales* (§§ 361, 366), que se dirigen por los dos tercios anteriores de la rama posterior de la cápsula interna (véase la figura en los §§ 381 y 380) (*Gi*), luego por el pie del pedúnculo del cerebro (fig. 237, *Pc*, parte media de la circunferencia libre, é inferior de dicho pie), después por la mitad homónima del puente de Varolio) (*P*), hasta llegar á la pirámide (*Py*) del bulbo raquídeo. Aquí, la mayor parte de las fibras pasan al otro lado por virtud del entrecruzamiento de las pirámides, para descender por el cordón lateral (haz piramidal lateral ó cruzado, *a*), hasta llegar á aquel punto de la médula (fig. 238), por donde sale la raiz anterior correspondiente, excitable por la influencia de la voluntad. Antes de pasar esta vía de conducción á dicha raiz, hace escala en las células del cuerno anterior que rodean á aquéllas de filamentos radiculares finísimos (§ 323. II. 1). Después parte de cada una de estas células, y como prolongación cilindroaxial, la vía que conduce á las fibras nerviosas de la raiz anterior. La mayor parte de las fibras que se cruzan en las pirámides, se dirige á los nervios motores de las extremidades; pero queda un corto número de aquéllas (fig. 237. *b*) que no se cruzan en las pirámides, sino que siguen por el cordón anterior de la médula, del mismo lado (haz piramidal an-

DR. PEREZ ARAPILES
C/ Lagasca núm. 12. 3.º

terior ó directo, *b*, *z*) y continuan por él, aunque al fin se llegan también á cruzar en la misma médula, pasando al otro lado por la comisura anterior de ésta. Sin embargo, parece que parte de estas fibras no se cruzan tampoco; sirven quizá para la inervación de aquellos músculos del tronco que, como los respiratorios, abdominales y perineales, suelen funcionar simultáneamente en ambos lados del cuerpo.

La proporción de fibras cruzadas y no cruzadas varía según los individuos (Flechsig); en algún caso es la inversa de la normal, y hasta se observan casos muy excepcionales en que las vías piramidales siguen todas por el mismo lado desde el cerebro hasta su extremo más inferior en la médula espinal. Así se explican los hechos rarísimos de parálisis de los movimientos voluntarios del mismo

Figura 238.



Trayecto de las vías motoras y sensitivas, en un corte transversal de la médula espinal. — 1, haz piramidal anterior. — 3, *Pyr*, haz lateral. — 4 y 5, vías de conducción sensitiva que se cruzan en la médula. — 6, vías ascendentes sensitivas que no se cruzan en la médula. — 7, vía de conducción sensitiva que se dirige á la columna de Stilling-Clarke, y desde aquí asciende, sin cruzarse, por el haz cerebeloso lateral ó directo. — 2, fibra motora naciendo de una célula nerviosa del cuerno anterior.

lado correspondiente al hemisferio cerebral, asiento de la lesión (Morgagni, Pierret). También son muy raros los casos en que al impulso motor voluntario y unilateral no sólo responden los músculos del tronco y de los miembros del lado respectivo, sino también los del otro lado, pero éstos involuntariamente y como movimientos asociados (Damsch). Recordemos, por fin, que Unverricht ha encontrado á veces en el perro un entrecruzamiento doble de estas vías de conducción: primero en las pirámides, y después en la médula espinal.

También los *nervios craneales motores* tienen, como es natural, su centro de excitación voluntaria en la corteza del hemisferio cerebral (§ 380), desde donde se dirigen igualmente las vías de conducción por la cápsula interna y el pie del pedúnculo, para situarse *por delante y por*

dentro de las vías piramidales (Flechsig) y encaminarse después al núcleo de origen del nervio respectivo. En nuestra figura 237, *c* representa el trayecto de la vía de conducción del nervio facial á su núcleo de origen. El nervio hipogloso camina con la vía piramidal, á la manera de la raiz anterior de un nervio espinal (véanse §§ 356 y 359).

Trayecto de las vías de conducción de la sensibilidad cutánea. —Desde la zona cortical donde asienta el centro de la sensibilidad cutánea, ó sea la región parietal desde el surco parecentral hasta el límite anterior del lóbulo occipital, se dirigen las vías de conducción respectivas por el tercio posterior de la rama posterior de la cápsula interna (véase la figura en el § 381). La conducción para la sensibilidad muscular se efectua por el centro de esta vía, y la de las sensaciones de presión, de temperatura y dolorosas, por la mitad interna del tercio posterior de dicha cápsula (Allen Starr). Luego siguen por el casquete del pedúnculo cerebral y por el puente de Varolio (Flechsig) á la médula oblongada.

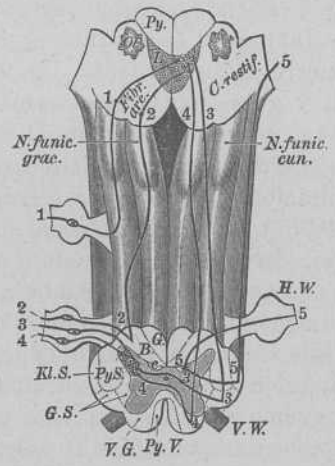
Las vías de conducción de la sensibilidad, desde las raíces posteriores de los nervios raquídeos, en dirección ascendente, son, según las últimas investigaciones (Flechsig, Edinger), las siguientes :

Los cordones posteriores llevan, en dirección ascendente, vías de conducción procedentes de las raíces que en ellos penetran.—En cada raiz posterior se pueden distinguir un manojo externo y otro interno. *El interno* asciende, por de pronto, casi todo él hacia la parte externa del cordón posterior (fig. 239. 2), junto al cuerno posterior. Cada raiz posterior (1) empuja más hacia adentro á las fibras que provienen de las raíces que nacen por debajo de ella. De ahí que en la porción cervical de la médula se encuentren en los cordones de Goll casi todas las fibras sensitivas procedentes de las extremidades inferiores, mientras el cordón de Burdach todavía contiene muchas de las que vienen de las superiores. Las fibras de los cordones posteriores siguen su trayecto ascendente hasta terminar en la médula oblongada, ó sea en los grupos ó formaciones que llevan el nombre de núcleos de los cordones posteriores (*núcleo restiforme, núcleo de Goll*) (nucleus funiculi gracilis et cuneati) (Singer, Wagner, Kahler, Schultze). De estos núcleos pasan muchas fibras á la cinta de Reil del lado opuesto (*L*) (Edinger, Flechsig); otras fibras llegan hasta el cerebelo. Las *fibras laterales* (gruesas y finas) de la raiz posterior (3 y 4) pasan á la red fibrosa fina del *cuerno posterior*, en la que se encuentran englobadas las células ganglionares de este último (Gerlach, Lissauer). De la red de los cuernos posteriores se desarrollan numerosas fibras, que se dirigen hacia adelante á través de la substancia gris, entrecruzándose y ascendiendo después hacia el cerebro por los cordones anterior y lateral *del lado opuesto*. Hacia arriba vuelven á reunirse estas fibras con las que las acompañaban al principio (en *L*), de tal manera que en la cinta de Reil ó capa inter-olivar se encuentran unidas otra vez casi todas las raíces posteriores) (Edinger). Una parte de las fibras de la raiz posterior, que no comunica con las células de los ganglios espinales, termina en las células de la columna de Stilling-Clarke, que son al mismo tiempo sus centros tróficos. Desde estas células se desvían dichas

fibras hacia afuera, y ascienden por el *cordón cerebeloso lateral ó directo* (Flechsig, Edinger); su curso ulterior es ascendente hacia el cuerpo restiforme, y de aquí al cerebelo. Estas fibras intervienen en la regulación del equilibrio, cuya dirección suprema se encuentra en el cerebelo, § 382. En la tabes dorsal es frecuente que estén degeneradas estas vías y las columnas de Stilling-Clarke.

La circunstancia de que una parte de los nervios sensitivos cutáneos ya *pasa al otro lado en la misma médula*, explica el por qué en los casos de sección unilateral de ésta en el hombre (y en el mono, según Ferrier), se abole la sensibilidad de la piel en las regiones situadas por debajo de la lesión medular y al lado opuesto de ésta, aunque conservándose la sensibilidad muscular. En el mismo lado de la lesión y en las regiones que se encuentran por debajo de ésta, se observa hiperestesia (§ 365, al final).

Figura 239.



Trayecto de las vías de conducción sensitiva, desde las raíces posteriores, hacia el encéfalo, ascendiendo por la médula espinal. — La explicación de dichas vías de conducción se deduce del contenido del texto (compárese además la fig. 238). — *V*, *W*, raiz anterior. — *H*, *W*, raiz posterior. — *V*, *G*, haz fundamental anterior. — *Py*, *V*, haz piramidal anterior. — *Py*, *S*, haz piramidal lateral. — *G*, *S*, haz fundamental lateral. — *Kl*, *S*, haz cerebeloso lateral. — *G*, *G*, cordón de Goll. — *B*, cordón de Burdach. — *Py*, pirámides. — *Ol*, olivas. — *L*, cinta de Reil ó capa interolivar. — Fibrae arcuatae. — Corpus restiforme. — Nucleus funiculi gracilis et Nucleus funiculi cuneati de la Medulla oblongata.

Brown-Séquard deduce de sus experimentos en los animales, que las vías nerviosas sensitivas que se cruzan, lo hacen á distintas alturas en el interior de la médula, verificándolo en un punto más bajo las que transmiten las impresiones táctiles, después las que llevan las de cosquilleo y dolor y las que se entrecruzan en un punto más elevado, son las que conducen las impresiones térmicas.

Vemos, por lo tanto, que todas las fibras que recorren longitudinalmente la médula espinal, para unirse con la substancia medular del encéfalo, experimentan (¡por lo general!) un *cruzamiento completo*. De aquí que, en el hombre, las afecciones que destruyen un hemisferio cerebral, produzcan casi siempre la parálisis total sensitiva y motora del *lado opuesto del cuerpo*.

También se cruzan, en el interior del cerebro, las fibras que provienen de los puntos de origen de los *nervios encefálicos*.

Sólo se observan parálisis y anestesias en el mismo lado de la cabeza, en los casos nada raros, en que la lesión (presión, inflamación, etc.) ha interesado también á los nervios cerebrales que se encuentran en la base del cráneo.

El cruzamiento se verifica, por lo tanto, en los puntos siguientes: médula espinal, médula oblongada y puente de Varolio. Cuando las fibras llegan al pedúnculo ya se ha efectuado todo el cruzamiento; Gubler vió en lesiones unilaterales del

puente, parálisis del facial del *mismo lado* con parálisis de la *mitad opuesta del cuerpo*. De aquí dedujo que los nervios del tronco se debían cruzar por debajo del puente y las fibras del facial en el interior de éste. A estos casos raros se los llama de *hemiplegia alterna*. La fig. 237 explica estas particularidades.

Constituyen una excepción el nervio olfatorio, que no se cruza (?), y el óptico, que sólo lo hace en parte en el quiasma (§ 346). Algunos dicen que se cruzan las fibras de origen del patético, pero Schröder van der Kolk, lo niega.

368. Médula oblongada.

La médula oblongada ó bulbo raquídeo, que une á la médula espinal con el encéfalo, se asemeja á la primera en cuanto también contiene centros análogos á los medulares, que rigen actos *reflejos simples*, tales como el cierre de los párpados. Pero además posee *centros superiores* que rigen y gobiernan á otros centros análogos de la médula espinal, tales son : el centro vaso-motor, el sudoríparo, el dilatador de la pupila y el que coordina los movimientos del cuerpo. Respecto al mecanismo de su excitación, en unos es de origen reflejo (§ 360. 2) y en otros *automático* (§ 360. 3). La función normal de estos centros está ligada al *cambio gaseoso*, sostenido en la médula oblongada por la circulación sanguínea, mientras se verifica en condiciones fisiológicas. Pero cuando se interrumpe dicho cambio á causa de la asfixia, de una anemia repentina ó de un éxtasis venoso, al principio entran dichos centros en una fase de mayor excitación y después se paralizan por el mismo exceso de ésta. También obra como estímulo de dichos centros el *calor muy intenso*. Pero no todos ellos son excitables al mismo tiempo ni en el mismo grado. En el organismo en estado fisiológico se hallan constantemente en estado de actividad rítmica los centros respiratorio y vaso-motor. El centro moderador del corazón no se encuentra en un estado de excitación permanente en algunos animales ; en otros sólo experimenta un estímulo ligero durante la inspiración, en circunstancias normales, al mismo tiempo que es excitado el centro respiratorio. Tampoco experimentan la menor excitación el centro convulsivo en el estado normal ni el respiratorio durante la vida intra-uterina. La médula oblongada es una parte muy esencial del sistema nervioso, puesto que en ella se encuentran muchos centros de gran importancia para la vida, así como diversas vías de conducción nerviosa. Vamos á exponer algunos detalles relativos á estas cuestiones, estudiando primero los centros reflejos y después los automáticos.

369. Centros reflejos de la médula oblongada.

En la médula oblongada se encuentran cierto número de centros reflejos que intervienen en la producción de movimientos coordinados.

1.° *Centro de la oclusión palpebral.* — Las fibras sensitivas del trigémino que inervan la córnea, la conjuntiva y la piel de la zona que rodea al ojo, transmiten las impresiones recibidas á la médula oblongada, para volver desde aquí por las vías motoras de las ramas del facial, que iner-

van al esfínter palpebral (pág. 194). El centro reflejo se extiende desde el centro del ala cinerea, en dirección ascendente, hasta el borde posterior del puente de Varolio (Nickell).

La oclusión refleja de los párpados siempre es bilateral en el hombre, pero puede ser unilateral bajo la influencia de la voluntad. Cuando la excitación centrípeta es *muy intensa*, se contraen también el músculo superciliar y el grupo muscular que atrae la nariz y el carrillo hacia el borde inferior de la órbita para protejer mejor al ojo y asegurar la oclusión más completa de los párpados. Estos se cierran también cuando la retina recibe una impresión luminosa muy intensa.

2.° *Centro del estornudo.*—Sus vías centrípetas se encuentran en las ramas nasales internas del trigémino y también en el olfatorio (para los olores muy fuertes); las motoras se dirigen á los músculos espiradores (§ 126. 3 y § 349. II). El estornudo no se puede efectuar como acto voluntario.

3.° *Centro de la tos.*—Está situado, según Kohts, un poco por encima del centro inspiratorio, y recibe sus excitaciones centrípetas de las ramas sensitivas del pneumogástrico (§ 354. 5. *a*). Las fibras centrífugas son los nervios espiratorios, incluyendo los oclusores de la glotis (§ 126. 1).

4.° *Centro de los movimientos de succión y de masticación.*—Sus nervios centrípetos son las ramas sensitivas de la cavidad bucal, incluyendo en ellas las de los labios (ramas segunda y tercera del trigémino y del gloso-faríngeo). Los nervios motores para los movimientos de *succión*, son : el facial (labios), el hipogloso (lengua), la tercera rama del trigémino (músculos elevadores y depresores de la mandíbula inferior (§ 158. *b*). Para los movimientos de *masticación* (§ 158) sirven los nervios motores ; pero en los movimientos necesarios para colocar los alimentos entre los dientes, intervienen principalmente el nervio hipogloso para la lengua y el facial para el músculo bucinador.

5.° Se cuenta asimismo, entre los centros que se excitan por vía refleja, el *centro salivar* (véase tomo I, pág. 302), que se encuentra en el suelo del cuarto ventrículo (Eckhard, Nöllner, Külz). La excitación de la médula oblongada, cuando están intactas la cuerda del tambor y el nervio gloso-faríngeo, determina una secreción salivar muy abundante; ya lo es menos si se cortan dichos nervios, y se suprime por completo cuando además se hubo arrancado el simpático cervical (Grützner).

6.° El *centro de la deglución* se encuentra en el suelo del cuarto ventrículo, por encima del centro respiratorio, y es excitado por las ramitas sensitivas del paladar y de la faringe, procedentes de las ramas segunda y tercera del trigémino (tomo I, pág. 323) y del vago. La vía centrípeta se encuentra en las ramitas motoras del plexo faríngeo (§ 354. 4). La excitación del gloso-faríngeo, no provoca ningún movimiento de deglución, antes bien, *los inhibe* cuando son de origen reflejo (pág. 203). En cambio, todo acto de deglución, provocado por la excitación de los ramitos palatinos ó del nervio laríngeo superior, determina una contracción rápida y corta del diafragma (respiración á bocanadas) (Marckwald) (§ 370).

7.° *Centro del vómito* (véase § 162). De las relaciones entre ciertas ra-

mas del pneumogástrico y el acto del vómito, ya se ha tratado en el § 354. 2 y 12. *d.* Este centro entra en acción también cuando se le aplica directameute la apomorfina ó la emetina (Thomas).

8.° El centro superior para el *músculo dilatador de la pupila* y para los *músculos lisos* de la órbita se encuentra en la médula oblongada. Las fibras pupilares que caminan por el trigémino (pág. 181) provienen del origen de este nervio, y se pueden seguir, en dirección descendente, hasta el segundo nervio cervical (conejo) (Eckhard). Fibras de comunicación se dirigen desde aquí hacia abajo por los cordones laterales de la médula espinal hasta la región cilio-espinal (§ 364. 1) para continuar por los cuatro primeros nervios dorsales al simpático cervical (§ 358. A. 1) (Langley). El centro en cuestión es excitado normalmente *de un modo reflejo*, cuando disminuye la luz que recibe la retina. La sangre disnéica ó la ligadura de las carótidas lo excita *directamente*. Respecto al centro *constrictor* de la pupila, véanse los §§ 347 y 394.

También puede ser estimulado este centro de un modo reflejo por la excitación de los nervios sensitivos, v. gr., el ciático. Las fibras centrípetas (del ciático), se dirigen á dicho centro por los *dos* cordones laterales (Kowalewsky).

9.° Finalmente, se encuentra en la médula oblongada un *centro supremo* que sirve para *enlazar* entre sí los distintos *centros reflejos* de la médula espinal. Cuando Owsjannikow cortaba la médula oblongada 6 milímetros por encima del calamus scriptorius (conejo), persistían aún los reflejos generalizados en que tomaban parte al mismo tiempo las extremidades anteriores y posteriores. Si se practicaba el corte 1 milímetro más abajo, ya no se presentaban más que reflejos parciales y localizados (véase § 362. III. 4). Dicho centro llega por su parte superior hasta un poco por encima del tercio inferior de la médula oblongada.

Esta última contiene en la rana el centro único de los *movimientos de locomoción*. Cuando se la secciona en trozos, dejan de presentarse dichos movimientos como reacción á excitaciones exteriores, y no se conservan más que los reflejos sencillos, faltando por completo los movimientos de traslación, de origen reflejo, como el salto, la reptación y la natación (Steiner).

Estados patológicos. — La médula oblongada es asiento en algunos casos de una afección típica que se designa con el nombre de *parálisis bulbar ó parálisis labio-gloso-laríngea* (Duchenne, 1860), en la que se observa una paralización progresiva de los núcleos bulbares de diversos nervios cerebrales, los cuales representan zonas motoras de importantes aparatos reflejos. En este último concepto, merece nuestra atención el cuadro sintomático de esta dolencia. Comienza casi siempre por *parálisis de la lengua*, acompañada de contracciones fibrilares de la misma (pág. 216), con lo cual se hacen muy difíciles la palabra, la formación del bolo alimenticio y el primer acto de la deglución (§ 356). La secreción de una saliva muy espesa revela la imposibilidad de que se produzca la saliva flúida originada por la excitación del facial (§ 150. A. II), por hallarse paralizado este nervio. Además, es muy difícil y hasta imposible la deglución por la parálisis de la faringe y del velo del paladar. Esta última perturba también la formación de las consonantes de la tercera región de articulación (§ 320. C), la palabra se hace nasal (§ 319. II), y es muy

frecuente que en los movimientos de deglución pasen los alimentos á las fosas nasales, sobre todo los líquidos. Después se paralizan también las ramas labiales del nervio facial; la fisonomía adquiere una expresión característica, con cierta rigidez glacial (Duchenne), y al mismo tiempo con una expresión llorosa, á causa de que aumenta el diámetro horizontal de la boca, porque predomina la parálisis del orbicular de los labios. No es raro que más tarde se paralicen los *músculos de la laringe*; con esto sobreviene afonía, y es mucho más fácil que penetren líquidos por la hendidura glótica. El *pulso* suele estar muy *retardado*, revelando este síntoma la existencia de una excitación de las fibras inhibitorias del pneumogástrico, procedentes del espinal (§ 371). Si más adelante sobrevienen ataques de disnea, como en los casos de parálisis del recurrente (§ 315. II. 1, y § 354. 5. *b*), ó como los que se observan constantemente cuando se cortan las ramas pulmonares del pneumogástrico (§ 354. 8), muy bien puede sobrevenir la muerte repentinamente por asfixia cuando dichos ataques se van haciendo más intensos y frecuentes. Es raro que formen parte del cuadro sintomático la *parálisis de los músculos masticadores* (á consecuencia de la de la porción motora del quinto par), el *estrechamiento de las pupilas* (por parálisis del centro dilatador de las mismas) y la *parálisis del motor ocular externo*.

370. Centro respiratorio é inervación del aparato respiratorio.

En la médula oblongada (Legallois, 1811), detrás del punto de emergencia de los pneumogástricos, á ambos lados del vértice de la fosa romboidal, y entre los núcleos del pneumogástrico y del espinal es donde localizó Flourens (1824) el centro respiratorio, al que dió el nombre de punto ó *nudo vital*, porque su destrucción hace cesar en el acto los movimientos respiratorios, produciendo la *muerte*. Tan preciso y exacto como en los animales, es el sitio de este centro en el hombre, como lo ha demostrado Kehrer en un recién nacido, cuyo cráneo había sido perforado. El centro es bilateral, pudiendo separarse sus dos mitades por un corte antero-posterior (Longet, 1847), con lo cual continuan ejecutándose los movimientos respiratorios de un modo simétrico en ambas mitades del cuerpo. Si se corta un pneumogástrico, se hace más lenta la respiración en el lado correspondiente; pero si se cortan los dos, son desiguales en frecuencia y energía los movimientos respiratorios de los dos lados. La excitación del extremo de uno de los dos pneumogástricos cortados, no suspende la respiración más que en el lado correspondiente; el otro se continua moviendo. Lo mismo acontece cuando se irrita un nervio trigémino (Langendorff). Si se corta transversalmente un solo centro respiratorio, se abolen los movimientos respiratorios del lado de la lesión (Schiff).

Según Schiff, el centro respiratorio está situado cerca del borde lateral de la masa gris, que forma el suelo del cuarto ventrículo, no descendiendo por detrás tanto como el ala cinerea. Según Gierke y Heidenhain y otros, la parte de la médula oblongada, cuya destrucción suspendería la función respiratoria, sería un cordón á manera de nervio, simple ó doble, que se dirige hacia abajo en la médula oblongada, y en cuyo interior se encuentra substancia gris con células nerviosas pequeñas (Gierke). Este cordón estaría formado por las raíces del pneumogástrico,

del trigémino, del espinal y del gloso-faríngeo (Meynert); comunicaría por medio de fibras con el del otro lado (Gierke) y se continuaría por abajo hasta el abultamiento cervical de la médula espinal (Goll). Este cordón une por lo tanto, y como haz intercentral, á la médula, centro de los nervios respiratorios motores, con los núcleos de origen de los nervios craneales mencionados, cuyas relaciones con los movimientos respiratorios están demostradas en parte.

Es lo más probable que en la médula oblongada esté situado el *centro supremo* que regula el ritmo y la simetría de los movimientos respiratorios; pero también deben existir en la médula espinal otros centros *secundarios*, regidos por el de la médula oblongada (§ 364), es decir, que no entran en actividad hasta recibir su impulso de este último. Si en un animal recién nacido se corta la médula por debajo del bulbo raquídeo con un instrumento lo más afilado posible, continuan realizándose á veces ciertos movimientos respiratorios en el tórax, suscitados por los *centros espinales* (Brachet, 1835), hecho que he podido confirmar en gatos y en cachorros.

Los centros respiratorios espinales hasta son capaces de ser influídos (excitados ó inhibidos) por vía refleja (Wertheimer). Nitschmann dividió en dos partes iguales, por medio de un corte antero-posterior, el *centro espinal* que se encuentra en la porción cervical superior de la médula; dichos centros continuaron provocando movimientos respiratorios en ambas mitades del diafragma, aunque se hubiese cortado además la médula espinal transversalmente en un sólo lado, inmediatamente por debajo del calamus scriptorius. De aquí se infiere, que los centros espinales de ambos lados están enlazados entre sí en la médula espinal.

Pero además de los centros respiratorios de esta última, los hay también subordinados en el *cerebro*. En el tejido que existe entre los cuerpos estriados y los tálamos ópticos, encontró J. Ott un centro cuya excitación aumentaba en gran manera el número de los movimientos respiratorios. Si se destruye ese centro, cesa la aceleración disnéica de estos movimientos, producida por el calor ó *disnea térmica* (pág. 263).

Christiani encontró en los tálamos ópticos, en el suelo del tercer ventrículo, un *centro inspiratorio* especial, que produce movimientos respiratorios más profundos y frecuentes, y hasta detención de la respiración en el momento de la inspiración cuando se excitan los nervios óptico y acústico, aunque se hubiese extirpado previamente el cerebro y el cuerpo estriado, y lo mismo cuando se le excita directamente. Se puede extirpar este centro inspiratorio, y después de esta operación, demostrar la existencia de un centro *espiratorio* en la substancia de los *tubérculos cuadrigéminos anteriores*, no lejos del acueducto de Sylvio. Por fin, en los tubérculos cuadrigéminos posteriores, hay un segundo centro *inspiratorio* (Martin y Booker). Es indudable que también estos centros están relacionados con el de la médula oblongada.

Según Marckwald, el ritmo regular de los movimientos respiratorios, no sólo estaría sostenido por los tubérculos cuadrigéminos posteriores, sino también por el núcleo sensitivo del trigémino.

El centro respiratorio consta de dos porciones que funcionan alternativamente; el centro *inspiratorio* y el *espiratorio*, de las cuales cada una

de ellas forma el punto motor central para los grupos musculares respectivos (§ 118). Este centro es *automático*, puesto que continua en actividad, aunque se corten todos los nervios sensitivos que pudieran influir sobre él por vía cefleja.

La excitabilidad y la excitación del centro dependen de la crasis sanguínea, y sobre todo de la proporción de oxígeno y de ácido carbónico que contenga la sangre (J. Rosenthal).

Bajo este concepto se distinguen :

1.° Cese completo de la respiración ó *apnea*; es la suspensión de los movimientos respiratorios por no ser necesarios. Se observa cuando la sangre está saturada de oxígeno y es pobre en ácido carbónico, en cuyo caso no excita al centro, y por eso permanecen en reposo los músculos regidos por dicho centro. En este estado se encuentra el feto y también algunos animales durante el sueño invernal (§ 65). Además, si se hace por medios artificiales que un animal reciba grandes cantidades de aire en sus pulmones, cesa de respirar (Hook, 1667) porque la excesiva arterialización de su sangre impide que sea excitado el centro respiratorio. Si uno mismo procura que su sangre contenga proporción análoga de gases, practicando movimientos respiratorios muy rápidos y profundos, estos van seguidos de pausas apnéicas muy prolongadas.

A. Ewald encontró casi completamente saturada de oxígeno la sangre arterial de los animales apnéicos, y disminuída su proporción de ácido carbónico; la sangre venosa era más pobre en oxígeno que en el estado normal. Esto último proviene de que la composición apnéica de la sangre hace que disminuya mucho la presión sanguínea, y por lo tanto que sea más lenta la circulación, con lo cual pierde mucha mayor cantidad de oxígeno la sangre al pasar por los capilares (Pflüger). Sin embargo, el consumo de oxígeno no aumenta en totalidad con la apnea (véase § 133. 8). Gad hace notar á este respecto, que en la respiración *artificial* forzada se llenan los alvéolos pulmonares de una gran cantidad de aire, por lo cual están en disposición de arterializar por mucho más tiempo la sangre que afluye á los pulmones, y de aquí que sea menor la necesidad de aspirar aire atmosférico. Según Gad y Knoll, el centro respiratorio se hallaría, durante la apnea, en un estado de menor impresionabilidad á las excitaciones que produce la distensión forzada de las ramas pulmonares del pneumogástrico en los movimientos de la respiración artificial. En los mamíferos de muy poca edad, no se puede provocar la apnea (M. Runge, Aronson).

2.° La excitación normal de los centros respiratorios en la respiración tranquila (*eupnea*), es el resultado de una crasis sanguínea, en la que la proporción de oxígeno y de ácido carbónico no excede los límites normales (véanse §§ 40 y 41).

3.° Todas las causas que disminuyan la proporción normal de oxígeno y aumenten la de ácido carbónico en la sangre que baña los centros, hacen que los movimientos respiratorios sean más frecuentes y profundos, pudiendo llegar esta modificación hasta el punto que la función de todos los músculos respiratorios se desempeñe con esfuerzo y molestia. A este estado se le da el nombre de *disnea* (véase el § 117).

Según Gad, en la respiración normal, y al iniciarse la necesidad de aire, los gases de la sangre no estimulan más que al centro inspiratorio; la espiración se veri-

fica de un modo reflejo por la excitación del pneumogástrico pulmonar, estimulado por la distensión del pulmón (pág. 265). Gad cree que los movimientos respiratorios normales, son provocados por el ácido carbónico.

En la disnea, y á consecuencia de un trabajo muy excesivo, interviene como excitante del centro, y á la vez que el mencionado cambio gaseoso, otro principio desconocido todavía, quizá un ácido (Lehmann), que se desarrolla en la contracción muscular (Zuntz y Geppert). Respecto á la modificación del ritmo respiratorio disnéico, véase el § 117. II.

4.° Si la composición anormal de la sangre, de que ya hemos hablado, continua obrando como excitante de un modo permanente, ó todavía se acentua más, la *sobrexcitación* del centro llega á producir su *agotamiento*: la respiración vuelve á hacerse menos frecuente y profunda, luego ya no se sucede más que alguno que otro movimiento anheloso; después, extenuados los músculos, dejan por completo de contraerse, y no tardan en cesar también los movimientos cardíacos (§ 62). A este estado, se le denomina *asfixia*, y va seguido de la muerte por *sofocación*. Pero si se pueden combatir sus causas, es posible, en circunstancias favorables, hacer que desaparezca la asfixia, estimulando artificialmente los músculos respiratorios y la actividad cardíaca, de manera que se vuelva al estado de apnea, pasando otra vez por el de disnea. Si la composición de la sangre se fuese haciendo venosa muy poco á poco, puede sobrevenir la asfixia sin los síntomas de una disnea precedente, como se observa cuando la muerte viene de un modo lento y muy gradual. En este caso, el excitante va ejerciendo su acción de un modo paulatino (§ 326. 5) é insinuante.

Respecto á las CAUSAS DE LA DISNEA, hay que mencionar: 1.° Todo *entorpecimiento directo en la actividad del órgano respiratorio:* disminución de la superficie respiratoria por inflamaciones, edema agudo (tomo I, pág. 254, § 125) ó colapso de los alvéolos, obstrucción de los capilares alveolares, compresión del pulmón, aplastamiento del mismo por la entrada del aire en las cavidades pleurales, y las estrecheces de las vías aéreas. 2.° *Obstáculos á la entrada del aire en los pulmones*, como en los casos de estrangulación, reclusión en recintos reducidos y submersión. 3.° *Menor actividad circulatoria*, con lo cual la médula oblongada no recibe suficiente cantidad de sangre, y por lo tanto, de los gases que ésta acarrea. Así sucede en las degeneraciones del corazón, en las lesiones valvulares, cuando se ligan las carótidas (Kussmaul y Tenner) con un objeto experimental, ó se impide el libre retorno de la sangre venosa procedente de la cavidad craneana (Landois, L. Hermann y Escher), y finalmente, por la inyección de una gran cantidad de aire (tomo I, pág. 211) ó de cuerpos indiferentes en el corazón derecho. 4.° *Las pérdidas directas de sangre*, que también actuan sobre la médula oblongada, suspendiendo el cambio gaseoso en ella (J. Rosenthal). A esta categoría pertenecen, igualmente, las boqueadas que se observan en la cabeza de los animales decapitados, sobre todo cuando éstos son de corta edad.

Si se observa la marcha rápida que siguen los fenómenos cuando actuan estas causas sobre la función respiratoria, se verá que, al principio, la respiración es más acelerada y más profunda; después, una vez pasada la fase de las convulsiones generales y del espasmo espiratorio simultáneo, sigue un período de pausa respiratoria completa, en relajación (pausa respiratoria asfíxica), y luego se presentan unas

cuantas inspiraciones anhelosas, premortales, hasta que sobreviene la muerte (Högyes, Sig. Mayer) (véase el tomo I, pág. 236).

Por lo general, contribuyen simultáneamente á la producción de la disnea la escasez de oxígeno y el exceso de ácido carbónico (Pflüger y Dohmen); pero puede bastar uno sólo de estos factores. Cuando la cantidad de aire inspirado es poco diferente de la normal, es mayor la excitación producida por el aumento de ácido carbónico, que la ocasionada por una disminución igual de oxígeno (Gad). 1.° *La disnea por falta de oxígeno*, se presenta cuando se respira en un espacio cerrado y de capacidad regular (§ 139), ó en un recinto cuyo aire esté enrarecido, ó en una atmósfera de gases indiferentes, pero que no contenga oxígeno. Cuando la sangre recibe una gran cantidad de hidrógeno ó de nitrógeno puede hasta disminuir la proporción de ácido carbónico en ella, y, esto no obstante, sobreviene la muerte con los síntomas de la asfixia (Pflüger). 2.° *La disnea ocasionada por exceso de ácido carbónico*, se presenta si se respira en mezclas gaseosas, ricas en dicho gas, que también se originan cuando se respira por mucho tiempo en grandes espacios cerrados, ó en oxígeno puro (véase § 139). Las atmósferas ricas en ácido carbónico, originan disnea, aun en el caso de que su proporción de oxígeno sea mayor que la del aire atmosférico (Thiry). En estos casos, hasta la misma sangre se ha hallado, en ocasiones, con una proporción de oxígeno mayor que la normal (Pflüger).

También puede ser estimulado el centro respiratorio á una mayor actividad por la *elevación de temperatura* (§ 215. II. 3). Este fenómeno se observa, aunque sólo sea el encéfalo la parte que reciba sangre más caliente, como así lo han comprobado A. Fick y Goldstein, poniendo al descubierto las carótidas y rodeándolas de tubos muy calientes. En este experimento es evidente, que la sangre calentada obra directamente sobre el bulbo raquídeo y sobre los centros respiratorios cerebrales (Gad, v. Mertschinsky). El enfriamiento directo disminuye la excitabilidad (Fredericq). Cuando sube la temperatura, no se puede producir apnea aunque se fuerce la respiración artificial y de este modo se arterialice más la sangre (Ackermann). De una manera análoga obran los eméticos (Hermann y Grimm).

Krönecker y Marckwald vieron que también es eficaz la *excitación eléctrica* del centro; excitando la médula oblongada, separada del encéfalo por un corte, se provocan movimientos respiratorios ó se refuerzan los ya existentes. Langendorff vió presentarse, sobre todo, movimientos espiratorios, á consecuencia de la excitación eléctrica, mecánica ó química (sal); en cambio, la excitación de la porción cervical de la médula (centro subordinado) produce un efecto inspiratorio. Según Laborde, una lesión superficial en la zona del vértice del calamus scriptorius suspende los movimientos respiratorios durante algunos minutos.

Haciendo que se pare el corazón por medio de la excitación del extremo periférico del pneumogástrico cortado, se ve que también se detiene la respiración á los pocos segundos. La detención del corazón ocasiona una anemia transitoria del bulbo raquídeo, por virtud de la cual disminuye la excitabilidad del centro respiratorio, de manera que la respiración se suspende por unos momentos (Langendorff).

En el § 165 ya se ha llamado la atención acerca de la gran armonía que existe entre la excitación del sistema nervioso respiratorio y la del intestinal.

Fuera de esta *excitación directa* y local del mismo centro respiratorio, se puede actuar sobre éste por medio de la *voluntad* ó de *un modo reflejo* por el intermedio de determinados nervios centrípetos.

1.° Con la *voluntad* sólo podemos contener la respiración por muy poco tiempo, ó sea hasta que la crasis venosa de la sangre se acentua en términos de estimular al centro respiratorio á nueva actividad. Puede sos-

tenerse por más tiempo una respiración más frecuente y profunda que la normal; además, la voluntad es capaz de influir en el ritmo de los movimientos respiratorios.

2.° Por *vía refleja* se puede influir en el centro respiratorio por medio de nervios centrípetos, de los cuales unos lo estimulan y otros lo inhiben.—*a*) Los *primeros* se encuentran en las ramas pulmonares del pneumogástrico, y en los nervios sensoriales del ojo, del oído y de la piel; la influencia de estos nervios predomina en condiciones fisiológicas sobre la de los inhibitorios. Así, un baño fresco hace más profundos los movimientos respiratorios y produce una aceleración moderada de la ventilación pulmonar (Speck).

Influencia del pneumogástrico.—*La sección de los dos nervios pneumogástricos, suprimiendo la influencia de estas fibras nerviosas estimulantes, hace que sean más lentos los movimientos respiratorios.* — Con esto no varia la cantidad de aire renovado, pero la respiración se verifica con un esfuerzo inspiratorio excesivo é improcedente (Gad, Lindhagen). De acuerdo con el resultado de este experimento, si después se someten á una ligera excitación tetánica los extremos centrales de los pneumogástricos cortados, vuelven á ser más frecuentes los movimientos respiratorios (Budge, Eckhard); en este caso el esfuerzo de los músculos puede ser mayor, menor ó igual que en el estado fisiológico (Gad). Una excitación más enérgica suspende el acto respiratorio en el momento de la inspiración (Traube) ó en la espiración (sobre todo cuando están cansados los nervios) (Budge, Burkhart) (compárese § 354. 8).

Cuando un pulmón está atelectásico (vacío de aire), no son excitables las ramas pulmonares del pneumogástrico correspondiente. Así que la sección del nervio del lado sano, produce el mismo resultado que la de los dos pneumogástricos (Löwy).

Wedenskii y Heidenhain, que han examinado recientemente la influencia que ejerce en la respiración la excitación del tronco del pneumogástrico, vieron que la aplicación *fugaz* de una excitación eléctrica *ligera* á dicho tronco en el momento de empezar la inspiración (en el conejo) disminuye la profundidad de las inspiraciones sucesivas, y si es *enérgica*, también la de las espiraciones. Si el estímulo se aplica al empezar la espiración (y entonces necesita ser más enérgico), se hace menos profundo el movimiento espiratorio y la inspiración que le sucede. La *excitación tetánica persistente* del tronco del pneumogástrico, puede hacer que sea menos profundo el movimiento espiratorio sin que varíen ni la profundidad de la inspiración ni su frecuencia; si la excitación es *más fuerte*, disminuye al mismo tiempo la profundidad de la inspiración y de la espiración con ó sin variación de la frecuencia; y, finalmente, con las *excitaciones* de intensidad *máxima* se suspende la respiración en la inspiración ó en la espiración.

b) Las fibras nerviosas que obran por vía centrípeta, *inhibiendo* el centro de los movimientos respiratorios, se dirigen por los nervios laríngeos, superior (Rosenbach) é inferior (Pflüger y Burkart, Hering y Breuer) al centro respiratorio.

Hasta puede detenerse la respiración por medio de una excitación directa, eléctrica, mecánica ó química del centro mismo (Langendorff), quizá porque dicha excitación afecta á los extremos centrales de esos nervios inhibitorios, al unirse con las células nerviosas del mencionado centro.

La excitación de los nervios citados en *b* ó de sus extremos centrales, cuando se los corta, produce por lo tanto retardo ó hasta suspensión de

los movimientos respiratorios (en la espiración, Rosenthal). El mismo efecto se produce con la excitación de las ramas nasales (Hering y Kratschmer, Sandmann) del *trigémino*, y sus ramitas orbitarias (Christiani), con la del olfatorio y del gloso-faríngeo (Marckwald), y también se suspende la respiración en la espiración cuando se estimulan las *ramas pulmonares* del pneumogástrico, haciendo que penetren gases irritantes en los pulmones. La excitación del tronco del pneumogástrico por medio de agentes químicos, tales como las disoluciones ligeras de bicarbonato sódico *inhiben* la respiración, de preferencia en la *espiración*; en cambio, si el excitante es mecánico como el frote con una varilla de vidrio, la *detención* es en la *inspiración* (Knoll). También la excitación de los *nervios sensitivos cutáneos*, sobre todo, los del tórax y el vientre, v. gr., con una ducha repentina de agua fría, y lo mismo la excitación del *nervio esplácnico* (J. C. Braham), detienen la respiración en el acto espiratorio (Schiff, Falk); en el primer caso va precedida esta detención de contracciones clónicas de los músculos respiratorios. Merece igualmente una mención especial, la lentitud de la respiración que se observa en los casos de *compresión cerebral*, lentitud que no es raro vaya acompañada de cierta dificultad y de estertores (Hegelmayer, 1859).

Cuando en el hombre es excitada la mucosa nasal en el momento de la inspiración, se detiene la respiración por depronto en esta fase, que luego llega á su término (Bloch).

Mientras la respiración es más lenta, á consecuencia de una excitación refleja, varía el trabajo que realizan los músculos respiratorios, en el sentido de que, sobre todo en esos movimientos respiratorios más lentos, aumenta dicho trabajo á consecuencia de los esfuerzos inspiratorios infructuosos (Gad). Se observó en cambio que permanecían iguales los volúmenes de gas renovado por los pulmones en la misma unidad de tiempo (Valentin), y que tampoco varía al principio el cambio gaseoso directo (v. Voit y Rauber).

Las ramas pulmonares del pneumogástrico, parece que obran, en circunstancias normales, por un *mecanismo de regulación automática* sobre los dos centros respiratorios, de tal manera, que la dilatación inspiratoria del pulmón, y, según Stefani y Sighricelli, el enrarecimiento del aire que ésta produce, obran como excitantes mecánicos sobre las fibras nerviosas que estimulan por vía refleja al *centro espiratorio*; en cambio la reducción espiratoria de los pulmones y el aumento de la presión aérea que determina en su interior, excitan los nervios centrípetos que estimulan al *centro inspiratorio* (Hering y Breuer, Head).

3.° La *respiración por deglución* ó á tragos, se origina como una *irradiación* de la excitación del centro de la deglución al centro respiratorio; este tipo de respiración está caracterizado por una pequeña contracción del diafragma después de cada acto de deglución (Waller y Prevost, Steiner, Marckwald) (§ 369. 6).

ORIGEN DEL PRIMER MOVIMIENTO RESPIRATORIO. —El feto se encuentra en un estado apnéico hasta que nace, porque durante la vida intra-uterina recibe abundante cantidad de oxígeno por medio de la placenta (véase § 448, al final). Toda causa que dificulte este acto, y sobre todo la

compresión de los vasos del cordón y los dolores de parto muy seguidos, hacen que disminuya en la sangre del feto la proporción de oxígeno y que aumente la de ácido carbónico, cuyo cambio en la composición de la sangre obra como excitante del centro respiratorio, haciendo que éste provoque los movimientos de respiración (Schwartz). De ahí que sea posible hacer que el feto practique estos movimientos, cuando, habiendo salido con sus membranas, todavía no se hubiesen roto éstas (Vesalio, 1542). Si persisten las causas que interrumpen el cambio gaseoso, la respiración provocada por ellas se hace disnéica y, por fin, sobreviene la muerte por asfixia (Cazeaux, 1840). Si la composición venosa de la sangre se va produciendo de un modo muy paulatino, como en los casos de muerte lenta y tranquila de la madre, puede ir perdiendo su vitalidad la médula oblongada del feto muy poco á poco, sin que se originen movimientos respiratorios y sin que por lo tanto se interrumpa el estado apnéico del feto. Esta es una parálisis producida por una excitación de crecimiento insidioso (§ 326. 5).

Según esto, la médula oblongada provocaría los movimientos respiratorios por virtud de la excitación directa que en ella produce directamente la crasis sanguínea disnéica. De un modo análogo á la compresión de los vasos umbilicales puede obrar la asfixia de la madre. Más aun; en este caso, la sangre de la madre, volviéndose venosa rápidamente, substrae oxígeno á la del feto (N. Zuntz), con lo cual todavía se apresura la muerte de este último. Si la madre se asfixia *rápidamente* por medio del óxido de carbono (véase § 22), puede vivir el feto por más tiempo, porque la hemoglobina óxido-carbónica de la sangre materna, no puede, como ya sabemos, absorber nada de oxígeno (§ 21) (Högyes). Pero si la intoxicación es lenta, también llega á pasar óxido de carbono á la sangre del feto (Grehant y Quinquaud).

En muchos casos no basta la composición todavía muy disnéica de la sangre del feto para provocar la aparición de los movimientos respiratorios en su forma típica y rítmica, sobre todo, cuando ya está muy debilitada la excitabilidad del centro respiratorio, á consecuencia de los dolores de parto muy seguidos. Tiene que intervenir otro factor y éste es la *excitación de la piel* (v. Preuschen, Preyer), v. gr., *con el enfriamiento* producido por la evaporación del agua del amnios que la baña. Una vez penetrado el aire en el árbol respiratorio con las primeras inspiraciones, ya puede activar él mismo como excitante sobre las ramas pulmonares del pneumogástrico (Pflüger) (pág. 264. 2. a).

Según las observaciones de v. Preuschen, el estímulo que experimenta el centro respiratorio por los nervios cutáneos, es más eficaz que el determinado por las ramas del pneumogástrico, que se distribuyen en el aparato respiratorio. Este autor observó que también en los animales, que se habían vuelto apnéicos por medio de una respiración artificial muy enérgica, se obtenían movimientos respiratorios muy vivos mediante las excitaciones cutáneas, v. gr., rociando la piel con agua fría. Las irritaciones mecánicas de la piel, como las frotaciones ó los golpes, contribuyen en gran manera á mantener en estado de excitación al centro respiratorio, y lo mismo las afusiones de agua fría ó la excitación con el pincel eléctrico. Con todo, si permanece intacta la circulación placentaria, las excitaciones de la piel no son

capaces, por sí solas de provocar ningún movimiento respiratorio (Zuntz y Cohnstein).

Respiración artificial en los casos de asfixia. — En el hombre se acostumbra emplear la *respiración artificial* para volverle á la vida en los casos de asfixia. Casi siempre se trata de ahogados por sofocación, submersión ó estrangulación, ó de niños que nacen asfixiados (ahogados en el claustro materno). Lo primero que hay que hacer en estas ocasiones, es extraer algún cuerpo extraño, que acaso se encuentre en las vías aéreas, como flemas ó líquidos edematosos en los recién nacidos ó en los ahogados por sofocación, agua en los asfixiados por submersión (P. Schell), para lo cual, en los casos desesperados hasta se practicará la traqueotomía, utilizando después la abertura artificial para introducir una sonda y aspirar por ella los líquidos (V. Hüter). Hecho esto se debe proceder sin tardanza á practicar los movimientos de la respiración artificial. Se consigue el estrechamiento y ensanchamiento alternados, de la jaula torácica, y con ellos el cambio gaseoso, aplicando de plano las dos manos á las paredes del pecho y ejerciendo sobre éste compresiones rítmicas. Al asfixiado se le colocará en decúbito supino, procurando por medio de almohadas ú otro medio análogo, que la columna vertebral esté lo más extendida posible; se abrirá bien la boca y se sacará la lengua, porque al irse esta hacia atrás deprimiría la epiglotis. También se puede obtener artificialmente la dilatación del tórax excitando á intervalos convenientes los nervios frénicos por medio de los electrodos de esponja de un aparato de inducción, que se aplicarán á la zona correspondiente á la cara anterior de los escalenos, á los cuales también excitará, haciendo que sea más amplio el movimiento de inspiración (v. Ziemssen, Pernice). En los casos desesperados, hasta se puede insuflar aire en la tráquea, abierta previamente, introduciendo por la abertura traqueal una sonda elástica y valiéndose de un fuelle ó de la misma boca del operador (V. Hüter). Sin embargo, hay que proceder con precaución en este caso para no lesionar el pulmón. La respiración artificial no sólo reanima acarreando oxígeno á la sangre y haciendo que ésta abandone algo de ácido carbónico, sino que *favorece además la progresión de la sangre en el corazón y en los grandes vasos de la caja torácica*, es decir, que activa la circulación (B. S. Schultze), (comp. § 66). Cuando ya está extinguida la acción cardíaca es imposible devolver la vida al sujeto. En los recién nacidos asfixiados, nunca se deben abandonar estas tentativas demasiado pronto, ó sea antes de cesar los latidos cardíacos, aunque al principio parezcan infructuosas, puesto que el bulbo raquídeo conserva por mucho tiempo restos de su excitabilidad. Pflüger y Züntz, han visto persistir en el feto la excitabilidad refleja y el latido cardíaco hasta *muchas horas* después de la muerte de la madre. En los recién nacidos, reanimados de este modo, no se interrumpirán las maniobras hasta que den el primer grito.

Esta es la ocasión de dar cuenta de los notables experimentos de Böhm, los cuales demuestran que en los animales (gatos), cuya respiración y latidos cardíacos ya llevaban cuarenta minutos de cesación completa á consecuencia de asfixia ó de intoxicación por medio de sales potásicas ó de cloroformo, y en las que había descendido á 0 la presión sanguínea en la carótida, se los consiguió reanimar por medio de la *compresión rítmica del corazón*, combinada con la respiración artificial. La compresión del corazón determina un movimiento poco marcado del líquido sanguíneo, casi como un sístole débil y obra á la par como una excitación rítmica de la víscera. Primero reaparecen los latidos cardíacos y después los movimientos respiratorios. El latido cardíaco mismo contribuye también á la renovación del aire en los pulmones (§ 65). Después de recobrarse la respiración, reaparece también la excitabilidad refleja, y por fin, pero poco á poco, los movimientos voluntarios. Los animales siguen ciegos durante algunos días; su cerebro funciona con gran torpeza, y la orina todavía contiene mucha azúcar. Enseñan estos experimen-

tos cuán importante es *atender al mismo tiempo al corazón*, siempre que se trate de devolver la vida á asfixiados.

En los *experimentos de fisiología* se practica la respiración artificial, valiéndose de un fuelle con el que se insufla aire por una cánula traqual, provista de una aberturita lateral para dar salida al aire espirado. Si al mismo tiempo el animal está paralizado por medio del curare, ya no podrá presentar un estado de inquietud molesta debida á los movimientos de todo su cuerpo, de origen tanto reflejo como automático, que se provocarían en otro caso.

Estados patológicos.—Una vez inflado el pulmón con aire, ya no puede hacerse que salga éste comprimiendo la víscera: probablemente la misma compresión directa aplasta á los bronquios pequeños antes que pueda salir por ellos el aire contenido en las vesículas. Pero si se llena un pulmón, no de aire, sino de ácido carbónico, y se le coloca debajo de agua, ésta absorbe el gas, y el pulmón puede quedar completamente despojado de él, es decir, atelectásico (Hermann y Keller). Así se explica la aparición de la atelectasia en algunas porciones del pulmón, en ciertas afecciones de este órgano. Si los bronquios se obstruyen por moco ó por exudados, se acumula una gran cantidad de ácido carbónico en las vesículas pulmonares correspondientes, cantidad tanto mayor cuanto más saturada esté de ese gas la sangre que circula por el pulmón, á consecuencia de la misma lesión patológica del órgano. Si llega un momento en que el ácido carbónico es absorbido por la sangre de los capilares alveolares ó por la linfa, puede volverse atelectásico el territorio pulmonar correspondiente.

Entre los fenómenos patológicos ocasionados por la excitación directa, ó refleja casi siempre, del centro respiratorio, se cuentan los *espasmos de los músculos respiratorios*: espasmos inspiratorios, espiratorios ó complejos.

371. Centro de los nervios inhibitorios del corazón y fibras moderadoras del pneumogástrico.

Las fibras del nervio pneumogástrico que, cuando se excitan moderadamente, disminuyen la actividad cardíaca, y la paralizan si la excitación es muy enérgica (§ 354. 7), fibras que recibe este nervio del espinal (§ 355), tienen su *centro* en la médula oblongada (Budge), muy en la parte lateral del suelo del cuarto ventrículo, cerca del cuerpo restiforme (Laborde).

También este centro puede ser excitado, ó localmente, de un modo *directo*, ó de un modo *reflejo*, por intermedio de nervios centrípetos.

Admiten muchos fisiólogos que este centro es asiento de una *inervación tónica*, es decir, que está influyendo de un modo permanente sobre el latido cardiaco, regulándolo y moderándolo por la vía del nervio pneumogástrico; según Bernstein, esta excitación sería de origen reflejo y la vía centrípeta se dirigiría por las porciones abdominal y cervical del gran simpático. Yo no puedo estar conforme con esta opinión, y creo más bien que, en las condiciones normales de respiración y de crasis sanguínea, no es excitado el centro en cuestión, y que sólo experimenta cierta excitación en circunstancias muy especiales.

I. *Excitación directa del centro.*— El centro es excitado directamente por los mismos factores que influyen en el centro respiratorio. 1.° *La anemia repentina* del bulbo raquídeo, producida por la ligadura de las dos

carótidas y de las dos subclavias, ó por la decapitación (en el conejo), no conservando intactos más que los pneumogástricos, hace menos frecuentes los latidos cardíacos y hasta los suspende de un modo pasajero (Landois, 1865). 2.° Obra de un modo análogo la *hiperemia venosa* repentina, que se puede producir ligando las venas que vienen de la cabeza (Landois, Hermann y Escher). 3.° También produce el mismo resultado una *mayor venosidad de la sangre* obtenida ó por interrupción respiratoria directa (en el conejo) (Landois) ó por medio de la insuflación en los pulmones de una mezcla gaseosa muy rica en ácido carbónico (Traube). Como quiera que con los dolores de parto muy vehementes se entorpece la circulación en la placenta, que es el verdadero pulmón del feto, así se explica, como resultado de una excitación disneica y central del pneumogástrico, la debilidad constante de las contracciones cardíacas que se observa en esos casos (B. S. Schultze). 4.° En el momento en que se produce una *inspiración* por virtud de la excitación del centro respiratorio, varía también la que experimenta el centro inhibitorio del corazón (Donders, Pflüger, Fredericq) (véase § 79. 1. 4). 5.° También sería excitado este centro inhibitorio por una elevación de la presión sanguínea en las arterias del cerebro.

Yo he demostrado (1863) que el centro en cuestión no está inervado de un modo *tónico* (en el conejo) en circunstancias normales, puesto que si se ponen á descubierto los dos nervios pneumogástricos, y se procura, por medio de la respiración artificial, que el número de los latidos cardíacos se conserve el mismo que en el animal intacto, se observa entonces que no aumenta la frecuencia del pulso, aunque se corten los dos nervios pneumogástricos. Cierto que en el perro adulto, pero no en el recién nacido (Soltmann, Langendorff, v. Anrep), se observa, cuando se practica este experimento, aunque no siempre (Rutherford, Pawlow) un repentino aumento en la frecuencia del pulso (Rich. Lower), y en la presión sanguínea; pero antes se debe examinar cómo estaba el pulso cuando el animal se hallaba tranquilo, y si no bastaban para hacerlo más lento, los mismos preparativos necesarios para el experimento. Además, el mismo corte que se da al nervio pneumogástrico puede estimular las fibras aceleradoras que contiene éste, ó las tónicas de la presión sanguínea que también hacen más frecuente el latido cardíaco. En el perro, cuyos pneumogástricos se paralizan inyectando curare en las venas y cuidando de sostener la respiración artificial, no se aceleran los latidos del corazón, y en la rana nunca se hace más frecuente el pulso aunque se corten los nervios vagos. Y el mismo aumento de la presión sanguínea que sobreviene después de esta operación tampoco depende *exclusivamente* de la mayor frecuencia del pulso que sobreviene al mismo tiempo (Mänzel).

II. El centro inhibitorio del corazón puede ser *excitado por vía refleja*: 1.°, por la excitación de *nervios sensitivos* (Lovén, Kratschmer); 2.°, por la del mismo *pneumogástrico*, cuando se excita el extremo central de un solo lado, habiendo dejado sin cortar el del otro (v. Bezold, Donders, Aubert y Roever); 3.°, la excitación de los nervios sensitivos de las *vísceras abdominales* cuando se golpea el vientre, en la rana (*experimento de Goltz*) paraliza la acción del corazón, y lo mismo sucede con la excitación directa del esplácnico (C. Ludwig y Asp) ó la de las porciones cervical ó abdominal del gran simpático (Bernstein). Esto no obstante, la excitación muy fuerte de los nervios sensitivos inhibe los reflejos

del pneumogástrico que acabamos de indicar, como inhibe, en general, toda clase de reflejos (§ 363. 3).

El experimento de Goltz produce muy pronto su efecto, cuando la excitación mecánica afecta al intestino (de la rana), puesto á descubierto é inflamado por haber estado expuesto al aire mucho tiempo (Tarchanoff). También en los perros se hace menos frecuente el pulso cuando se irrita el estómago (Sigm. Mayer y Pribram).

Según Hering, se *deprime* por vía refleja la excitación del centro inhibitorio cardíaco, insuflando con fuerza aire en los pulmones. En este caso desciende también mucho la presión sanguínea (§ 354. 8. 4).

Cuando el hombre hace un violento esfuerzo, el aumento de la presión intrapulmonar determina una aceleración de los latidos cardíacos, que Sommerbrodt atribuye á una depresión en la actividad de la presión cardíaca del pneumogástrico, inervada de un modo tónico. Con esto se ejerce al mismo tiempo una acción deprimente sobre el centro vaso-motor (§ 79. 2).

En todo el trayecto desde el centro, por el tronco del pneumogástrico y luego por sus ramas cardíacas, produce cualquier excitante una menor frecuencia y energía de las contracciones cardíacas, las cuales llegan á detenerse por completo; en la rana se consigue este resultado, aunque sea excitando las fibras del pneumogástrico que existen en el seno venoso del corazón. Las excitaciones más débiles hacen menos frecuente el pulso, y las más enérgicas paran al corazón en diástole. Si se aplica un *excitante muy intenso* al centro ó al mismo nervio, pero *por mucho tiempo, se fatiga el punto excitado* y el corazón vuelve á latir con frecuencia á pesar de la excitación. Pero si ésta se aplica ahora á un punto del nervio más próximo al corazón, otra vez se retardan sus latidos, porque la excitación vuelve á obrar sobre una porción no cansada todavía.

Respecto á la excitación de las fibras inhibitorias, aún conviene llamar la atención acerca de los puntos siguientes: 1.° Los experimentos de Heidenhain, confirmados por Löwit, han demostrado que las excitaciones eléctricas ó químicas del pneumogástrico producen un resultado diferente, tanto sobre la magnitud de las contracciones cardíacas como sobre su frecuencia; ó se hacen más pequeñas ó menos frecuentes, ó ambas cosas á la vez. Además de esto, toda excitación intensa produce una relajación diastólica más pronunciada del músculo cardíaco, que la que se observa espontáneamente. 2.° Para conseguir el efecto inhibitorio, no se requiere una excitación *permanente*, basta que sea interrumpida con un ritmo no muy rápido (v. Bezold): de 18 á 20 excitaciones por segundo en los animales de sangre caliente y de 2 á 3 en los de sangre fría. 3.° Donders ha visto con Prahl y Nuel que la inhibición no se presenta *en el mismo instante* de la excitación, sino que transcurre de $^1/_6$ á $^2/_5$ de segundo (Pruszynski), como *período de excitacion latente* hasta que se presenta dicho efecto. 4.° También es eficaz la excitación química del centro: colocando un cristal de sal común sobre la médula oblongada de la rana, cesa de latir el corazón (Langendorff). 5.° Cuando esta víscera se para á consecuencia de la excitación del pneumogástrico, responde á una excitación directa; v. gr., un pinchazo con una aguja, con una sola contracción bien coordinada; con todo, las contracciones cardíacas que se observan cuando el corazón está detenido por la influencia del pneumogástrico, bien por virtud de excitación directa, bien en un seg-

mento del corazón á consecuencia de la excitación de otra parte, son más difíciles de obtener, sobre todo en las aurículas (Eckhard). 6.° Según A. B. Meyer, en la tortuga de río sólo habría fibras inhibitorias en el pneumogástrico *derecho*; pero yo no observé que fuese esto constante en el conejo. 7.° A veces también se puede excitar el nervio de un modo mecánico en el hombre, comprimiéndolo con los dedos contra las vértebras cervicales (Czermak, Concato); pero también se han observado con esta maniobra síncopes muy alarmantes que desaconsejan la repetición de semejante experimento. 8.° Respecto al modo de reaccionar el vago en el estado electro-tónico, ya se ha tratado en el § 337. III; y en el § 338. B, ya se ha expuesto lo relativo á la ley de contracción del mismo. 9.° Schiff observó que la excitación del pneumogástrico en la rana acelera el pulso cuando se sustituye la sangre del corazón con una disolución de sal común. Si se vuelve á reemplazar esta última por suero sanguíneo, recobra el vago su influencia inhibitoria. 10. Muchas *sales sódicas* en un grado de concentración conveniente, abolen la influencia inhibitoria del nervio pneumogástrico; en cambio se la devuelven las sales potásicas cuando las primeras la habían hecho cesar. Pero tanto las sales sódicas como las potásicas, cuando obran por mucho tiempo, pueden colocar al pneumogástrico en un estado tal, que ya no sea posible restituir la función inhibitoria que hubiese perdido. En este estado, es lo general que el corazón lata de un modo arítmico (Löwit). 11. Cuando se aceleran mucho los latidos cardíacos, á causa de una presión intracardíaca excesiva, disminuye en un grado proporcional la influencia inhibitoria del pneumogástrico (J. M. Ludwig y Luchsinger). 12. En la rana, con el descenso de temperatura, se debilita dicha influencia inhibitoria, y aumenta con el ascenso de la misma (Stewart).

Entre los VENENOS, la *muscarina* estimula las terminaciones cardíacas del pneumogástrico y hasta puede hacer que se pare el corazón (Schmiedeberg y Koppe). Esta detención se hace desaparecer por medio de la *atropina*. La *digitalina* disminuye la frecuencia de los latidos cardíacos, merced á la excitación del centro del pneumogástrico; á mayor dosis deprime la excitabilidad de este centro y exagera al mismo tiempo la de los ganglios cardíacos aceleradores, con lo cual se vuelven más frecuentes los latidos del corazón. La digitalina á dosis cortas eleva también la presión sanguínea, excitando el centro de los vaso-motores y los elementos de las paredes vasculares (Klug). La *nicotina* excita al principio al vago y después le paraliza (Schmiedeberg), y lo mismo pasa con el *ácido prúsico* (Preyer). La *atropina* (v. Bezold) y el *curare* (Cl. Bernard, Kölliker) paralizan el nervio pneumogástrico, y el mismo resultado producen un intenso *enfriamiento* ó una *fiebre* muy alta.

372. Centro de los nervios aceleradores del corazón y fibras nerviosas aceleradoras.

Es más que probable que en la médula oblongada exista un *centro* de donde partan para el corazón fibras *aceleradoras* y que aumentan la energía del sístole (François-Franck). Desde este centro, cuyo asiento preciso no se conoce todavía, descienden esas fibras por la médula espinal, y por medio de los ramos comunicantes del último nervio cervical y de los seis primeros nervios torácicos (Stricker, Langley), se dirigen al gran simpático. Desde aquí camina una porción muy importante de estas fibras por el primer ganglio torácico y el asa de Vieussens, para dirigirse al plexo cardíaco. A este nervio se le da el nombre de *nervio acelerador del corazón*. La excitación de la médula oblongada; la del ex-

tremo inferior de la espinal, cortada en su porción cervical y la del ganglio cervical inferior (ganglio estrellado) ó del dorsal superior, aceleran los latidos del corazón (perro, conejo), ó los reaniman, si ya hubiesen cesado, sin que se modifique la presión sanguínea (v. Bezold, hermanos Cyon, Schmiedeberg).

Cuando se excitan la médula oblongada ó la porción cervical de la espinal, se excitan simultáneamente los *vaso-motores* que existen en esos puntos; se contraen, por lo tanto, los vasos cuyos nervios provienen de la porción de la médula inferior al punto excitado, y con eso, asciende de un modo notable la presión sanguínea. Pero como este ascenso basta por sí sólo para acelerar los latidos cardíacos, de ahí que el resultado de la excitación mencionada no pueda aducirse como una prueba de la existencia de fibras aceleradoras en dichos puntos de las médulas oblongada y espinal. Sólo es demostrativo el experimento, cuando antes de practicar la excitación se arrancan los esplácnicos para que descienda en grado enorme la presión sanguínea (§ 165), á fin de que ésta ya no pueda ejercer su acción aceleradora del corazón. La demostración puede hacerse también de un modo indirecto, quitando todos los nervios del plexo cardíaco, y por lo tanto, los aceleradores con ellos; se observa entonces que cuando se excitan la médula oblongada ó la cervical, ya no aumenta tanto la frecuencia del pulso (por elevación de la presión sanguínea) como antes de dicha extirpación.

De todas suertes, el centro acelerador no está excitado de un modo tónico, porque cuando se cortan los nervios que de él provienen no se hacen menos frecuentes los latidos del corazón, y el mismo resultado se obtiene cuando se destruyen la médula oblongada ó la porción cervical de la espinal. Sin embargo, en este experimento debe arrancarse previamente el nervio esplácnico, para que baje mucho la presión sanguínea y el retardo de los latidos cardíacos debido al descenso de dicha presión, resultado de la destrucción de la médula, no se atribuya equivocadamente á la destrucción del centro acelerador (hermanos Cyon).

Las fibras aceleradoras se dirigen al corazón, según los estudios de muchos fisiólogos antiguos y de v. Bezold, en parte por el *simpático cervical* y en parte por el *pneumogástrico* (§ 354. 7); excitadas esas fibras hacen más frecuentes y enérgicas las contracciones cardíacas (Heidenhain, Löwit) ó sólo producen el efecto último (Pawlow, Fr. Hofmeister).

Las fibras inhibitorias del pneumogástrico pierden su excitabilidad más pronto que las aceleradoras, pero son más excitables que éstas (Löwit).

Son raros y notabilísimos los casos como los descritos por Tarchanoff, en que el hombre es capaz de aumentar la frecuencia del pulso hasta el doble de la normal, *sólo por la influencia de la voluntad*, manteniéndose tranquilo y sin modificar su respiración.

La excitación directa del nervio acelerador *tarda* algo en producir su efecto y éste desaparece también poco á poco, una vez cesada dicha excitación. Cuando se estimulan á la vez el acelerador y el pneumogástrico, sólo se manifiesta el efecto inhibitorio del último. Si mientras el acelerador desempeña su papel, se excita de pronto el pneumogástrico, disminuye rápidamente el número de los latidos cardíacos, para volverse á hacer más frecuente tan pronto como se interrumpe la excita-

DR. PEREZ ARAPILES
C/ Lancia núm. 12 - 3.º
Teléfono 30 85 12
I. B. O. N.

ción de dicho nervio (C. Ludwig con Schmiedeberg, Bowditch, Baxt). Los nervios aceleradores (en la rana) se debilitan por el frío y se exagera su acción por el calor (Stewart).

Según los experimentos de Stricker y Wagner, cuando en el perro se cortan los dos pneumogástricos, disminuye la frecuencia del pulso en cuanto se cortan también ambos aceleradores. Parece, por lo tanto, que estos últimos se encuentran en un estado de inervación tónica.

373. Centro de los vaso-motores y nervios vaso-constrictores.

El *centro superior* que rige á todos los elementos musculares del sistema arterial, por medio de los llamados *nervios motores, vaso-motores, vaso-constrictores ó vaso-hipertónicos*, tiene su asiento en una zona de la médula oblongada, que en parte es muy rica en células nerviosas (C. Ludwig y Thiry), la cual comprende, en una extensión de 3 milímetros de largo y 1 $^1/_2$ de ancho (en el conejo), desde la parte superior de la fosa romboidal hasta cerca de 4 á 5 milímetros por encima del calamus scriptorius. Cada mitad del cuerpo posee su centro propio, situado á 2 $^1/_2$ milímetros de la línea media en aquella parte del bulbo raquídeo, que representa la prolongación de los cordones laterales de la médula espinal (parte inferior de la oliva superior) (C. Ludwig, Owsjannikow y Dittmar). La *excitación* de este punto central produce el estrechamiento de todas las arterias, y como consecuencia, el aumento de la presión arterial y la hinchazón de las venas y del corazón que de aquí resulta; la *parálisis* del centro relaja y ensancha todas las arterias, con lo cual desciende de un modo enorme la presión sanguínea. En circunstancias normales, se halla el centro vaso-motor en un estado de *excitación tónica media* (§ 368).

Puede ser estimulado directamente ó por vía refleja de un modo análogo á los centros inhibitorios del corazón y respiratorio.

I. *Excitación directa del centro vaso-motor.* — En este sentido, ejerce una gran influencia la *proporción de gases* que contenga la sangre que circule por la médula oblongada. Parece hallarse en su grado de excitación mínima, en el estado de apnea, puesto que entonces aparece muy baja la presión sanguínea. Con la crasis sanguínea que existe en circunstancias normales, el centro está en un grado medio de excitación; en este caso, esta última experimenta oscilaciones paralelas á las de los movimientos respiratorios, como lo demuestran el aumento simultáneo de la presión sanguínea (oscilaciones de Traube-Hering; § 90. f). Cuando la sangre tiene muy exagerados los caracteres de la venosa, á causa de asfixia ó de haber insuflado un aire muy rico en ácido carbónico, es muy intensa la excitación del centro mencionado; de ahí que se contraigan todas las arterias y aparezcan repletos de sangre y turgentes el corazón y el sistema venoso (Thiry); con esto aumenta la velocidad de la corriente sanguínea (Heidenhain). También produce el mismo resultado la anemia repentina del bulbo raquídeo que se obtiene ligando las dos carótidas y ambas subclavias (Nawalichin, Sigm. Mayer), y lo mismo la

estancación súbita de la sangre en los casos de hiperemia venosa (Landois).

El carácter muy venoso que siempre adquiere la sangre después de la muerte, es la causa que excita enérgicamente al centro vaso-motor, haciendo que se contraigan con fuerza las arterias. Como la sangre pasa, por esta razón, á los capilares y á las venas, de ahí que *las arterias estén vacías después de la muerte*, fenómeno que ya conocían los antiguos.

También ésta es la causa de que, como yo he observado, las hemorragias de las grandes heridas sean más copiosas cuando está intacto que no cuando se hubo destruído previamente el centro vaso-motor (rana). Como las *excitaciones psíquicas* influyen en este centro, de ahí que á veces se cohiba con ellas una hemorragia. Si ésta es muy copiosa, la misma excitación anémica de la médula oblongada, puede al fin estrechar las arterias de donde provenga. Así se explica el hecho, bien conocido por los cirujanos, de que en muchos casos ceden hemorragias muy peligrosas en cuanto sobreviene un síncope de origen anémico. Cuando en la rana se liga el corazón, llega á pasar toda la sangre á las venas y también á causa de la anemia del bulbo raquídeo (Goltz). En los mamíferos, la igualdad de presión que se establece entre los sistemas arterial y venoso cuando se suprime la acción cardiaca, tarda más en producirse después de destruir la médula oblongada, que no cuando se conserva ésta intacta (v. Bezold, Gscheidlen).

Entre los VENENOS, la *estricnina* excita directamente el centro vaso-motor, hasta en los perros curarizados, y la nicotina y el haba del Calabar obran de un modo análogo.

En los animales cuyo centro es excitado directamente por medio de la electricidad, se observa que las descargas de inducción de intensidad moderada, no son eficaces hasta que se suceden con una frecuencia de dos á tres por segundo; de manera que *se sumen* los efectos aislados de cada una de ellas. El máximum del efecto vaso-constrictor, que se revela por el máximum de presión arterial, se obtiene con una frecuencia de 10 á 12 descargas fuertes por segundo, ó de 20 ó 25 si son de intensidad moderada (Kronecker y Nicolaides).

El TRAYECTO DE LOS VASO-MOTORES es, respecto á algunos nervios craneales, por estos mismos hasta que llegan á su destino; por el trigémino, en parte, para el interior del ojo (§ 349. I. 2); por el lingual y el hipogloso, á la *lengua* (§ 349. III. 4); por las fibras del vago, en muy corto número, al *pulmón* (§ 354. 8. 2) y á las demás *vísceras* (§ 354. 10. 11).

Los demás vaso-motores descienden por la médula (§ 366. 9), la cual, cuando se corta y se excita el extremo inferior, se produce el estrechamiento de los vasos situados por debajo de la sección medular (Pflüger); se *comunican en la substancia gris con los centros medulares subordinados ó secundarios* (§ 364. 7) y siguen por los nervios espinales (raíces anteriores) hasta su destino final, ó bien pasando antes al gran simpático, por medio de los ramos comunicantes, para continuar con las ramificaciones del último, que se distribuyen en las paredes vasculares. Respecto á las particularidades de distribución para algunas regiones del cuerpo, conviene recordar que la porción cervical del simpático atiende á la mayor parte de la *cabeza* (§ 358. A. 3) (Cl. Bernard); en algunos animales también suministra algunos ramitos vaso-motores en su zona de distribución el nervio auricular mayor (Schiff, Lovén). El simpático provee á los *vasos del cerebro;* su excitación hace más lenta la corriente sanguínea en las *arterias pequeñas del encéfalo* y aumenta la resistencia de éstas; en cambio se acelera la circulación en ellas con la disnea, el cloroformo y el nitrito de amilo (Hürthle). Pero los vasos del cerebro, además de los ramitos nerviosos que llevan procedentes del simpático cervical, los reciben de

otros nervios (Nothnagel, Schultzen, Hirsthle). Los *miembros superiores* reciben sus vaso-motores por las raíces anteriores de los nervios dorsales cuarto al décimo, y de aquí se dirigen al primer ganglio torácico del gran simpático y por los ramos comunicantes al plexo braquial (Schiff, Cyon, Langley). De los nervios dorsales y lumbares provienen los vaso-motores de la *piel del tronco*. Los tres últimos nervios torácicos y los tres primeros lumbares, llevan las fibras vaso-motoras de *la extremidad inferior* (en el perro), que pasan primero por los ganglios sexto y séptimo lumbar y primero y segundo sacros para dirigirse luego á los troncos de los plexos lumbar y sacro (Pflüger, Schiff, Cl. Bernhard, Langley). Los vaso-motores del *pulmón*, vienen, fuera de algunas fibras del pneumogástrico, de la médula cervical, por intermedio del primer ganglio torácico (Brown-Séquard, Fick y Badoud, Lichtheim). En el perro, los vaso-motores espinales provienen de los nervios torácicos segundo al séptimo. La influencia de los vaso-motores de la circulación menor es pequeña relativamente (Bradford y Dean) (§ 93). En la rana, es el pneumogástrico el que provee de vaso-motores al pulmón (Couvreur). El esplácnico es el más importante de todos los nervios vaso-motores, siendo el que provee á las *vísceras abdominales* (§ 165. § 353. B). (v. Bezold, C. Ludwig y Cyon). Cuanto á los vaso-motores del *hígado*, del *riñón* y del *bazo*, se ha tratado respectivamente en los §§ 178, 278 y 108. 1. Según Stricker, la mayor parte de los vaso-motores abandonan á la médula entre las vértebras quinta cervical á octava dorsal, conteniendo todos ellos mielina hasta que penetran en el cordón del gran simpático (Gaskell).

En general, los vasos cutáneos del tronco y de las extremidades son inervados por aquellos nervios que también emiten otra clase de fibras, v. gr., sensitivas. Los distintos territorios vasculares varían mucho respecto á la intensidad con que influyen sobre ellos sus nervios vaso-motores ; esta influencia es más considerable sobre los vasos de las partes periféricas, v. gr., los dedos de las manos y de los pies y las orejas, que no sobre los órganos y partes centrales (Lewaschew), v. gr., en la circulación menor (§ 93).

II. *Excitación refleja del centro vaso-motor.* — En los nervios centrípetos más distintos existen fibras cuya excitación influye sobre el centro vaso-motor. Hay nervios que *estimulan* á este centro, haciendo que se estrechen las arterias con más energía y elevando, por consiguiente, la presión sanguínea ; á estos nervios se los llama *tónico-vasculares*. Por el contrario, se ha demostrado que existen otros cuya excitación disminuye por vía refleja la excitabilidad del centro vaso-motor, produciendo un efecto contrario á los anteriores : obran como nervios inhibitorios de ese centro, y reciben el nombre de *nervios depresores*.

Las fibras *tónico-vasculares* del centro vaso-motor, ya se han mencionado con ocasión de los nervios laríngeos superior é inferior (§ 354. 12. a); las hay también en el trigémino, cuya excitación directa (pág. 191) eleva la tensión sanguínea, y lo mismo sucede cuando se insuflan en las narices vapores irritantes (Hering y Kratschmer). Auber y Roever descubrieron fibras tónico-vasculares en el simpático cervical; S. Mayer y Pribram vieron que subía la presión sanguínea cuando se excitaba mecánicamente el estómago, y en particular su túnica serosa (§ 354. 12. c). Más aún ; la excitación de un nervio sensitivo, cualquiera que sea, produciría *al principio* un efecto tónico sobre el centro vaso-motor (Lovén).

Así también observó O. Naumann que, con las excitaciones eléctricas *ligeras* de la piel, al principio se produce este efecto estimulante, estrechándose los vasos del

mesenterio, de los pulmones y de la vejiga natatoria, al mismo tiempo que se realza la actividad cardíaca, y se acelera la circulación (rana); en cambio, excitaciones *más fuertes* producen el resultado contrario, ó sea depresor del centro vaso-motor y, á la par, de la actividad cardíaca. Grützner y Heidenhain sólo observaron el efecto tónico con el simple contacto de la piel, pero no producían resultado alguno las intervenciones ó maniobras que ocasionasen dolor. También se pueden obtener por vía refleja y de un modo análogo, modificaciones en el calibre de los vasos y en la actividad cardíaca, mediante la aplicación del calor ó del frío á la piel (Röhrig, Winternitz). Schüller observó la contracción de los vasos de la pia-madre, en el conejo, cuando pellizcaba la piel, y lo mismo con los baños ó fomentos calientes; en cambio, si eran fríos, se dilataban dichos vasos. Dicho autor interpreta, en parte, estos fenómenos como efectos tónicos ó deprimentes sobre el centro vaso-motor, pero cree que su causa principal es el estrechamiento de los vasos cutáneos, producido por el frío, que determina un aumento de la presión sanguínea, y, por ende, una dilatación de los vasos de la pia-madre. El calor produce como es natural, el efecto opuesto. En el hombre, la mayor parte de las excitaciones de los nervios sensitivos, como las de la piel, cuando son ligeras, el cosquilleo (y también los olores desagradables, los sabores amargos ó ácidos, las excitaciones ópticas ó acústicas), disminuyen la temperatura de la piel en el punto de aplicación del excitante, así como el volumen de la extremidad correspondiente, y á veces determinan un aumento de la presión general sanguínea y modificaciones de la actividad cardíaca. Las excitaciones dolorosas ocasionan el efecto contrario, y lo mismo la acción del calor (y también los olores agradables y los sabores dulces). Con las excitaciones del primer grupo se dilatan los vasos cerebrales y al mismo tiempo aumenta el contenido del cráneo; con las últimas se produce el efecto opuesto (Istomanow y Tarchanoff).

Las *fibras nerviosas depresoras*, ó sea aquellas cuya excitación deprime la actividad del centro vaso-motor, existen en muchos nervios. Ya se ha hecho mérito del *nervio depresor*, del pneumogástrico (§ 354. 6). El tronco de éste todavía contiene fibras depresoras por debajo del nacimiento de dicho nervio (v. Bezold y Dreschfeld), y lo mismo los ramitos pulmonares (perro) (Taljanzeff). Estos últimos deprimen la influencia del centro vaso-motor, aun en los momentos en que la presión sanguínea está muy elevada durante la espiración (§ 79. 2); habiendo demostrado Hering, en armonía con esto, que una fuerte insuflación del pulmón (á una presión de 50 milímetros de mercurio), hace bajar la presión sanguínea (y acelera los latidos cardíacos: § 371. II). La excitación de los nervios sensitivos, y en especial si es *intensa y persistente*, ocasiona una dilatación vascular en los territorios inervados por ellos (Lovèn). También se deprime la tensión sanguínea cuando se irritan los nervios musculares por medio de una presión (Kleen). Según Latschenberger y Deahna, *en todos los nervios sensitivos hay, á la vez que fibras tonico-vasculares, fibras depresoras.*

Schiff observó que, cuando se irrita algún nervio sensitivo, las contracciones que se suceden en los vasos de la oreja del conejo de un modo regular y periódico, de tres á cinco veces por minuto, son sustituídas por una dilatación de dichos vasos, precedida de una breve fase de constricción de los mismos.

También tiene una acción deprimente sobre los vaso-motores de una región determinada toda presión que se ejerza directamente sobre la arteria de la misma; así se observa, v. gr., que cuando el esfigmógrafo está aplicado mucho tiempo, la

gráfica se hace mayor y aparecen en ella los signos de una menor tensión arterial (Landois) (§ 80).

Cuando el cuerpo está intacto, se observan en las ramas arteriales, verbigracia, en las arterias auriculares del conejo, en la membrana del ala de los murciélagos y en la natatoria de las ranas, contracciones y dilataciones de las mismas, que se suceden con mucha lentitud y sin regularidad. Estas variaciones de calibre, descubiertas por Schiff, tienen por objeto proveer al órgano correspondiente de una cantidad de sangre mayor ó menor, según lo requiera su nutrición ó las influencias exteriores. A esas variaciones se las puede dar el nombre de *movimiento vascular periódico y regulador*, el cual también está encargado de establecer más pronto la *circulación colateral* cuando se obstruye alguna vía vascular, verbigracia, por medio de la ligadura, puesto que esa circulación colateral es positivo que se desarrolla con mayor dificultad después de haber cortado los nervios (Stefani).

Nothnagel cree, con v. Recklinghausen, que la mayor velocidad con que camina la sangre por las ramas colaterales del vaso impermeable, es la causa de la hipertrofia de las paredes vasculares y de la dilatación de dichas ramas colaterales.

Quizá las arterias posean otra especie de movimiento ó sea el pulsátil, el cual consiste en su contracción activa después de la dilatación que experimentan á cada latido cardíaco. Coincidiría, por lo tanto, esa contracción con el trazado de la rama descendente de la curva. Según lo que se ha dicho acerca de la velocidad de propagación de las ondas del pulso (§ 83), esta contracción debía comunicar en dirección centrífuga á la manera de los movimientos peristálticos y con la misma velocidad de las ondas del pecho. Bueno será hacer notar, sin embargo, que hasta ahora no está bien demostrada la existencia de semejantes contracciones.

Se puede obrar directamente sobre el calibre de los vasos por medio de la aplicación del mismo excitante : así, el *frío* y las *excitaciones eléctricas moderadas* determinan su *estrechamiento* y en cambio *lo dilatan* el *calor* ó las *excitaciones muy fuertes, mecánicas ó eléctricas*, estas últimas previa una corta fase de estrechamiento.

Entre los VENENOS, obran como *raso-constrictores* todas aquellas substancias que pertenecen al grupo de la digitalina ; la quinina y la salicina estrechan los vasos esplácnicos. Los demás febrífugos dilatan los vasos (Thomson).

Ejerce una gran influencia sobre los vaso-motores la *temperatura*, tanto cuando se aplica á regiones determinadas, como cuando obra sobre todo el organismo.

1.° *Acciones locales.*—Cortando un nervio vaso-motor periférico, verbigracia, el simpático cervical (Cl. Bernard), se dilatan los vasos del territorio correspondiente, porque las parálisis de sus elementos musculares hace que sus paredes cedan mejor á la presión intra-arterial. Con esto afluye á dicho territorio vascular mayor cantidad de sangre arterial, determinando un *enrojecimiento* muy pronunciado de la misma, y si se trata de una parte periférica cómo la oreja ó la piel del rostro que se enfrían fácilmente, se *eleva su temperatura*. Aumenta la trasudación á través de las paredes de los capilares correspondientes á los vasos dilata-

dos, y como es natural, disminuye en éstos la velocidad de la corriente sanguínea, aumenta la presión en su interior, y como su calibre se ha hecho más ancho, los latidos del *pulso* se perciben mejor en estos vasos dilatados que no cuando se hallan en su estado normal. Con el aumento que experimenta la corriente sanguínea, puede suceder que la sangre que pasa á las venas tenga todavía un color rojo-claro, y hasta que se pueda percibir el *latido del pulso* en estos últimos vasos (Cl. Bernard). Cualquier *excitación* de un nervio vaso-motor periférico, produce resultados opuestos; palidez, menor trasudación capilar y descenso de temperatura en las partes superficiales. El calibre de las arterias más pequeñas se reduce hasta el extremo de borrarse por completo. Si persiste la excitación, llega al fin á fatigarse el nervio y aparecen por lo tanto los signos que revelan la parálisis de las paredes vasculares.

Los fenómenos mencionados que se observan con la *parálisis* de los nervios vaso-motores no son de carácter permanente. La parálisis de los elementos musculares de los vasos debe ocasionar evidentemente una estancación en el movimiento de la sangre, porque dichos elementos representan un factor importante en la circulación normal del líquido sanguíneo. Esta mayor lentitud en el movimiento de este líquido es causa de que las partes que están en contacto con el aire atmosférico se enfrien con más facilidad.

De ahí que á la primera fase de *elevación de temperatura* que se observa cuando se cortan los vaso-motores, siga una segunda de *descenso térmico*. Mis numerosos experimentos confirman los hechos observados por Schiff, de que en un conejo, cuyo simpático cervical haya sido extirpado hace varias semanas, siempre está más caliente la oreja del lado *intacto* y también cuando el animal es excitado con más energía, con lo cual se acelera su circulación en los territorios vasculares intactos. Si en las extremidades paralíticas del hombre no sólo están paralizados los vaso-motores sino los nervios motores de los músculos, con el tiempo llegan á enfriarse más dichas extremidades, porque los músculos ya no pueden originar calor con su contracción (§ 304) y falta además la dilatación de los vasos musculares que siempre se presenta en ese acto. Si al fin se atrofian los músculos paralizados, también disminuye el calibre de sus vasos. Así se explica fácilmente el hecho, ya conocido por los antiguos investigadores de que en el hombre, las extremidades paralizadas aparezcan frías en pasando cierto tiempo. Pero el fenómeno primitivo en estos casos, v. gr., cuando se corta el nervio ciático ó hay una lesión del plexo braquial es una elevación de temperatura mayor que la normal.

Si una misma causa paraliza simultáneamente los vaso-motores de una gran extensión de la superficie cutánea, v. gr., toda la mitad inferior del cuerpo, cuando se corta la médula espinal, es tanto el calor que ceden los vasos dilatados, que ó bien se calienta la piel por muy poco tiempo y en grado poco pronunciado ó hasta se llega á enfriar. De ahí que algunos fisiólogos (Tschtschichin, Naunyn, Quincke, Heidenhain, Wood) han observado una elevación de temperatura después de la sección de la médula espinal y en cambio Riegel no la haya podido apreciar.

2.° *Efectos sobre la temperatura general del cuerpo.*—Las excitaciones ó las parálisis de los nervios vasculares de un territorio *reducido*, en nada influyen sobre la temperatura general del organismo. En cambio, si de pronto se dilatan los vasos de una *gran extensión* del tegumento á

DR. PEREZ ARAPILES
C/ Lancia núm. 12 - 3.º

causa de la parálisis de sus nervios vaso-motores, desciende la *temperatura general* del cuerpo, porque por los vasos dilatados se perderá mucha mayor cantidad de calor que en condiciones normales. Así sucede, verbigracia, siempre que se corta la médula en un punto muy elevado. También baja la temperatura del cuerpo, en el hombre, cuando aspira de 2 á 3 gotas de nitrito de amilo, á consecuencia de la dilatación de los vasos cutáneos que produce esta substancia (Sassetzki y Manassein). En el caso contrario, cuando son excitados los vaso-motores de un gran territorio vascular, se eleva la temperatura del cuerpo, porque los vasos estrechados ceden menos calorías que en el estado normal. Así se explica en parte el calor febril (§ 221. 4).

También la *actividad cardíaca*, ó sea el número y la energía de las contracciones del corazón, es muy influída por el estado de excitación de los nervios vaso-motores. Al paralizarse estos últimos en una gran extensión, se dilatan los vasos provistos de elementos musculares; la sangre no afluye al corazón en la cantidad y con la velocidad acostumbradas, y hasta disminuye en grado considerable la presión, bajo la cual se dirige al centro circulatorio. De aquí resulta, que este último ejecuta contracciones pequeñísimas, lentas y trabajosas, asemejándose en cierto modo á un juego de bombas que estuviese entorpecido, y no recibiese suficiente cantidad de líquido (Goltz). Stricker hasta ha visto pararse el corazón en el perro, cuando extirpaba la porción de la médula comprendida entre las vértebras primera cervical y octava dorsal. Sabemos, en cambio, que si se excitan los vaso-motores, aumenta mucho la presión sanguínea, á consecuencia del estrechamiento de los vasos provistos de elementos musculares, resultado de dicha excitación (§ 90. d). Como la presión arterial ejerce su acción hasta en el ventrículo izquierdo, la excitación mecánica que determina en las paredes del corazón, es causa de que aumente la energía de esta víscera, tanto por el número como por la fuerza de sus contracciones. De aquí que se exagere todavía más la aceleración circulatoria originada por el mismo aumento de la presión sanguínea en el arbol arterial producido por el estrechamiento de las arterias (Heidenhain, C. Ludwig y Slavjanski).

Sin embargo, este aumento en el número de los latidos cardíacos, tarda un poco en acentuarse, y hasta puede seguir creciendo durante cierto tiempo, cuando ya suele volver á disminuir dicha presión (Johansson).

El nervio esplácnico con sus fibras vaso-motoras es el que tiene á su cargo un territorio vascular más extenso, porque inerva los grandes troncos de todas las arterias del vientre (§ 165); así que su excitación determina un aumento considerable de la presión sanguínea. Por el contrario, en la parálisis de ese nervio se estanca tan gran cantidad de sangre en los vasos abdominales dilatados, que se vuelven anémicas las demás partes del cuerpo y hasta puede sobrevenir la muerte como consecuencia, en cierto modo, de una *hemorragia intra-vascular* (v. Bezold, C. Ludwig y Cyon). Esta es también la causa de que se mueran anémicos los animales á los que se liga la vena porta (C. Ludwig y Thiry).

La capacidad interior del árbol vascular en su dependencia de los nervios vaso-motores explica también su influencia sobre el *peso del cuerpo*, según las oscilaciones que experimente la entrada ó salida de líquido en la sangre. Una intensa ex-

citación del aparato vaso-motor puede, determinando una rápida trasudación de líquido, hacer que disminuya el peso del cuerpo A esta categoría de hechos pertenece también la pérdida de peso que han observado algunos (Kowalewsky, Hallager), después de *ataques epilépticos*, á consecuencia de poliuria ó de aumento en las secreciones del sudor, lagrimal, ó salivar. Por el contrario, la paralisis ó paresia de los vaso motores determina un ensanchamiento de calibre del arbol vascular, con aumento del peso del cuerpo. Así obran ciertos venenos, v. gr., el alcohol á grandes dosis ; después de disiparse la intoxicación recobra el cuerpo su peso en medio de una gran excreción de orina.

Nos falta aún por mencionar los *trastornos tróficos* que acompañan á las afecciones de los nervios vasculares. La parálisis de los vaso-motores, provoca, á la vez que dilatación vascular y elevación local de la presión sanguínea, mayor trasudación de los capilares. Al desaparecer la contracción muscular activa de las paredes de los vasos, se retarda y estanca la corriente sanguínea. A consecuencia de esto, se dilatan los capilares; la sangre, circulando en ellos con más lentitud, se vuelve muy venosa, y la piel adquiere, por lo tanto, un tinte lívido. Además, disminuye la transpiración, y de aquí que se seque la epidermis, se descame y hasta lleguen á producirse grietas en ella. No son raras, en estos casos, las congestiones pasivas, la tendencia á obstruirse los capilares y á formarse trombos en las venas, á la vez que trasudaciones pasivas é hinchazones edematosas. También se altera fácilmente el crecimiento de los pelos y de las uñas, la piel se vuelve más vulnerable, y los demás tejidos sufren á veces igualmente en su nutrición. A consecuencia de una excitación permanente de los nervios vaso-motores, disminuye la sangre que circula por los vasos correspondientes, y ya se comprende que habrán de presentarse trastornos nutritivos en los órganos ó tejidos regados por esos vasos. Sin embargo, hasta ahora son muy inciertos los datos recogidos acerca de este punto.

Además del centro vaso-motor general y supremo que se encuentra en la médula oblongada, están regidos los vasos por *centros subordinados que se hallan en la substancia gris de la médula espinal*, y cuya existencia revela el hecho siguiente : Si á un animal se le corta á través su médula espinal, se dilatan desde luego todos los vasos situados por debajo de la sección, á consecuencia de interrumpirse su comunicación con los vaso-motores, que vienen del bulbo raquídeo. Pero si el animal conserva la vida, al cabo de algunos días recobran los vasos su primitivo calibre, y los movimientos rítmicos de sus paredes vasculares son regidos ahora por los *centros vaso-motores subordinados*, que se encuentran en la porción de la médula espinal, situada por debajo del corte (Goltz, Vulpian) (§ 364. 7).

Estos centros subordinados, pueden ser estimulados *directamente* por la crasis sanguínea disnéica (Ustimowitch); también son susceptibles de excitación *refleja* en el conejo (Ustimowitch), y lo mismo en la rana. Cuando se destruye el bulbo raquídeo, se estrechan las arterias de la membrana natatoria al excitar los nervios sensitivos de la otra pata posterior (Putnam, Nussbaum, Vulpian). En el *perro*, hay un centro espinal vaso-motor excitable por vía refleja, entre los nervios torácicos tercero y sexto (origen del esplácnico) (Smirnow), y otro parecido en la parte inferior de la médula espinal (Vulpian).

Si después de haber cortado á través la médula espinal, se *tritura* el trozo inferior de la misma, se dilatan los vasos correspondientes por la

parálisis que resulta de la destrucción de los centros subordinados que los rigen. Pero también se observa en este caso, que si vive el animal, va desapareciendo poco á poco ese estrechamiento, para ser sustituído por la vuelta al calibre normal, y reaparición de sus movimientos rítmicos que ahora son regidos por las *células nerviosas*, esparcidas en las mismas paredes de los vasos. Estas células, lo mismo que las de los ganglios intra-cardíacos, son, por consiguiente, capaces de sostener por sí solas los movimientos de dichas paredes. También la mayor tensión del tubo vascular, provoca la contracción de los elementos musculares de su pared, y hasta se observan variaciones periódicas de calibre en los vasos de un riñón extirpado, pero vivo todavía, con tal que circule sangre por su interior (C. Ludwig y Mosso). Merece, sobre todo, mencionarse el hecho de que las paredes de los vasos se contraen tan pronto como la sangre adquiere en alto grado los caracteres *venosos*. Según esto, los vasos oponen mayor resistencia á la circulación de la sangre venosa, que á la arterial (C. Ludwig). Quizá se expliquen de este modo los trastornos generales de la nutrición, que presentan aquellos sujetos que llevan mucho tiempo de padecimientos disnéicos (Landois). De todos modos, cuando las paredes vasculares han estado expuestas á esas causas de perturbación en sus funciones, nunca recobran *por completo* la motilidad y aptitud de reaccionar que poseen en circunstancias normales.

Las contracciones de los vasos que se observan cuando se les aplican directamente excitantes mecánicos, químicos ó eléctricos, parecen ser producidas también por intermedio de las células nerviosas diseminadas en sus paredes. Las arterias suelen estrecharse hasta borrar su calibre por completo; las venas y los capilares no cambian, al parecer, de diámetro. A veces, sigue á la excitación una dilatación de los vasos, antes de su estrechamiento.

Lewaschew, observó que en las extremidades cuyos vaso-motores hubiesen degenerado, se producen en los vasos, con los *cambios de temperatura*, los mismos fenómenos que en los miembros intactos; es decir, que el calor relaja los vasos, y el frío los contrae. Es sumamente probable, que estas variaciones de calibre dependan de las excitaciones de los centros vaso-motores periféricos. También obran sobre estos centros periféricos, el nitrito de amilo y la digital.

Las *venas pulsátiles* que hay en las alas del murciélago, continuan latiendo cuando se cortan todos sus nervios; este hecho depone á favor de la inervación local de dichos vasos, por medio de centros periféricos (Luchsinger, Schiff).

Finalmente, es indudable que el *cerebro* influye sobre el centro vaso-motor, como lo demuestra la palidez súbita de la piel, que se presenta con ciertas emociones, como el terror y la ansiedad. Este hecho tiene su explicación satisfactoria en el descubrimiento realizado por Eulenburg y por mí, de que en la substancia gris del cerebro (en el surco crucial, en el perro; véase el § 379), existe una zona circunscrita, cuya excitación produce el enfriamiento de las extremidades del lado opuesto, y su destrucción, elevación de temperatura en las mismas. Desde dicho punto parten, por lo tanto, fibras para el centro de la médula oblongada, cuya actividad refuerzan ó debilitan. Así se explica el hecho observado por Budge y por mí, de que la excitación de entrambos pedúnculos cerebra-

les, hace contraerse á todos los vasos. De acuerdo con estos hechos, observó Heidenhain, que la excitación de la zona limítrofe entre el puente y el bulbo raquídeo, hace subir rápidamente la temperatura del cuerpo. Según Ott, también tendría el tálamo óptico influencia vaso-motora.

Aunque en la médula oblongada existe *un* centro vaso-motor que domina á *todos* los vasos del cuerpo, preciso es admitir que habrá de descomponerse en cierto número de puntos centrales muy apiñados, cada uno de los cuales tendrá á su cargo determinadas provincias vasculares. En este respecto se conocen los *centros* de los *vasos hepáticos* y de los *renales*, del primero de los cuales se ha tratado extensamente en el § 178, así como se ha hecho del último en el § 278.

Digamos, para terminar, que hay VENENOS que obran principalmente *excitando* los vaso-motores, como la ergotina, el tanino, el bálsamo de copaiba y la cubeba; otros *primero los excitan* y después los *paralizan*, como el hidrato de cloral (Rajewsky y Hamarsten), la morfina, la laudanosina, la digitalina, la veratrina, el haba del Calabar, y el alcohol; y otros que los *paralizan* rápidamente, como el nitrito de amilo, el óxido de carbono (§ 22), la atropina (Surminsky) y la muscarina (Klug y F. Högyes). La acción paralizante de algunos venenos se conoce en que, después de cortar ó paralizar las ramas cardíacas del pneumogástrico ó el nervio acelerador, ya no produce ningún efecto la excitación de los nervios depresores de la tensión sanguínea, ni tampoco la de los tónico-vasculares. Existen también determinados agentes patógenos y contagiosos que obran sobre los nervios vaso-motores.

Las *venas* y los *vasos linfáticos* tienen también sus nervios, pero no se conocen más detalles acerca de este punto.

Estados patológicos.—Los trastornos de los vaso-motores, ó angio-neurosis, constituyen un grupo importante de fenómenos que pueden aparecer bajo formas muy diversas. El *punto de partida* de las excitaciones anormales de los nervios vaso-motores puede hallarse, ó en las células nerviosas que existen esparcidas por los mismos vasos, ó en los centros espinales con el centro superior del bulbo raquídeo, ó en el mismo centro vascular cortical del cerebro. El modo de obrar de la causa patógena puede ser *directo* ó por *vía refleja*. En armonía con los resultados de la experimentación fisiológica, las *excitaciones* de los vaso-motores producen la contracción de los vasos sanguíneos, palidez y disminución de temperatura de la cubierta cutánea y disminución de los fenómenos de difusión en los tejidos. Por el contrario, las *parálisis* no sólo determinarán dilatación de los vasos, calor y rubicundez del tegumento, sino también una mayor trasudación en los tejidos. Cierto que estos últimos fenómenos pueden ser también consecuencia de una excitación de los nervios vaso-dilatadores: por eso en tales casos incumbe al médico la tarea de averiguar si los síntomas que se observan deberán atribuirse á una excitación de los vaso-dilatadores ó á una parálisis de los nervios vaso-constrictores.

En la *piel* se manifiesta á veces la afección de los vaso-motores como una rubicundez ó como una palidez *difusas*. Pero también hay afecciones cutáneas *circunscritas*: tal es el *espasmo arterial cutáneo*, de origen local, producido por la excitación de algunos nervios vasculares (Nothnagel). Pero también se observan diversas formas de parálisis de los nervios vaso-motores de la piel, como manifestaciones cutáneas, á consecuencia de muchas afecciones febriles agudas, siendo precedidas dichas manifestaciones de una excitación inicial violenta de los vaso-motores, sobre todo en la fase del calofrío. Esas manifestaciones cutáneas aparecen ó como rubicundeces circunscritas, ó como una mayor trasudación por los vasos paralizados con formación de placas de urticaria, que llega á veces á convertirse en

una diapedesis de glóbulos blancos y rojos en las zonas donde los vasos están paralizados y dilatados en grado excesivo. También en los epilépticos y en los que padecen otras dolencias nerviosas graves, se observan en algunos casos manchas angio-paralíticas particulares rojas y á manera de figuras geográficas (*manchas cerebrales de Trousseau*). Las excitaciones fuertes y persistentes de los vaso-motores pueden llegar á interrumpir la circulación, ocasionando hasta la misma *gangrena* de las partes interesadas (Weiss), la cual no sólo interesa á veces la piel, sino los mismos tejidos subyacentes.

Se cuenta entre las angio-neurosis circunscritas el espasmo unilateral de las ramas cefálicas de la carótida, acompañado de una intensa cefalalgia, ó *hemicránea simpático-tónica* de Du Bois-Reymond. En esta afección está muy excitado el simpático cervical, y sus síntomas inequívocos son: palidez de la mitad correspondiente de la cara, que aparece descompuesta y fría; la arteria temporal está contraída y dura como un cordón rígido; la pupila dilatada, y se segrega una saliva muy espesa (Berger). En contraposición á esta forma morbosa ha descrito Eulenburg la llamada *hemicránea simpático-paralítica*, en la cual se presentan síntomas opuestos á los de la afección anterior, ó sea de parálisis del simpático, en lo más culminante del ataque. Esta forma morbosa puede suceder inmediatamente á la anterior, como parálisis por consecuencia de la excesiva excitación. Berger hasta ha visto alternar ambas formas en el mismo individuo.

Merece mencionarse como una afección notable del simpático en la que están interesados los vaso-motores, la llamada *enfermedad de Basedow*, en la que se van presentando de un modo sucesivo *palpitaciones cardíacas*, en número de 90, 100 ó 200 por minuto, *hinchazon de la glándula tiroides* (bocio) y *propulsion de los globos oculares* ó exoftalmos, marcándose muy poco el movimiento del párpado superior que acompaña en estado normal á los del globo ocular hacia arriba y hacia abajo. Acaso se trate en esta enigmática enfermedad de una *excitación* simultánea del nervio acelerador del corazón (§ 372), de los filetes motores para los músculos de H. Müller, de la órbita y de los párpados (§ 349. I), quizá también de las fibras nerviosas que animan á los músculos lisos descubiertos por Sappey en la aponeurosis orbitaria, así como de los vaso-dilatadores de la glándula tiroides. Puede esta enfermedad ser engendrada por excitación *directa* de las mencionadas vías del gran simpático, ó de sus orígenes en la médula espinal, ó serlo también por una excitación de causa refleja. Pero se ha dado otra explicación de todo este cuadro morboso, suponiendo que tanto el exoftalmos como el bocio son consecuencia de la parálisis de los vaso-motores que trae consigo una mayor turgencia vascular. El aumento de la actividad cardíaca será un signo de disminución ó abolición en las funciones inhibitorias del corazón, propias del pneumogástrico. Todos estos fenómenos se podrían producir por una lesión de la parte superior de los dos cuerpos restiformes en el conejo (Filehne) ó por debajo del tubérculo acústico, según Durdufi.

Yo fuí el primero que, en 1866, describí como *angina de pecho*, *vaso-motora*, una afección que sobreviene por accesos en los cuales se interesan todos ó gran número de los nervios vasculares. A consecuencia de una excitación intensa, se contraen los vasos, las arterias se vuelven duras y delgadas, palidece la piel, sobre todo en las manos y en los pies, y al mismo tiempo se pone fría, sintiéndose hormigueo y cosquilleo en la punta de los dedos. El aumento de presión arterial, producido por la contracción vascular, determina una enorme aceleración del pulso (pág. 279); al mismo tiempo se nota una sensación de opresión, de vértigos y de ansiedad, como si se extinguieran las funciones vitales, y se sienten palpitaciones del corazón que pueden llegar á ser dolorosas.

La aparición de hiperemias repentinas, con trasudaciones y equimosis en *algunos órganos torácicos ó abdominales*, debe atribuirse igualmente á una causa angio-

neurósica. Recordemos, con este motivo, que Schiff, Brown-Séquard y otros han visto presentarse hiperemias y hemorragias en los pulmones, pleuras, intestino y riñones, después de las lesiones del puente de Varolio, del cuerpo estriado ó del tálamo óptico. Según Brown-Séquard, el desmenuzamiento ó la sección de una mitad del puente determinaría la producción de hemorragias, y en especial en el pulmón del lado opuesto, y ese mismo autor vió presentarse también hemorragias en las cápsulas del riñón (§ 381) de resultas de la lesión de la porción lumbar de la médula. Los *vasos pulmonares* pueden presentar ciertos estados de relajación, producidos por intermedio de sus nervios, que determinen la aparición de ataques de *asma* (Weber, Stoerk).

En el § 178 se ha tratado de la relacion que hay entre la *glicosuria* y las influencias vaso-motoras, y en el § 278 se habló de la que ejercen esta clase de nervios sobre la *secreción urinaria*. Los efectos de la *fiebre* sobre los nervios vasculares se manifiestan como excitación, en la palidez de la piel que se observa en el calofrío, y como parálisis consecutiva en la rubicundez de la misma (véase § 221. 4). Las elevaciones de temperatura que sobrevienen repentinamente, á causa de accesos, se las ha interpretado como signos de una excitación del centro de la médula oblongada (Scherschewsky).

374. Centro de los vaso-dilatadores.—Nervios vaso-dilatadores.

Por más que todavía no se haya hallado un centro de los nervios vaso-dilatadores, se puede sospechar su existencia en la médula oblongada. La acción de este centro sería, según esto, contraria á la del vaso-motor. De todos modos, no se encuentra en un estado de excitación permanente ó tónica. Los nervios vaso-dilatadores se comportan en sus funciones de un modo idéntico al nervio pneumogástrico; lo mismo que éste, producen relajación y reposo cuando son *excitados* (Schiff, Cl. Bernard). De ahí que también se les pueda dar el nombre de nervios inhibitorios de los vasos, habiéndoselos denominado igualmente nervios vaso-hipotónicos y vaso-relajadores. La composición disnéica de la sangre excita á este centro lo mismo que al de los vaso-motores; en este caso, los vasos que principalmente se dilatan son los cutáneos, y en cambio los de los órganos internos contienen al mismo tiempo menos sangre, por causa de la excitación simultánea de sus vaso-motores (Dastre y Morat). La nicotina es un excitante enérgico de los vaso-dilatadores (Ostroumoff); aumenta la temperatura de las patas (en el perro) y la formación de linfa (Rogowicz).

Trayecto de los nervios vaso-dilatadores.—Los de algunos órganos caminan aislados; en cambio, los de otras partes del cuerpo van mezclados con fibras vaso-motoras y de otras especies. La *region buco-facial* recibe sus vaso-dilatadores, parte del bulbo raquídeo, directamente por el trigémino (Jolyet y Laffont, Vulpian), y parte de la médula espinal. Estos últimos pasan, según Dastre y Morat, por los nervios dorsales primero á tercero (en el perro), dirigiéndose por los ramos comunicantes (rama del asa de Vieussens) al cordón del gran simpático, luego al ganglio cervical superior y, por fin, caminando por el plexo carotídeo al ganglio de Gaserio del nervio trigémino (Morat). La *retina* recibe sus vaso-dilatadores por el simpático y el trigémino (Doyon); el *oído*, de los ganglios primero torácico y último cervical del gran simpático; la *extremidad superior*, de la porción torácica de este nervio, y la *inferior*, de la parte superior de su porción abdominal. Los vaso-dilata-

dores de las *glándulas submaxilar y sublingual* caminan por la cuerda del tambor, y lo mismo los de la *parte anterior de la lengua* (§ 351. 4; Vulpian); para la *posterior* van con el gloso-faríngeo (§ 353. 4; Vulpian). El pneumogástrico es quizá el que lleva los vaso-dilatadores del *riñon* (§ 278). Los *pulmones* (en el conejo) reciben sus vaso-dilatadores del simpático cervical (Cavazzani) y, según Henriques (perro y conejo), del pneumogástrico. La excitación de los nervios erectores procedentes del plexo sacro, determina la erección del pene por dilatación de sus arterias (§ 438. Eckhard, Lovén). Los *músculos* reciben sus fibras nerviosas vaso-dilatadoras, por el tronco de los nervios motores; cuando se excitan estos últimos ó la médula espinal, al mismo tiempo que se contraen las fibras de los músculos se ensancha el calibre de los vasos de éstos (§ 296. II). (C. Ludwig con Sczelkow, 1861, Hafiz, Gaskell, Heidenhain), observándose el último fenómeno aun en el caso de que se impida la contracción muscular. Los nervios vaso-dilatadores conservan su mielina hasta sus células terminales (Gaskell).

También los vaso-dilatadores tienen *centros subordinados* en la médula espinal, á la manera de los vaso-motores (pág. 279); así, las fibras de la región buco-labial tienen su centro entre las vértebras dorsales primera y tercera. Este centro puede ser influído, por *vía refleja*, mediante las fibras pulmonares del pneumogástrico, y también por las del nervio ciático (Laffont, Smirnow). Según Goltz, existe un centro parecido en la porción inferior de la médula espinal, cuyo centro puede ser influído de un modo reflejo por los nervios viscerales (Thayer y Pal).

Goltz ha demostrado que en los troncos nerviosos de los miembros, v. gr., en el ciático, al lado de los vaso-motores, caminan fibras vaso-dilatadoras. Si se corta este nervio y se excita en el acto su extremo periférico, predomina la acción de los vaso-motores. Pero si á los cuatro ó seis días, en cuyo intervalo han perdido su excitabilidad estos últimos nervios, se vuelve á excitar dicho extremo periférico, se dilatan ahora los vasos porque sólo interviene la acción de los vaso-dilatadores. *Las excitaciones que afectan á los nervios á largos intervalos, estimulan de preferencia á los vaso-dilatadores; en cambio, las excitaciones tetánicas estimulan á los vaso-constrictores.* El período latente de las fibras vaso-dilatadoras, es más largo y también se agotan con más facilidad que las vaso-constrictoras (Boodwitch y Warren). El ciático recibe ambas clases de fibras por intermedio del gran simpático. Todos estos hechos, que han sido comprobados por Goltz, Heidenhain y Ostroumoff, Putzeys y Tarchanoff, Kendall y Luchsinger, se explican admitiendo que las células motoras que existen en los vasos y que representan á los ganglios automáticos del corazón, son influídas por ambas clases de nervios vasculares y que los vaso-constrictores estimulan la actividad de dichas células y la inhiben los vaso-dilatadores.

La excitación del asa de Vieussens, determina en los músculos de la cara, paralizados por la extirpación del nervio facial, *contracciones pseudo-motoras*, idénticas á las que se producen en la lengua paralizada por la sección del hipogloso, cuando se excita la cuerda del tambor (§ 351. 4) (Rogowicz).

Cuando se analicen los fenómenos que se observen en los vasos, conviene precisar ante todo si la dilatación vascular de origen nervioso que acaso exista, proviene de una excitación de los vaso-dilatadores ó de una parálisis de los vaso-constrictores. Este dato es también de sumo interés para la interpretación de los

fenómenos patológicos. También las *influencias psíquicas* pueden actuar sobre el centro de los vaso-dilatadores; así el enrojecimiento del rubor que no sólo se presenta en la cara sino que se extiende á toda la piel, es probablemente una consecuencia de la excitación del centro vaso-dilatador.

Los nervios vaso-dilatadores, tienen evidentemente una influencia considerable en la *temperatura del cuerpo* y sobre la de cada una de sus partes, como ya se puede comprender por lo que hemos dicho acerca de la influencia que también ejercen los vaso-constrictores (§ 373).

No es posible negar á los dos centros vaso-motores, constrictor y dilatador, un importante papel regulador de las pérdidas de calórico que se producen por los vasos cutáneos (§ 215. II). Es probable que su actividad sea sostenida por vía refleja, mediante la excitación de nervios sensitivos. Las perturbaciones en la función de dichos centros, pueden dar origen ó á una acumulación anormal de calórico en el cuerpo (como en la fiebre: § 221), ó á un enfriamiento excesivo del mismo (§ 214. 7).

375. Centro convulsivo. — Centro sudorífico.

En la médula oblongada y en su punto de unión con el puente de Varolio, está situado un centro cuya excitación provoca *convulsiones generales*. Esta excitación puede ser producida: ó por un *carácter venoso* muy pronunciado de la sangre, de causa rápida, como sucede en las convulsiones asfíxicas de los estrangulados; ó por una *anemia* repentina del bulbo raquídeo á consecuencia de una hemorragia abundante y brusca; ó por la ligadura momentánea de las carótidas y subclavias (*convulsiones anémicas* de Kussmaul y Tenner); ó finalmente, por medio de una brusca estancación venosa determinada por la constricción de las venas que vienen de la cabeza (Landois, Hermann y Escher). En todos estos casos hay que buscar la excitación del centro en la repentiná interrupción del cambio gaseoso normal. Si esas causas obran de un modo muy paulatino, puede sobrevenir la muerte sin que lleguen á presentarse convulsiones, como lo demuestra la interrupción del cambio gaseoso que se produce cuando la muerte viene de un modo tranquilo. La excitación directa del centro por medio de substancias de acción *química*, como el carbonato amónico, las sales de potasio, de sodio, etc., es también capaz de producir rápidamente violentas convulsiones generales (Papellier con Landois). Por fin, es un hecho de antiguo conocido, que la excitación *mecánica* directa y enérgica de la médula oblongada, v. gr., su estrujamiento, provoca convulsiones generales.

Nothnagel ha tratado de precisar la extensión de este *centro convulsivo* por medio de la excitación directa de la médula oblongada en el conejo: se extiende, según dicho autor, desde por encima del ala cinerea hasta los tubérculos cuadrigéminos, estando limitado por fuera por el locus cœruleus y el tubérculo acústico, y por dentro por las eminencias redondas. Heubel localiza el asiento de este centro, en la rana, en la mitad inferior del cuarto ventrículo cerebral.

Este centro toma parte en las extensas convulsiones reflejas (§ 366. 6), como son las que se presentan en los casos de excesiva excitabilidad de la substancia gris de la médula espinal y del centro convulsivo en cuestión, que está en conexiones con

DR. PEREZ ARAPILES
C/ Lucía núm. 12 - 3.º
Teléfono 20 85 19

dicha substancia gris. Tal sucede bajo la influencia de la intoxicación estricnica ó del virus de la rabia.

Existe un gran número de VENENOS, tanto orgánicos como inorgánicos, y entre ellos la mayor parte de los venenos cardíacos, la nicotina, la picrotoxina, los *amoniacales* (§ 279) y las combinaciones de bario que matan después de haber producido convulsiones, para lo cual excitan al centro convulsivo (Röber, Heubel, Böhm).

Estados patológicos.—Ya Schröder van der Kolk había llamado la atención acerca del hecho de que en las *convulsiones generales de los epilépticos*, el punto de partida de la excitación convulsiva, se encuentra en la médula oblongada, cuyos vasos halló muchas veces dilatados, y en mayor número que en el estado normal, de tal manera, que deben obrar como un excitante mecánico de la substancia nerviosa de la médula oblongada, sobre todo cuando están mùy llenos de sangre. En semejantes condiciones, debe encontrarse en un estado de excitación exagerada el bulbo raquídeo. Según lo que se ha dicho al estudiar el centro vaso-motor, la excitación de los nervios sensitivos lo mismo puede determinar un *estrechamiento* repentino de los vasos, como observó Nothnagel en los de la pía-madre excitando el ciático, que un *ensanchamiento* (Lovén). Si esto sucede en los vasos del bulbo raquídeo, se producirá en este centro nervioso ó una anemia repentina ó una momentánea repleción vascular. Pero tanto un estado como el otro, son capaces de excitar á la médula oblongada hasta el punto de provocar la explosión de un ataque epiléptico. Ahora bien ; en las convulsiones generales (epilépticas), muchas veces se puede demostrar con toda seguridad cuál es el nervio cuya excitación determina la variación de calibre en los vasos del bulbo raquídeo. Desde muy antiguo se conoce la sensación particular (*aura*) que se presenta en algún nervio periférico antes de estallar el ataque. No es raro que ese nervio sea asiento de excitaciones anormales, y de aquí que su sección ó distensión (§ 326. 1) pueda dominar la causa de las convulsiones. Así que cierto número de casos de epilepsia que deben su origen á la excitación de nervios centrípetos, y cuyos ataques suelen ser precedidos de un aura bien marcado, parece que deben atribuirse á una modificación de los nervios vasculares (Eulenburg y Landois). Pero, como ya se comprende desde luego, las convulsiones pueden ser ocasiadas también por cualquier otra irritación directa de la médula oblongada.

Brown-Séquard vió volverse epilépticos á los cavias por consecuencia de las lesiones del sistema nervioso central ó periférico; médula espinal, bulbo raquídeo, pedúnculos cerebrales, tubérculos cuadrigéminos, nervio ciático. La enfermedad producida de este modo, hasta puede transmitirse por *herencia*. La excitación del carrillo y de la mitad anterior del cuello (*zona epileptógena*) determina el ataque, el cual, cuando la lesión de la médula ó del ciático es unilateral, aparece al excitar el lado correspondiente, y en cambio, en la lesión del pedúnculo cerebral sobreviene cuando se excita en el lado opuesto. Westphal volvió epilépticos á los cavias dándoles golpecitos repetidos en el cráneo; se desarrollaba un verdadero estado epiléptico, que también se hacía hereditario, y como causa de este estado se encontró una hemorragia en la médula oblongada y en la parte superior de la cervical. (Véanse también los §§ 377 y 380. I).

Respecto á las convulsiones epilépticas que se presentan después de una excitación intensa de la corteza del cerebro véanse los § 377 y § 388.

En la médula oblongada se encuentra un *centro superior* que rige á la *secreción sudoral de toda la superficie del cuerpo* (Adamkiewicz, Marmé, Nawrocki) (§ 290. II), cuyo centro domina á los centros locales y subordinados que existen en la médula espinal (§ 364. 8). Ese centro superior

es bilateral, siendo diferente su excitabilidad en ambos lados en los casos raros de sudor semilateral (§ 291. 2).

El haba del Calabar, la nicotina, la picrotoxina (Luchsinger) el alcanfor y el acetato amónico (Marmé), obran directamente sobre este centro, excitando la secreción del sudor. La muscarina excita localmente las fibras nerviosas sudoríparas periféricas; así que provoca el sudor en una pata trasera, aunque se corte su nervio ciático; la atropina abole el efecto de la muscarina (Ott, Wood, Field, Nawrocki).

376. Funciones psíquicas del cerebro.

Los hemisferios cerebrales son el *asiento de todas las actividades psíquicas*. Sólo cuando están intactos son posibles el pensar, el sentir y el querer. Una vez destruídos, desciende el organismo á la categoría de una máquina complicada, en la que toda su actividad sólo puede manifestarse como la expresión de los excitantes internos y externos que actuen sobre ella. Las actividades psíquicas, parecen estar localizadas en los dos hemisferios cerebrales, de tal manera, que cuando se lesiona en una gran extensión uno de ellos, le sustituye el otro, y si la lesión afecta á ambos en ciertos puntos, el resto de substancia cerebral intacta reemplaza á la lesionada.

No son raros los casos en que no padecen aparentemente las actividades psíquicas, no obstante existir una extensa destrucción en uno de los dos hemisferios cerebrales. Y también puede conservarse intacta la inteligencia, al parecer, hasta en casos en que habían sido destruídos ambos hemisferios en una extensión no muy considerable. Sin embargo, yo entiendo que se debe caminar con mucha reserva antes de afirmar que se conservan intactas las facultades psíquicas en todos estos casos, pues es evidentemente dificilísimo averiguar hasta qué grado se habían desarrollado bajo todos sus aspectos antes de la lesión. Recientemente se ha comprobado repetidas veces en el hombre, y después de las lesiones de la porción frontal del cerebro, cierta violencia de carácter en el sujeto, acompañada de mala intención y falta de miramientos (Wolt); alteraciones que Ferrier hace provenir de la desaparición de las ideas adquiridas por la educación y la vida social, y que concuerdan con los cambios análogos observados por Goltz en el modo de ser de los animales (§ 379).

Los *defectos congénitos* del cerebro, la *microcefalia* y la *hidrocefalia*, son causa de una abolición ó disminución de las facultades psíquicas, que pueden llegar al idiotismo completo y á la imbecilidad más absoluta. También se abolen por completo esas facultades con las inflamaciones extensas, las degeneraciones, la compresión ó la anemia de los vasos cerebrales y lo mismo bajo la influencia de substancias estupefacientes.

Hasta qué punto llega la esfera de actividad de los hemisferios cerebrales, es una cuestión que no está resuelta todavía. Flourens admitía que tomaban parte con toda su substancia en cada una de sus distintas funciones y que, por lo tanto, según sus experimentos, en las palomas, bastaba que se conservase intacta una pequeña parte de los hemisferios para que subsistiesen todas ellas. A medida que se van quitando trozos de su substancia, se debilitarían todas las funciones de los hemisferios del cerebro, y cuando éste se extirpaba por completo se abolían sus facultades. Según esto, ni las diversas facultades, ni las distintas percepciones, es-

tarían localizadas en puntos determinados del cerebro. Goltz se adhiere á la opinión de Flourens, de que un resto de substancia cerebral homogénea que hubiese quedado intacto, puede encargarse en ciertos límites de las funciones de la porción destruida. Esta facultad del cerebro, por virtud de la cual una parte de él es capaz de sustituir á otra que se hubiese destruido, la llama Vulpian *ley de sustitución funcional.*

En frente de la opinión de Flourens hay que recordar la *doctrina frenológica* de Gall (muerto en 1828), según la cual las diversas facultades psíquicas están localizadas en distintos puntos del cerebro. Al desarrollo excesivo de una facultad, corresponderá siempre otro también considerable del punto del cerebro en que está localizada, pudiendo apreciarse á veces este último en la misma superficie exterior del cráneo (*craneoscopia*). Según esto, cada facultad psíquica tendría su representante en una zona determinada de la corteza cerebral. Spurzheim, que amplió el sistema de su amigo, estableció las siguientes categorías ó clases: la primera abarcaba las sensaciones, y en ella comprendía los sentimientos é instintos ; la segunda se refería á las facultades intelectuales, incluyendo en ellas las de entender y de pensar. Aunque en los detalles particulares de este sistema hay mucho de arbitrario, deficiencias notorias y errores innegables, es una cuestión que merece ser tomada en serio, la de si también habrá de ser rechazada por completo la idea fundamental de este sistema. El descubrimiento de la localización cerebral de los movimientos dirigidos por la voluntad y de las sensaciones conscientes, demuestra de un modo perentorio que hace falta examinar de nuevo el sistema frenológico, aunque desde otro punto de vista diferente del que guiara á sus primitivos inventores.

Cuando se le quitan á un animal los dos hemisferios cerebrales cesan por completo *todo movimiento voluntario* y ejecutado con conciencia, toda *sensación consciente* y toda *percepción sensible*. En cambio se conservan el mecanismo total de la ejecución de los movimientos, su armonía y equilibrio recíproco. Esta última facultad está localizada en el *mesocéfalo*, y es regulada por medio de importantes vías reflejas (§ 381).

La interrupción repentina de la circulación en el cerebro, v. gr., con la decapitación, suspende en el acto los fenómenos psíquicos. Haciendo pasar Hayem y Barrier por las carótidas de una cabeza de perro acabada de separar del tronco, sangre arterial de un caballo vivo, apreciaron signos de que se conservaba la conciencia y la voluntad en dicha cabeza durante diez segundos, pero no por más tiempo.

El *mesocéfalo*, no sólo comunica con la substancia gris de la médula oblongada y espinal, asiento de los reflejos extensos y coordinados (§ 369), sino que contiene elementos sensitivos y también fibras nerviosas que, viniendo de los órganos de los sentidos superiores, pueden obrar igualmente por mecanismo excito-motor sobre los movimientos. Finalmente, en el mesocéfalo se encuentra el aparato inhibitorio de los reflejos (§ 363. 2). La acción común de todas esas partes hace que el mesocéfalo venga á ser un *órgano que dirige la ejecución armónica de los movimientos, representando en este concepto una categoría superior á la de la médula oblongada* (Goltz). Este hecho se revela principalmente en que los animales que conservan su mesocéfalo, son capaces de conservar su posición de equilibrio en las posiciones más diversas, y lo pierden tan pronto como se destruye dicha parte (Goltz). Christiani localiza en los mamí-

feros la situación del centro coordinador de los movimientos de locomoción y de conservación del equilibrio, por delante del centro inspiratorio del tercer ventrículo (pág. 260).

La importancia de la cooperación de la sensibilidad cutánea y de las excitaciones sensoriales para la conservación del equilibrio, se deduce de lo que ahora vamos á exponer. La rana decapitada pierde en el acto su facultad de balancearse, tan pronto como se la quita la piel de sus patas posteriores. La influencia de las impresiones visuales se revela en la incapacidad de mantener el equilibrio, que se observa en los casos de nistagmus (§ 352) y en el vértigo que á menudo acompaña á las parálisis de los músculos del globo ocular. En el hombre, cuya sensibilidad cutánea está disminuida, la vista es la base principal para conservar el equilibrio; así que se cae en cuanto cierra los ojos.

La rana, á quien se la ha extirpado el cerebro, conserva el equilibrio armónico del cuerpo y de los miembros en cualquiera posición ó actitud; echada sobre el dorso, en el acto se coloca en su actitud normal; irritada, salta uno ó dos pasos hacia adelante; si se la arroja al agua nada hasta tropezar con la pared de la vasija, trepa por ella y se queda después tranquila. *Cuando las incitaciones á que se la somete tienen un carácter más complicado, se observa en sus movimientos un completo dominio sobre ellos, así como armonía y unidad en su ejecución.* Sólo cuando no hay ninguna excitación exterior es cuando falta (al principio al menos) toda clase de movimientos independientes y voluntarios, que tengan el carácter de intención deliberada. Lejos de esto, el animal se mantiene siempre en el mismo mismo sitio como *adormecido*, no toma alimento alguno, carece de las sensaciones conscientes de hambre y de sed, no manifiesta ningún temor y al fin se seca en el sitio en que se halla hasta convertirse en momia. Respecto á su modo de portarse en una época más avanzada, ya se tratará más adelante.

De un modo parecido se presenta la *paloma*, cuando se la extirpan los hemisferios cerebrales. Si no se la excita, se queda constantemente en el mismo sitio, *como durante el sueño*; pero si se la estimula se observa una armonía completa de todos sus movimientos al andar, volar, agarrarse ó balancear su cuerpo. Al cabo de algunos días ejecuta movimientos de locomoción, al parecer también sin necesidad de impulso exterior. Cierto que los nervios sensitivos y sensoriales siguen conduciendo impulsos al cerebro, pero sólo son capaces de provocar movimientos reflejos, y no *sensaciones conscientes*. Así el ave se estremece cuando se hace un disparo cerca de ella, frunce los párpados y se estrechan sus pupilas si se la acerca una llama, y desvía la cabeza si llegan vapores amoniacales á sus narices. Sólo que ninguno de esos impulsos tiene el carácter de *consciente*. La representación de ideas, la voluntad y la memoria están abolidas; el animal ya no come ni bebe espontáneamente. Si le colocan alimentos ó bebidas en la faringe, los traga: de este modo se conserva su vida hasta meses enteros (Flourens, Longet, Goltz, Vulpian, Lussana, etc.).

Los *peces* se comportan de un modo muy diferente. Si á una *carpa* se la extirpa el cerebro (fig. 240, VI. 1), todavía ve y hasta escoge su alimento, y se mueve de un modo completamente voluntario (Steiner, Vulpian). Según Schrader, lo mismo le sucederá á la *rana* cuando se prolonga el período de observación. También los *reptiles* se llegan á mover espontáneamente, andando el tiempo, pero no se observa en ellos ni temor ni irascibilidad. Las *aves* llegarían también á gozar más tarde de movimientos voluntarios y á funcionar sus órganos de los sentidos, pero tienen ceguera, sordera, etc., psíquicas.

Mamíferos. — Goltz consiguió quitar el cerebro á los *perros*, conservándoles después con vida mucho tiempo. Además llegaban á caminar bien, tenían la fa-

cultad de aprehender el alimento, el sentido del tacto, el del oído y el muscular. Eran sensibles á una luz muy viva, pero no gozaban de visión propiamente dicha. El animal se hallaba, fuera de esto, en un estado de imbecilidad muy acentuada; sólo le era agradable el alimento y también sentía la sensación de hartura. En todo lo demás, era evidente que faltaban todas aquellas manifestaciones exteriores por las cuales se deduce la existencia de entendimiento, memoria, reflexión é inteligencia.

Lo que se observa en los sonámbulos, demuestra que también en el hombre puede conservarse una completa armonía en todos sus movimientos sin la cooperación de la voluntad consciente ó de la sensación y de la percepción también conscientes. Pero hasta la mayor parte de los movimientos que practicamos de ordinario en el estado de vigilia, se ejecutan sin la intervención de la conciencia, dirigidos nada más que por el *mesocéfalo*.

El grado de inteligencia en el reino animal se regula por la magnitud de los hemisferios cerebrales en relación con la masa de las demás partes del sistema nervioso central. Si sólo se tiene en cuenta el encéfalo, se observa que poseen un grado mayor de inteligencia aquellos animales, en los que los hemisferios del cerebro predominan mucho sobre el mesocéfalo. Este último está representado en los vertebrados inferiores por los lóbulos ópticos, y en los superiores por los tubérculos cuadrigéminos (Juan Müller). En la fig. 240, VI representa el encéfalo de la carpa, V el de la rana y IV el de la paloma. En todas estas figuras, 1 indica los dos hemisferios, 2 los lóbulos ópticos, 3 el cerebelo y 4 la médula oblongada. En los peces óseos el manto cerebral viene á formar una especie de tienda tensa por encima de los órganos que se hallan en la base; en todos las peces y anfibios falta una corteza cerebral con células nerviosas; solo en los reptiles es donde ya se encuentra una corteza cerebral propiamente dicha.

En la carpa, los hemisferios cerebrales son más pequeños que los lóbulos ópticos; en la rana son mayores que estos últimos. En la paloma, el cerebro ya llega por detrás hasta el cerebelo. El grado de inteligencia en todos estos animales, guarda analogía con el desarrollo proporcional de sus hemisferios cerebrales. En el encéfalo del perro (fig. 240. II), los hemisferios cubren por completo á los tubérculos cuadrigéminos, pero el cerebelo todavía se encuentra por detrás del cerebro. Sólo en el hombre es en quien los lóbulos occipitales del cerebro, llegan á cubrir por completo al cerebelo (fig. 242).

Según Meynert, todavía hay otra manera de poner de manifiesto estas particularidades. Como es sabido, desde los hemisferios cerebrales descienden fibras nerviosas por los pedúnculos ocupando la parte inferior de éstos que recibe el nombre de *pie*, separada por la llamada substancia negra de la parte superior, ó *casquete*, que está en conexión con los tálamos ópticos y los cuerpos estriados. Cuanto más voluminosos sean, por lo tanto, los hemisferios cerebrales, tanto más numerosas serán las fibras que caminen por el pie del pedúnculo. En la figura 236, II representa un corte vertical por los tubérculos cuadrigéminos posteriores (con el acueducto de Sylvio), y los dos pedúnculos cerebrales, en el hombre adulto: *p p*, es el pie de cada pedúnculo, y sobre él se encuentra la substancia negra (*s*). La figura IV, representa el mismo corte en el mono; la III en el perro, y la V en el cavia. Se ve desde luego, cómo disminuye el volumen del pie en el mismo orden que acabamos de reseñar. En armonía con esto, disminuye igualmente el volumen de los hemisferios cerebrales y á la par, la inteligencia del animal respectivo.

Por fin, el grado de desarrollo intelectual aparece ligado á la mayor ó menor *ri-*

queza en circunvoluciones de los hemisferios cerebrales. En tanto que en los animales inferiores, como los peces, la rana y las aves, faltan en absoluto dichas circunvoluciones (fig. 240. IV. V. VI); en el conejo ya aparecen dos surcos poco profundos á cada lado (III), y el perro tiene un cerebro muy rico en circunvoluciones (I. II). Es notable la riqueza en éstas y en surcos que se observa en el elefante, que es un animal de los más inteligentes y más nobles. Se han encontrado circunvoluciones hasta en el cerebro de algunos invertebrados, v. gr., en ciertos insectos de instinto muy desarrollado. Cierto que no se puede desconocer que también poseen cerebros muy ricos en circunvoluciones, ciertos animales de facultades psíquicas poco desarrolladas, como el buey. En el hombre es asimismo un hecho frecuente el de una gran riqueza de circunvoluciones, coincidiendo con un entendimiento privilegiado, pero también se ha encontrado la misma abundancia de circunvoluciones en sujetos de escasas aptitudes.

El peso *absoluto* del cerebro no se puede utilizar como dato para apreciar el grado de inteligencia. El elefante es el que tiene el cerebro con más peso *absoluto*, y el hombre aquel cuyo cerebro tiene un peso *relativo* mayor (Aristóteles).

VELOCIDAD DE LOS PROCESOS PSÍQUICOS. — Para que se realice un proceso psíquico, se necesita cierto tiempo, el cual se invierte entre el momento de obrar el excitante y el de producirse la reacción consciente.

Este tiempo, TIEMPO DE REACCIÓN, desde luego mayor que el simple tiempo reflejo (§ 362), se puede medir (Donders, de Jaager, etc.), anotando el momento de la excitación y haciendo que la persona que se sujeta al experimento, ejecute una señal convenida desde el momento en que percibe bien la sensación. Este tiempo de reacción se compone: 1.°, de la *duración de la percepción* ó entrada en la esfera de la conciencia; 2.°, *de la duración de la apercepción* ó entrada en la esfera de la atención, por cuyo medio se adquiere la percepción consciente de las propiedades particulares de la sensación; forma, altura del sonido, color, etc.; 3.°, *de la duración del impulso voluntario* ó tiempo necesario para hacer la señal convenida. A este tiempo corresponde; 4.°, la duración de la velocidad de transmisión en el aparato nervioso aferente, y 5.°, la misma duración para los nervios motores que conducen la orden para la señal. Si esta se ejecuta con la mano, como es lo general, dura el tiempo de reacción para las impresiones *auditivas* de 0,136 á 0,167 de segundo; para las *luminosas*, de 0,15 á 0,224; para las *sápidas*, de 0,15 á 0,23, y para las *impresiones táctiles*, de 0,133 á 0,201 segundos (Hirsch, Hankel, Donders, v. Wittich, Wundt, Exner, v. Kries, v. Vintschgau y Hönigschmied, Auerbach, Buccola, etc.). El calor se tarda más en sentir que el frío (Goldscheider), y la presión menos que el calor (v. Vintschgau y Steinach, etc.). El tiempo de reacción para la percepción de los *olores*, que, como es natural, depende de muchas circunstancias (fase respiratoria, corrientes de aire), es de 0,2 á 0,5 segundos (Buccola, Moldenhauer).

Disminuye el tiempo de reacción con una excitación más intensa, una atención muy concentrada, el ejercicio, y la espera de una impresión conocida. Según Lange, en la reacción sensorial, y cuando la atención está prevenida, coinciden la percepción y la apercepción. La reacción muscular, al dar la señal, puede también llegar á convertirse en un simple acto reflejo. En las impresiones táctiles se perciben más pronto aquéllas que parten de puntos en que es más fino y delicado el

DR. PEREZ ARAPILES
Licencia núm. 23 - 3.°
1985

sentido de localización (v. Vintschgau). Se *alarga* el tiempo de reacción con los excitantes muy enérgicos, y cuando los objetos que hay que distinguir son muy complicados (v. Helmholtz y Baxt). La *duracion de la apercepcion* para un número de 1 á 3 cifras fue en Tigerstedt y Bergquist de 0,015 á 0,035 segundos. Varía el tiempo de reacción con la acción del alcohol ó de los anestésicos que lo alargan ó lo acortan según el grado en que obran (Kräplin). Para que dos impresiones que se suceden rápidamente se perciban con toda distinción, ha de transcurrir entre ellas un intervalo de 0,002 á 0,0075 segundos para las auditivas, de 0,044 á 0,047 segundos para las visuales, y de 0,0277 para las táctiles sentidas por los dedos de la mano.

En el sueño y la vigilia se da á conocer la periodicidad con que se suceden los estados de actividad y de reposo del órgano psíquico. Durante el sueño existe una excitabilidad disminuída de todo el sistema nervioso, que sólo en parte se explica por la fatiga de los nervios centrípetos, siendo debida más bien á modificaciones del sistema nervioso central. En este estado se necesitan excitantes más enérgicos para provocar reflejos. En el sueño más profundo parece que se hallan en un estado de reposo absoluto las actividades psíquicas; de tal manera, que el que duerme se asemejaría en un todo al animal á quien se le extirpan los hemisferios cerebrales. Cierto que casi siempre se reaniman dichas actividades poco antes de despertar, bajo la forma de *ensueños*; pero se manifiestan entonces de una manera diferente que en los procesos psíquicos normales. Se componen, ó de sensaciones sin base objetiva, es decir, alucinaciones, ó de determinaciones de la voluntad que casi nunca pasan á ser ejecutadas, ó de ideas eslabonadas por lo general sin seguir la marcha lógica del proceso normal de ideación, tal como se realiza en el estado de vigilia. A menudo, y sobre todo al tiempo de ir á despertar, se combinan las ideas forjadas en el ensueño, con otras suscitadas por verdaderas excitaciones que pueden afectar á varios órganos de los sentidos. La menor actividad del corazón (§ 75. 3. c), de la respiración (§ 133. 4) de los movimientos gástricos é intestinales (§ 163), de la calorificación (§ 214. 4) y de las secreciones, demuestra que están deprimidas las funciones de los centros nerviosos respectivos; y la menor actividad refleja, que lo están las de la médula espinal. Las pupilas, durante el sueño, están contraídas, y tanto más cuanto más profundo sea aquél, de tal manera, que en los grados más extremos no pueden contraerse más, aunque se exponga el ojo á la acción de la luz. Las pupilas se dilatan con las excitaciones sensitivas ó acústicas, y en tanto mayor grado cuanto menos profundo sea el sueño: en el momento de despertar se dilatan hasta el grado máximo (Plotke). Además, parece que el órgano central se halla durante el sueño en un estado de excitación, que aumenta la energía de ciertos esfínteres, como el del iris y el palpebral (Rosenbach).

La *profundidad del sueño* se averigua por la intensidad del sonido necesario para interrumpirlo. Así observó Kohlschütter que el sueño se hace muy profundo al principio y después con más lentitud, para alcanzar su máximum al cabo de una hora, ó de una hora y cuarenta y cinco minutos según Mönninghoff y Priesbergen; luego disminuye la profundidad del sueño, al principio con más rapidez que más tarde, para mantenerse en un grado casi igual y muy poco intenso durante varias horas antes de despertar. Los excitantes internos ó externos son capaces de disminuir de pronto la profundidad del sueño, que luego se recobra de nuevo. Cuanto más profundo el sueño, tanto más largo es también.

La *causa* del sueño es el consumo de fuerzas de tensión en el sistema nervioso, sobre todo en su parte central, cuyo consumo requiere reparación. Acaso sea provocado el sueño por la acumulación en el cuerpo de ciertos productos de descomposición (¿lactatos? Preyer). El sueño no se puede alejar voluntariamente por mucho tiempo ni tampoco interrumpir. Es notable el sueño que producen muchos narcóticos.

Hipnotismo.—Después del sueño conviene dedicar algunas palabras á los resultados más importantes que han proporcionado los estudios de Weinhold, Heidenhain, Grützner, Berger y otros acerca del *hipnotismo ó magnetismo animal*. Heidenhain supone que la *causa* de este estado es una *suspensión en la actividad de las células nerviosas de la corteza del cerebro* producida por una excitación ligera y permanente de la cara (roce suave, corriente eléctrica débil), de los nervios ópticos (fijar la mirada sobre un botón brillante), ó de los nervios auditivos (ruido monótono). La excitación fuerte y repentina de esos mismos nervios interrumpe rápidamente el estado hipnótico; esto se consigue, sobre todo, soplando al rostro. Berger atribuye una gran importancia al factor psicológico representado por la imaginación y la atención excitadas artificialmente, y dirigidas á determinadas partes del cuerpo. También Schneider cree que el concentrar de un modo exclusivo y anormal la conciencia sobre el acto de la hipnosis constituye la causa del fenómeno. En el primer ensayo es más difícil hipnotizar á un sujeto, y en estos casos parece que es un gran recurso fijar mucho tiempo la mirada sobre un objeto brillante, procedimiento que ya Braid había recomendado en 1841 para producir un estado anestésico. Sin embargo de esto, varía mucho, según los individuos, la facultad de ser hipnotizados. Repitiendo el experimento, puede darse el caso que llegue á ser fácil en extremo la obtención del hipnotismo, v. gr., con una simple presión sobre la frente, colocando al sujeto, pasivamente, en una actitud determinada, ó por medio de pases con las manos; en algunos basta, á veces, la simple idea de que se va á presentar el estado hipnótico, para que se produzca realmente, como ya lo había observado Cardan (1553) en sí propio.

El hipnotizado ya no es capaz, por de pronto, de abrir los párpados si se le han cerrado. Después presenta un espasmo del aparato de la acomodación; esta facultad está disminuída, y se observan posiciones anormales de los ojos. Luego aparecen fenómenos de excitación en el dominio de los ramos del gran simpático que provienen de la médula oblongada, tales como dilatación de la abertura palpebral y de la pupila, exoftalmía y aceleración de la respiración y del pulso. En cierta fase se observa, á veces, una agudeza y finura notables de las funciones sensoriales, así como del sentido muscular (Berger). Más tarde puede presentarse analgesia, conservándose la sensibilidad táctil y perdiéndose la gustativa; la sensibilidad térmica desaparece con más dificultad, y los últimos sentidos que son interesados son el de la vista, el del olfato y el del oído. Las excitaciones que obran sobre los órganos sensoriales ya no son capaces de producir ninguna percepción sensorial consciente, á causa de la suspensión de la conciencia. Pero, esto no obstante, las excitaciones de los órganos de los sentidos pueden ocasionar movimientos en los sujetos hipnotizados, bajo la forma de actos inconscientes que recuerdan á los producidos por la influencia de la voluntad. Así se explica que el hipnotizado parezca capaz hasta de cometer actos insensatos *por obediencia*, siendo así que no hace más que imitar los movimientos del experimentador, sin tener conciencia alguna de la significación de dichos actos. En los individuos de excitabilidad refleja muy exagerada, puede suceder que los movimientos voluntarios susciten convulsiones reflejas, v. gr., que se presente incapacidad de coordinar los movimientos del lenguaje articulado.

Según Grützner, hay varios *tipos fundamentales* de hipnotismo: 1.° *Sueño tranquilo*, en el cual todavía se entienden palabras; se observa especialmente en las jóvenes. 2.° A consecuencia de una excitabilidad refleja exagerada de los músculos estriados, que puede durar días enteros, se ponen en *tensión ciertos grupos musculares*, sobre todo en los sujetos robustos; al mismo tiempo puede sobrevenir ataxia y no prestarse los músculos á hacer su servicio. Los hipnotizados se dejan colocar en toda clase de actitudes (catalepsia artificial). En el período de letargia de las

histéricas están, á veces, exagerados los reflejos tendinosos; al mismo tiempo entran en contractura los músculos tan pronto como se ejerce presión sobre ellos ó en sus nervios. El nervio y el músculo presentan, en el estado cataléptico, una excitabilidad exagerada para la corriente constante y deprimida para la corriente farádica (Tereg). En la catalepsia histérica es frecuente que hayan desaparecido por completo los reflejos tendinosos (Charcot y Richter). 3.° *Obediencia automática*. Los hipnotizados obedecen en medio de un sueño muy superficial, cuando todavía conservan la conciencia. Cogiéndoles la mano ó acariciándoles la cabeza, ejecutan ciertos movimientos involuntariamente, tales como andar paseando de un lado á otro, bailar, encaramarse á una silla, etc. Otros hechos muy particulares son los de la llamada *sugestión*, que consiste en que en el sujeto hipnotizado se despiertan y graban ideas, por medio de la palabra del hipnotizador, las cuales dominan, hasta durante mucho tiempo, los impulsos y sensaciones del primero. 4.° Aparecen *alucinaciones*, pero sólo en algunos individuos, al despertarse poco á poco del sueño profundo. Estas alucinaciones, que se refieren casi siempre á sensaciones por disparos de arma de fuego ú olfatorias, se sienten, por lo general, con mucha intensidad, tanto las agradables, como las terroríficas que suelen reaparecer en ensueños. 5.° Es rara la imitación. Los movimientos más comunes, como el andar, se imitan con facilidad; los más delicados, es menos común que se imiten, sobre todo por los sujetos poco ilustrados. La *palabra de eco* se provoca, haciendo una presión en la nuca, hablando en la faringe, contra el hueco epigástrico y contra la nuca. Una presión sobre el arco superciliar derecho, abole con frecuencia la palabra. La sensación de los colores es abolida ó perturbada, aplicando la mano caliente al ojo, ó acariciando con ella el lado opuesto de la cabeza (Cohn). Pasando la mano en dirección contraria á la de la primera vez, se va haciendo desaparecer poco á poco la rigidez de los miembros y el sueño; en cambio, éste resultado se obtiene en el acto, soplando en la cara al sujeto. Los locos se hipnotizan lo mismo que los cuerdos. No sobrevienen accidentes desagradables, como no se lleven demasiado adelante los experimentos, tal como si se repiten diariamente en una misma persona por espacio de una ó dos semanas. En este caso, es fácil que el sujeto caiga espontáneamente en estado de hipnotismo y de catalepsia.

También en los *animales* se pueden producir estados hipnóticos. Las gallinas persisten rígidas en una posición determinada, acercando de pronto á sus ojos algún objeto, colocándoles una paja sobre el pico, ó haciendo que inclinen la cabeza hacia el suelo, y trazando en éste una raya con creta (*experimentum mirabile* de Kircher, 1644). Las aves, los conejos y las ranas, permanecen inmóviles cuando se los tiene sujetos, durante cierto tiempo, por medio de una presión ligera, ejercida sobre el dorso; los cangrejos quedan fijos sobre su cabeza y sus dos patas-pinzas.

El hipnotismo se puede emplear, como medio *terapéutico*, en el daltonismo, insomnio, convulsiones histéricas, y excitaciones psíquicas, y también puede tener su importancia en tal concepto la sugestión; pero siempre se debe proceder con mucha cautela en estos ensayos.

377. Centros motores de la corteza del cerebro.

Fritsch é Hitzig, descubrieron (1870) en la superficie de las circunvoluciones cerebrales, cierto número de regiones circunscritas, cuya excitación eléctrica provoca *movimientos* determinados en grupos musculares del *lado opuesto* del cuerpo (fig. 240. I. II).

Procedimiento de investigación. — Se aplica á las circunvoluciones cerebrales del perro ó del mono, puestas á descubierto, un par de electrodos impolarizables (§ 330), romos y muy próximos, y se produce la excitación, cerrando, abriendo ó invirtiendo una corriente constante, cuya intensidad sea tal que produzca una sensación apreciable en la punta de la lengua (Fritsch é Hitzig); ó se emplea la corriente inducida, cuya fuerza sea tal que produzca una sensación fácilmente tolerable en el mismo sitio (Ferrier). Luciani vió presentarse movimientos, á consecuencia de la excitación mecánica producida por el raspado. *El cerebro es completamente insensible á las intervenciones dolorosas.*

Esos puntos de la corteza cerebral, cuya excitación provoca movimientos característicos, debemos considerarlos camo *verdaderos centros*, como ya se deduce del hecho de que el tiempo de reacción, y lo mismo la duración de las contracciones musculares, cuando se excitan dichos centros, son mayores en este caso que no si se excitan las fibras sub-corticales conductoras, que desde tales centros se dirigen á otras partes del sistema nervioso. Otra prueba la tenemos en que la excitabilidad de los sitios mencionados, puede ser modificada por la excitación de nervios centrípetos (Bubnoff y Heidenhain). Probablemente se vale de estos centros la voluntad, influyendo sobre ellos cuando se trata de ejecutar un movimiento intencional. De ahí que se les haya dado el nombre de *centro psico-motores*. La zona motora del cerebro se revela también como un centro (perro, gato, oveja) en el hecho de contener unas células especiales de grandes dimensiones, llamadas *células piramidales* (Betz, Merzejewski, Bevan Lewis, Obersteiner).

Hay animales que nacen con funciones motoras y sensoriales completamente desarrolladas (buey, caballo); en ellos ya son excitables los centros motores corticales en el *recién nacido* (Bechterew). Mas en aquellos que vienen al mundo con funciones motoras y sensoriales imperfectas (perro, conejo), falta la excitabilidad de la corteza cerebral, y sólo son excitables las fibras más profundas de la corona radiante (Soltmann). Una cosa análoga sucede en el hombre.

En los estados de narcotismo profundo producidos por el cloroformo, el éter, el cloral, el alcohol, el ajenjo (Danillo) ó la morfina, y lo mismo en la apnea y en la asfixia, está abolida la excitabilidad de los centros corticales (Schiff), mientras todavía son excitables las vías de conducción sub-corticales (Bubnoff y Heidenhain). Las dosis pequeñas de esos mismos venenos, y lo mismo la atropina, aumentan al principio la excitabilidad de dichos centros. También la aumentan las hemorragias moderadas; pero la debilitan y llegan á abolirla las muy copiosas (Munck y Orschansky). Se exagera asimismo cuando aumenta la presión sanguinea (Spanbock), con los estados inflamatorios ligeros; la deprime por el contrario, el enfriamiento de la corteza cerebral (François Franck y Pitres), ó su barnizamiento con una disolución de cocaina (Tumass). Si á un animal se le quita la corteza del cerebro, se extingue por completo la excitabilidad de las fibras de la corona radiante á los cuatro dias de la operación; exactamente lo mismo que sucede con un nervio periférico que se hubiese separado de su centro (Albertoni, Michieli, Dupuy, Franck y Pitres).

Como quiera que desde la corteza cerebral se dirigen hacia el centro de los hemisferios las fibras de la corona radiante ó del sistema de proyección de primer or-

den, de ahí también que, aun después de extirpada dicha corteza, se pueda obtener el mismo efecto motor, excitando esas fibras, según el trayecto que siguen hacia la profundidad de los hemisferios (Glicky y Eckhard), puesto que no se hace entonces otra cosa que aplicar el excitante á un punto más profundo de la vía de conducción motora. Avanzando de este modo en dicho punto de aplicación, se llega al fin á la *cápsula interna*, donde están reunidas y apiñadas dichas vías de conducción, y de ahí que entonces se produzcan contracciones musculares generalizadas á todo el lado opuesto del cuerpo.

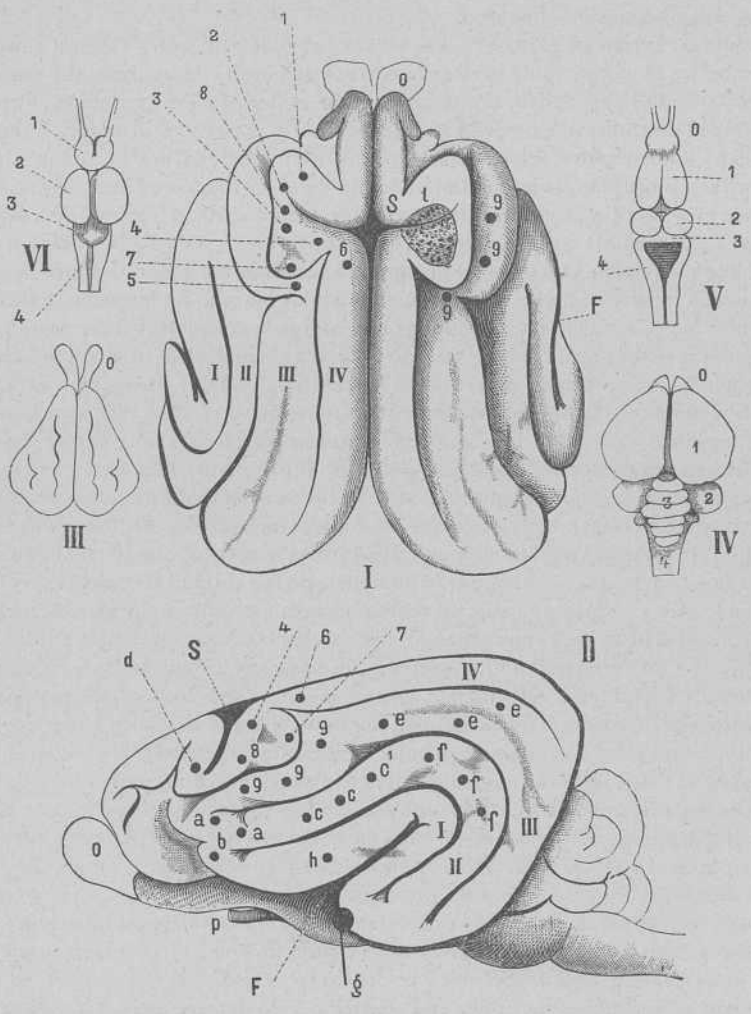
Tiempo invertido en la excitación de los centros motores. — Según Franck y Pitres, entre el momento de excitar la corteza cerebral y la contracción muscular transcurren 0,045 segundos, después de restar el período de excitación muscular latente y el de transmisión por la médula espinal y por el nervio motor. Bubnoff y Heidenhain observaron que en el narcotismo de intensidad media, producido por la morfina, á medida que aumenta la energía de la corriente que hace de excitante, se hace más amplia la contracción muscular y más corto el tiempo de reacción. Una vez extirpada la corteza cerebral, disminuye en $^1/_4$ ó en $^1/_5$ la duración total del tiempo invertido hasta que se presenta la sacudida muscular, después de haber comenzado la excitación de la substancia medular blanca. La forma de la sacudida muscular, ó gráfica de la contracción, es más alargada cuando proviene de una excitación cortical, que no de haber excitado las vías subcorticales. Si el animal (perro) se encuentra en un estado de excesiva irritabilidad refleja, desaparece esta diferencia y entonces, tanto en uno como en otro caso, se efectua la contracción con suma rapidez (Bubnoff y Heidenhain). Con una excitación muy fuerte también se contraen los músculos del *mismo lado*, aunque un poco más tarde que los del lado opuesto. Si se excitan simultáneamente los centros motores de las patas anterior y posterior, esta última es la que se contrae más tarde. El tiempo necesario para inhibir voluntariamente un movimiento ya existente, es casi igual al que se necesita para provocarlo también por la influencia de la voluntad (Orschansky y Gad). Haciendo que el excitante actue 40 veces por segundo sobre un centro motor, también se contraen 40 veces por segundo, los músculos correspondientes ; si las excitaciones son en número de 46 por segundo, la contracción muscular es única y permanente. Para obtener este último efecto en un mismo animal, se necesita un *número siempre igual de excitaciones*, por segundo, sea que se excite el centro cortical, el nervio motor ó el mismo músculo. Con excitaciones muy ligeras, se observa el fenómeno de su *adición*, puesto que las contracciones musculares no empiezan hasta después de haberse sucedido algunas excitaciones sin producir ningún efecto.

La situación de los centros motores en el *cerebro del perro*, aparece representada en la figura 240, I y II. Para orientarse mejor, conviene recordar que la superficie del cerebro en ese animal, presenta dos *surcos principales* : el *surco crucial* (Leuret) (S), que corta casi perpendicularmente á la cisura longitudinal que divide los dos hemisferios hacia el tercio anterior del mismo ; el segundo surco principal es la *cisura ó fosa de Sylvio* (F). Cuatro *circunvoluciones primarias*, se agrupan entre estos surcos, ocupando una situación bien determinada. La primera circunvolución (I), abraza, formando un arco muy cerrado, á la cisura de Sylvio (F); la segunda (II), sigue un curso bastante paralelo á la primera ; la cuarta (IV), confina en la línea media con la del otro lado, y rodea al surco crucial (S), de tal manera, que la porción situada por delante de éste, se puede distinguir con el nombre de circunvolución precrucial, de la que se halla por detrás de dicho surco ó circunvolución post-crucial ; la tercera, circunvolución primaria (III), sigue en conjunto una dirección paralela á la de la cuarta.

En la figura 241, I y II, son los sitios de los *centros motores*, cuya situación puede variar algo y á veces hasta ser un poco diferente en ambos lados (Luciani y

Tamburini, Paneth, etc.); se encuentran en las circunvoluciones primarias y están marcados con puntos. Hagamos notar, no obstante, que cada uno de dichos centros no son simples puntos, sino que, según el tamaño del animal, representan regiones como una lenteja y hasta mayores, cuyo centro está representado por los puntos negros de nuestro grabado.

Figura 240.



I, Cerebro del perro visto por arriba.—II, visto de lado.—I, II, III, IV, las cuatro circunvoluciones primarias.—S, surco crucial. — F, fosa ó cisura de Sylvio. — *o*, bulbo olfatorio. — *p*, N, nervio óptico. — 1, punto motor de los músculos de la nuca. — 2, extensión y abducción de la pata anterior. — 4, músculos de la pata posterior. — 5, el facial. — 6, movimientos laterales de la cola — 7, retracción y abducción de la pata anterior. — 8, elevación del omoplato y extensión de la pata anterior (movimiento de marcha). — 9, 9, orbicular de los párpados, zigomático, cierre de los párpados — II, *a*, *a*, retracción y elevación del ángulo de la boca. — *b*, acto de abrir la boca y de sacar la lengua (centro bucal). — *c*, *c*, músculo cutáneo del cuello. — *d*, abrir los ojos. — *It*, región de actividad térmica, según Eulenburg y Landois.—Fig. III, cerebro del conejo visto por arriba. — IV, cerebro de paloma visto por arriba. — V, cerebro de rana visto por arriba.—VI, cerebro de carpa visto por arriba. En todas estas figuras o representa el bulbo olfatorio. — 1, el cerebro. — 2, el lóbulo óptico. — 3, el cerebelo. — 4, la médula oblongada.

Fritsch é Hitzig (1870), han comprobado la existencia de los siguientes centros motores: 1, centro de los *músculos de la nuca*; 2, el de los extensores y abductores de la *pata anterior*; 3, el de la flexión y rotación de la pata anterior; 4, el de los movimientos de la *pata posterior*, que Luciani y Tamburini todavía descomponen en dos zonas de acción antagónica; 5, el de los músculos de la cara, ó *centro facial*, que, según dichos investigadores, suele tener más de 0,5 centímetros de diámetro. Ferrier (1873), ha descubierto además los siguientes centros: 6, el de los *movimientos laterales de la cola*; 7, el de la retracción y abducción de la pata anterior; 8, el de la elevación del omoplato y extensión de la pata anterior ó movimiento de marcha; la zona 9, 9, 9, rige á los movimientos del orbicular de los párpados y del zigomático (oclusión palpebral, y al mismo tiempo, movimiento hacia arriba del globo ocular y estrechamiento de la pupila. En el 9 anterior se encuentra el punto para los movimientos de la lengua; entre el 9 anterior y el 9 medio, el del *cierre de las mandíbulas*. Por otra parte, la excitación de las zonas *a*, *a* (fig. II), produce la retracción y elevación del ángulo de la boca con abertura parcial de esta; excitando *b*, vió Ferrier abrirse la boca y alargarse y sacarse la lengua (acción bilateral), no siendo raro que el perro ladrase al mismo tiempo; á esa zona la llama dicho autor, *centro bucal*. Excitando *c*, *c*, se contrae el cutáneo del cuello y determina la retracción del ángulo de la boca; con el estímulo de c^1, se eleva el ángulo de la boca y la mitad de la cara hasta ocasionar el cierre del párpado (análogamente á la excitación de 9). Con la de la zona media *e*, se abre el ojo y se dilata la pupila; al mismo tiempo, tanto el ojo como la cabeza, se desvían hacia el otro lado. El centro del tronco se encuentra entre los de las extremidades (Kusik y Unverricht); según Ferrier, el centro de la musculatura del tronco se halla en la circunvolución marginal. Desde la circunvolución post-crucial, se determina la contracción de los músculos del periné (Landois). La excitación de la cara anterior, y oblícuamente dirigida hacia abajo, de la circunvolución precrucial produce movimientos en la faringe y laringe (H. Krause). Semon y Horsley han determinado (en el mono), el estrechamiento de la glotis, como para la fonación, excitando un punto determinado de la mitad anterior del pie de la circunvolución frontal ascendente.

Las investigaciones en *monos* demostraron que también en estos animales ocupan los centros corticales sitios bien definidos. Los movimientos producidos por una excitación (con corrientes de inducción), se asemejan mucho á los voluntarios. Es raro que se contraiga un solo músculo; casi siempre se contrae un grupo coordinado. A veces entran en actividad los antagonistas, siguiendo la contracción de éstos á la de los músculos primitivamente excitados. La contracción muscular presenta un ritmo de 10 á 15 oscilaciones por segundo (véase pág. 38) (E. A. Schäfer).

Cuando la *excitación es muy enérgica*, además de los músculos del lado opuesto se contraen, á veces, al mismo tiempo, los del otro lado, por virtud de una transmisión transversal en la médula espinal (Lewaschew). Aquellos que se contraen juntos siempre, como los de los ojos, periné, laringe, lengua y boca, ó de ordinario, como los del tronco, y los mastica-

dores, parece que poseen su centro cortical, no sólo en el hemisferio del lado opuesto, sino también en el del mismo lado (Hitzig, Exner).

Hay una cuestión muy importante desde el punto de vista diagnóstico y práctico, y es la de si los centros motores no podrán ser punto de partida en el hombre de movimientos producidos por la irritación local de dichos centros, ocasionada por alguna afección patológica, tal como inflamación, tumores, degeneraciones, etc. Hughlings-Jackson sostuvo la realidad de estos hechos, y explicó de este modo la aparición de convulsiones *epileptiformes*, localizadas y unilaterales, que también Ferrier y yo hemos visto presentarse á consecuencia de una irritación inflamatoria. Con una excitación enérgica de las regiones motoras, se puede producir en el perro un *ataque epiléptico* completo, de convulsiones generales.

Este ataque empieza en el grupo muscular correspondiente á la zona excitada (Ferrier, Eulenburg y Landois, Albertoni, Luciani y Tamburini), se extiende después al miembro homólogo del otro lado y llega á interesar toda la musculatura del cuerpo bajo la forma de contracciones, primero clónicas, después tónicas, y luego clónicas otra vez. Por encima de la cápsula interna bastan, por lo general, excitaciones muy ligeras para producir esta clase de ataques. También se ha visto no presentarse las convulsiones en el otro lado hasta un poco después y comenzando por abajo, cuando en el lado primitivamente afectado eran generales los movimientos convulsivos. La excitación convulsiva se propaga de centro á centro sin saltar nunca por ninguna región motora intermedia (Unverricht). Después de uno de estos ataques, basta á menudo la excitación más ligera para hacer que estallen nuevas convulsiones epilépticas (§ 375). Durante el ataque está acelerada la circulación en el cerebro (Gärtner y J. Wagner) y dilatados los vasos de la pia-madre (Bechterew).

También con la excitación de la substancia blanca *subcortical* se producen convulsiones generales; pero éstas empiezan en los músculos del mismo lado (Bubnoff y Heidenhain). Estas convulsiones son originadas seguramente por derivaciones de la corriente eléctrica que llegan hasta el bulbo raquídeo (§ 375).

Si se *extirpan* ciertos puntos motores, es posible que en el ataque epiléptico falten las contracciones convulsivas de los músculos correspondientes á dichos puntos (Luciani). Si por medio de un corte de plano se extirpa el punto motor cortical durante un ataque convulsivo, llega á cortarse este ataque (Munk). Cuando un ataque epiléptico lleva poco tiempo no es raro que, extirpando el centro cortical de una extremidad, deje de ser afectada ésta y continue siendo agitado por convulsiones el resto del cuerpo.

La administración insistente del *bromuro potásico* impide la posibilidad de que se produzcan ataques epilépticos con la excitación de la corteza del cerebro.

Ofrece un interés especial el resultado obtenido con los *excitantes químicos*. Espolvoreando las regiones motoras con algunas de las substancias que se encuentran en la orina, como la creatina, creatinina, fosfato potásico ácido y sedimento úrico de la orina humana, he visto presentarse *convulsiones eclámpsicas* bien marcadas (clónico-tónicas), que *se repiten espontáneamente* durante cierto tiempo, y que van seguidas de un *coma* profundo (en el perro).

Yo no dudo en comparar las convulsiones urémicas del hombre á las que se observan en estos experimentos (§ 279). También se afectan, en estos casos, los centros sensoriales y, sobre todo, la facultad visual.

La *extirpación de los centros motores* ocasiona trastornos característicos de la motilidad en los músculos correspondientes del otro lado del cuerpo. Yo he visto, lo mismo que otros investigadores, que cuando en el perro se destruyen las zonas motoras de las extremidades, estas últimas quedan sin fuerza y se mueven con torpeza; el animal da pasos en falso, resbala, se le doblan las patas y las arrastra al andar. Hay autores que siempre dicen haber observado estas alteraciones con carácter transitorio; yo, en cambio, las he visto persistir meses enteros. La parálisis de las extremidades en el perro subsiste, sobre todo para aquellos movimientos en que se emplean á manera de manos (Goltz), es decir, en aquellos que más dependen de la educación. Con el tiempo se produce la degeneración descendente de las vías piramidales (de los movimientos voluntarios, § 367), y en los monos se ha visto demacrarse los músculos correspondientes (Schiff).

Cuanto más elevada en su desarrollo se halla la inteligencia de un animal, más tiene que intervenir el aprendizaje en sus movimientos, y mayor ha de ir siendo la influencia que sobre ellos ejerza la voluntad, tanto más intensos y permanentes serán los trastornos motores que se produzcan por la destrucción de los centros corticales respectivos. Así como en los vertebrados inferiores, incluyendo las aves, la extirpación total de los hemisferios cerebrales no altera visiblemente sus movimientos, y parecen bastar los reflejos coordinados para conservarlos; es suficiente, á veces, en el perro la extirpación de algún centro motor para que se produzcan trastornos evidentes y duraderos en la motilidad, los cuales son tan intensos y persistentes en el mono y en el hombre (§ 380) (Ferrier).

Hitzig hace derivar los trastornos en la motilidad que se observan después de la extirpación de los centros motores, de la pérdida de la llamada *conciencia ó sentido muscular*. Según Schiff, con la destrucción de dichos centros corticales, lo único que se abole es la sensibilidad táctil que ya no se vuelve á recobrar. La degeneración descendente de las vías piramidales en los cordones laterales se presenta también, según Schiff, después de seccionar la mitad posterior de la médula cervical (con lo cual sobreviene ataxia), ó sólo con cortar la porción posterior de los cordones laterales. Cuando, por haber cortado estos últimos, había aparecido la degeneración, ya no podía producir ningún movimiento excitando la corteza cerebral. Según esto, de los cordones posteriores con su prolongación hacia el cerebro es de donde parte el estímulo para la contracción muscular (rama ascendente del reflejo cerebral táctil), la cual es ejecutada por intermedio de las vías piramidales (rama descendente del arco reflejo). Entre ambas ramas se encuentran (en la profundidad del cerebro) los centros de la sensibilidad táctil. Por lo tanto, según Schiff, cuando se excita la corteza cerebral (campo motor) no se excita ningún centro motor, ni, en general, ningún centro cortical, sino tan sólo las vías sensitivas del mencionado arco reflejo (como prolongaciones de los cordones posteriores): los movimientos provocados con la excitacioón de esas zonas motoras, serían, por consiguiente, *movimientos reflejos*. Los centros se hallan más profundamente en el interior del cerebro. Así que, en opinión de Schiff, los movimientos voluntarios tampoco pasan de ser movimientos reflejos, provocados por una combinación de sensaciones conscientes, en cuya combinación, la representación del movimiento correspondiente, sería uno de los elementos que entran á formarla. Pero esta representación queda privada de base cuando falta la sensación táctil.

En un perro al que le destruí (1876) los centros motores de las extremidades, en ambos hemisferios, observé un trastorno en la motilidad voluntaria, al que dí el

nombre de *ataxia cerebral*; en este estado, el animal no es capaz de ejecutar movimientos coordinados para andar, mantenerse en pie, etc. Yo creo que los centros corticales son no sólo los puntos sobre los que actua directamente la voluntad, sino también aquellos en que está localizada la sensibilidad consciente de cada una de las contracciones musculares.

La *excitabilidad* de los centros motores puede ser influída en alto grado por diversas causas. La excitación de los nervios sensitivos la amortigua, haciendo que sea más baja y alargada la gráfica muscular, y aumentando la duración del tiempo de reacción. Sólo parece que aumenta la excitabilidad de los centros corticales cuando, por virtud de fuertes excitaciones sensitivas, sobrevienen violentas contracciones musculares de carácter reflejo. Es notable el hecho de que, en cierto período del *narcotismo producido por la morfina*, una excitación que por sí sola no es bastante intensa para provocar una contracción, adquiere la energía suficiente para producir ese efecto, con tal que, muy poco antes de actuar sobre los centros corticales, se determine una excitación táctil, *muy ligera*, en ciertas zonas de la superficie cutánea. Las contracciones musculares son tónicas cuando se ejerce una presión *fuerte* en la pata del animal, de suerte que todos aquellos estímulos que, en el estado normal, no provocan al actuar sobre los centros, más que excitaciones rápidamente pasajeras, las ocasionan ahora de carácter permanente. Si ahora, durante la contracción tónica, se frota ligeramente la piel de la cara dorsal de la pata, se sopla á la cara del animal, se le golpea suavemente en la nariz, se le llama, ó se excita el nervio ciático, vuelven á relajarse de pronto los músculos. Estos fenómenos recuerdan los hechos análogos que se observan en los hipnotizados (§ 376).

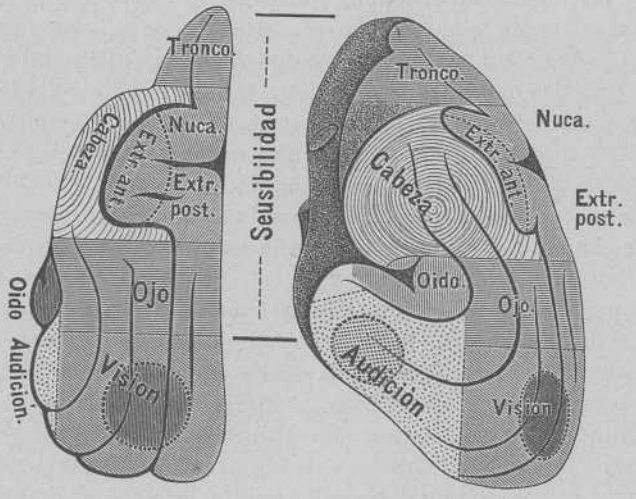
Y no es menos sorprendente que, una vez provocada la contractura de determinados músculos, merced á una excitación refleja ó á una *fuerte* irritación eléctrica directa del centro cortical correspondiente, se pueda hacer cesar dicho movimiento por medio de una excitación *ligera* del mismo centro, ó de cualquiera otra zona de la corteza del cerebro. Se observa, por consiguiente, el hecho notable de que la excitación de la misma región cortical provoca la del aparato motor ó, por el contrario, la inhibe, según sea la intensidad de la corriente empleada como excitante.

378. Centros corticales sensoriales.

Las investigaciones de Ferrier y H. Munk han demostrado que se encuentran en puntos determinados de la corteza del cerebro, zonas en las cuales se cumple el *acto de la percepción consciente de las sensaciones*. Estas zonas comunican con los nervios sensoriales por medio de ciertos haces ó manojos, y puede dárselas el nombre de centros corticales sensoriales ó *centros psico-sensoriales*. La *destrucción* total de uno de estos centros abole las sensaciones *conscientes*, que proceden del aparato sensorial respectivo.

En los casos de mutilación *parcial* del mismo, puede mantenerse intacto el *mecanismo* de la actividad sensorial, pero falta la conexión psíquica. Un perro con el centro lesionado de ese modo, sigue viendo, oyendo y oliendo, pero ya no sabe ni lo que ve, ni lo que oye, ni lo que huele. Los centros son, en cierto modo, los puntos donde se almacenan las imágenes recogidas por los sentidos. Así que las *excitaciones* de esos puntos pueden dar origen á movimientos como los que aparecen cuando se producen de pronto impresiones sensoriales muy intensas. Esos movimientos deben calificarse, por lo tanto, de reflejos, perteneciendo en parte al grupo de los reflejos extensos y coordinados; y de ningún modo se los confundirá con los que sobrevienen, por causa directa, como resultado de la excitación de los centros motores corticales. También pertenecen á este grupo la dilatación de la pupila y de la abertura palpebral, así como los movimientos laterales del globo ocular (Unverricht).

Figura 241.



Centros psico-óptico y psico-acústico y esfera sensitiva del cerebro del perro, según H. Munk.

1.° El centro *psico-óptico* ó *esfera visual* comprende, según Munk, la zona de la porción occipital del cerebro del perro marcada en la figura 241, con la palabra *visión*. Destruyendo esa región queda el perro casi ciego de un modo permanente para el ojo del lado opuesto (*ceguera cortical*). Pero si sólo se destruye una zona más central, que aparece como un círculo más sombreado, se presenta una abolición de las *sensaciones visuales conscientes*, correspondientes al *lado opuesto*, cuyo estado puede ser designado con los nombres de *ceguera anímica* (Munk) ó *amnesia óptica*. Es notable que, cuando se destruye esa parte en solo *un lado* se compensa pronto el defecto funcional: al parecer la función de la esfera visual lesionada puede ser desempeñada por otra zona cortical próxima. Así se observa que el animal tiene que *aprender* de nuevo á

servirse de su ojo afecto, como lo había hecho en los primeros tiempos de su existencia (Munk). La destrucción bilateral y total de estos centros vuelve completamente ciego al animal; pero si la destrucción aunque bilateral no interesa más que á la parte central (sombreada) de dichas regiones, el perro sólo se ve afectado de ceguera psíquica ó anímica.

Mauthner niega la existencia de la ceguera anímica y cree que si el perro ya no es capaz de reconocer los objetos con un ojo cuando se destruye la porción central del centro visual del hemisferio opuesto, depende este fenómeno de que ahora la única visión que queda es la *indirecta*, por medio de la periferia de la retina, la cual no suministra imágenes retinianas bien distintas.

Además de esto averiguó Munk que, en el perro, *ambas* retinas están en conexión con los *dos* centros corticales psico-ópticos de tal manera que, cada retina está en relación en su *mayor parte* con el centro cortical del lado *opuesto*, y sólo por su porción marginal más externa con el centro del *mismo* lado. Si suponemos proyectada la superficie de una retina sobre los centros en cuestión, aparecerá el borde más externo de la primera en conexión con el centro del mismo lado; el borde interno de la retina con la zona interna del centro opuesto; la porción marginal superior de la primera con la zona anterior del centro del otro lado y la porción marginal inferior con la zona posterior también del centro del lado opuesto. El medio (sombreado) del centro corresponde á la región de la visión directa de la retina del *lado opuesto*.

La *excitación* del centro visual determina en el perro movimientos de ambos ojos hacia el otro lado, acompañados á veces de un movimiento de la cabeza en el mismo sentido y de estrechamiento de las pupilas.

Si á un perrito recién nacido se le *extirpa un ojo*, se observa al cabo de algunos meses que está poco desarrollado el centro psico-óptico del lado opuesto (Munk). Extirpando la *esfera visual* á un animal joven, se atrofian el cuerpo geniculado externo, el pulvinar (fig. 225), y el tubérculo cuadrigémino anterior, degenerando al mismo tiempo la esfera sensitiva del ojo (fig. 241); más adelante se atrofian también la cinta y el nervio óptico. Estos hechos se han observado igualmente en el hombre después de las degeneraciones de la esfera visual (v. Monakow).

Los fisiólogos no están de acuerdo respecto á la situación del centro visual. Según Ferrier ocupa en el perro la marcada con *eee* en la fig. 240, ó sea en una región de la porción occipital de la tercera circunvolución primaria; según sus últimas investigaciones, estaría localizado en el lóbulo occipital y en la circunvolución angular.

Para Luciani la zona visual comprende (mono, perro) además del lóbulo occipital, el parietal. Niega además que la retina se proyecte con exactitud en la corteza cerebral; los dos nervios ópticos más bien están en relación con todas las partes de la región occipito-parietal. Cree también que las imágenes visuales no hacen más que experimentar cierta elaboración psíquica en la corteza cerebral, pero que donde se forman es en los tubérculos cuadrígeminos, puesto que aun después de haber destruído en una grandísima extensión y en ambos lados las regiones occipito-parietales, sólo ha podido observar una ceguera anímica, pero no una verdadera y absoluta ceguera visual. Ya, antes de este autor, había afirmado Christiani

DR. PEREZ ARAPILES
C/ Lagasca núm. 12 - 3.º
Teléfono 20 85 19
L. E. O. N

que los conejos privados de su cerebro saben evitar los obstáculos que encuentran en su camino, porque los perciben con la vista. De aquí resulta que en esos animales todavía se utilizan las impresiones ópticas de un modo conveniente, puesto que obran sobre el centro coordinador y de los reflejos cutáneos que se halla en los tálamos ópticos, de tal manera que los animales ejecutan los movimientos reflejos adecuados al caso. Está, sí, abolida la visión *consciente;* pero se conservan las actividades reflejas coordinadas cuyo punto de partida es el aparato visual.

En el *mono* se encuentra el centro visual en el vértice del lóbulo occipital. Su destrucción unilateral produce ceguera en las mitades de ambas retinas correspondientes al mismo lado de la lesión. En las *aves* se encuentra la esfera visual en la porción cortical del cerebro que cubre al ventrículo y que se extiende desde el pedúnculo hacia arriba y adelante. La retina de un ojo pertenece al hemisferio opuesto, excepto su porción más posterior que corresponde al del mismo lado (Munk). En la rana radica la facultad visual en el lóbulo óptico (Blaschko); así que tanto este animal como los peces, ven sin cerebro.

2.º El *centro psico-acústico* ó *esfera auditiva*, se encuentra, según Munk, en el lóbulo temporal, en la zona marcada con la palabra *audición* en la figura 241 ; según Ferrier se halla en la región de la segunda circunvolución primaria, marcada con *f f f*, en la figura 240. II. La destrucción de toda la región abole la función del oído del lado *opuesto*, y sólo la de la porción media, sombreada, produce *sordera anímica* (Munk) o amnesia acústica, ó sea la pérdida de las imágenes conmemorativas de las sensaciones acústicas. La excitación del centro produce una reacción que corresponde á aquel rápido movimiento de sorpresa que se produce con cualquier estrépito repentino é inesperado. La excitación *unilateral* origina en este caso un movimiento de la oreja del lado opuesto (Ferrier, Baginsky). También en estos experimentos se observa que con la lesión unilateral del centro de la región cortical, llegan á desaparecer al cabo de algunas semanas los trastornos producidos (como sucedía con el centro psico-óptico), de tal manera que el animal *aprende de nuevo* á oir (Munk) ; la destrucción *bilateral* de la porción media, produce la sordera anímica en ambos oídos. Los perros mutilados de ese modo ya no yerguen sus orejas cuando reciben una impresión acústica y dejan de ladrar. Los segmentos anteriores de la esfera auditiva parecen servir para la percepción de los sonidos más elevados, y los posteriores para la de los más profundos (Munk). Destruyendo un oído en un perrito recién nacido, vió Munk que se desarrollaba menos el centro cortical del lado opuesto. La destrucción total de los dos centros de ambos hemisferios vuelve al animal sordo (y mudo). Ferrier demostró la existencia de este centro en el mono, el conejo, el chacal y el gato.

Según Luciani, el centro auditivo invade desde el lóbulo temporal, al parietal, al frontal, á la circunvolución del hipocampo y al asta de Ammon. Cada oído está en conexión con los centros de ambos hemisferios, pero más especialmente con el del lado opuesto. Si se extirpan por completo los dos centros, no sobreviene más que sordera anímica.

3.º Munk y Ferrier localizan el *centro olfatorio* (del perro) en la circunvolución del hipocampo. Cuando se destruyen los de ambos lados (en

el mono), se abolen el olfato y el gusto (Ferrier), pero hasta ahora no se ha conseguido trazar los límites respectivos de los centros *psico-ósmico* y *psico-géusico*, situados en esta zona cortical. Según Luciani, la circunvolución del hipocampo y el asta de Ammon constituyen el centro olfatorio ; también en este caso hay que admitir un cruzamiento parcial, pero el haz no cruzado parece ser el más importante.

El mismo autor refiere que cuando excitaba dicha zona cortical en los monos, perros, gatos ó conejos, torcían los labios y cerraban en parte la ventana de la nariz del *mismo* lado (§ 367 al final). Zuckerkandl, basándose en la anatomía comparada, cree que la *porción cortical del centro olfatorio* está constituída por los extremos central y frontal del lóbulo del cuerpo calloso, el lóbulo del hipocampo con el gancho ó lóbulo uniforme, el asta de Ammon incluyendo la circunvolución marginal (y especialmente el cuerpo abollonado), la corteza del pedúnculo olfatorio, la de la lámina perforada anterior y el bulbo olfatorio.

4.° Munk opina que la superficie del cerebro en la zona de los centros motores, es al mismo tiempo la *esfera sensitiva*, es decir, que sirve también para el *sentido del tacto* y para las *sensaciones musculares* y de *inervación* del lado opuesto. En la fig. 241 aparece trazada la distribución de las zonas correspondientes á cada una de las partes del cuerpo, en el perro. Cuando se lesiona una de esas regiones, se afectan, según dicho autor, las facultades mencionadas.

En cambio, Luciani niega que sea tan precisa la limitación de cada una de las regiones del cuerpo en la corteza del cerebro. Según Bechterew, los centros para la percepción de las sensaciones táctiles, del sentido muscular y de la sensibilidad al dolor, están situados, en el perro, *en la proximidad* de las zonas motoras ; el primero inmediatamente por detrás y por fuera de la región motora y los demás en la región situada inmediatamente por encima del comienzo de la cisura de Sylvio.

Según Schäfer, la extirpación de la circunvolución del cuerpo calloso en el mono, va seguida de una disminución permanente de la sensibilidad.

379. Centro térmico cortical. — Opiniones contradictorias sobre las localizaciones cerebrales. — Otras funciones de la corteza del cerebro.

A. Eulenburg y yo, hemos descubierto, en la superficie del cerebro, una región, desde donde se influye positivamente sobre la *temperatura y sobre el calibre de los vasos* de las extremidades del lado opuesto. Esta zona abarca, en general (fig. 240. I. t), aquella misma región, en la que están situados los centros motores de los flexores y rotadores de la pata anterior (3) y de los músculos de la extremidad posterior (4). Los territorios corticales correspondientes á las patas anterior y posterior, son diferentes y están separados : el de la pata anterior, se encuentra algo más hacia adelante, próximo al extremo lateral del surco crucial. La destrucción de esta zona, determina un *aumento* de temperatura en la extremidad del lado opuesto, aumento que puede llegar á ser muy variable (de 1°,5 á 2° hasta 13° C). Este hecho ha sido confirmado por Hitzig,

Bechterew, Wood, etc. Este aumento de temperatura, no está en relación alguna con trastornos musculares, que acaso se hubiesen presentado en las extremidades respectivas; y persiste generalmente mucho tiempo despues de la lesión, aunque con grandes oscilaciones. Lo hemos visto durar hasta tres meses seguidos; en otros casos, va disminuyendo poco á poco, hasta desaparecer por completo al segundo ó tercer día. En los casos bien caracterizados, disminuye la resistencia de la pared de la arteria femoral á la presión, y se hace más baja la gráfica del pulso (Reinke).

La excitación eléctrica de la zona en cuestión, determina un *enfriamiento* pasajero y poco marcado en las extremidades del lado opuesto. En los perros se obtiene este efecto, aunque sea practicando la excitación á través de la piel (Feinberg). También se puede excitar el centro, aplicándole sal común; pero en este caso, suelen presentarse muy pronto los fenómenos que revelan su destrucción. La excitación del centro cortical, determina un *aumento de la presión sanguínea*, aun en los animales curarizados, por consecuencia de una contracción vascular (Stricker). Hasta ahora, no se ha conseguido hallar una región cortical que influya en la temperatura de cada *mitad de la cabeza*. En los ataques epilépticos de origen cerebral (§ 377), sube la temperatura del cuerpo, parte á causa de la mayor producción de calor en los músculos (§ 304), y parte por la menor pérdida del mismo, que se verifica por los vasos cutáneos, á consecuencia de la excitación de los centros corticales térmicos.

Según Wood, la destrucción de esta región central descubierta por nosotros, en el perro, determina al mismo tiempo un aumento en la *producción* del calor, demostrable por medio del calorímetro; en cambio, disminuye dicha producción cuando se excita dicha zona cortical.

Introduciendo en el encéfalo del perro un cuchillito estrecho, cerrado con resorte, abriéndole, una vez introducido, para lo cual se tira por un hilo que suelta el resorte, y cortando de este modo la cápsula interna, observé que también aumentaba la temperatura con este experimento. De aquí se infiere, que las fibras que conducen las excitaciones térmicas, pasan por la cápsula interna. La misma lesión del pedúnculo cerebral, determina también un aumento evidente en la temperatura (White). En el conejo, no se observa ningún cambio térmico manifiesto, cuando se destruye la región cortical anterior (Eulenburg y Landois, etc.); pero sí con la destrucción de la zona posterior de la corteza cerebral (White y Washborn).

Con todos estos experimentos, se comprende que las excitaciones psíquicas del cerebro, puedan influir en el calibre de los vasos y en la temperatura, como lo revela la palidez y el rubor que en algunas ocasiones sobrevienen de un modo súbito (véase el § 380. III).

En contraposición á la doctrina de las localizaciones cerebrales que acabamos de exponer, debemos dar cuenta, de un modo imparcial, de las ideas que sustenta Goltz, respecto á este asunto. Goltz ha descrito, con muchos pormenores, los fenómenos que se observan en el perro, cuando se le *destruge* á este animal la *corteza del cerebro en una gran extensión*. Distingue, en primer lugar, ciertos *fenómenos inhibitorios* de carácter pasajero, los cuales provienen de una interrupción temporal en la actividad de aparatos nerviosos, que no han sido lesionados en el acto experimental, fenómenos que se explican de un modo análogo á la inhibición de los re-

flejos, producida por una fuerte irritación de algún nervio sensitivo (§ 363. 3). Enfrente de estos fenómenos, hay que colocar los *fenómenos de supresión*, los cuales son de carácter permanente, y provienen de la abolición de la actividad de los aparatos nerviosos, destruídos con la intervención operatoria. Un perro, al que se le extirpa de este modo una gran porción de su corteza cerebral, puede dársele el nombre de máquina complicada y de carácter reflejo, que se alimenta. Procede como un animal completamente imbécil; anda lentamente, con torpeza y con la cabeza baja, y presenta embotada la sensibilidad cutánea en todos sus aspectos; es poco sensible á las presiones que se ejerzan sobre su piel, nota menos las oscilaciones de temperatura y no sabe tactar; tan difícil le es orientarse en el mundo exterior, como conocer el estado de su propio cuerpo. Esta perturbación se hace más manifiesta, sobre todo, cuando el animal pretende buscar y coger el alimento. En cambio, no está paralizado ninguno de sus músculos. El perro sigue viendo, pero sin adquirir sensación consciente de lo que ve; lo ve como un sonámbulo, que evita los obstáculos, sin tener clara conciencia de ellos. También oye, puesto que se le despierta llamándole á gritos; pero oye tal vez como el hombre que, sumido en un sueño profundo, despierta al llamársele, aunque sin tener conciencia clara de que se le ha llamado. Ladra el animal cuando tiene hambre; come hasta que su estómago queda repleto; es completamente indiferente á lo que le rodea, y no manifiesta tener apetito genésico.

Respecto á las *localizaciones cerebrales*, Goltz profesa una opinión distinta de la que hemos expuesto. Cree que *todas las partes del cerebro intervienen en las funciones de las que se derivan la volición, la sensibilidad, la percepción y el pensamiento.* Todas y cada una de las porciones del cerebro están, con independencia de las restantes, en conexión, por medio de vías conductoras, con todos los músculos voluntarios, como asimismo lo están con todos los nervios sensitivos del cuerpo.

Después de extirpar *el lóbulo frontal comprendiendo la zona motora*, sobrevienen al principio parálisis motora y sensitiva, semilateral, y trastorno, también semilateral, de la visión. *De todos estos trastornos no queda, al cabo de algunos meses, más que la pérdida del sentido muscular.* La ablación bilateral de dichas porciones del cerebro, ocasiona esos trastornos más acentuados, acompañados además de numerosos movimientos asociados é irregulares y de una mayor excitabilidad refleja. Repetidas veces observó Goltz hiperestesia general, tendencia notable á moverse el animal y, en los perros, un carácter irritable y agresivo. Las destrucciones del cerebro anterior aunque sean extensas y profundas, no acarrean necesariamente perturbaciones graves y permanentes en la percepción de las impresiones visuales, auditivas, olfatorias y gustativas.

La extirpación del *lóbulo occipital* perturba la percepción de las impresiones sensoriales por razón del trastorno intelectual que determina; la facultad visual es la más perjudicada. La ablación bilateral de dicha porción del cerebro, ocasiona un trastorno muy pronunciado en la visión, pero no la ceğüera completa. El carácter del perro se vuelve apacible y reposado. Nunca se observan trastornos de la motilidad ni del sentido muscular.

Según Loeb, discípulo de Goltz, las perturbaciones de la visión, de la motilidad, y de la sensibilidad que sobrevienen después de una lesión parcial de la corteza cerebral se pueden resumir en los siguientes términos: las excitaciones de la retina y de los nervios sensitivos del lado opuesto, se efectuan con menos intensidad y con más lentitud, y también se retrasa algo la excitación de los músculos en los movimientos intencionales de ese mismo lado del cuerpo.

Pero las lesiones del cerebro también ocasionan *fenómenos de inhibición*; tales son los trastornos motores y la hemiplegia completa que no es raro observar después de las grandes lesiones de la substancia cortical del cerebro y que Goltz in-

terpreta como un hecho de inhibición. En efecto, la lesión obra inhibiendo los movimientos que provoca otro órgano (infracortical), los cuales reaparecen en cuanto cesa de actuar el mencionado efecto inhibitorio.

Otras funciones del cerebro.—Algunos fisiólogos han observado *oscilaciones en la presión sanguínea y variaciones en el latido cardíaco* con la excitación de la corteza cerebral. Así Bochefontaine ha observado esos fenómenos cuando excitaba, por medio de la electricidad, la zona motora de las extremidades. Excitando el centro cortical de la cara (fig. 235. 5), observó B. Danilewsky aumento de la presión sanguínea con aceleración y después retardo del pulso, fenómenos que también se observan cuando se irrita la cola del cuerpo estriado y la substancia blanca que confina con él; al mismo tiempo se volvía más lenta la *respiración* y hasta se interrumpía en algunos momentos. Balogh, vió que en el perro se aceleraba el pulso con la irritación de diversos puntos de la corteza del cerebro, haciéndose menos frecuente cuando la excitación afecta á una región determinada. Eckhard excitaba la superficie del cerebro en el conejo y observó como regla que en nada se influía sobre la actividad cardíaca, mientras no se presentaban más que algunos movimientos cruzados en las patas anteriores; pero, en cambio, se interesaba dicha actividad en cuanto aparecían otros movimientos además de los dichos. Las perturbaciones en la actividad del corazón, consistían en la aparición de latidos menos frecuentes y más enérgicos entremezclados con otros más débiles, elevándose al mismo tiempo un poco la presión sanguínea (Bochefontaine). Si se cortan antes los dos pneumogástricos, no se presentan modificaciones en los latidos cardíacos, pero sí el aumento en la presión sanguínea. Con todos estos experimentos, no es posible todavía formarse idea clara de las relaciones del cerebro con la actividad cardíaca. Pero es indudable que semejante relación existe, como lo demuestra la influencia de las emociones sobre los latidos cardíacos, influencia que ya conocían Homero y Chrysippo. Unverricht ha observado que excitando un punto de la tercera circunvolución primaria, situado por fuera del centro del orbicular, se produce una suspensión respiratoria en el perro, y Preobraschensky ha visto presentarse un espasmo inspiratorio del diafragma, en el gato, cuando se excitaba un punto situado por detrás de dicha zona. Acerca de la *sialorrea* de origen cerebral, que nosotros fuimos los primeros en observar, véanse el § 150, tomo I, pág. 302. Bochefontaine y Lepine, vieron además que, cuando se irrita el contorno del surco crucial en el perro, se *retardan los movimientos del estómago*, se *producen los peristálticos del intestino*, se *contraen el bazo, el útero y la vejiga, y aumentan los movimientos respiratorios*. Bufalini observó que, cuando se excitan aquellas zonas corticales que producen en el conejo movimientos de las mandíbulas, se *segrega jugo gástrico* y aumenta la temperatura del estómago. Respecto á la relación entre la zona del surco crucial (en el perro) y el *cardias*, véase el tomo I, pág. 326. Según Bechterew y Mislawski la excitación de diversas partes de esta region determina, ó movimientos del píloro ó inhibición de los mismos; á veces se contrae el cardias. Desde el mismo punto y desde la tercera circunvolución primaria situada por detrás y por fuera de él, se provoca la contracción y la relajación de la *musculatura intestinal*, y lo mismo desde los *tálamos ópticos*. Las vías conductoras caminan, en parte por los pneumogástricos y en parte por la médula espinal. Desde esta última, se dirigen las fibras que van al *intestino delgado* por los ocho últimos nervios torácicos y los primeros lumbares (perro) al plexo del gran simpático; las del *intestino grueso* van por los dos últimos nervios lumbares y los tres primeros sacros (Bechterew y Mislawski). La excitación eléctrica de la parte interna de la circunvolución sigmóidea en el perro, determina una *dilatación pupilar* (Mislawski) y lo mismo la excitación química de la región parietal en el conejo (Landois); además se produce en el perro secreción lagrimal, exoftalmía y retracción del tercer pár-

pado (Bechterew y Mislawski) (véase § 381, *tálamo óptico*). Aumentan las contracciones de la vagina en la coneja, cuando se excita el segmento anterior de los hemisferios cerebrales, y en la perra cuando se estimula la circunvolución sigmóidea. Si la excitación es más intensa y afecta á las zonas inmediatas de las regiones respectivas, se produce un efecto inhibitorio. La excitación del tálamo óptico ó del extremo central del pneumogástrico cortado, refuerza dichas contracciones; en cambio se relaja la vagina cuando se excita el extremo periférico del pneumogástrico (Bechterew y Mislawski) (véase § 455).

Por fin merece llamarse la atención acerca de ciertas observaciones patológicas, relativas á lesiones del cerebro. Así Schiff, Brown-Séquard, Ebstein, Klosterhalfen, etc., han visto sobrevenir en muchos casos, y á consecuencia de lesiones del puente de Varolio, del cuerpo estriado, del tálamo óptico, del pedúnculo del cerebro y de la médula oblongada, *hiperemias y hemorragias en los pulmones, pleuras, estómago, intestino y riñones*. La gastrorragia es frecuente después de las lesiones que interesan al puente en el punto de donde arranca el pedúnculo del cerebelo. Fenómenos análogos se han observado en el hombre después de las apoplegías ó de los reblandecimientos del cerebro.

También es digno de mención especial el *decúbito agudo unilateral*, de origen cerebral, descrito por Charcot, que interesa siempre al lado paralizado, ó sea al opuesto al de la lesión; se inicia ya al segundo ó tercer día de ésta, y puede acarrear rápidamente la muerte en medio de grandes destrucciones de tejidos (nalga, extremidad inferior). La úlcera por decúbito, que aparece después de las afecciones medulares, comienza casi siempre en la línea media en la región de las nalgas, y se extiende desde aquí hacia *ambos lados* de un modo simétrico. En los casos de lesión unilateral de la médula, la destrucción interesa *al mismo lado* del sacro.

380. Topografía fisiológica de la superficie del cerebro en el hombre.

I. Las regiones motoras comprenden las *circunvoluciones centrales, anterior* (fig. 242. A) y *posterior* (B), el *lóbulo paracentral*, y por detrás, hasta la *antecuña ó lóbulo cuadrilátero* (precuneus) (fig. 244). Se encuentran en ellas grandes células nerviosas (Betz, Lewis, Clarke) que no aparecen hasta el mes y medio de la vida extrauterina (Korsch).

La *degeneración de todo este territorio cortical* ocasiona la *parálisis del lado opuesto del cuerpo*, total al principio, pero que poco á poco se va limitando á ciertos movimientos, sobre todo á aquellos que se producen principalmente bajo la influencia de la voluntad y que tienen que ser aprendidos por el ejercicio; en cambio se conservan más ó menos intactos los movimientos asociados y bilaterales, que también se observan en aquellos animales que ya al nacer son capaces de ejecutar cierta clase de movimientos complicados. Esta es la causa de que en el hombre esté más paralizada la mano que el brazo; éste más que la pierna; las ramas inferiores del facial más que las superiores, y casi nada los nervios del tronco.

En los hemiplégicos también pierde fuerza el lado no paralizado (Brown-Séquard Charcot, Pitres, R. Friedländer y Dignat). Para explicar este fenómeno no es suficiente el hecho de que *no se cruzan* algunos haces de las vías piramidales (§ 367).

Entre los movimientos del hombre, los hay que tienen que ser aprendidos con cierta dificultad para ir siendo sometidos poco á poco á los impulsos muy variables del órgano de la voluntad; tales son aquellos que ejecuta la mano y que requieren cierta habilidad. Cuando la lesión de los centros psico-motores, ó se recobran, por lo general, con mucha lentitud é imperfección esos movimientos ó no se vuelven á recobrar. Por el contrario, aquellos movimientos de que dispone el cuerpo desde luego, como los de asociación de ambos ojos, de la cara, y en parte de las piernas, se vuelven á adquirir muy pronto después de las lesiones antedichas, ó parece que es muy poca cosa el trastorno que con ellas experimentan. Así, después de una lesión cortical nunca parece que se paralizan los músculos de la cara de un modo tan completo, como en las afecciones del tronco del nervio facial, y sobre todo el ojo aún se cierra bastante bien. Los movimientos de succión se han observado hasta en los recién nacidos hemicéfalos.

Desde los centros motores corticales se dirigen las vías correspondientes al facial y al hipogloso por el tercio anterior de la rama posterior de la cápsula interna, y las de los músculos de las extremidades por el tercio medio de dicha rama (fig. 245).

Después de *destruída la zona cortical*, degeneran estas *vías córtico-motoras* (§ 367) que caminan en dirección descendente, y de cuyo trayecto, como *vías piramidales* (pág. 252) ya se ha tratado. Se ha observado esta degeneración en la substancia blanca subcortical; en los dos tercios anteriores de la porción posterior de la cápsula interna; en el pedúnculo del cerebro (porción media de la circunferencia inferior ó libre de su pie); en el puente; en las pirámides del bulbo raquídeo, y desde aquí en las vías piramidales de la médula espinal (Charcot, Singer, R. Rosenthal, Moeli, Schiff). Es evidente que también sobrevendrá hemiplegia con las lesiones que se produzcan en cualquier punto del trayecto que siguen estas vías nerviosas. A medida que se acentua la degeneración, pueden adquirir los músculos paralizados cierto grado de rigidez espasmódica y una mayor irritabilidad á los excitantes mecánicos (reflejos tendinosos) que bien puede interpretarse como un fenómeno irritativo de degeneración (Charcot, Lion). Con el tiempo se llegan á atrofiar y á desaparecer estos músculos.

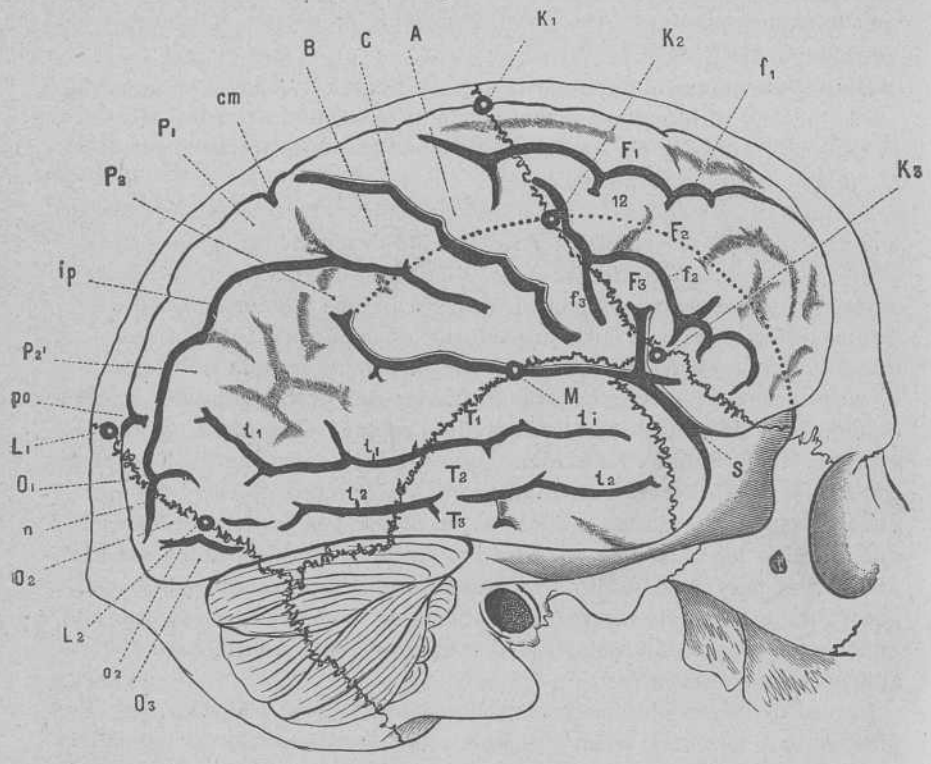
Parece deducirse de las observaciones de Flechsig y Hoesel, que la región motora sirve al mismo tiempo como centro sensorial del *sentido muscular* y de las sensaciones de inervación (pág. 301). De aquí se deduce, que la mayor parte de las fibras que ascienden por los cordones posteriores de la médula oblongada, llegan hasta las circunvoluciones centrales. Es muy notable el hecho de que en el hombre se haya observado en unos casos pérdida exclusiva del sentido muscular ó de las representaciones de los movimientos, y en otros parálisis puramente motoras sin dichos trastornos.

Las *excitaciones psíquicas*, influyendo sobre los centros psico-motores, pueden hacer que estos entren en actividad, como se ve en la mímica, en los ademanes y en los gestos, ó paralizarla y suprimirla, como en las emociones muy violentas; v. gr., cuando un susto suspende los movimientos, el temor los impide, un disgusto deja sin habla momentáneamente, etc. Al ser provocados los movimientos voluntarios de ciertos

músculos, entra en juego al mismo tiempo un *mecanismo inhibitorio* que suspende la actividad de los centros corticales inmediatos al que va á funcionar. Cuando este mecanismo inhibitorio está debilitado, aparecen movimientos asociados é involuntarios (Landois).

Estados patológicos. — Las excitaciones de las regiones psíco-motoras, producidas por causas patológicas, pueden determinar impulsiones motoras de carácter *maniaco* (Landois). Una acción deficiente por parte del mecanismo inhibitorio de los centros corticales, de que acabamos de hacer mérito, es capaz de engendrar un

Figura 242.



Cerebro con sus principales surcos y circunvoluciones, según A. Ecker, en sus relaciones recíprocas con la caja craneana. — S, cisura de Sylvio con sus dos ramas: una anterior, corta ascendente y vertical y otra horizontal, posterior y más larga. — C, surco central ó de Rolando. —A y B, circunvoluciones centrales anterior y posterior. — F_1, F_2, F_3, circunvoluciones frontales superior, media é inferior. — f_1, f_2, f_3, surcos frontales superior, inferior y vertical ó precentral. — P_1, lobulillo parietal superior. — P_2, lobulillo parietal inferior. — P_2, circunvolución supramarginal. — $P2^1$, circunvolución angular. — *ip*, surco interparietal. — *cm*, extremo del surco calloso-marginal. — O_1, O_2, O_3, circunvoluciones occipitales primera, segunda y tercera. — *po*, fisura parieto-occipital. — *o*, surco occipital transverso. — o_2 surco occipital longitudinal inferior. — T_1, T_2, T_3, circunvoluciones temporales primera, segunda y tercera. — t_1, t_2, surcos temporales primero y segundo. — K_1, K_2, K_3, puntos marcados en la sutura coronaria. — L_1 y L_2 puntos marcados en la sutura lambdóidea.

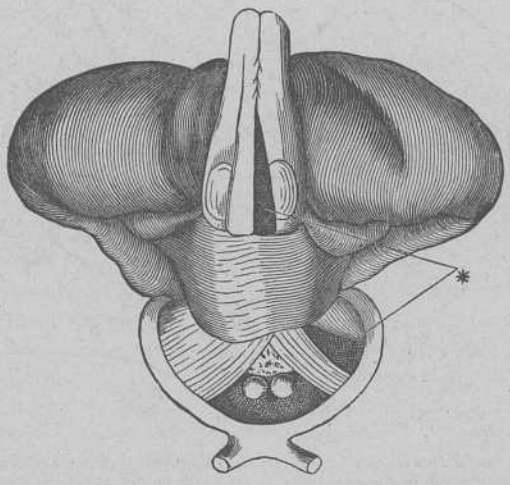
corea cerebral (Landois). También en el hombre se observan casos de *ataxia cerebral* (Krishaber, Wernicke) análogos á los estados de ataxia motora (pág. 302) que se presentan en los animales. En la parálisis cerebral infantil se trata de un proceso inflamatorio y degenerativo de las regiones motoras corticales. En los acéfa-

los se encuentra un considerable retraso en el desarrollo de las vías piramidales (Flechsig, J. Arnold).

En el hombre se presenta á veces una degeneración de todo el sistema de las vías piramidales, por *causas internas*, con trastornos característicos: parálisis, contracturas espasmódicas y atrofia de la musculatura del cuerpo (unilateral ó bilateral): es la esclerosis lateral amiotrófica de la médula espinal, de Charcot. En la infancia puede detenerse el desarrollo del sistema de las vías piramidales y originarse de esta suerte una parálisis cerebro-espinal.

Para precisar la localización de *cada uno de los centros parciales*, prestan un servicio útil los casos *clínicos* bien observados, aunque sólo en parte concuerdan los resultados suministrados por ellos. 1.° *El centro de los movimientos de la pierna se encuentra en el contorno del extremo superior de la cisura de Rolando* (C. fig. 242), y en el lóbulo paracentral

Figura 243.



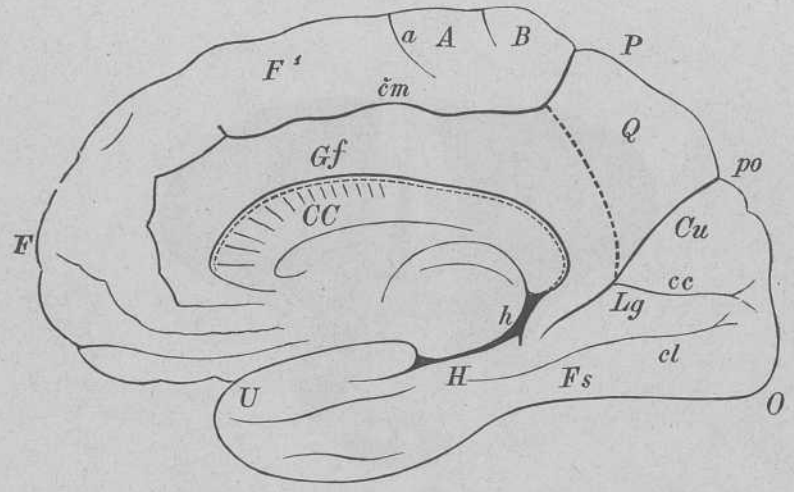
Degeneración secundaria de las vías de conducción motora en el pedúnculo cerebral, en el puente y en la pirámide. Los puntos sombreados y señalados con un * son los degenerados (según Charcot).

(fig. 244, A. B). 2.° El *centro de la extremidad superior se halla en el tercio medio de la circunvolución central anterior ó un poco más abajo* (fig. 242). 3.° *En el extremo inferior de la circunvolución central anterior está situado el centro del facial* (de la boca y de su parte inferior) (Charcot y Pitres). El tercio inferior de la circunvolución anterior (izquierda) y el pie, fronterizo con ella, de las circunvoluciones frontales 2.ª y 3.ª, contiene el centro (bilateral) del trigémino (movimientos de masticación) (Hirt). La vertiente anterior de la circunvolución central anterior, está en relación con el nervio hipogloso (Exner, Flechsig). La porción más anterior é inferior de la circunvolución central anterior parece ser el centro de la acción de los tensores de las cuerdas vocales (Dejerine). La vía del facial y del hipogloso sigue por la rodilla de la cápsula interna (fig. 245) (Wernicke). La ínsula rige á los movimientos de las cuerdas

vocales (Rossbach). 4.° La parte del lóbulo frontal del cerebro, situada por delante del tercio medio de la circunvolución central anterior, es el centro de los *músculos de la nuca* (Wernicke, Fränkel). 5.° Los *nervios de los músculos extrínsecos del ojo* parecen tener su centro cortical en la *circunvolución angular* (fig. 243, P. 2[1]).

Los centros motores se paralizan aisladamente ó de un modo combinado. De ahí que se hayan descrito los siguientes tipos de parálisis de origen cortical: *monoplegia oculo-motora, crural* (rara), *braquial, braquio-crural* [*sobre todo con la lesión de la porción superior (media) de las circunvoluciones centrales*], *linguo-facial*, y, finalmente, *facio-braquial* [*en especial después de la lesión de la parte inferior (lateral) de las circunvoluciones centrales*].

Figura 244.



Cara interna del cerebro humano.—CC, cuerpo calloso cortado en dirección antero-posterior.—F^1, primera circunvolución frontal confinando en a con la circunvolución central anterior (A).—B, circunvolución central posterior; entre A y B el extremo medio de la cisura de Rolando (AB, es el llamado lobulillo paracentral). — Gf, Gyrus fornicatus ó circunvolución del cuerpo calloso, separada de la primera circunvolución frontal y de las circunvoluciones centrales por el surco calloso marginal (*cm*). Este surco asciende por entre B y P (circunvolución parietal superior) (véase *cm* en la figura 242). —*po*, cisura parieto-occipital que separa el lóbulo occipital (O) del parietal (P) (véase *po* en la figura 242). — Q, lóbulo cuadrilátero (praecuneus ó ante-cuña). — Cu, cuña (cuneus). — *cc*, cisura calcarina. — Lg, lóbulo lingual (segunda circunvolución occipito-temporal). — Fs, lóbulo fusiforme (primera circunvolución occipito-temporal). — H, circunvolución del hipocampo. — U, circunvolución unciforme (gyrus uncinatus). — *h*, surco del hipocampo. — F, P, O, lóbulos temporal, parietal y occipital.

De sus experimentos en *monos*, ha deducido Ferrier por analogía la existencia de otros centros motores, aunque hasta la fecha no se haya establecido con seguridad que se hallen también en el cerebro humano. Tales centros son: para el movimiento lateral de la cabeza y de los ojos con elevación del párpado superior; movimiento del ángulo de la boca y del músculo cutáneo del cuello; de adducción y retracción de la extremidad superior; de supinación y flexión; de la muñeca y de los dedos. Cuando se excita este último centro en el mono, es frecuente que se asocie el movimiento de retracción del ángulo de la boca. (También se observan en los niños movimientos asociados, de la boca, cuando están aprendiendo á escribir).

Cuando los centros motores son *excitados* por algún proceso morboso, y en especial hiperemias é inflamaciones de origen *sifilítico*, y, con menos frecuencia, tubérculos, tumores, quistes, cicatrices ó esquirlas óseas, aparecen movimientos convulsivos en los correspondientes grupos musculares. Ciertos grupos musculares, que por lo común se contraen simultáneamente en ambos lados, también parecen ser excitados, en estos casos, por *un solo* centro.

Estas contracciones espasmódicas reciben, según su asiento, los nombres de *mono-espasmo facial*, *braquial*, *crural*, etc., pudiendo ser afectados al mismo tiempo varios de esos centros. Bartholow y Sciamanna, han excitado con éxito, por medio de la electricidad, la región de los centros motores, puesta al descubierto en el hombre.

Cuando la excitación de *un solo lado* es muy fuerte, hasta pueden presentarse convulsiones *bilaterales* acompañadas de pérdida del conocimiento, á la que se ha dado el nombre de *epilepsia jacksoniana ó cerebral*.

Respecto al centro cortical de los *movimientos combinados y voluntarios de los ojos* en el hombre, se han recogido las siguientes observaciones: Cada globo ocular, es regido por los dos hemisferios cerebrales. En las afecciones *paralíticas* de la corteza cerebral ó de las vías nerviosas que de ella parten, se observa á veces una *desviación lateral* de los dos ojos. Cuando la afección paralizante asienta en un solo hemisferio, los ojos se desvían hacia el lado sano; pero si radica en las vías conductoras, después de su cruzamiento, ó sea en el puente, los ojos se dirigen entonces hacia el lado paralizado (Prévost). Si el punto asiento de la afección se halla en un *estado irritativo*, que determina contracciones en un lado del cuerpo, la desviación de los ojos se efectuará, como es natural, en sentido contrario que cuando se trata de una lesión paralítica (Landouzy y Grasset). En vez de la desviación lateral manifiesta de los globos oculares, no se observa á veces, en las *parálisis* cerebrales, más que una *debilidad* de los rectos laterales, de tal manera, que cuando los ojos están en reposo, no se tuercen hacia el lado *sano*; pero en cambio, no pueden ser llevados hacia el lado *enfermo* con la amplitud necesaria, cuando se les trata de mover (Leichtenstern, Hunnius). También el elevador del párpado superior parece tener su centro cortical en la circunvolución angular (Grasset, Landouzy, Chauffard).

Las vías motoras continuan después por la *cápsula interna*. La excitación local de esta parte, sólo produce movimientos *cruzados* en los músculos del tronco y de la lengua, bilaterales en parte en los músculos del ojo, y bilaterales siempre en los de los labios, mandíbulas, de la deglución y de las cuerdas vocales. En la rama posterior de la cápsula interna del mono, se encuentran de delante á atrás las vías conductoras, para la boca, cabeza, ojos, hombro, brazo, mano, tronco, pie, pierna y dedos de los pies (Beevor y Horsley).

II. El CENTRO MOTOR DEL LENGUAJE, que dirige los movimientos voluntarios de la lengua (n. hipogloso) y de la boca (n. facial), incluyendo los de la mandíbula inferior (3.ª rama del trigémino), se encuentra en la mayoría de los hombres, en la *tercera circunvolución frontal izquierda* (figura 242. F. 3) (Bouillaud, 1825; Broca, 1861; Kussmaul). El que la mayor parte de los hombres sean *diestros*, revela precisamente que es más delicada la estructura del aparato motor destinado á la extremidad superior en el hemisferio *izquierdo*, porque los hombres en quienes la mano

derecha es más hábil que la izquierda, son evidentemente *zurdos del cerebro* (Broca). Acaso provenga esta particularidad, de una disposición fundada en el mismo desarrollo. La inmensa mayoría de los individuos son, por lo tanto, *zurdos en el lenguaje* (Kussmaul); pero hay también sus excepciones, y se ha visto á sujetos *zurdos* perder la facultad de hablar, por virtud de lesiones del hemisferio *derecho* (Ogle, Jackson).

Las investigaciones en cerebros de hombres eminentes, han demostrado que, en ellos, la tercera circunvolución frontal es más extensa y de una forma menos sencilla, que en los sujetos de cortos alcances. Es muy sencilla su estructura en los sordo-mudos, y no existe más que bajo una forma rudimentaria en los sujetos microcéfalos y en los monos (Rüdinger).

Las lesiones de este centro del lenguaje, acarrean la pérdida del mismo, ó trastornos más ó menos considerables de esta facultad. La pérdida de la misma se denomina *afasia*.

La *vía motora del lenguaje articulado*, parte de la tercera circunvolución frontal, y se dirige primero, costeando el borde superior de la ínsula, luego penetra en el interior del hemisferio por dentro del borde posterior del núcleo lenticular (Wernicke), camina por el pedúnculo cerebral izquierdo (pie) y por la mitad izquierda del puente á la médula oblongada, al punto de origen de todos los nervios motores que intervienen en el lenguaje: trigémino, facial, hipogloso, pneumogástrico y nervios respiratorios. La destrucción total de esta vía de conducción motora, ocasiona también una afasia completa; las lesiones parciales de la misma, determinan una perturbación más ó menos considerable en el mecanismo de la articulación de la palabra, perturbación que ha recibido el nombre de *anartria* (Leyden, Wernicke).

Para la producción de la palabra, se requieren tres factores: 1.°, movimiento normal de los órganos de articulación de la palabra: lengua, labios, cavidad bucal, aparato respiratorio; 2.°, conocimiento de los términos que corresponden á cada objeto ó idea determinada: lenguaje oral, escrito, y de gestos y ademanes ó mímico; 3.°, asociación adecuada de estos dos factores ó elementos. De aquí se deduce que se deben distinguír las siguientes *formas de afasia*:

1.° *Afasia atáxica* ó hemiparesia oro-lingual de Ferrier: es la pérdida de la palabra por la incapacidad de ejecutar los movimientos coordinados, necesarios para producirla. Al intentar hablar, se producen una porción de gestos y muecas, y se emiten unos sonidos inarticulados. De aquí que tampoco sea posible, en estos casos, que repita el enfermo las palabras que oye. A todo esto, se conservan intactos los procesos psíquicos necesarios para el lenguaje, y se recuerdan todas las palabras que se habían aprendido; tanto, que algunos sujetos todavía se pueden hacer entender por medio de la *escritura*. Pero si también se han perdido los movimientos delicados que requiere este acto, por haberse interesado el centro cortical de la mano, entonces existe además la *agrafia atáxica*, ó incapacidad de mover la mano para escribir. Al intentar trasladar las ideas al papel, no se trazan más que garrapatos. En algunos de estos enfermos, hasta padece el *lenguaje mímico*: *amimia* de Kussmaul.

2.° *Afasia amnésica*. — Se ha obscurecido la memoria de las palabras; pero en cuanto el sujeto oye ó lee alguna, recuerda su significado. Se conservan todos los movimientos necesarios para la articulación de las palabras, así que el enfermo en el acto repite ó escribe las que se le dictan. A veces no se olvidan más que ciertos grupos de vocablos ó nada más que partes de algunos de estos, de manera que sólo se pronuncian mutilados ó por fragmentos. Se ha observado la afasia amnésica en los casos de destrucción de la primera circunvolución frontal izquierda (Wernicke)

(véase más adelante: IV. 2). También hay formas de afasia combinada, atáxica-amnésica. Otra variedad de la afasia amnésica consiste en que las palabras existen, sí, en la memoria, pero no se las puede evocar; es decir, que está entorpecida la asociación entre la palabra y la idea representada por ella (Kussmaul). El olvido de los nombres de personas y de cosas es un fenómeno bastante frecuente, aun en condiciones fisiológicas, y en particular en los ancianos, pudiendo acentuarse hasta adquirir la categoría de un hecho morboso, denominado *amnesia senil*.

Entre los trastornos del lenguaje de origen cerebral, aun distingue Kussmaul otras formas particulares, que son las siguientes:

3.° *Parafasia* ó incapacidad de asociar de un modo conveniente las imágenes de las palabras con las ideas que representan, de tal manera, que en vez de pronunciar las palabras adecuadas al caso, se emplean frases equivocadas ó hasta completamente ininteligibles. El lenguaje viene á ser entonces una equivocación continua de palabras.

4.° *Agramatismo ó akatafasia.* — Se llama así á la imposibilidad de formar gramaticalmente las palabras y de ordenarlas en oraciones, guardando las reglas de la sintáxis.

5.° Existe además un lenguaje *lento* patológico ó *bradifasia*, y otro también morboso, muy *precipitado* (*tumultus sermonis*), que dependen igualmente de lesiones corticales. De los trastornos del lenguaje que provienen de afecciones de los nervios *periféricos* ó de los músculos del órgano vocal ó de la articulación de la palabra, ya se ha tratado en los §§ 321, 351 y 356.

La facultad de expresión musical puede conservarse ó perderse (*amusia*) en los casos de afasia; quizá tenga también su centro cortical especial (v. Frankl-Hochwart).

III. El CENTRO TÉRMICO cortical de las extremidades, descubierto por Eulenburg y por mí, está asociado á los centros motores. Ya se conocen varios casos en que las lesiones ó degeneraciones de estos últimos han ocasionado una diferencia de temperatura en ambos lados (Bechterew). Cuando persiste mucho tiempo una parálisis, la temperatura del miembro afecto, que al principio es más elevada, puede ser después menor que en la extremidad sana (véase pág. 278).

En la *parálisis general* progresiva de los enajenados, que va acompañada de inflamación de la corteza cerebral, es lo común que la temperatura del hueco de la axila sea más elevada en el mismo lado que es asiento de los fenómenos paralíticos. Por el contrario, si se trata de *convulsiones* originadas por la *irritación* inflamatoria de los centros corticales, la temperatura es unas décimas más baja en el lado opuesto á la lesión, mientras duran los fenómenos convulsivos (Reinhard).

Las degeneraciones de la cápsula interna traen consigo *trastornos vaso-motores* (Nothnagel), de donde se infiere que caminan por ella las vías conductoras de acción térmica (§ 379).

IV. Las REGIONES SENSORIALES son los puntos en que se cumple la sensación consciente de las percepciones sensitivas. Al mismo tiempo constituyen el substratum de las representaciones sensoriales y de la memoria sensorial.

1.° *Centro psico-óptico.* — Comprende el lóbulo occipital (figura 242, $O^1O^2O^3$) y la parte superior de la circunvolución cuneiforme ó cuña (figura 244, Cu) (Meyner, Exner). Huguenin vió atrofiados los lóbulos occipi-

tales en los sujetos que llevaban mucho tiempo ciegos, y Giovanardi observó el mismo hecho en los casos de falta congénita de ambos ojos.

Según investigaciones clínicas más modernas, la primera circunvolución occipital (O^1), incluyendo la cuña, comprende el *campo de las percepciones visuales*. Así que la destrucción unilateral de esta región, produce una *hemiopía del mismo lado* (§ 346) (Westphal, Jastrowiz, Curschmann, Jany, Nieden, etc.). El medio campo visual homónimo no aparece negro al enfermo, sino como *no existente* (supresión de la sensación visual) (Dufour).

Los estados *irritativos* unilaterales producen, de un modo análogo, fotopsia en las dos mitades de los campos visuales del mismo lado (Charcot, Parinaud). También se han visto casos de hemiopía con alucinaciones en la mitad ciega del campo visual (Vetter). La *lesión bilateral* de la zona mencionada vuelve totalmente ciego al animal (Pflüger); y las *irritaciones* de ambos centros, determinan la aparición de fenómenos luminosos ó cromáticos en todo el campo visual, ó de alucinaciones visuales. Además, los casos de lesiones cerebrales en que se conservan intactos los sentidos de la luz y del espacio, y en cambio sólo está abolido el *sentido cromático*, revelan que en el centro visual debe haber una zona especial para las sensaciones de los colores (Samelsohn, Steffan), quizá en la parte más posterior del lóbulo fusiforme y del lóbulo lingual (fig. 244) (Verrey).

Los casos clínicos de *hemiopía* (§ 346) enseñan que el campo visual de cada ojo aparece dividido por una perpendicular que pasa por la mácula lútea en dos mitades, una menor interna y otra mayor externa. Cada una de las mitades, derecha ó izquierda de ambos campos visuales está asignada á un hemisferio, de tal manera, que las dos mitades izquierdas corresponden al lóbulo occipital derecho y las derechas al izquierdo. Así que toda imagen, como no sea muy pequeña, se ve en dos mitades en la visión binocular; la mitad izquierda por el hemisferio derecho y la derecha por el izquierdo (Wernicke).

El *resto de la corteza del lóbulo occipital* contiene el *campo de los recuerdos visuales* (Nothnagel); su destrucción acarrea la *ceguera anímica* que afecta principalmente al lado opuesto cuando la lesión es unilateral (pág. 304).

Una forma especial de esta ceguera anímica la constituye la *ceguera verbal*, en la cual se ven, pero no se conocen los caracteres escritos (*alexia*).

Citemos un interesante caso de *ceguera anímica*. En un sujeto inteligente sobrevino de pronto y después de una emoción violenta, pérdida de la memoria de las percepciones visuales; todo lo que antes era conocido para él, casas, calles, personas, etc., le era ahora completamente extraño, y hasta no reconocía su misma figura en el espejo. Si quería leer ó contar, tenía antes que pronunciar en alta voz las palabras ó las cifras, y en sus ensueños faltaban por completo las representaciones visuales (Charcot).

A consecuencia de excitaciones morbosas del centro visual se pueden originar en el hombre (sobre todo, en los enajenados), *alucinaciones visuales* completamente desarrolladas (§ 395. 12). Como ejemplos famosos de estas alucinaciones, se citan

á Cardan, Swedenborg, Nicolai, Justino Kerner y Hölderlin. También se han observado casos en los que las alucinaciones sólo estaban limitadas á *un ojo*. A veces predominan entre ellas las *no coloreadas*, y por lo tanto grises; tal sucede, verbigracia, en el delirium tremens.

Después de la degeneración del centro cortical (primera y segunda circunvoluciones occipitales, cuña y lóbulo lingual) degeneran los manojos de fibras que unen á los lóbulos occipitales con el cuerpo geniculado externo, con los tubérculos cuadrigéminos y el pulvinar del tálamo óptico; después degeneran estas mismas partes y por fin el origen de la cinta óptica de este lado (§ 346) (v. Monakow).

Cuanto más se desciende en la serie de los vertebrados, tanto menos intervienen en el acto de la visión el cuerpo geniculado externo, el pulvinar y el centro cortical, cuyas partes sirven todas ellas en los vertebrados superiores para la *visión anímica*; en cambio, los tubérculos cuadrigéminos anteriores van aumentando de tamaño hasta constituir en los peces el único centro de la visión (v. Monakow).

2.° El *centro psico-acústico* es cruzado y asienta en los dos lóbulos temporales; su destrucción produce sordera absoluta y su lesión parcial (del lado izquierdo) puede ocasionar sordera anímica. Una manifestación de esta anomalía la constituye la *sordera verbal* que se ha observado en unos casos sola y en otros á la vez que la ceguera verbal. Wernicke encontró en casos de sordera verbal reblandecidos los dos tercios posteriores de la primera circunvolución temporal (T^1) izquierda, y lo mismo han visto Richter, A. Rosenthal y otros (fig. 242).

Desde el punto de vista clínico, se pueden incluir la *ceguera y la sordera verbales* (Kussmaul) en el grupo morboso de la afasia, en cuanto se aproximan á la forma amnésica de esta última. El atacado de sordera ó ceguera psíquicas se encuentra en igual situación que aquel que aprendió una lengua extranjera en su juventud y después la olvidó por completo. Oye ó lee bien la palabra hablada ó escrita, la puede repetir ó copiar, pero ha perdido en absoluto el conocimiento de su significado. Por consiguiente, así como el afásico amnésico no ha perdido más que la llave del armario donde se encuentra el caudal de sus palabras, al atacado de sordera ó ceguera anímicas se le ha extraviado este mismo caudal. Se sabe, por lo que refiere un sujeto que se llegó á curar, que las palabras producen en semejante estado la misma impresión que un conjunto confuso de ruidos. [En los zurdos, la destrucción del lóbulo temporal izquierdo no produce nada de sordera anímica; sin duda alguna se encuentra en estos sujetos el centro en cuestión en el lado derecho (Westphal, Senator)]. Las *alucinaciones auditivas* ocasionadas por la excitación del centro psico-acústico, aparecen casi siempre en el oído derecho, pero también las hay bilaterales (Magnan). Hay casos, en que aun siendo simultáneas en ambos oídos varían de uno á otro tanto por su contenido como por su carácter. Huguenin encontró en casos de sordera antigua, atrofiado el lóbulo temporal.

Existe asimismo una *agrafia por ceguera verbal*, en la que el paciente no puede copiar otro escrito, pero sí escribir lo que piensa ó lo que se le dicta, y otra *agrafia por sordera verbal*, en la que el sujeto no puede escribir al dictado pero sí de cabeza ó copiando (Pitres).

3.° En la circunvolución unciforme (fig. 244. U), sospecha Ferrier que es donde se encuentra el *centro* doble y no bien separado del *olfato* y del *gusto* (§ 345). Carbonieri, y lo mismo Jackson y Beevor, localizan el primero en la circunvolución del hipocampo, fundándose en las autopsias de sujetos que habían padecido alucinaciones olfatorias (fig. 244. H).

Las sensaciones *subjetivas* rápidas ú olfatorias, que se observan en los locos y en los epilépticos (Areteo), se las atribuye á una excitación anormal de dicha región. La destrucción de la misma ocasiona una desaparición de dichas sensaciones.

4.° Según Tripier, Exner, Petrina, etc., los campos corticales *táctiles* de todas las regiones del cuerpo concuerdan con las zonas motoras de las mismas. Según Ferrier, la circunvolución del cuerpo calloso ó *gyrus fornicatus* (fig. 244. G. f), es el centro cortical *sensible*.

En los *epilépticos* se han observado á veces como fenómenos irritativos que acompañan al ataque convulsivo, intensas excitaciones de los centros sensoriales, que se manifiestan como percepciones subjetivas exageradas (Areteo) combinadas á menudo con excitaciones psíquicas. Semejantes estados de excitación pueden hasta sobrevenir sin ir acompañados de contracciones convulsivas bajo la forma de la llamada epilepsia sensitiva (Féré, Pitres). (Compárese también el § 395. 12).

En efecto, hay casos en que estas *alucinaciones epileptoideas* aparecen sin convulsiones y acompañadas tan sólo de trastornos en la conciencia, de muy corta duración (ausencia). (Kühn, Berger). También se ha observado en tales casos una amaurosis que va desapareciendo poco á poco después de los ataques, para ser sustituída por un estrechamiento concéntrico del campo visual (Paulus, Wilbrand). En algunas ocasiones no está alterado más que el órgano cortical psíquico: *locura preepiléptica y postepiléptica*.

Las fibras nerviosas que se dirigen desde los órganos sensitivos y sensoriales á los centros corticales psíco-sensoriales, siguen su curso por el tercio posterior de la rama posterior de la *cápsula interna* (fig. 245). De ahí que la destrucción de este punto ocasione *anestesia de la mitad opuesta del cuerpo* (Charcot, Veyssière, Carville, Duret, Raymond, M. Rosenthal, etc.). Sólo las vísceras conservan su sensibilidad. También sobreviene *pérdida cruzada del oído* (Vetter, Donkin), *del olfato y del gusto, y hemiopía* (Bechterew).

Estados patológicos.—En armonía con lo que acabamos de decir se observa también en el hombre que, cuando existe una lesión ó degeneración más ó menos completa de dicha vía nerviosa, aparece una pérdida más ó menos acentuada de los sentidos de la presión y de temperatura, de la sensibilidad cutánea y muscular, del gusto, del olfato y del oído. Es raro que haya una ceguera *absoluta*, pero la agudeza visual está muy disminuída, muy reducido el campo de la visión, y la sensibilidad cromática puede estar abolida en todo ó en parte. El ojo del mismo lado de la lesión sufre á veces quebranto en sus funciones aunque en grado menor. La anestesia sensorial no sólo se observa en las afecciones materiales del cerebro, sino también como trastorno funcional, acompañando al histerismo, á las neurosis y á las psicosis.

V. Charcot, Pitres, Ferrier y otros, han publicado numerosos casos de lesiones de la *región frontal anterior*, sin trastornos motores ni sensitivos. En cambio se han observado á menudo debilidad intelectual é idiotismo en los defectos adquiridos ó congénitos de dicha región frontal. Según Flechsig, es indudable el hecho, confirmado por la clínica, de que el lóbulo frontal y la zona temporo-occipital están en relación muy íntí-

DR. PEREZ ARAPILES
C/ Lancia núm. 12 - 3.º
Teléfono 20 83 19
LEON

ma con los fenómenos psíquicos y en especial con los de orden más elevado, observándose también (Meynert) que dichas regiones son las que desaparecen de preferencia en los ancianos y en los epilépticos (compárese pág. 288).

Topografía cráneo-cerebral. — Para orientarse acerca de la situación que corresponde en la cabeza intacta á los distintos surcos y circunvoluciones cerebrales, se han marcado en nuestra fig. 242, que representa las partes del cerebro, según A. Ecker, diversos puntos de orientación, siguiendo á Broca. K_1, K_2, K_3 son puntos situados en la sutura coronaria que se siente por debajo de la piel. K_1 se halla, para evitar el seno longitudinal superior, en dicha sutura á 15 milímetros de la línea media. K_2 es el punto de cruce de la sutura coronaria y de la línea temporal. En K_3 encuentra la sutura coronaria al borde superior del ala mayor del esfenoides. L_1 y L_2 se hallan en la sutura lambdoidea; L_1 á 15 milímetros por fuera del vértice de la sutura y L_2 en el medio del borde posterior del parietal. M corresponde al punto más alto del arco de la sutura escamosa. Si desde los puntos K_1, K_2 y K_3 se trazan líneas horizontales en dirección posterior, se encuentran, en el adulto, el *surco central ó de Rolando* (C), cuya orientación es tan importante, á unos 45 mm por detrás de la sutura coronaria, en su extremo superior y á unos 30 mm por detrás de la misma, en el inferior. Según Merkel, el extremo inferior de dicho surco se halla casi á 5 cm por encima y en la misma vertical de la articulación temporo-maxilar. La bifurcación de la gran *cisura de Sylvio* cae á 4 ó 5 mm por detrás de K_3 (ó, según Merkel, de 4 á 4,5 cm por encima del centro del arco zigomático), su rama anterior sigue paralela á la sutura coronaria y la posterior se dirige por el punto M. La cisura parieto-occipital (*po*) coincide con bastante exactitud con la sutura lambdoidea (ó á 6 cm, medidos con el compás por encima de la protuberancia occipital externa, según Merkel). La eminencia frontal forma el límite que separa á las circunvoluciones frontales I y II. La eminencia parietal cubre á la circunvolución supra-marginal (Merkel).

El *cuerpo calloso* contiene fibras comisurantes que enlazan á ambos hemisferios y según Mott y Schäfer, á sus centros cortico-motores. Su sección no ocasiona trastorno apreciable en el perro (v. Korányi). En armonía con esto, se ha observado en el hombre su destrucción casi total, sin que hubiese sobrevenido un trastorno marcado en la motilidad, en la coordinación de los movimientos, en la sensibilidad, en los reflejos, en los órganos de los sentidos ni en el lenguaje, como tampoco una grave alteración en las funciones intelectuales (Erb). La parte posterior de la comisura anterior sirve para unir á las dos circunvoluciones linguales (Popoff).

381. Ganglios de la base del cerebro.—Cerebro medio ó mesocéfalo. Movimientos forzados. — Otras funciones del cerebro.

El cuerpo estriado y el núcleo lenticular (figs. 245 y 246) no tienen ninguna conexión directa con la corteza cerebral, pero existen vías nerviosas que se dirigen á la misma desde las que van de dichos ganglios al pedúnculo del cerebro y á la médula oblongada. En el reino animal su desarrollo es paralelo al de la corteza del cerebro (pág. 291). Las contracciones musculares generales del lado opuesto del cuerpo que se obser-

van cuando se *excitan* estos ganglios por medio de la electricidad, deben atribuirse á una excitación concomitante de las vías cortico-musculares próximas á ellos.

Gliky no observó ningún movimiento en el conejo cuando excitaba el cuerpo estriado; parece, por lo tanto, que en este animal las vías motoras no atraviesan por los órganos mencionados, sino que pasan al lado de ellos.

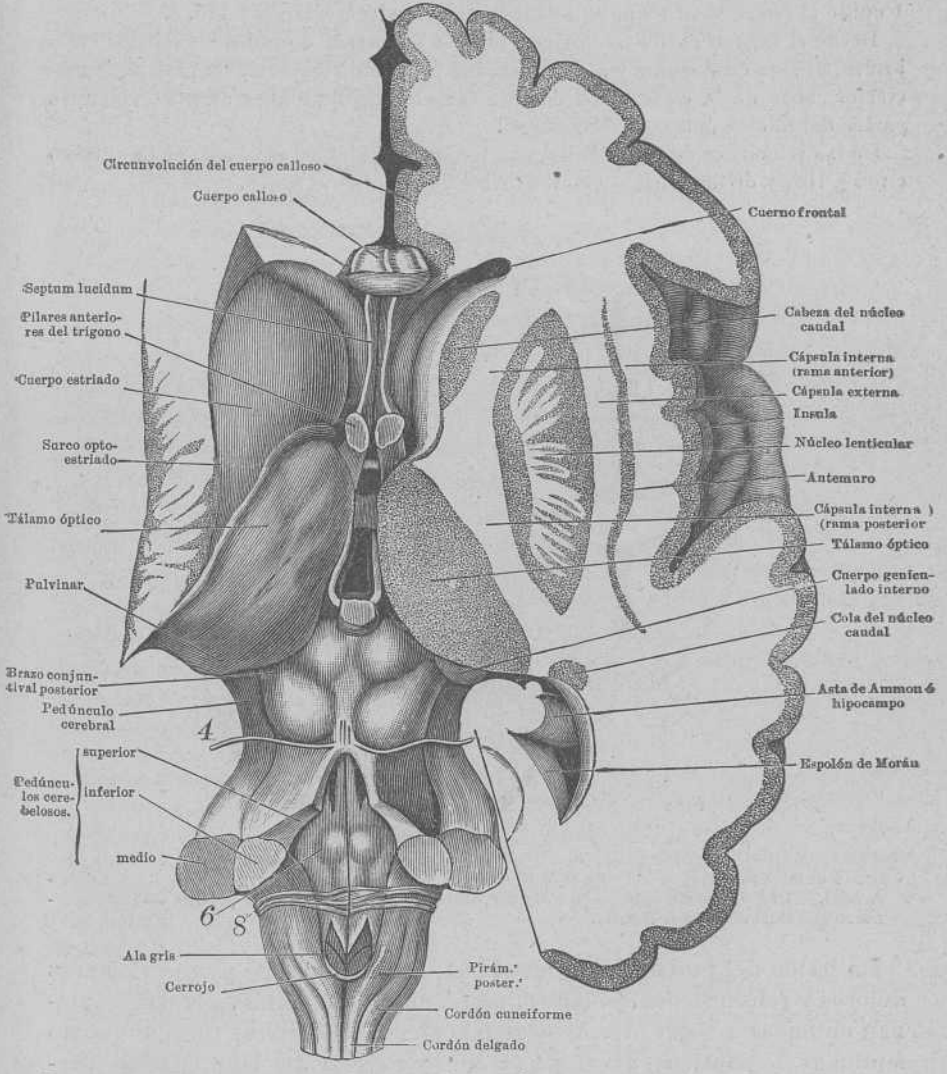
La *destrucción* del núcleo lenticular ó del cuerpo estriado produce, según los experimentos más antiguos, pérdida de los movimientos voluntarios del lado opuesto (Meynert), con ó sin conservación de la sensibilidad; sin embargo, estos resultados sólo provenían de la lesión concomitante de las vías cortico-musculares. En los experimentos más modernos se observó, después de esta lesión y de un modo pasajero, cierta debilidad en las extremidades del lado opuesto (pérdida del sentido muscular); se exagera la excitabilidad general, y el animal está atemorizado y se eleva rápidamente la temperatura y de un modo transitorio (Baginsky y C. Lehmann). Al excitar el cuerpo estriado no se produce ninguna sensación dolorosa (Longet).

Estados patológicos. — En el hombre, toda *destrucción* como no sea muy pequeña, en la parte anterior del cuerpo estriado, ocasiona una *parálisis* del lado opuesto del cuerpo, la cual es *permanente* cuando está interesada la cápsula interna, y, en cambio, puede ir retrogradando poco á poco, si están atacados el núcleo lenticular y el caudal (véase también § 367). A veces aparece una dilatación vascular á consecuencia de una parálisis de los vaso-motores (§ 379) cuando está lesionado el segmento posterior (Nothnagel), cuya parálisis se revela bajo la forma de enrojecimiento y ligera elevación de temperatura de las extremidades afectadas (á lo menos durante cierto tiempo), hinchazón (edema) de las mismas, sudores, anomalías del pulso, demostrables por el esfigmógrafo, decúbito agudo en el lado paralizado, anomalías en los pelos, uñas y piel, é inflamaciones agudas de las articulaciones y en particular de la del hombro. Más tarde aparecen contracturas en los músculos paralizados (Huguenin, Charcot). En algunos casos se presenta además anestesia cutánea, acompañada en ocasiones de perturbaciones en los sentidos del lado paralizado; ambos fenómenos se observan cuando está interesado el *segmento posterior* de la cápsula interna. *Por lo general, coexisten la hemiplegia y la hemianestesia.*

Como quiera que el tálamo óptico, como origen parcial del nervio óptico, comunica por medio de fibras con la corteza del cerebro, es indudable que está en relación con la función visual. La lesión de su tercio posterior, puede acarrear perturbaciones en esta función en el hombre (Nothnagel). La extirpación del tálamo óptico ó de las partes que se hallan en las inmediaciones del centro inspiratorio, en la pared del tercer ventrículo, perturba los movimientos coordinados en el conejo (Christiani). También en el hombre aparecen trastornos de coordinación en el lado opuesto, de resultas de las degeneraciones del tálamo óptico, bajo la forma de movimientos coréicos ó de ataxia (Sénator). La destrucción del tálamo óptico en el hombre, es causa de que la mitad opuesta de la cara ya no sea capaz de *expresar las emociones*; en cambio, según Nothnagel, sus músculos todavía se pueden contraer por la influencia de la voluntad.

Bechterew deduce de los experimentos y de los hechos de orden patológico, que los tálamos ópticos desempeñan un papel muy importante en la expresión de las diversas sensaciones, sentimientos y emociones. Son los centros motores por cuyo medio se ejecutan de preferencia los movi-

Figura 245.



Cerebro humano, cuyo hemisferio derecho se ha cortado por una sección horizontal.—4, nervio patético. — 8, nervio acústico. — 6, origen del nervio motor-ocular externo.

mientos de expresión de carácter congénito, y que son estimulados ó por la influencia de impulsos psíquicos involuntarios, como en los afectos de ánimo, ó de un modo reflejo, por excitaciones táctiles ó de otros órganos sensitivos (§ 322). En el tálamo óptico, se encuentra también el centro

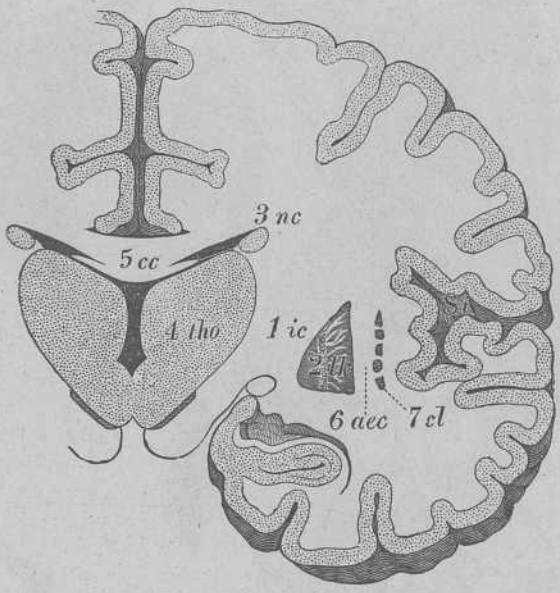
reflejo de la secreción lagrimal, desde donde es transmitida la excitación sensitiva, bien á las ramas secretoras del trigémino (§ 349. I. 2 y II. 2) ó al gran simpático (§ 358. A. 7) (Bechterew y Mislawski).

Después de la lesión de un tálamo óptico, se ha observado debilidad ó parálisis de los músculos del lado opuesto, con movimiento de picadero, ó bien hemianestesia también del lado opuesto, con ó sin dichas perturbaciones en la esfera motora. Cuanto al *centro térmico* que se sospecha en este sitio, véase el § 215. I.

Desde el tálamo óptico se dirigen fibras á la corteza de todos los lóbulos cerebrales, al asta de Ammon y al casquete del pedúnculo cerebral. La extirpación de ciertas zonas de la corteza del cerebro (en el conejo) produce atrofia de algunas partes del tálamo óptico (v. Monakow).

De las relaciones de este último con los *movimientos del estómago*, se ha tratado en el § 162, y de las mismas con los de los *intestinos* en el § 379.

Figura 246.



Corte frontal del cerebro. — 1 *i c*, cápsula interna. — 2 *l k*, núcleo lenticular. — 3 *n c*, núcleo caudal. — 4 *t h o*, tálamo óptico. — 5 *c c*, cuerpo calloso. — 6 *a e c*, cápsula externa. — 7 *c l*, antemuro (claustrum). — 8 *i*, ínsula.

La lesión del **pedúnculo cerebral**, ocasiona por de pronto violentos dolores y convulsiones del lado opuesto, cuyas glándulas salivares empiezan entonces á segregar. A estos fenómenos irritativos, suceden, como síntomas de parálisis, anestesia (§ 367) y paresia del lado opuesto (pérdida incompleta de la influencia de la voluntad sobre los músculos), así como parálisis de los vaso-motores. En los casos que se observan en el hombre, conviene fijarse en el nervio motor ocular común del *mismo lado* de la lesión, que suele estar paralizado (Nothnagel).

El tercio *medio* del pie del pedúnculo cerebral, comprende la conocida vía de conducción de las pirámides (§§ 367, 380). Las fibras del tercio *interno* se unen al

lóbulo frontal, por medio de los pedúnculos cerebelosos medios con el cerebelo. En el tercio externo se hallan fibras que unen al puente con los lóbulos temporal y occipital del cerebro (Flechsig). Las fibras que, partiendo del casquete, se esparcen en la corona radiante, sirven para la conducción sensitiva (§ 367) (Flechsig).

Según Goltz, la sección de un pedúnculo cerebral en el perro, hace que el animal se incline hacia el mismo lado; que los movimientos de las extremidades del lado opuesto sean más torpes, y que también esté embotada en todo él la sensibilidad cutánea; el animal no ve bien más que aquéllas imágenes que se pintan en las mitades derechas de sus dos retinas. Deduce Goltz de estos hechos, que por los dos pedúnculos cerebrales pasan las vías motoras y sensitivas de todo el cuerpo.

Mientras se excita ó se secciona el **puente de Varolio ó protuberancia anular**, se presentan dolores y contracciones convulsivas; después de cortado, se pueden observar parálisis sensitivas, motoras y vasomotoras, y al mismo tiempo, movimientos forzados. Un síntoma que tiene gran importancia para el diagnóstico de estas lesiones en el hombre, es la existencia de una hemiplegia alterna (§ 367 al final) (Nothnagel).

Tubérculos cuadrigéminos, cerebro medio ó meso-céfalo.—La *destrucción unilateral de los tubérculos cuadrigéminos* en los mamíferos, ó de los lóbulos ópticos, que les son equivalentes en las aves, anfibios y peces, ocasiona ceguera del ojo del mismo lado ó del lado opuesto, según la proporción en que se efectue el cruzamiento de los nervios ópticos en el quiasma. La destrucción *total y bilateral*, produce una ceguera absoluta y completa. Con esta lesión, deja de producirse el reflejo del motor ocular común, por virtud de la excitación de la retina (§ 327), es decir, que aunque se dirija la luz á esta membrana, ya no se contrae la pupila (Flourens). Si sólo se hubiesen extirpado los hemisferios cerebrales, todavía se siguen contrayendo las pupilas bajo la acción de la luz ó de la irritación mecánica del nervio óptico (H. Mayo). La extirpación del globo ocular, produce una atrofia del tubérculo cuadrigémino anterior del lado opuesto.

Según Bechterew las fibras de cada cinta óptica pasan por el brazo conjuntivo anterior (fig. 225) al tubérculo cuadrigémino anterior (periferia externa). Las fibras cruzadas en el quiasma (fig. 224) llegan hasta el tubérculo posterior. Con arreglo á esta distribución así se presentarán los fenómenos de ceguera parcial después de la destrucción de los tubérculos cuadrigéminos anterior ó posterior. Por la periferia interna del tubérculo anterior pasan fibras que después siguen hasta la corteza cerebral.

Además de esto, la destrucción de los tubérculos cuadrigéminos determina la abolicion de la armonía completa que existe normalmente en los movimientos, llegando á presentarse incoordinación de estos y perturbación en el equilibrio del cuerpo (Serres). También se ha observado esto mismo en las ranas (Goltz), aves (Mc Kendrick) y conejos (Ferrier).

Si, no obstante esta destrucción, se conservase intacto el cerebro, todavía son posibles los movimientos voluntarios. Los tubérculos cuadrigéminos reaccionan á las excitaciones eléctricas, químicas y mecánicas; pero respecto al resultado de esta excitación son muy discordes los datos de los distintos autores, pues mientras unos dicen que se *dilata* la pupila del mismo lado, Ferrier refiere que al principio

se dilata la del lado opuesto y después la del mismo lado. La excitación se propaga desde los tubérculos cuadrigéminos á la médula oblongada y hasta al mismo origen del gran simpático, puesto que cuando se corta éste en su porción cervical no se presenta la dilatación de la pupila (Knoll). Según Knoll la *contracción* pupilar que habían observado los antiguos fisiólogos, no se produciría más que cuando es excitada la cinta óptica adyacente.

Por otra parte, la existencia del tubérculo cuadrigémino anterior derecho ocasiona la desviación de ambos ojos á la izquierda y viceversa; y si continua obrando el excitante, también se vuelve la cabeza hacia el mismo lado que el ojo. Dando un corte vertical y antero-posterior en la línea media, la excitación mencionada ya no produce el resultado antedicho más que en el ojo del mismo lado (Adamück). Además de estos hechos observó Ferrier que se producen manifestaciones de dolor en los mamíferos cuando se irritan los tubérculos cuadrigéminos. Al estimular el lóbulo óptico de una paloma observó: dilatación de la pupila del lado opuesto, torsión de la cabeza hacia el otro lado y hacia atrás y movimiento del ala y de la pata del lado opuesto. Las irritaciones más intensas originan movimiento de vuelo en las dos alas. Por fin, Danilewsky, Ferrier y Lauder Brunton observaron además aumento en la presión sanguínea y lentitud en los latidos cardíacos á la vez que inspiraciones y espiraciones profundas.

Bechterew atribuye todos estos fenómenos que se presentan después de las lesiones ó irritaciones de los tubérculos cuadrigéminos, fuera de los que se refieren á la misma visión, á afecciones de partes más profundas. Según este autor, en los tubérculos cuadrigéminos no se encuentran ni el centro de los movimientos de la pupila, ni el de los movimientos combinados de los globos oculares, ni el del mantenimiento del equilibrio del cuerpo. Su excitación produce un extremecimiento notable del animal, como fenómeno reflejo. El nistagmus, los movimientos forzados y la inseguridad en la marcha, tampoco se producen más que con la lesión de partes situadas más profundamente.

Estados patológicos. — Las lesiones de los tubérculos cuadrigéminos anteriores en el hombre ocasionan, según su extensión, *trastornos visuales*, *falta de reacción en la pupila* y hasta ceguera; al mismo tiempo puede existir una *parálisis bilateral de los motores oculares comunes*, en la que los músculos de ambos ojos no están afectados de un modo simétrico ni con igual intensidad. Es, igualmente, un síntoma característico, sobre todo cuando aparece al principio, cierta manera de *andar insegura y vacilante* (Nothnagel).

La destrucción de la *comisura posterior*, en el conejo, obra como una sección total de los dos nervios motores oculares comunes; su lesión no produce más que disminución en la irritabilidad de esos nervios. Una lesión incompleta y unilateral, hace que disminuya en grado desigual la excitabilidad de ambos nervios: el del mismo lado de la lesión es menos excitable, que el del lado opuesto (Darkschewitsch).

MOVIMIENTOS FORZADOS. — La importancia que ya hemos dicho tiene el mesocéfalo en la ejecución armónica de los movimientos, explica cómo la lesión *unilateral* de aquellas partes que están en comunicación con él por medio de fibras nerviosas, sea causa de trastornos particulares en el equilibrio del cuerpo, que se inclina hacia un lado, y de desviaciones en los movimientos simétricos de ambas mitades del mismo, á cuyos trastornos se les ha dado el nombre de *movimientos forzados*. Pertenecen á este grupo el *movimiento de picadero*, en el cual, al tratar de avanzar el animal, siempre describe una circunferencia; el *movimiento de mane-*

cilla de reloj, en el que la parte anterior del cuerpo se mueve como el radio de una circunferencia cuyo centro fijo se halla en la parte posterior del mismo; y el *movimiento de rollo*, en el que gira el cuerpo del animal alrededor de su eje longitudinal, como un rollo de apisonar carreteras. Todas estas variedades de movimientos, pueden sucederse y combinarse, y no son más que diferencias graduales de un mismo trastorno. Aquellas partes cuya lesión ocasiona esos movimientos forzados son : el cuerpo estriado, el tálamo óptico, el pedúnculo del cerebro, el puente ó protuberancia, el pedúnculo cerebeloso medio y ciertos puntos de la médula oblongada ; y hasta con la lesión de la superficie del cerebro hemos visto Eulenburg y yo en el conejo, y Bechterew en el perro, movimientos de manecilla de reloj. Asimismo se han observado movimientos forzados en el hombre, sobre todo con las lesiones de las circunvoluciones parietales (Bechterew). También con la lesión de la *oliva* aparecen movimientos forzados á la vez que nistagmus y torcedura de los ojos (Bechterew).

En la degeneración patológica de una oliva de la médula oblongada, en el hombre, se han observado movimientos giratorios muy pronunciados hacia el mismo lado de la lesión (Meschede).

Respecto á la dirección y á la forma de los movimientos según las distintas lesiones, varían los datos de los diferentes autores. Se han observado : con un corte en la parte anterior del puente de Varolio y de los pedúnculos cerebelosos medios, movimientos de aguja de reloj y de rollo hacia el otro lado (¿parésico?); con un corte en la parte *posterior* de las mismas regiones, movimiento de rollo hacia el *mismo* lado (¿parésico?) y lo mismo con un pinchazo profundo en el tubérculo acústico ó en el cuerpo restiforme. Dando una incisión en un pedúnculo cerebral se origina un movimiento de picadero con la convexidad dirigida hacia el lado de la lesión. Cuanto más cerca del puente se da la incisión, tanto más corto es el radio de la circunferencia recorrida, hasta que el movimiento llega á convertirse en el de manecilla de reloj. La lesión de un tálamo óptico ocasiona trastornos parecidos á los que produce un pinchazo en la parte anterior del pedúnculo cerebral, por lo mismo que también se interesa entonces este último. La lesión de la parte anterior de un tálamo óptico, origina un movimiento forzado en sentido contrario ó sea con la convexidad hacia el lado de la lesión. Cuando se lesiona el bulbo raquídeo allí donde se continua con la médula espinal, se doblan la cabeza y el espinazo con la convexidad hacia el lado afecto y al mismo tiempo se produce un movimiento circular ; la convexidad, en cambio, es hacia el lado sano cuando se lesiona el extremo anterior del calamus scriptorius ó más arriba.

Se encuentran también entre los movimientos forzados, las torceduras de los ojos ó *estrabismo* y sus oscilaciones involuntarias ó *nistagmus*. Estas últimas sobrevienen después de lesiones unilaterales y superficiales del cuerpo restiforme ó del suelo del cuarto ventrículo y después de la excitación del cerebelo (Knoll). Las lesiones unilaterales profundas y transversales desde el vértice del calamus, ascendiendo hasta el tubércu-

lo auditivo, hacen que el ojo del mismo lado se desvíe hacia abajo y adelante, y el del otro lado hacia atrás y arriba. Estas desviaciones desaparecen cuando las lesiones son bilaterales (Schwahn). De ahí que se haya admitido que en la médula oblongada asienta uno de los centros que rigen á los movimientos oculares (Eckhard), el cual podrá ser excitado por una anemia repentina (Knoll), como cuando se ligan las arterias cefálicas en el conejo.

Para *explicar los movimientos forzados*, se han admitido por algunos, parálisis semilaterales é incompletas (Lafarque), de manera que al pretender moverse el animal, se retrasa un poco su lado parésico, v. gr., el que mira al centro de la circunferencia cuando ejecuta el movimiento de picadero, y esa será la causa de que se rompa la simetría en los movimientos del cuerpo. En contra de esta opinión se ha supuesto por otros que la lesión obraba como un excitante exagerando la actividad funcional de los músculos de un lado del cuerpo (Brown-Sequard). Por los experimentos que he practicado, me inclino á la opinión de aquellos fisiólogos que creen que la causa de dichos movimientos son *sensaciones de vértigo* (Henle), producidas por la lesión. Yo he visto en algunos casos que los movimientos que sobrevienen inmediatamente después de la lesión (pinchazo con un estilete), se ejecutan en una dirección opuesta á los que aparecen un poco después, y explico este fenómeno suponiendo que la lesión produce de un modo sucesivo, primero excitación y después parálisis. La lesión, excitando ó paralizando las partes del sistema nervioso que intervienen en las sensaciones de la locomoción, las desfigura, produciéndose entonces el mismo efecto que si se moviese el cuerpo del animal ó los objetos del mundo exterior en una dirección determinada. Estas sensaciones erróneas ocasionan como fenómeno de reacción, los movimientos susodichos, los cuales tienen por objeto corregir los movimientes aparentes y anormales con otros dirigidos en sentido contrario. El movimiento de picadero que se observa después de la lesión del tálamo óptico, puede ser originado por una apariencia de movimiento, resultado de una lesión del nervio óptico. Recordemos con este motivo que la lesión de un punto no distante del extremo posterior del hemisferio cerebral origina, al cabo de cierto intervalo, movimientos hacia adelante y hacia atrás, que también son consecuencia de una sensación motora errónea (Nothnagel). De un modo análogo hay que interpretar el movimiento irresistible de carrera, que se produce con la lesión del *nodus cursorius* (Nothnagel), situado en la parte media del cuerpo estriado cerca de su borde libre vuelto hacia el ventrículo. Por de pronto se queda tranquilo el animal, pero si se le irrita, emprende á correr de pronto hasta que es detenido por algún obstáculo (Magendie, Schiff).

Yo he observado que toda intervención en los órganos centrales del sistema nervioso que perturba gravemente el equilibrio del cuerpo hace que sean más frecuentes y profundos los movimientos respiratorios.

382. Funciones del cerebelo.

Las lesiones del cerebelo *perturban en alto grado la armonía de los movimientos del cuerpo*. El cerebelo es probablemente un *órgano central* importante para la *gradación delicada y el encadenamiento normal de los movimientos del cuerpo ;* estando en disposición de prestar semejante servicio gracias á sus conexiones, con todas las masas ganglionares de los órganos centrales.

Por los *cordones cerebelosos laterales ó directos* (§ 361), llegan hasta el cerebelo excitaciones que sirven para orientarse acerca de la actitud del tronco. Las conexiones del *nervio vestibular* (§ 352) con el cerebelo, contribuyen también á regular el equilibrio del cuerpo. El cerebelo puede influir en los nervios *motores* de la médula espinal por medio de las fibras que descienden por el cuerpo restiforme para continuar por el cordón lateral de dicho órgano. (Flechsig). El cerebelo, en sí mismo, es insensible á las lesiones que le afecten.

Los experimentos recientes y muy completos de Luciani, acerca de las funciones del cerebelo, han demostrado: que cualquiera parte de él tiene las mismas funciones que el todo, y que estas funciones son tres: 1.ª, suministrar la fuerza suficiente para los movimientos voluntarios; 2.ª, elevar el tono de la musculatura durante el reposo; y 3.ª, acelerar el ritmo de cada uno de los impulsos motores que por su unión componen un movimiento (§ 300), y hacer que se sumen dichos impulsos para constituir una excitación continua.

Cuando á un perro se le *quita el cerebelo casi por completo*, sobreviene paresia y un defecto en el tono de los músculos y, en especial, en los del espinazo y las extremidades posteriores. El animal no puede estar de pie ni andar, y la cabeza se está meneando constantemente á uno y otro lado. Inmediatamente después de la operación aparecen, como fenómenos irritativos, contracciones tónicas de los músculos de la nuca, del dorso y de las patas anteriores, convergencia de los globos oculares, y, á veces, caída del cuerpo hacia atrás. En cambio se conservan intactas la inteligencia y las sensaciones sensitivas y sensoriales, inclusive las del sentido muscular.

Dividiendo el cerebelo al medio, sin extirpar nada de él se produce una debilidad permanente de todos los movimientos voluntarios, disminución del tono muscular que existe durante el reposo, temblores, contracciones musculares discontinuas y vacilación é inseguridad en los movimientos voluntarios. Con la *extirpación del vermis* aparecen, como fenómenos irritativos, contracciones tónicas de los músculos de la nuca y de las patas anteriores, seguidas de paresia sobre todo de las patas posteriores. La ablación completa de una mitad del cerebelo produce, como síntomas irritativos, movimientos de rollo alrededor del eje longitudinal del cuerpo, desviación de los ojos hacia el lado sano, corvadura del espinazo hacia el lado operado y contracción tónica de los músculos exteriores de la parte anterior del mismo lado y, más rara vez, de la posterior. A estos síntomas suceden, como fenómenos paralíticos, paresias sobre todo en el lado operado. Los efectos de las lesiones superficiales ó la extirpación parcial de un hemisferio cerebeloso, se compensan muy pronto porque se encarga de desempeñar su función la parte del cerebelo que hubiese quedado intacta. Los animales que no son capaces de conservar el equilibrio después de la extirpación del cerebelo pueden llegarlo á recobrar merced á los impulsos motores que, partiendo de los centros motores corticales del cerebro van poco á poco haciendo que el animal pueda estar de pie, andar ó nadar.

Luciani observó que, en los animales á los que se extirpa el cerebelo

aparece con el tiempo un *marasmo general* y cree por lo tanto que se trata en este caso de la alteración de una actividad trófica.

Después de la ablación del cerebelo *degeneran secundariamente*, la parte de la protuberancia que abraza á las pirámides, la oliva inferior, todos los pedúnculos cerebelosos y el haz cerebeloso directo (Flechsig), siendo más marcada la degeneración en el mismo lado y menos en el lado opuesto. También degeneran algunas fibras en todos los nervios craneales y en todas las raíces anteriores de los espinales (Marchi).

La *rana* posee un órgano que tiene importancia para la marcha hacia adelante, en el punto de unión del bulbo raquídeo y del cerebelo (Eckhard). Si se extirpa esa parte, el animal ya no puede ejecutar ordenadamente los movimientos de saltar ni de arrastrarse (Goltz).

Haciendo pasar en el hombre una *corriente eléctrica á través de su cabeza*, para lo cual se colocan los electrodos en las fosas mastoideas detrás de ambas orejas, el positivo en el lado derecho y el negativo en el izquierdo, se produce al cerrar la corriente una fuerte sensación de *vértigo*, cayéndose la cabeza y el cuerpo hacia el polo positivo, y pareciendo al mismo tiempo que los objetos exteriores se corren hacia el lado izquierdo. Si se cierran los ojos mientras pasa la corriente, entonces esa apariencia de movimiento se traslada al mismo sujeto, que experimenta la sensación de que gira hacia el lado izquierdo (Purkinje). En el mismo momento en que la cabeza se inclina hacia el lado del anodo, también se desvían los ojos en igual sentido, siendo frecuente que caigan en *nistagmus* (Hitzig). La corriente eléctrica obra en este caso excitando probablemente los *nervios de las ampollas* cuyas afecciones provocan vértigos (compárese § 352).

El cerebelo no tiene relación alguna con la *actividad sexual* (Gall). De las contracciones uterinas que han observado Valentín, Rudge y Spiegelberg cuando se excita dicho centro nervioso, no se ha hallado todavía una explicación satisfactoria.

Estados patológicos.— Las lesiones asimétricas ó unilaterales del cerebelo determinan en el hombre caídas hacia el lado de la lesión; las bilaterales, caída hacia atrás; y con las que interesan el lóbulo medio se producen trastornos en la coordinación, sobre todo una marcha vacilante y un estado vertiginoso muy acentuado. Las *afecciones irritativas de los pedúnculos cerebelosos medios*, originan movimientos de rotación completa del cuerpo alrededor de su eje longitudinal, con rotación de los ojos (Nonat) y de la cabeza (Nothnagel) en el mismo sentido.

383. Organos de protección y de sosten del cerebro.

La *dura-madre* cerebral está unida íntimamente con el periostio de la caja craneana; la espinal forma alrededor de la médula un largo saco, suspendido libremente y sujeto tan sólo por su cara anterior. Es una membrana fibrosa constituída por haces resistentes de tejido conjuntivo, entretejidos con gran cantidad de fibras elásticas, y que contiene células planas de tejido conjuntivo y células plasmáticas de Waldeyer. Su cara interna, lisa, está revestida de un endotelio pavimentoso. No abunda mucho en vasos sanguíneos, pero está más vascularizada en su porción externa; contiene numerosos vasos linfáticos. Los nervios de la dura madre, cuyo modo de terminar se ignora (en el peñasco se han encontrado numerosos corpúsculos de Pacini), son los que dan á dicha membrana su gran sensibilidad á las intervenciones dolorosas.

Entre la dura-madre y la aracnoides, existe el *espacio linfático subdural* (Key y Retzius). La pía-madre y la aracnoides, unida con ella mediante un tejido reticular

formado por una especie de trabéculas, no vienen á constituir, en realidad, más que *una sola membrana* que no se puede desdoblar (Key y Retzius). Entre las dos capas de la misma, se encuentra el líquido cerebro-espinal encerrado como el líquido de las hidropesías en el tejido conjuntivo (Henle), llenando un espacio, el *espacio sub-aracnoideo* que está revestido de endotelio. La hojita limitante externa de esta capa ó membrana aracnoidea, propiamente dicha, es fina, poco vascular, carece de nervios y está revestida en sus dos caras por un epitelio pavimentoso. Sin embargo, sólo en la médula espinal es donde está separada de la pía-madre, de tal manera, que queda entre ambas el espacio linfático sub-aracnoideo; en el cerebro están unidas ambas membranas en casi toda su extensión, excepto en los surcos que quedan entre las circunvoluciones, sobre las cuales pasa la aracnoides á manera de un puente, mientras la pía-madre desciende aplicada siempre á la corteza cerebral. Los ventrículos cerebrales comunican libremente con el *espacio linfático sub-aracnoideo*, no con el subdural (Waldeyer y Fischer). Estos dos últimos espacios no comunican entre sí. La pía-madre, constituída por hacecillos finos de tejido conjuntivo, sin mezcla de fibras elásticas, es muy rica en vasos sanguíneos y linfáticos, y lleva nervios que acompañan á los vasos hasta penetrar en la misma substancia de los órganos centrales (Kölliker).

Los vasos linfáticos del encéfalo están constituídos, fuera de aquellos que acompañan á los vasos sanguíneos (§ 197. 3) de ciertos espacios que rodean á las células nerviosas y forman una especie de malla á las células de la neuroglia. Todos ellos terminan al fin en el espacio sub-aracnoideo. Respecto al líquido cerebro-espinal, véase el § 199. Las granulaciones de Pacchioni, son vellosidades de tejido conjuntivo que sirven para que desagüe la linfa de los espacios subdural y sub-aracnoideo en los senos de la dura-madre cerebral, en cuyo interior sobresalen, y en particular en el seno longitudinal superior. El espacio sub-aracnoideo comunica también con las cavidades de los huesos esponjosos del cráneo y con las venas superficiales de éste y de la cara (Kollmann). Pero el espacio subdural comunica además con las hendiduras ó lagunas linfáticas de la dura-madre, las cuales se continuan directamente con las venas de esta membrana. Los dos espacios linfáticos, situados entre las meninges cerebrales, están en comunicación también con los vasos linfáticos de la *mucosa nasal*. El espacio que se halla por fuera de la dura-madre raquídea (*espacio epidural*), puede considerarse también como linfático; desde él se llenan fácilmente las cavidades de la pleura y del peritoneo, pero no comunica con la cavidad craneana (Waldeyer y Fischer). Los *plexos coroides* que quizá segregan el líquido cerebro-espinal, comprenden ovillos vasculares rodeados de tejido conjuntivo no desarrollado; la tela coroidea todavía lleva epitelio vibrátil en el recién nacido.

Los latidos de los grandes vasos cerebrales que hay en la base del cráneo, comunican al cerebro *movimientos pulsátiles* (§ 84. 6), y los movimientos de inspiración y espiración otros *respiratorios*, de tal manera, que el cerebro se eleva en el primer acto y desciende en el segundo. Estos movimientos provienen, en parte, de las oscilaciones respiratorias del pulso (§ 79), y en parte de las que experimenta el contenido de las venas de la cavidad craneana. Por fin se conoce además una *elevación y un descenso vasculares* que se suceden con un ritmo de dos á seis veces por minuto, y que corresponden á las contracciones y dilataciones de los vasos, periódicas y de carácter regulador (pág. 277). Son influídos estos movimientos por las excitaciones psíquicas, y durante el sueño es cuando parece que son más regulares (Burckhardt, Mays).

Donde mejor se manifiestan los movimientos del cerebro es en aquellos puntos en que sus cubiertas son menos resistentes, v. gr. las fontanelas, en el niño, y las aberturas hechas con el trépano. Pero para estos movimientos es muy importante la existencia del líquido cerebro-espinal, porque transmite las presiones de un modo uniforme, y de este modo concentra todas las dilataciones vasculares sistólicas y espiratorias en los puntos de las cubiertas del cerebro que no presentan resistencia (Donders). Si se sale el líquido, el movimiento en cuestión va disminuyendo hasta desaparecer.

La excitación psíquica exagera la pulsación del cerebro. En el momento de despertar disminuye el contenido sanguíneo de este órgano; este contenido aumenta durante el sueño con las excitaciones sensoriales, sin que despierte el sujeto. Como las arterias cambian de volumen con el movimiento de la sangre y se hallan dentro de la caja torácica rígida, á cada latido de ellas se produce en las venas (senos) una variación de volumen en sentido contrario (Mosso). Aun en los cambios de actitud de la cabeza puede moverse de un modo pasivo la masa encefálica contenida en su interior, aunque en límites muy reducidos (Luys, Venturi).

Los vasos de la pía-madre (pág. 251) están, como ya se comprende, bajo la influencia de sus nervios respectivos (pág. 274), de tal manera, que por intermedio de estos se puede influir en su calibre desde los puntos más remotos del cuerpo (§ 349, al final). Tapando con una ventanita de vidrio una abertura hecha con el trépano, se pueden observar estas acciones sobre el calibre de los vasos, hasta por medio del microscopio (Donders). Las parálisis de los nervios vaso-constrictores, aun las producidas por los narcóticos, determinan la dilatación de los vasos; con la muerte se contraen estos enérgicamente (§ 373. I). Los vasos cerebrales se dilatan tanto con la actividad del órgano (§ 106. 7) como al dormirse. La anemia pasajera de las arterias cerebrales ocasiona una dilatación consecutiva de las mismas con hiperemia (Knoll). La excitación del centro vaso-motor, v. gr., por asfixia, por la estricnina, ó por causa refleja, *aumenta* el contenido sanguíneo en las arterias del sistema nervioso central (por hiperemia colateral), cuya arterias, por lo tanto, no participan de la contracción de todas las demás. Cuando aumenta en exceso la presión en la cavidad cefalo-raquídea, á consecuencia de una hiperemia que hubiese sobrevenido, pasa líquido cerebro-espinal á las vainas linfáticas de los nervios, tanto craneales como raquídeos (Knoll). Las excitaciones cerebrales que provocan ataques epilépticos (pág. 312), ocasionan un aflujo sanguíneo considerable al órgano, aflujo que no depende de la presión sanguínea (Gärtner y Wagner). Un *aumento notable de presion* en el interior del cráneo, origina múltiples perturbaciones en la actividad cerebral: respiración difícil (§ 370. b), obnubilación intelectual, que llega hasta la pérdida completa del conocimiento y fenómenos de parálisis, que sólo en parte se pueden atribuir á las alteraciones circulatorias. La ligadura brusca de todas las arterias cerebrales, determina una pérdida repentina del conocimiento, seguida de enérgica excitación del bulbo raquídeo y de sus centros y de muerte rápida en medio de convulsiones (véase § 375).

Las amplias *anastomosis* arteriales que hay en la *base del cráneo*, evitan la anemia de las distintas partes del cerebro, cuando se comprime ó liga alguno de sus vasos. En el *interior del cerebro*, la distribución de las arterias se hace según el tipo de las *arterias terminales* (tomo I, pág. 194), ó sea aquellas que no se anostomosan en el dominio de su ramificación final, con otras colaterales ó accesorias (Cohnheim). En cambio, las arterias que serpean por la *superficie del cerebro*, como las cerebrales anterior media y posterior, reciben muchas é importantes anastomosis (Ticho-

myrow). Al erguirse de pronto los sujetos que llevan mucho tiempo de estar echados, y que además sean anémicos, no es raro que se presente anemia cerebral de causa hidrostática, acompañada de pérdida de conocimiento y de obnubilación de los sentidos. v. Liebermeister cree que la *glándula tiroide* es un depósito colateral de sangre, que se puede vaciar hacia la cabeza en estos cambios de actitud. Quizá se explique así la hinchazón de dicha glándula, que sobreviene cuando se exagera la acción cardíaca, como un fenómeno de compensación para evitar que el encéfalo pueda recibir demasiada cantidad de líquido sanguíneo (§ 108. III, y § 373, final). Las contracciones musculares muy enérgicas, lo mismo que una actividad excesiva por parte de otros órganos, deprimen de un modo notable la presión en la carótida.

El encéfalo y el líquido que le rodea, están sometidos constantemente á cierta *presión* media, de 10 milímetros de agua, según Leyden, la cual debe depender, en último término, de la presión sanguínea en el sistema vascular (§ 90 y siguientes). Los estudios de Naunyn y Schreiber, acerca de la *presión cerebral* (ó presión cerebro-espinal), han enseñado que debe llegar á ser algo menor que la presión arterial en la carótida, antes de que se presenten síntomas de verdadera compresión cerebral. Estos síntomas son: dolores de cabeza que aparecen por accesos, acompañados de un vértigo intenso, que llega hasta nublar por completo el conocimiento, vómitos, pulso lento, respiración superficial y poco frecuente, convulsiones y equimosis subconjuntival; está aumentada la presión del líquido cerebro-espinal. *La causa de estos fenómenos es la anemia del cerebro*; de aquí que no deba emplearse la sangría en semejantes casos. Cuando el líquido cerebro-espinal está sometido á una gran tensión, exprime el cerebro, como si fuese una esponja, desalojando sangre de su interior, y haciendo que se presente una anemia cerebral aguda (v. Bergmann). Si la presión sólo alcanza una altura moderada, pueden mantenerse latentes dichos síntomas; pero esto no obstante, se desarrollan en el cerebro trastornos nutritivos, que se manifiestan bajo la forma de dolores de cabeza poco intensos, pero persistentes, sensación de vértigo, debilidad muscular, y alteraciones en la visión producidas por neuro-retinitis con éxtasis venoso papilar. Si aumenta la presión sanguínea, pueden disminuir los síntomas; si disminuye, se acentuan los fenómenos de compresión cerebral.

Cuando la presión es de 70 á 80 milímetros, en el perro, al principio se presentan *dolores;* si es más elevada, *pérdida del conocimiento;* y con una de 80 á 100 milímetros, *convulsiones*. Una presión de 100 á 120 milímetros *hace más lento el pulso*, por la excitación central del pneumogástrico que produce; la frecuencia respiratoria aumenta de un modo repentino y pasajero, y después disminuye. Las compresiones muy acentuadas y persistentes acarrean la muerte, más pronto ó más tarde. La presión sanguínea sube al principio, á consecuencia de una excitación refleja del centro vaso-motor, á causa de la irritación, por presión, que experimentan los nervios sensitivos; después desciende la presión sanguínea y se enrarece el pulso en alto grado. Sobrevienen además variaciones irregulares en la presión sanguínea que revelan la existencia de una irritación central directa del centro vaso-motor.

La presión del líquido espinal en el saco aracnoideo en el perro no es más que de 7,5 á 12 milímetros de mercurio, á la altura de la cola de caballo, (Naunyn y Falkenheim).

384. Fisiología comparada. — Reseña histórica.

Los *protozoos* carecen de nervios. Las células neuro-musculares (§ 298) de los hidroides y de las medusas, entre los *celenterados*, representan el primer rudimento de un sistema nervioso. Además, en las medusas corre á lo largo del borde de la

umbrela una cadena nerviosa cerrada, con engrosamientos celulares en los puntos correspondientes á cada cuerpo marginal, de los cuales parten filamentos nerviosos para los órganos de los sentidos. En los *vermes* es muy frecuente hallar un anillo nervioso cefálico, que, en los que poseen tubo digestivo, rodea una ó dos veces al esófago, formando un *collar esofágico*. Desde éste arrancan cordones longitudinales, en número de dos muy á menudo, los cuales corren á todo lo largo del cuerpo, presentan ganglios á nivel de cada anillo de éste y se anastomosan entre sí en estos sitios. La sanguijuela no tiene más que un largo tronco nervioso con ganglios, el cual recibe el nombre de médula ó cadena ganglionar abdominal. En los *equinodermos* está rodeada la boca por un gran anillo nervioso, del cual parten grandes troncos correspondientes á los conductos principales del sistema vascular acuífero. Dicho anillo está provisto en el punto de arranque de los troncos mencionados, de los llamados cerebros ambulacrales. Los *artrópodos* poseen encima del esófago un gran ganglio cefálico, del que parten los nervios sensoriales. Otro ganglio infra-esofágico comunica, por cada lado, con el anterior, mediante un filete comisurante. De aquí parte la *cadena ganglionar abdominal* á lo largo del tórax y del abdomen; tan pronto se funden varios ganglios para constituir uno mayor, como se mantienen aislados en la mayoría de los segmentos del cuerpo.

También en los *moluscos* es el anillo esofágico el que predomina, pero puede variar mucho en él la situación de las masas ganglionares. El gran simpático está representado por cierto número de ganglios distantes de dicho anillo, pero unidos con él mediante filetes nerviosos. En los *cefalópodos* se da el nombre de cerebro á una parte del anillo esofágico, que carece casi por completo de filetes comisurantes y que se halla encerrado en una cápsula cefálica cartilaginosa. Existen además ganglios en el estómago y en el corazón. En los *vertebrados* siempre se encuentra el sistema nervioso en la cara dorsal del cuerpo; pero en el amphioxus aun no está separado en encéfalo y médula. En los §§ 376 y 377 ya se han estudiado las diversas partes del cerebro, en los vertebrados; y en el § 359, se ha tratado de los nervios periféricos.

Reseña histórica. — Alkmeon (580 años antes de J. C.) localizaba la conciencia en el cerebro, y Galeno (131 á 203 años después de J. C.) colocaba en él el impulso para los movimientos voluntarios. Aristóteles (384 años antes de J. C.) dice que el hombre es el que tiene el cerebro relativamente mayor, el cual es inexcitable (insensible) y que los sujetos de corta talla son los que poseen más dotes de inteligencia. Es singular que entre las funciones del cerebro contase la de disipar el calor que sube del corazón. Herófilo (300 años antes de J. C.) considera, con razón, á la región del asta posterior, como el asiento principal de la sensibilidad; es el que da nombre al calamus scriptorius; y guiado sin duda por sus experimentos, considera al cuarto ventrículo como la parte más importante para la vida. Verdad es que ya se encuentra en Homero repetida en varias ocasiones la alusión al peligro para la vida que tienen las lesiones de la nuca (asiento de la médula oblongada). Areteo y Cassio Felix (97 años después de J. C.) ya sabían que la lesión de una mitad del cerebro produce parálisis del lado opuesto del cuerpo. Galeno considera á la médula espinal como una vía de conducción para la sensibilidad y el movimiento. Vesalio describe (1540) los cinco ventrículos cerebrales. R. Columbo vió (1559) los movimientos del cerebro isócronos con los del corazón, mientras los respiratorios no fueron descritos con exactitud hasta en 1811 por Ravinna. Coiter (1573) observó la persistencia de la vida después de la extirpación del cerebro. A mediados del siglo xvii descubre Wepfer la naturaleza hemorrágica de la apoplegía, mientras Sylvio de la Böe describe la fosa y el acueducto que llevan su nombre. Schneider (1660) determina el peso del cerebro de diferentes animales. Mistichelli (1709) y Petit (1710), describen el cruzamiento de las fibras medulares por debajo

DR. PEREZ ARAPILES
C/ Landa núm. 12-3.º
Teléfono 20 85 19
MADRID

del puente. Gall demuestra cómo el nervio óptico proviene en parte del tubérculo cuadrigémino anterior, y disecando el cerebro desde su cara inferior, suministra los datos más exactos acerca del trayecto de las fibras en el cerebro y de las circunvoluciones de éste (1810). Luigi Rolando describe (1809) el gran surco central del cerebro, y tanto él como Bellinger (1823) hacen una descripción más precisa de la conformación de la substancia gris de la médula espinal. Carus (1814) descubre en ésta el conduto central. El Tratado anatómico más extenso acerca del cerebro, es el escrito por Burdach (1819-1826). Respecto á las investigaciones más modernas consúltese el texto.

CAPÍTULO V

FISIOLOGÍA DE LOS ÓRGANOS DE LOS SENTIDOS

385. Nociones previas.

Los órganos de los sentidos tienen por *objeto* transmitir al alma (psique) las impresiones producidas por los distintos fenómenos del mundo exterior : son, por lo tanto, los instrumentos intermedios de las *percepciones sensoriales*. Para que éstas se efectuen, deben satisfacerse las siguientes condiciones : 1.ª El órgano del sentido, provisto de sus aparatos específicos terminales debe estar *intacto* en sus elementos anatómicos constitutivos y *capaz de funcionar*, desde el punto de vista fisiológico. 2.ª Debe existir un excitante *específico* que obre como tal excitante y de un modo normal sobre el órgano terminal. 3.ª Debe haber una conducción no interrumpida desde el órgano del sentido, por la vía del nervio sensorial correspondiente, hasta el cerebro. 4.ª Al obrar el estímulo debe dirigirse la *actividad psíquica* (atención) al proceso excitante ; así se produce por de pronto la *sensación*, v. gr., de la luz, del sonido por el órgano sensorial. 5.ª Finalmente, cuando por medio de un acto psíquico se refiere la sensación á una causa exterior, se origina entonces la *percepción sensorial consciente*. Sin embargo, esta conclusión se realiza muy á menudo de un modo inconsciente fundándose en la experiencia adquirida.

Entre los *excitantes* que afectan al aparato terminal de los órganos de los sentidos, se distinguen : 1.° Excitantes *adecuados ú homólogos*, ó sea aquellos para cuya actividad, como tales excitantes está dispuesto especialmente el órgano en cuestión ; tal sucede con los conos y los bastoncillos de la retina para las ondulaciones luminosas del éter. De ahí que corresponda un excitante específico á cada terminación nerviosa sensorial: ley de la energía específica de Juan Müller. 2.° Pero también son eficaces las excitaciones de otra especie, mecánicas, térmicas, químicas, eléctricas ó somáticas interiores. Así se observa con las chispas que se ven cuando se recibe un golpe en el ojo, ó los zumbidos de oídos en las congestiones de la cabeza. Estos excitantes *heterólogos* son eficaces sobre los elementos nerviosos constitutivos de los órganos de los sentidos en todo su trayecto desde el aparato terminal de los mismos hasta la corteza del cerebro. En cambio, los excitantes adecuados sólo obran sobre dicho aparato terminal ; así la luz es completamente inactiva sobre el tronco del nervio óptico puesto al descubierto.

Los excitantes homólogos sólo obran sobre los órganos de los sentidos,

mientras su *intensidad* no pasa de ciertos límites en ambos sentidos. Los muy débiles todavía no son eficaces. Aquel grado de intensidad en el excitante, en el cual comienza el primer indicio de sensación recibe el nombre de *umbral de la excitación* (Fechner). A medida que crece la intensidad del excitante crece también la de la sensación producida ; aumentando esta última la misma cantidad cuando la magnitud del excitante crece por partes proporcionales (E. H. Weber, Fechner). Así, por ejemplo, sentimos la misma impresión de aumento de claridad cuando pasamos de ver 10 bujías á 11, que cuando vemos primero 100 bujías y luego 110, porque la relación del aumento en ambos casos es de un décimo. Como los logaritmos aumentan en progresión aritmética, cuando los números á que corresponden crecen en progresión geométrica, también se ha formulado esa ley en los siguientes términos : Las sensaciones no aumentan como las magnitudes absolutas de los excitantes, sino próximamente como los logaritmos de estos últimos. Sin embargo, E. Hering ha impugnado en estos últimos tiempos la validez general de esta ley psico-física de Fechner. Los excitantes específicos demasiado intensos producen sensaciones dolorosas particulares, v. gr., de deslumbramiento, de atolondramiento de oídos. Además de esto, los órganos de los sentidos no reaccionan á los excitantes adecuados más que dentro de ciertos límites ; así el oído sólo es impresionado por los cuerpos sonoros, mientras el número de sus vibraciones llega ó no excede de cierta cantidad ; la retina no es impresionada más que por las ondulaciones del éter comprendidas entre el rojo y el violeta, pero no por las caloríficas que pasan de este último límite, ni tampoco por las de acción química que están antes del primero. Con el nombre de *sensaciones consecutivas* se designa el fenómeno de que las primitivas suelen durar por más tiempo que la excitación que las produce ; tales son las imágenes consecutivas, y la sensación que persiste en la piel después de haber actuado una presión sobre ella. Por fin, hay también *sensaciones subjetivas*, las cuales tienen su origen en excitaciones de causa interna, somática, que afectan al aparato nervioso del órgano del sentido. El grado más pronunciado de esta clase de sensaciones, que proviene casi siempre de excitaciones patológicas de los centros corticales psico-sensoriales (Landois, Tamburini) recibe el nombre de *alucinaciones*, v. gr., cuando un delirante ve figuras ú oye voces que no existen en la realidad. En contraposición á éstas se da el nombre de *ilusiones* á las sensaciones realmente existentes, pero modificadas por un acto psíquico ; v. gr., cuando el rodar de un coche se interpreta como un trueno.

En el *recién nacido* está muy desarrollado el sentido del tacto; poco el del dolor; es dudoso que existan las sensaciones musculares; las sápidas y olfatorias se confunden muchas veces. Las excitaciones acústicas ya se sienten al segundo día; las luminosas inmediatamente después de nacer, pero sin que exista todavía un campo visual periférico (Cuignet). Los movimientos de convergencia y de acomodación se perciben hacia la cuarta á quinta semana, y en pasando el cuarto mes, se distinguen los colores. No se perciben simultáneamente diversos excitantes y tampoco está desarrollado aún un centro inhibitorio de los reflejos.

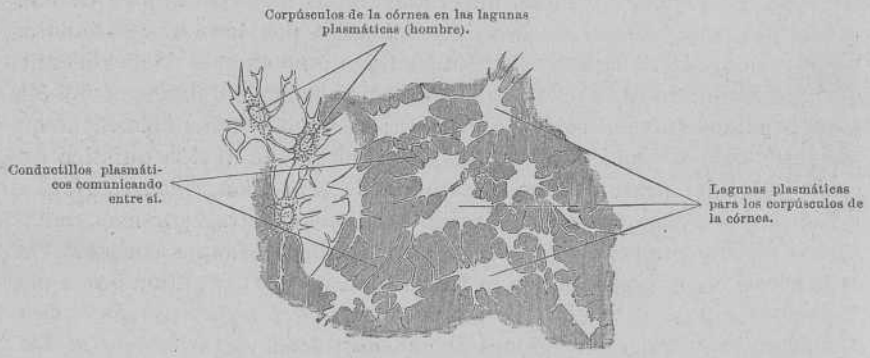
SENTIDO DE LA VISTA

386. Prenociones anatómicas é histológicas.—Presión intra-ocular.

Las breves nociones de anatomía y de histología que vamos á exponer, sólo se refieren á aquellos puntos de mayor importancia fisiológica, y suponen, como es natural, el conocimiento previo de la estructura anatómica del ojo.

La CÓRNEA se admite para simplificar que tiene una convexidad *esférica* y regular, aunque en realidad, esto no sea exacto. Representa más bien un casquete de un elipsoide un poco oblicuo, que se puede suponer como formado por la revolución de una elipse alrededor de su eje mayor (Brücke); sin embargo, se presentan múltiples modificaciones de semejante conformación regular (Laqueur). La córnea es de un grosor casi igual en toda su extensión; sólo que en el recién nacido es un poco más gruesa en su parte central, y en el adulto en la periférica. Consta de las siguientes capas: 1.°, *capa anterior*, constituída por un *epitelio* de células nucleadas (fig. 248. *a*), estratificado, y de numerosos planos. En los más profundos, las células tienen una forma más cónica, están colocadas perpendicularmente las

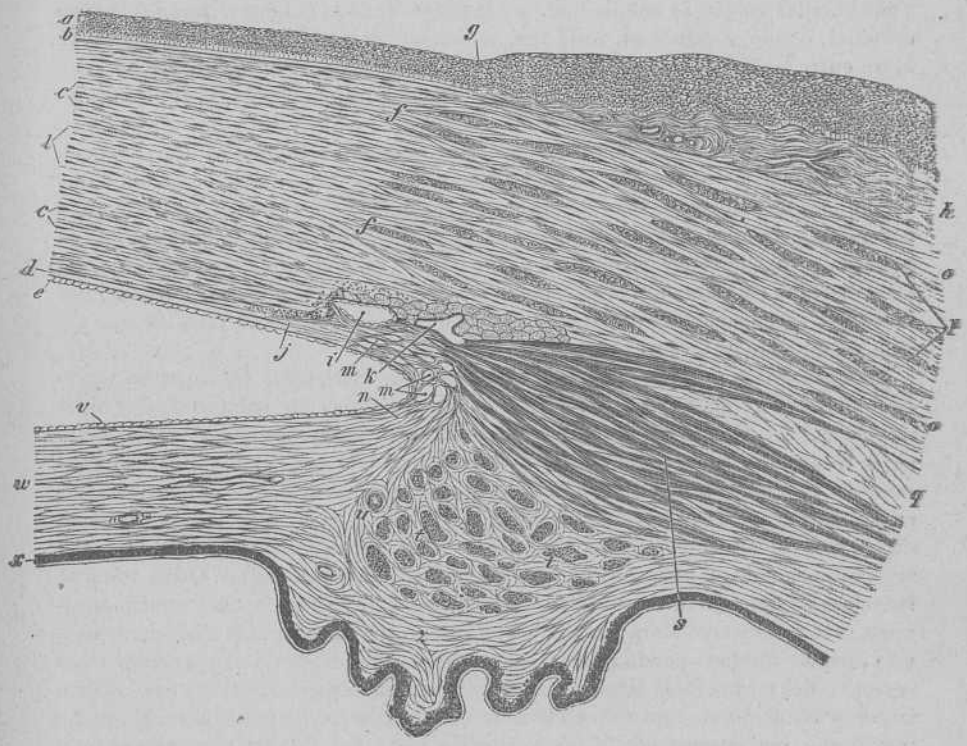
Figura 247.



unas al lado de las otras, y llevan el nombre de células de sosten. Las células de los planos medios son más esferoidales y con las prolongaciones angulosas de sus bordes encajan en los huecos correspondientes de las inmediatas. Las células más superiores son aplanadas, completamente lisas, más duras; son células pavimentosas que contienen queratina. 2.° La capa epitelial descansa sobre la *membrana elástica anterior* (laminilla de Bowmann), que es una membrana vítrea anhista (*b*), cuya existencia niegan algunos autores (Brücke). 3.° La *substancia de la córnea*, propiamente dicha, consta de fibras (que contienen condrina) (Juan Müller, Rollet), las cuales están constituídas por fibrillas finísimas de tejido conjuntivo. Estas fibras están entretejidas á manera de estera, formando laminillas (*l*) sobrepuestas por capas. Hacia la membrana elástica se doblan esos manojos haciendo de *fibras de sosten*. En las lagunas ó huecos del tejido formado por dichas fibras, se encuentra un sistema tubular contínuo (fig. 247), en el cual se aprecia una especie de capa limitante que hace de pared. Estos conductos que se anastomosan son de naturaleza linfática (§ 197. 1), y al fin se continuan también con los vasos linfáticos de la conjuntiva. En las lagunas se hallan *las células ó corpúsculos fijos de la córnea* (fig. 248. *c*), que se anastomosan por medio de sus prolongaciones, y tienen

el carácter de células protoplasmáticas. Kühne vió contraerse estas células cuando excitaba los nervios de la córnea (§ 202. 7), y también se ha demostrado la conexión anátómica que hay entre nervios y células (Kühne, Waldeyer). Según v. Recklinghausen, también pueden penetrar en el sistema de los conductillos de la córnea células emigrantes que vengan de otros tejidos, y acerca de cuya multiplicación ya se ha tratado en el § 201. 4, al estudiar la inflamación. 4.° La *membrana elástica posterior*, cristalina y anhista (*d*), llamada membrana de Demours

Figura 248.



Corte meridional en el límite de la córnea y de la esclerótica.

a, Epitelio corneal anterior —*b*, Laminilla de Bowmann.—*c*, Corpúsculos de la córnea y lagunas plasmáticas —*l*, Laminillas corneales; la parte comprendida entre *b* y *d*, es la substancia propia de la córnea.—*d*, Membrana de Descemet.—*e*, Epitelio de esta última.—*f*. Transición de la córnea á la esclerótica. — *g*, Limbo de la conjuntiva. — *h*, Conjuntiva. —*i*, Conducto de Schlemm.— *k*, Plexo venoso de Leber, perteneciente, según este autor, al conducto anterior.— *m*, *m*, Mallas en el tejido del ligamento pectíneo del iris.—*n*, Raiz ó arranque del iris. — *o* y *p*, Manojos fibrosos, longitudinales y circulares (cortados á través) de la esclerótica. — *q*, Espacio pericoróideo. — *s* y *t*, Haces del músculo ciliar, meridionales y ecuatoriales (circulares). — *u*, Corte transversal de una arteria ciliar —*v*. Epitelio del iris (prolongación del que reviste la cara posterior de la córnea.—w, Substancia del iris.—*x*, Pigmento del iris.—*z*, Proceso ciliar.

ó de Descemet, presenta en algunos animales un aspecto estriado, que revela la existencia de condensaciones estratificadas, y hacia el borde de la córnea aparece á veces algo engrosada y prominente. Esta membrana es muy tenaz y resistente (en las inflamaciones ó procesos análogos); cuando se la diseca se arrolla hacia la cara convexa. Su límite periférico se continua con el *ligamento pectíneo* del iris, elástico, compuesto de fibras entretejidas, y cuyas trabéculas están revestidas de epitelio.

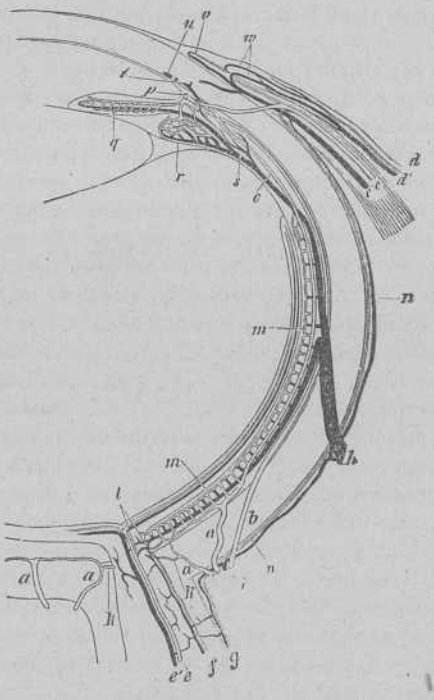
5.° *El epitelio* de la cara *posterior* de la córnea, es de una sola capa de células pavimentosas finas y nucleadas (*e*) que se dirigen desde el borde de la córnea á la cara anterior del iris (*v*). En los espacios que quedan entre las células, se encuentran lagunas plasmáticas muy estrechas (v. Recklinghausen), las cuales comunican con un sistema tubular fino subyacente á la capa epitelial, y ulteriormente por medio de la membrana de Descemet con las lagunas de la misma substancia de la córnea (Preiss). Los *nervios* de la córnea, que proceden de los ciliares largos y cortos (§ 349), son en parte *sensitivos;* penetran desde la periferia de la membrana como tronquitos que al principio todavía contienen mielina; después se despojan de ésta y las fibrillas en que se subdividen, desnudas ya de toda cubierta, llegan á la capa epitelial, donde se ramifican otra vez, ascienden perpendicularmente y terminan al fin entre las células epiteliales como fibrillas finísimas, que se hacen visibles por medio del cloruro de oro, y en las que se encuentran nudosidades punctiformes (figura en el § 426) (Hoyer, Cohnheim). Las fibras *tróficas* de la córnea (§ 349) son indudablemente aquellas ramificaciones nerviosas más profundas que avanzan hasta los corpúsculos propios de dicha membrana (§ 202. 7). No se hallan vasos sanguíneos más que en el borde de la córnea, avanzando por encima de ésta en una extensión periférica de 2 milímetros por la parte superior, 1,5 milímetros por la inferior, y 1 milímetro lateralmente; pero desde estos límites, se vuelven hacia atrás las asas capilares formando arcos. La córnea recibe el material nutritivo por su borde. Las opacidades de esta membrana ocasionan trastornos visuales, que varían según su asiento y su extensión.

La ESCLERÓTICA es una membrana recia, fibrosa, compuesta de haces de tejido conjuntivo entretejidos, de los cuales unos tienen dirección ecuatorial (*p*) y otros meridional (*o*). En sus hendiduras se encuentran corpúsculos de tejido conjuntivo, parte incoloros y parte pigmentados (Waldeyer), y también células linfáticas emigrantes. Es más gruesa en su parte posterior; en la zona ecuatorial es donde alcanza su espesor mínimo y vuelve á engrosarse por delante, gracias á la inserción de los músculos rectos del globo ocular. Contiene muy pocos vasos sanguíneos, que forman debajo de su cara interna una red capilar de anchas mallas. Otros vasos se entrelazan formando una corona arterial alrededor del nervio óptico, cuando atraviesa esta membrana. Rara vez tiene una forma esférica, sino más bien parecida á un elipsoide formado por la rotación de una elipse alrededor de su eje menor (ojos cortos) ó del mayor (ojos largos). La esclerótica avanza sobre la córnea por la parte superior é inferior de ésta formando como un marco donde está encajada dicha membrana, que aparece por lo tanto elíptica vista por delante y circular si se la mira por detrás. Siguiendo al borde de la córnea, pero dentro todavía de la esclerótica, circula un conducto anular, el *conducto de Schlemm* (*i*), el cual se une anastomosándose con otras venas (plexo venoso de Leber) (*k*). Schwalbe y Waldeyer consideran al conducto de Schlemm como linfático. Por detrás se continua la esclerótica con la cubierta tendinosa del nervio óptico, que proviene de la dura-madre. También posee nervios la esclerótica, los cuales terminan, al parecer, en los elementos celulares que hay en la substancia de dicha membrana (Helfreich, Königstein).

La ÚVEA Ó TRACTUS UVEAL, está compuesta de la coroides, la porción ó zona ciliar de esta membrana y el iris. La COROIDES está constituída por las siguientes capas: 1.ª La más interna ó *lámina vítrea*, es transparente de 0,7 μ de grueso y un poco más en su parte anterior. 2.ª Sigue á ésta la *capa corio-capilar* ó de Ruyschio, que es una red capilar riquísima, formando cuerpo con una capa homogénea. 3.ª Por fuera de esta capa hay otra de una *red elástica*, revestida de endotelio en sus dos caras (Sattler). 4.ª La *coroides propiamente dicha*, sigue á la anterior. Está constituída por corpúsculos pigmentados de tejido conjuntivo y contiene, en una capa

reticular de tejido elástico muy desarrollado, numerosos vasos venosos y arterias. 5.ª La última capa es la llamada *lámina fusca* ó supra-coróidea: comprende en su espesor el gran *espacio linfático pericoróideo* (*q*) revestido de endotelio y está provista de células pigmentadas de tejido conjuntivo. En los recién nacidos, cuyo iris es siempre de color azul obscuro (Aristóteles), todavía no contiene pigmento el tejido de la úvea. Así queda en los sujetos rubios; en cambio, en los morenos se desarrolla después el pigmento.

Figura 249.



Representación esquemática de la circulación en el globo ocular, según Th. Leber.

Corte horizontal. Las venas aparecen negras, y las arterias claras y con doble contorno. — *a*, Arterias ciliares posteriores cortas. — *b*, Arterias ciliares posteriores largas. — *c c'* Arterias y venas ciliares anteriores. — d *d'* Arterias y venas de la conjuntiva. — *e e'* Arterias y venas centrales de la retina. — *f* y *g*, Vasos de las vainas externa é interna del nervio óptico. — *h h*, Venas vorticosas. — *i*, Venitas ciliares posteriores cortas, que solo pertenecen á la esclerótica. — *k*, Rama de las arterias ciliares posteriores cortas que se dirige al nervio óptico. — *l*, Anastomosis de los vasos coróideos con los del nervio óptico. — *m*, Membrana corio-capilar. — *n*, Ramas episclerales — o, Arteria recurrente de la coroides — *p*, Círculo arterial mayor del iris (corte transversal). — *q*, Vasos del iris — *r*, Procesos ciliares. — *s*, Rama de las venas vorticosas destinada al músculo ciliar — *u*, Círculo venoso. — *v*, Asa de la red marginal de la córnea. — *w*, Arteria y vena conjuntivales anteriores.

En la ZONA CILIAR DE LA COROIDES, no hay tantas células pigmentadas de tejido conjuntivo. Aquí es donde se encuentra el *músculo ciliar* (músculo de la acomodación, tensor de la coroides, músculo de Brücke), en el cual hay manojos de dirección meridional (*s*), que se insertan por medio de tejido conjuntivo reticulado y ramificado en la cara interna del límite esclero-querático, no lejos del conducto de Schlemm, para irradiarse hacia atrás por la coroides; otros más internos, son circulares (*t*) y están situados á lo largo del borde ciliar (músculo de Enrique Müller). El nervio motor de este músculo de fibra lisa, es el motor ocular común (§ 347. 3).

En el interior de los procesos ciliares se encuentran células nerviosas, que pertenecen probablemente al dominio del trigémino (Grünhagen).

El iris está constituído, yendo de delante á atrás, por una membranita endotelial (*v*), un estroma con fibras de tejido conjuntivo y células, la capa vascular, y por fin, una membrana terminal posterior que sostiene el epitelio pigmentado *x* (Michel). En su trama íntima, provista en los sujetos morenos de células pigmentadas de tejido conjuntivo, contiene dos músculos de fibra lisa: el *esfínter de la pupila* (fig. 262), que rodea á la abertura pupilar y está muy próximo á la cara posterior del iris, cuyo músculo está inervado por el motor ocular común (§ 347. 2): y el *dilatador de la pupila* que está constituído por una capa más delgada de fibras radiadas, de las cuales unas llegan hasta el borde pupilar y otras se doblan alrededor del esfínter. En el borde exterior del iris se doblan los haces musculares radiados, y forman arcos continuándose los unos con los otros y constituyendo en esta zona un haz muscular circular (Merkel). La inervación del dilatador de la pupila corre de preferencia á cargo del gran simpático (§ 349). Grünhagen niega la existencia del músculo dilatador de la pupila. En los nervios ciliares de la coroides existen células nerviosas. Gerlach ha dado con mucha propiedad el nombre de *ligamento anular del ojo* á aquel prisma de estructura fibrosa y arrollado en forma de anillo que, limitando la periferia del iris, es punto de unión del cuerpo ciliar del iris, del músculo ciliar, del seno venoso del iris y, al mismo tiempo, donde se establece la transición entre la córnea y la esclerótica.

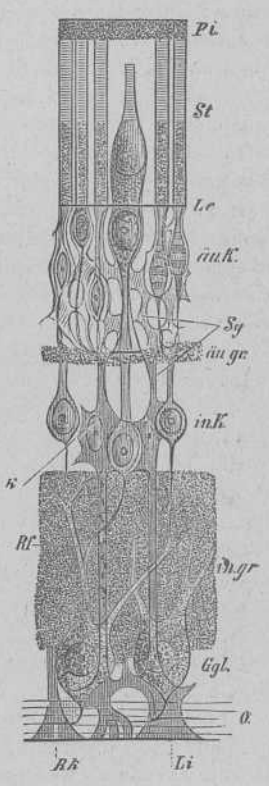
El curso de los VASOS CORÓIDEOS, tiene una gran importancia para la nutrición del ojo. Según Leber, dicha distribución es la siguiente: Las *arterias* son: 1.° Las arterias ciliares posteriores cortas (fig. 249. *a a*), en número de unas 20; atraviesan la esclerótica en la inmediación del nervio óptico y se continuan con la rica red vascular de la membrana corio-capilar (*m*), la cual llega hasta la ora serrata. 2.° Las dos arterias ciliares posteriores largas, que caminan una por el lado nasal y otra por el temporal del globo ocular hasta (*b*), alcanzar los procesos ciliares de la coroides donde se ramifican avanzando hacia el iris para tomar aquí parte en la formación del círculo arterial mayor de esta membrana (*p*). 3.° Las arterias ciliares anteriores (*c*) procedentes de los ramos musculares; atraviesan la esclerótica en su parte anterior y dan ramas á los procesos ciliares de la coroides y al iris. De su parte interna se dirigen hacia atrás unas 12 ramas (*o*), para la membrana coriocapilar. Entre las *venas* se cuentan: 1.° Las venas ciliares anteriores (c^1), que recogen la sangre de la parte anterior de la úvea y la llevan hacia afuera. Estas ramas están en conexión con el conducto de Schlemm y el plexo venoso de Leber, pero no reciben nada de sangre del iris. 2.° Las redes venosas de los procesos ciliares (*r*), á las que afluye también sangre del iris (*q*), se dirigen hacia atrás á las venas coróideas. 3.° Los grandes vasos que reciben el nombre de vasa-vorticosa, cuyos troncos perforan al fin (*h*) la esclerótica por detrás del ecuador del globo ocular. El borde interior del iris se desliza sobre la cara anterior del cristalino; y la cámara posterior del ojo es muy poco espaciosa aun en el adulto, pero sólo en el recién nacido se reduce hasta desaparecer. Inyectando azul de Prusia en la cámara anterior, pasa casi siempre á las venas ciliares anteriores (Schwalbe), hasta en los animales vivos; y lo mismo sucede con el carmín (Heisrath). De aquí deducen estos dos autores, que debe existir una comunicación *directa* entre las venas y dicha cámara, porque esas materias colorantes no se difunden á través de las membranas.

Sobre la cara interna de la coroides descansa el epitelio de una sola capa, constituído por células exagonales de 0,0135 á 0,02 milímetros de diámetro, llenas de pigmento cristalizado; epitelio que pertenece en realidad á la retina. Es de una sola capa hasta la ora serrata, para hacerse de varias al continuar por los procesos

ciliares y la cara posterior del íris (fig. 248. *x*). Sólo no es pigmentado en los albinos; en cambio, las células que están descansando sobre las crestas de los procesos ciliares, carecen siempre de pigmento.

La RETINA está limitada por fuera, por el epitelio exagonal pigmentado (Pi), que pertenece á esta membrana, tanto en el concepto evolutivo como en el funcional. Las células no son aplastadas, sino que envían prolongaciones pigmentadas á los espacios que quedan entre los extremos de los bastoncillos. En algunos animales se encuentran granitos de grasa (conejo) y otras substancias en esas células. Estas son mayores y más obscuras en la ora serrata (Kühne). Las capas propiamente tales de la retina, son: 1.° Las de los elementos llamados neuro-epiteliales, ó sea los *conos* y los *bastoncillos* (St), que faltan en el punto correspondiente á la entrada del nervio óptico: es la capa más exterior. Dichos elementos constan de dos segmentos ó articulos: externo é interno. Los segmentos externos contienen durante la vida un pigmento rojo (Boll), la *púrpura retiniana*, que se conserva en la obscuridad, y palidece á la luz, pero en el ojo se restablece. Se puede extraer por medio de una disolución de ácidos biliares al 2,5 por 100 (Kühne); sobre todo cuando la retina se la mantiene antes en una disolución de sal común al 10 por 100 (Ayres). Los bastoncillos de 0,04 á 0,06 de alto y 0,0016 á 0,0018 de ancho, presentan una estriación longitudinal, debida á la existencia de surcos, y su eje está recorrido por una fibrilla fina (Ritter). El segmento externo se descompone, á veces, en gran número de discos muy delgados. Krause encontró en el límite de los dos segmentos, en los bastoncillos, un *cuerpo elipsoideo*. Los conos ó mazas, que tienen forma de botellas, no contienen rojo retiniano; su segmento externo, también está estriado longitudinalmente, y se deshace con mucha facilidad en discos ó laminillas. En la mácula lútea, no hay más que conos; en su inmediación, cada cono está rodeado de una corona de bastoncitos, y cuanto más se avanza hacia la periferia de la retina, tanto más escasean los conos. Estos faltan por completo, ó son muy rudimentarios en los animales nocturnos, como el buho y el murciélago. La retina de las aves tiene muchos conos, y en la del lagarto no hay más que estos elementos.

Figura 250.



Capas de la retina.

Los bastoncillos y los conos descansan sobre la membrana limitante externa, agujereada como una lámina cribosa (Le), y emiten prolongaciones á través de estos agujeros: las de los conos se dirigen á los granos de los conos, más gruesos y más externos; y las de los bastoncillos, se dirigen á los granitos de éstos, que están estriados transversalmente. 2.° Estos granitos pertenecen á la *capa granulosa externa* (äu K), que recibe el nombre de capa cerebral (Schwalbe), lo mismo que las que la siguen. 3.° La *capa inter-granulosa* es la que sigue á la anterior (*äu gr*); es recorrida ó atravesada por las fibras que parten de los granitos (Merkel). 4.° Estas fibras se dirigen á los granitos de la *capa granulosa interna* (in K), cuyos granitos (Stohr), lo mismo que los de los conos y bastoncillos de la mácula lútea, presentan una especie de estriación transversal (Krause). 5.° A través de la

capa molecular y finamente granulosa (*in gr*), ya no se pueden seguir en su trayecto á las fibras que parten de los granitos de la capa anterior. Parece que se resuelven aquí en un retículo de fibrillas finísimas, en el cual se pierden también las prolongaciones de las células de la capa siguiente. 6.° Esta *capa* es la de las *células nerviosas* (G g l). Según v. Vintschgau, las prolongaciones de estas células están en conexión con las fibras que vienen de los granitos. 7.° La última *capa* es la *de las fibras del nervio óptico* (*o*), que está aplicada á la membrana limitante interna (Li). Segun Salzer, el total de las fibras ópticas es de 438.000; pero según W. Krause, hay 400.000 gruesas, y otras tantas finas. A cada fibra nerviosa corresponden de 7 á 8 conos, unos 100 bastoncillos y 7 células pigmentadas (de la coroides). No hay fibras nerviosas en la *mácula lútea*, que abunda mucho, en cambio, en células nerviosas. Entre las dos membranas limitantes homogéneas (Li y Le), se encuentra la *substancia conjuntiva fundamental* de la retina, en cuya substancia se encuentran las fibras de sostén, de Müller, que sólo faltan en la mancha amarilla, atraviesan en dirección radiada á todas las capas cerebrales (Rf), comienzan con una base ancha en la membrana limitante interna (Rk), y llevan en su trayecto formaciones nucleadas (*k*). Además de esto, la substancia fundamental ó de sostén, forma una especie de tejido reticulado á través de todas las capas, por entre cuyas mallas pasan los elementos nerviosos (Sg). También están envueltos por substancia de sostén los segmentos internos de los bastoncillos y de los conos. La retina se va adelgazando, á medida que se acerca á la ora serrata; al mismo tiempo, aumentan en ella los elementos conjuntivos y disminuyen los nerviosos, hasta que en la porción ciliar, ya no se encuentran más que células cilíndricas.

Los *vasos sanguíneos* de la retina se encuentran, en las capas más internas, hasta cerca de la granulosa interna. Sólo en el punto de entrada del nervio óptico, es donde comunican con los vasos coróideos por medio de ramitas muy finas; poseen vainas linfáticas peri-vasculares. La inmensa mayoría de los capilares, sigue su camino por las capas más centrales que la granulosa interna (Hesse, His). La fovea central no tiene vaso alguno (Nettleship, Becker). En general, la retina no contiene ningún vaso, fuera de en los mamíferos, la anguila (Denissenko), y algunas tortugas (Enrique Müller). La destrucción de la retina ocasiona ceguera.

La retina fresca es de reacción ácida, que se vuelve alcalina si se la mantiene en la obscuridad; contiene en los bastoncillos y en los conos, albúmina, neuro-queratina, nucleína y gotitas aceitosas pigmentadas (en los conos), ó sea los llamados cromófanos. En las demás capas, se hallan los principios constitutivos de la substancia gris del cerebro.

El CRISTALINO, envuelto en una cápsula más gruesa por delante que por detrás, presenta en la superficie interna de la pared anterior de dicha cápsula, un epitelio de células cúbicas y de poca altura, las cuales hacia el borde de la lente se van alargando y convirtiendo en fibras (Robinski), provistas de un núcleo, que se doblan sobre dicho borde, y terminan por sus dos extremos en las dos caras del cristalino, formando, al tocarse por dichos extremos con los de las otras fibras, una figura estrellada: la *estrella del cristalino*. Las fibras del cristalino contienen *globulina*, encerrada en una especie de membrana envolvente. Al aplicarse por sus caras laterales á las fibras adyacentes, adoptan la forma de prismas exagonales, y en algunos animales (peces), engranan las unas con las otras por medio de sus bordes dentados.

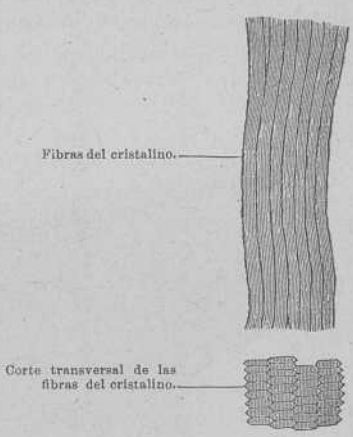
Para simplificar, se admite que el cristalino tiene la forma de una lente biconvexa, de superficies esféricas, siendo de un radio más corto la posterior; pero, en realidad, la superficie anterior representa parte de un elipsoide originado por la rotación de una elipse alrededor de su eje menor, y la superficie posterior es el casquete de un paraboloide ó sea el cuerpo engendrado por la rotación de una parábo-

DR. PEREZ ARAPILES
c/ Lancia núm. 12 - 3.º

la alrededor de su eje (Brücke). Las capas más externas de la lente cristalina son menos refringentes que las más internas. El núcleo que se halla en el centro es más sólido y consistente, y, al mismo tiempo, más convexo que la lente en totalidad. El borde del cristalino siempre está separado de los procesos ciliares por cierto intervalo.

La ZONA DE ZINN, cuyo origen se encuentra en la ora serrata, se aplica á la porción ciliar de la nuca como una membrana plegada á manera de gorguera, de tal modo, que los procesos ciliares se introducen y encajan en sus pliegues y están adheridos á ellos. Desde aquí se dirige al borde del cristalino para insertarse, formando ondas, en su porción anterior. Por detrás de la zona de Zinn, y en el espacio que media hasta el cuerpo vítreo, se halla el conducto de Petit. La zona de Zinn es una membrana perforada y de estructura fibrosa (Schwalbe, Vlacovitsch). Según Merkel y H. Virchow, el conducto de Petit está ocupado por fibras muy finas, no siendo, por consiguiente, un verdadero conducto, sino un sistema complicado de cavidades que comunican entre sí (Gerlach). De todos modos, la zona de Zinn, como membrana tensa, sostiene al cristalino en su situación y puede recibir el nombre de *ligamento suspensorio* del mismo.

Figura 251.



Las opacidades del cristalino (cataratas), se oponen á la entrada de los rayos luminosos en el interior del ojo. La falta del cristalino ó afaquia, tal como se observa, v. gr., después de operar la catarata, puede ser compensada con los anteojos de lente biconvexa; pero lo que no puede reemplazarse en estos casos, como ya se comprende, es el poder de acomodación.

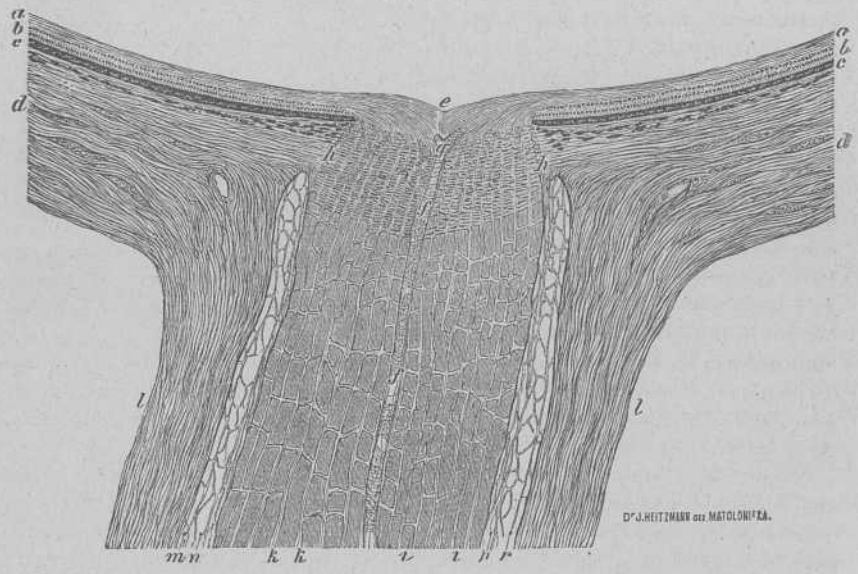
El CUERPO VÍTREO está limitado exteriormente, hasta la ora serrata, por la membrana limitante interna de la retina (Henle, Iwanoff). Desde la ora serrata hacia delante se interponen las fibras de la zona de Zinn, de dirección meridional, las cuales se adhieren á la superficie del cuerpo vítreo y á los procesos ciliares. El cuerpo vítreo está separado del conducto de Petit por una membrana fibrosa (H. Virchow). De la papila del nervio óptico á la cara posterior de la cápsula del cristalino, se dirige un conducto de 2 mm de ancho, llamado *conducto hialoideo*, que está recorrido por vasos en la vida intrauterina. La porción periférica del cuerpo vítreo está estratificada como una cebolla; la central es homogénea. En la primera se encuentran, sobre todo en el recién nacido, células indiferentes, redondeadas, fusiformes ó estrelladas del tejido mucoso; en la segunda sólo existen restos rudimentarios de las mismas (Iwanoff). El parénquima del cuerpo vítreo que encierra estos elementos, presenta una estructura finamente fibrosa (Hans Virchow). El cuerpo vítreo contiene *mucina* en su masa, la cual es parecida á la gelatina y no encierra más que 1,5 por 100 de principios fijos.

Las VÍAS LINFÁTICAS del ojo comprenden un sistema anterior y otro posterior (Schwalbe). El *sistema anterior* se compone de las dos cámaras del ojo, anterior y posterior, las cuales comunican con los vasos linfáticos del iris, de los procesos ciliares, de la córnea y de la conjuntiva.

Pertenece al *sistema linfático posterior* el gran espacio coroideo situado entre la esclerótica y la coroides (Schwalbe). Este espacio comunica con el gran espacio linfático de Tenon (Schwalbe), que se encuentra entre la esclerótica y la cápsula de

Tenon, por medio de los vasos linfáticos que envuelven á los troncos venosos de los vasa-vorticosa de Stenon. El espacio de Tenon se continua por detrás con una vía linfática que envuelve á manera de vaina la superficie del nervio óptico, y por delante se halla en comunicación directa con los espacios linfáticos sub-conjuntivales del globo ocular (Gerlach). El nervio óptico tiene tres vainas: 1.ª, la dural; 2.ª, la aracnóidea, y 3.ª, la pial, las cuales provienen de las meninges que indican sus nombres. Entre estas tres vainas se encuentran dos espacios linfáticos: el subdural entre la primera y la segunda, y el sub-aracnóideo entre la segunda y la tercera (fig. 252). Ambos están revestidos de endotelio, que cubre también á unas trabéculas muy finas, que se dirigen de una vaina á la próxima. Según Axel Key y Retzius, estos espacios linfáticos comunican por delante con el espacio pericoroideo.

Figura 252.



Corte horizontal de las membranas del ojo y de la inserción del nervio óptico en el mismo.

a b, Capas internas y externas de la retina.—*c*, Coroides.—*d*, Esclerótica.—*e*, Excavación normal de la papila.—*f*, Arteria central de la retina en el eje del nervio óptico. — *g*, Bifurcación de la misma.—*h*, Lámina cribosa.—*l*, Vaina externa ó dural. — *m*, Espacio externo ó subdural.—*n*. Espacio interno ó subaracnóideo.—*r*, Vaina media ó aracnóidea —*p*, Vaina interna ó pial.—*i*, Haz de fibras nerviosas.—*k*, Tabiques conjuntivos (longitudinales).

El HUMOR ACUOSO es muy parecido al líquido cerebro-espinal y contiene albúmina y azúcar (Kühn). La primera substancia aumenta después de la muerte y la segunda desaparece, sucediendo otro tanto en el cuerpo vítreo. Aumenta la proporción de albúmina cuando se acentua la diferencia entre la presión sanguínea y la intra-ocular. Estas diferencias de presión, y lo mismo los irritantes enérgicos que afecten al ojo, ocasionan además la producción de fibrina en la cámara anterior del ojo (Jesner y Grünhagen).

La cavidad del globo ocular, ocupada en su mayor parte por líquidos, está sometida, durante la vida, á una presión constante, la *presion intra-ocular*, que depende, en último término, de la que tenga la sangre en las arterias de la retina y de la úvea, y habrá de subir y bajar con ella. Se aprecian sus variaciones según la turgencia ó blandura que presente al tacto el globo ocular. La presión intra-ocular, lo

mismo que la arterial, habrá de ser influida por una porción de circunstancias; aumentará á cada latido cardiaco y en cada espiración, y disminuirá con la inspiración. Pero la tensión elástica de la esclerótica y de la córnea obrará como un regulador, cada vez que aumente la presión en las arterias, á la manera del depósito de aire en las bombas de incendios, puesto que cuando sea arrojada mayor cantidad de sangre arterial al globo ocular, también será expulsada en mayor proporción la sangre venosa. Es también muy importante para la constancia en la presión intra-ocular, que se vierta humor acuoso en el interior del globo del ojo en la misma proporción en que es reabsorbido (véase para más detalles *Iris*, § 394). El aumento de la presión intra-ocular hace que se aplane algo la córnea (Eissen).

La *secreción del humor acuoso* se verifica con bastante rapidez; así lo deduzco del hecho de que, cuando en la sangre del perro hay hemoglobina disuelta, por haberle transfundido sangre de cordero (§ 107), á la media hora ya aparece teñido de hemoglobina el humor acuoso. Es más rápida esta secreción cuando previamente se da salida á dicho humor por una herida de la córnea. Para el estudio de la circulación de los líquidos en el globo ocular, ha empleado Ehrlich la *fluorescina*, que es una substancia inofensiva, la cual, después de introducida en el cuerpo, impregna los líquidos del ojo; y como quiera que da al agua una fluorescencia verdosa, aun en una dilución al 1 ó 2 por 1000, se puede reconocer de este modo su presencia en dichos líquidos. Observando cómo penetra esa substancia en estos líquidos, han deducido Schöler y Uhthoff que los puntos por donde se segrega el humor acuoso son los procesos ciliares y la cara posterior del íris. Penetra dicho humor por la pupila para pasar á la cámara anterior del ojo y en una pequeña parte, por el conducto de Petit al cristalino y al cuerpo vítreo (Pflüger). La superficie anterior del íris segrega líquido á la cámara anterior por unas lagunas especiales que conducen á los depósitos linfáticos que hay en el tejido del íris (Fuchs). La coroides y la retina son humedecidas y alimentadas por el líquido que trasuda de sus propios vasos (Schich). De la membrana corio-capilar pasa el líquido al espacio-supra-coroideo y á las vainas linfáticas del nervio óptico, y en parte también por las mallas del tejido de la esclerótica (Knies).

La sección del simpático cervical, y aún más la del trigémino, *aceleran* la secreción del humor acuoso, pero *disminuyen* su cantidad.

Dejando caer unas gotas de fluorescina en el saco conjuntival, va avanzando al parecer hacia el centro de la córnea, y, atravesando ésta, penetra en la misma cámara anterior (Pflüger).

El *desagüe del humor acuoso* se verifica principalmente por entre las mallas del ligamento pectíneo del íris (fig. 248, *m m*) y por el conducto de Schlemm (*i k*) en las venas ciliares anteriores (pág. 342) (Leber, Heisrath, Schwalbe). Sin embargo, una pequeña cantidad de humor acuoso penetra en las capas posteriores de la córnea, que pueden ser nutridas de este modo (Leber). No se realiza ningún desagüe de humor acuoso por vasos linfáticos eferentes especiales (Leber).

Del cuerpo vítreo se dirige una corriente hacia adelante rodeando al cristalino y otra de desagüe hacia atrás á lo largo de los vasos centrales de la retina por el nervio óptico hasta llegar á la cavidad craneana (Gifford). La corriente de los espacios comprendidos entre las vainas del nervio óptico, se dirige del cerebro al ojo (Quincke).

En circunstancias normales es bastante igual la presión dentro de la cavidad ocupada por el cuerpo vítreo y en la cámara anterior del ojo: mas parece que la atropina disminuye la primera y aumenta la segunda, y que el haba del Calabar produce un resultado opuesto (Ad. Weber). Cuando se entorpece la circulación venosa es frecuente que aumente la presión en el cuerpo vítreo, y que disminuya en el acuoso. Ejerciendo una compresión exterior sobre el globo ocular, sale pasa-

geramente mayor cantidad de líquido de la que entra. Es notable la disminución en la presión intra-ocular cuando se corta el trigémino, y que yo también he tenido muchas ocasiones de observar, así como su aumento cuando se excita dicho nervio. Entre las diversas alteraciones del ojo, el obstáculo á la circulación venosa puede aumentar la presión en su interior, así como disminuye ésta cuando el aflujo sanguíneo es deficiente, manteniéndose normal la circulación de retorno. Respecto á la inervación de los vasos del globo ocular, véase el § 349.

387. Dióptrica del ojo.

El aparato óptico á que más se parece el ojo es la *cámara obscura*, pues tanto en el uno como en la otra, se pinta en su pared posterior ó superficie de proyección una imagen *más pequeña é invertida* de los objetos del mundo exterior. Pero el ojo en vez de la simple lente de la cámara obscura, posee *varios medios refringentes* que son de delante á atrás : la córnea, el humor acuoso, el cristalino (que á su vez posee un índice de refracción distinto en cada una de sus partes : cápsula, substancia cortical y núcleo) y humor vítreo. Cada medio de estos, está separado del inmediato por una *superficie refringente* que se supone esférica. La superficie de proyección del ojo es la retina, que está teñida por la púrpura retiniana (Boll, Kühne). Como quiera que esta substancia palidece por acción química directa bajo la influencia de la luz, de tal manera que las imágenes hasta pueden fijarse de un modo pasajero en la retina, todavía es más notable la comparación del ojo con la cámara obscura del fotógrafo.

Para averiguar la marcha de los rayos luminosos á través de los medios refringentes del ojo, es preciso conocer: 1.° El *índice de refraccion* de estos medios. 2.° La *forma* de las superficies refringentes. 3.° La *distancia* que separa á estos medios entre sí y de la superficie de proyección.

Recordemos, ante todo, el MODO DE OBRAR DE UNA LENTE CONVEXA. En esta hay que distinguir los *centros de curvatura* (fig. 253. I. m, m_1) ó sea los centros de las dos superficies esféricas. La línea que une á estos dos puntos lleva el nombre de *eje principal;* el centro de esta línea es el *centro óptico* de la lente (o). Todos los rayos luminosos que pasan por este punto (cuyo número puede ser infinito) no se desvían de su dirección y reciben el nombre de *rayos principales* ó *ejes secundarios* ($n\ n_1$).

Conviene además tener bien presentes las siguientes leyes que rigen á la refracción de los rayos luminosos á través de las lentes convexas.

1.° Los rayos paralelos al eje principal (II. $f\ a$), se refractan en la lente de tal manera que convergen al otro lado en un punto llamado *foco principal* (f). La distancia de este foco al centro óptico de la lente (o) recibe el nombre de distancia focal principal ($f\ o$). A la inversa los rayos que, partiendo del foco principal, se dirigen divergentes hacia la lente, salen por la otra cara de ésta, paralelos al eje principal y, por lo tanto, sin volverse á reunir.

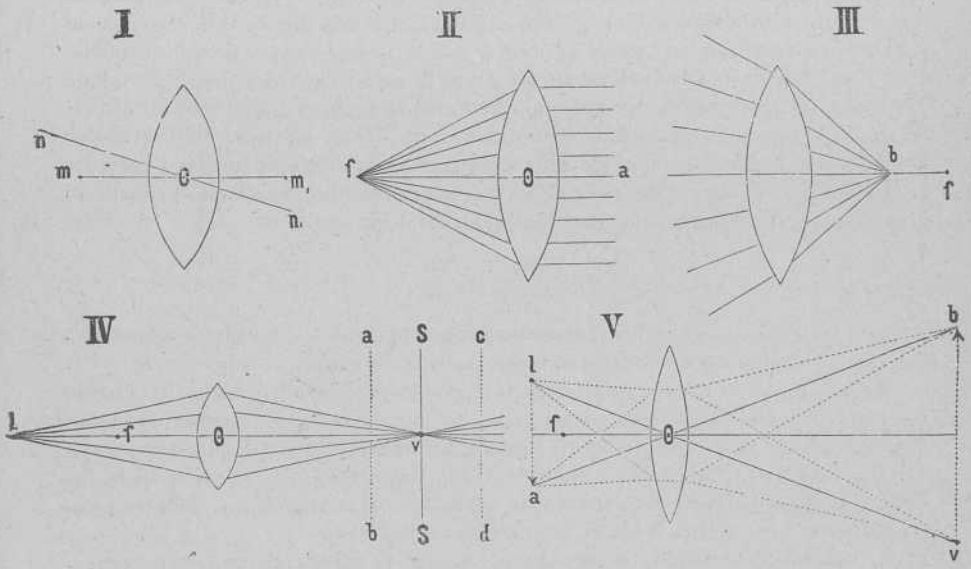
2.° Los rayos que parten de *un punto luminoso* (IV. 1), situado en la prolongación del eje principal y *por fuera* del foco principal (f), se vuelven á reunir del otro lado en la lente en un punto (v) llamado de conjunción ó *foco conjugado.* Pueden suceder tres casos: *a*) La distancia del punto luminoso á la lente es el doble de la distancia focal principal; entonces el foco conjugado también se encuentra á esa misma distancia de la lente, pero del otro lado. *b*) Si el punto luminoso se va acercando al foco principal, el foco conjugado se va alejando de la lente. *c*) En cambio, si el punto luminoso todavía se aleja de la lente á una distancia mayor que el doble de la focal, entonces el foco conjugado se va acercando á la lente.

3.° Los rayos que parten de un punto situado en el eje principal á una distancia de la lente *menor* que la focal principal, emerjen por la otra cara de la lente menos divergentes que antes de atravesarla, pero divergentes al fin, y por lo tanto no se vuelven á reunir. A la inversa: los rayos que caen convergiendo hacia una lente convexa forman su foco conjugado entre ésta y el foco principal.

4.° Cuando el punto luminoso (V. a), está situado en un *eje secundario* (*ab*) rigen las mismas leyes que en los casos anteriores, con tal que el ángulo que forme este eje secundario con el principal sea muy pequeño.

Formación de las imágenes con las lentes convexas. — Después de lo que hemos dicho acerca de la situación del foco conjugado según la del foco luminoso, es fácil construir la imagen de un objeto tal como se obtiene con una lente convexa. Para ello basta con ir determinando los distintos focos conjugados de cada uno de los puntos del objeto en cuestión. Así es evidente que en V, *b* es el foco

Figura 253.



del punto *a*, y *v* el del punto 1; la imagen se forma, por consiguiente, *invertida. Las lentes convergentes sólo dan imágenes invertidas y reales* (es decir que se pueden recoger sobre una pantalla), *de aquellos objetos que se encuentran por fuera del foco principal de las mismas.*

Respecto á la magnitud y distancia de la imagen á la lente, pueden suceder varios casos: *a*) Si el objeto está colocado á una distancia de la lente doble de la focal, la imagen que se forma es *del mismo tamaño* que el objeto, y cae al otro lado de la lente, y también á doble distancia que la focal. *b*) Si el objeto se acerca más al foco principal, la imagen se aleja de la lente y al mismo tiempo se hace mayor. *c*) Si por el contrario el objeto se va alejando de la lente más del doble de la distancia focal, su imagen se acerca á la lente y se hace más pequeña al mismo tiempo.

Se calcula fácilmente la distancia entre la imagen y la lente, según la siguiente fórmula en la que p, representa la distancia de la lente al punto luminoso; p' la distancia de la misma al foco conjugado de dicho punto, y f la distancia focal principal:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f} \text{ ó bien } \frac{1}{p'} = \frac{1}{f} - \frac{1}{p}$$

Ejemplos: Sean p = 24 cm., f = 6 cm. Tendremos que: $\frac{1}{p'} = \frac{1}{6} - \frac{1}{24} = \frac{1}{8}$; es decir que: p' = 8 cm. La imagen se forma, por lo tanto, á 8 cm. por detrás de la lente. Otro ejemplo: sea p = 10 cm., f = 5 cm. (y, por lo tanto, p = 2 f). Sucederá entonces que: $\frac{1}{p'} = \frac{1}{5} - \frac{1}{10} = \frac{1}{10}$ ó sea p = 10; es decir, que la imagen cae á una distancia de la lente doble que la focal principal. Finalmente, si suponemos $p = \infty$, será $\frac{1}{p'} = \frac{1}{f} - \frac{1}{p}$; ó sea p' = f; es decir, que la imagen de los rayos paralelos (que vienen de una distancia infinita) se reunen en el foco principal de la lente.

Índice de refracción. — Un rayo luminoso que pasa de un medio á otro de *distinta* densidad, siguiendo la dirección de la normal á la superficie que los separa, sigue sin desviarse por el segundo medio. Por lo tanto, si en la fig. 254, G D, es perpendicular á A B, D D también lo será á A B. (Para una superficie plana la normal es la perpendicular G D; para una superficie esférica lo es la prolongación de su radio). Pero si el rayo luminoso es *oblicuo* á la superficie, se *refracta*, es decir, que se desvía de su primitiva dirección; pero tanto el rayo incidente como el refractado, se encuentran en un *mismo plano*. Si el rayo que cae oblicuamente pasa de un medio menos denso, como el aire, á otro más denso, como el agua, al entrar en este último *se acerca* á la normal; y *se separa* de ella en el caso contrario. (Se llama *ángulo de incidencia* al ángulo *i* que forma el rayo incidente S D, con la normal G D; y *ángulo de refraccion* al que forma el ángulo *r*, que forma el rayo refractado D S, con la prolongación de dicha normal D D. El poder refringente se expresa por medio del índice de refracción *n* ó sea la cifra que indica el cociente entre el seno del ángulo de incidencia y el seno del ángulo de refracción cuando la luz pasa del aire á la substancia en cuestión. Es decir que

$$n = \frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = \frac{ab}{cd}$$

Si se quieren comparar los índices de refracción de dos substancias diferentes, se supone siempre que el rayo luminoso pasa desde el aire á cada uno de ellos. Al pasar del aire al agua, experimenta tal desviación, que entre el seno del ángulo de incidencia y el del ángulo de refracción, hay la relación de $\frac{4}{3}$; este es, por lo tanto, el índice de refracción del agua, ó más exactamente, 1.366. El del vidrio es $\frac{3}{2}$, ó, con más exactitud, 1.535. (Snellius 1620, Descartes). (La relación entre los senos de los ángulos de incidencia y de refracción, es la misma que la de las velocidades con que camina la luz en los medios respectivos).

La construcción del rayo refractado cuando se conoce el índice de refracción, es fácil de ejecutar, en vista de lo dicho. *Ejemplo:* sean (fig. 255) L el aire; G un medio más denso (vidrio) con una superficie esférica de separación entre ambos *x y*, cuyo centro se encuentra en *m*, *p o* el rayo oblicuo incidente, *m Z* la normal, é *i* el ángulo de incidencia. Sabiendo que el índice de refracción es $\frac{3}{2}$, se desea averiguar la dirección del rayo refractado. *Construccion:* Haciendo centro en *o* se traza una circunferencia con un radio cualquiera; desde *a* se baja una perpendicular *a b* á la normal *m Z; a b* será el seno del ángulo incidente *i*. Se divide la línea *a b* en tres partes iguales y se prolonga del otro lado de la normal en una longitud igual á dos de esas partes, ó sea hasta *p*. Desde *p* se traza ahora una paralela *p n* á la línea *m Z*. La línea que une *o* con *n* marcará la dirección del rayo refractado. Si desde *n* se hace bajar la línea *n s* perpendicular á *m Z*, resultará que *n s* = *b p*. Además *n s* = sen *r*. Según la construcción resulta

$$\frac{a\,b}{s\,n\ (\text{ó}\ b\,p)} = \frac{3}{2}, \text{ ó bien } \frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = \frac{3}{2}.$$

Puntos cardinales ópticos de un sistema convergente simple.—Dos medios refringentes (fig. 256, L y G) separados por una superficie esférica *a b*, constituyen

un sistema convergente simple. Conociendo ciertas propiedades de semejante sistema, es fácil tanto determinar la dirección que ha de seguir en el segundo medio G, un rayo luminoso *a b* procedente del primero y que caiga oblícuamente sobre la superficie de separación de ambos, como calcular, dado un punto luminoso en el medio menos denso, donde se ha de formar su imagen en el más denso. Las propiedades y los puntos que con tal objeto es preciso conocer en dicho sistema, son los siguientes:

Sea L (fig. 256) el primer medio y G el segundo; *a b* la superficie esférica que los separa y *m* el centro de curvatura de la misma. Todos los radios que se dirigen de *m* á *a b* (*m x*, *m n*) son, como ya sabemos, normales; de aquí que también todos los rayos luminosos que caigan en la dirección de dichos radios, pasen, sin desviarse, por el punto *m*. Estos rayos reciben el nombre de *rayos de dirección*, y se llama *punto nodal* al punto *m* de intersección de todos ellos. La línea que une á *m* con el punto medio *x* de la superficie esférica, y que está prolongada en ambos sentidos, se la denomina *eje óptico* OQ. Al plano que pasa por *x*, y que es perpendicular á la línea OQ, se le llama *plano principal*, y el punto *x* recibe el nombre de *punto principal*.

Figura 254.

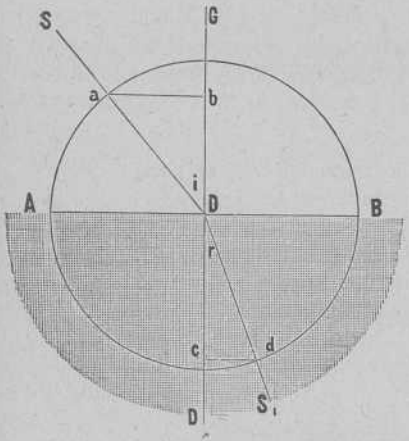
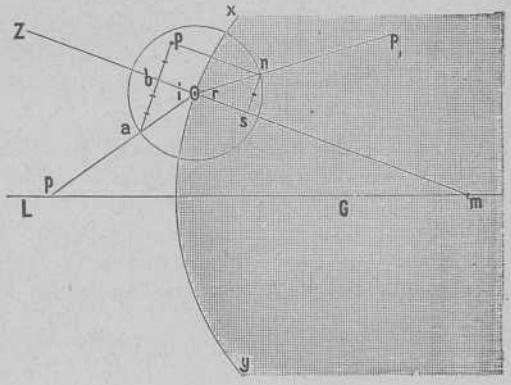


Figura 255.

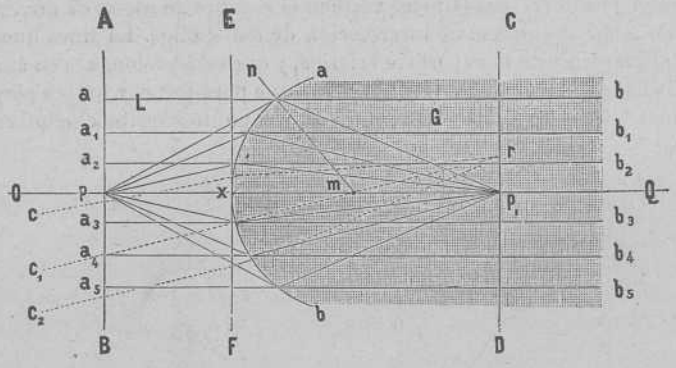


I. Todos los rayos (*a* á a_5), paralelos entre sí y al eje óptico que, viniendo del primer medio caen sobre *ab*, se refractan de tal manera en el segundo medio, que se vuelven á reunir en un punto determinado de éste (p_1). A este punto se le llama *segundo punto focal;* y al plano perpendicular á OQ, que pasa por ese punto, se le da el nombre de *segundo plano focal*, CD, 2.° Todos los rayos (*c* á c_2), que caminan por el primer medio, paralelos entre sí, pero *no paralelos* con OQ, se reunen en un punto del segundo plano focal *r*, allí donde este plano es cortado por el rayo principal no refractado c_1 *m r*, pero á condición de que sea *pequeño* el ángulo que formen los rayos *c* á c_2 con OQ. También son ciertas, como ya se comprende, las recíprocas de estas dos proposiciones. Así, los rayos que, partiendo de p_1, divergen hacia *ab*, pasan al primer medio, siguiendo una marcha paralela entre sí y con el eje OQ (*a* á a_5); y los rayos que desde *r* pasan del segundo medio al primero, siguen en este último una marcha paralela entre sí, pero no con el eje OQ (*c* á c_2). Además: 3.° Todos los rayos que siguen en el segundo medio una marcha paralela (*b* á b_5) entre sí y con el eje OQ, se reunen de nuevo en un punto del primer medio *p*, que es el *primer punto focal* (y recíprocamente). Al plano levantado en este punto perpendicularmente á OQ, se le denomina *primer plano focal* (AB). El radio

$m\,x$ de la superficie refringente, es igual á la diferencia entre las distancias que hay de los dos puntos focales p y p_1 al punto principal x. Es decir: que $m\,x = p_1\,x - p\,x$. Conociendo estas sencillas relaciones, son fáciles de resolver los problemas siguientes:

1.° Construcción del rayo refractado. — Sea (fig. 257): A, el primer medio, B el segundo, cd la superficie esférica que los separa, ab el eje óptico, k el punto nodal, p el primero, y p_1 el segundo punto focal, y CD el segundo plano focal. Suponiendo que xy sea la dirección del rayo incidente, ¿cuál será, en el segundo medio, la del rayo refractado?

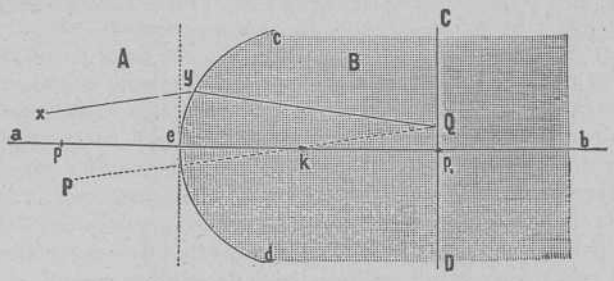
Figura 256.



Construcción: Se traza el rayo de dirección, no refractado $P\,k\,Q$, paralelo á xy. Hecho esto, la línea yQ marcará la dirección del rayo refractado, según lo que se ha dicho en la proposición 2.ª

Construcción de la imagen de un punto. — En la figura 258, A, B, cd, ab, k, p, p_1 y CD, significan lo mismo que en el caso anterior. Suponiendo el punto luminoso en o, ¿dónde se encontrará su imagen, en el segundo medio?

Figura 257.

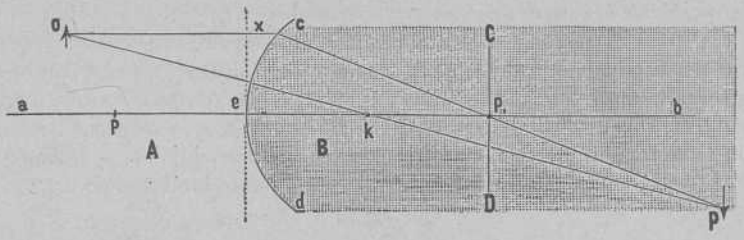


Construcción: Se traza el rayo de dirección no refractado okP, y luego el rayo ox, paralelo al eje ab. Los rayos paralelos ae y ox, se vuelven á unir en p (según la proposición 1.ª). Prolongando ahora xp_1 hasta que corte al rayo oP, caerá en P la imagen de o, puesto que dicha imagen viene á formarse en el segundo medio, allí donde se reunen los rayos ox y ok, que vienen del punto luminoso o, es decir, en P.

Construcción del rayo refractado y de la imagen de un punto con un sistema de varios medios refringentes. — Si se suceden sucesivamente varios medios refringentes, habrá que ir repitiendo de uno en otro la construcción que acabamos de exponer; pero este procedimiento sería muy molesto, sobre todo si se hubiese de

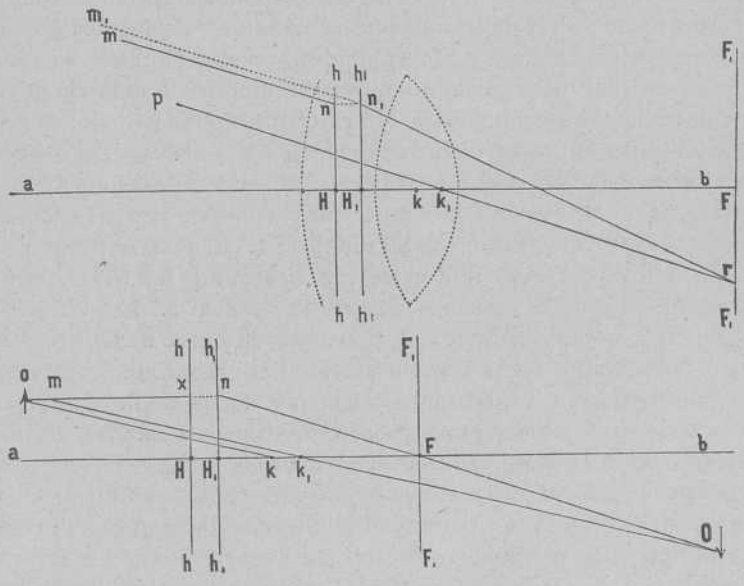
ejecutar en dimensiones muy reducidas. Gauss (1840) ha demostrado, por medio de cálculos, que no se pueden exponer con claridad de un modo elemental, que en todos estos casos se puede simplificar extraordinariamente el procedimiento geométrico, para resolver el problema. En efecto, cuando se suceden uno en pos de otro varios medios refringentes, formando un sistema *centrado*, en el que dichos medios tengan todos el mismo eje óptico, se puede calcular la marcha que siguen

Figura 258.



los rayos luminosos en semejante sistema, sustituyéndole por dos superficies igualmente refringentes, que estén separadas entre sí por cierta distancia. Los rayos que caen sobre la primera de dichas superficies, no son refractados por ella, sino que son proyectados, siguiendo una dirección paralela entre sí, hasta la segunda superficie. Desde ésta es desde donde se verifica la refracción, de la misma manera que hemos visto en la construcción precedente, ó sea como si hubiese existido *una*

Figura 259.



sola superficie refringente. Para hacer este cálculo, hay que conocer: el índice de refracción de los medios, los radios de las superficies refringentes, y por fin, la distancia de éstas entre sí; pero aquí no es posible descender á más detalles. *La construcción del rayo refractado*, se efectua del siguiente modo: Sean (fig. 259. I) *ab* el eje óptico, H el primer punto principal, determinado por el cálculo, *hh* el primer plano principal, H_1 el segundo punto principal, $h_1 h_1$ el segundo plano principal,

k el primer punto nodal, k_1 el segundo punto nodal, F el segundo punto focal, y F_1 F_1 el segundo plano focal. Suponiendo que mn sea la dirección del rayo incidente, ¿cuál será la del rayo refractado? *Construcción:* Se desliza el rayo mn paralelamente á sí mismo hasta llevarle á la posición m_1 n_1, en el segundo plano principal. Se traza el rayo de dirección pk_1, paralelo á m_1 n_1. Según sabemos por la proposición 2.ª, pk_1 y m_1 n_1 deben encontrarse en un punto del plano F_1 F_1. Como quiera que pk_1 sigue sin refractarse, el rayo que parte de n_1 debe también encontrar á ese plano en r; n_1 r es, por lo tanto, la dirección del rayo refractado.

Construcción de la imagen de un punto luminoso.—Sea (fig. 259. II) o un punto luminoso; se trata de calcular su imagen en el último medio. Para ello se traza desde o el rayo de dirección ok y el ox paralelo al ab. Estos dos rayos se deslizan paralelamente á sí mismos hasta el segundo plano principal; es decir, que se traza mk_1 paralelo á ok, y ox se desliza hasta n. El rayo paralelo á ab, pasa por F; mk_1 continua sin refractarse como rayo de dirección. Allí donde nF y mk_1 se cortan al prolongarse (ó sea en O), se encuentra la imagen del punto luminoso en o.

388. Aplicación de las leyes dióptricas al ojo. — Construcción de la imagen retiniana. — Oftalmómetro. — Visión derecha.

El ojo, rodeado de aire por la cara anterior de la córnea, representa un sistema centrado de medios refringentes separados por superficies esféricas. Para precisar la marcha que siguen los rayos á través de los diversos medios del globo ocular, es necesario conocer la situación de los dos puntos principales, de los dos puntos nodales y de los dos puntos focales principales. Listing y v. Helmholtz han determinado la posición de todos estos puntos, empleando el procedimiento simplificado de Gauss de que antes hemos hecho mérito. (Para efectuar este cálculo, es preciso conocer el índice de refracción de los medios del ojo, los radios de curvatura de las superficies que los separan y las distancias que median entre éstas; datos de que más adelante nos hemos de ocupar). Las cifras obtenidas de este modo, son las siguientes: 1.° El *primer punto principal* se encuentra á 2,1746 milímetros, y el *segundo* á 2,5724 milímetros por detrás ambos de la cara anterior de la córnea. 2.° El *primer punto nodal* se halla á 0,7580 milímetros, y el *segundo punto nodal* á 0,3602 milímetros por delante de la cara posterior del cristalino. 3.° El *segundo punto focal* se halla á 14,6470 milímetros por detrás de la cara posterior del cristalino, y el *primer punto focal* está situado á 12,8326 milímetros por delante de la cara anterior de la córnea.

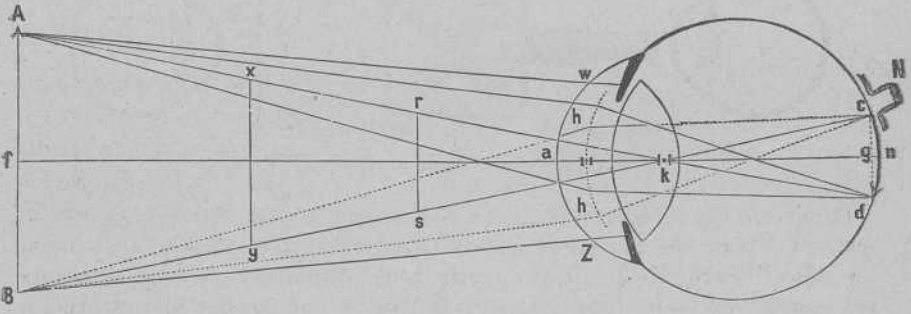
Como quiera que la distancia entre los dos puntos principales es muy pequeña, y también lo es la que media entre los dos puntos nodales (sólo de 0,4 milímetros), se puede admitir, sin incurrir en gran error en la construcción, un sólo punto principal, situado en el medio de los dos puntos principales, y otro punto nodal en el medio de los dos puntos nodales. Simplificando de este modo el procedimiento, no hay más que obtener *una superficie refringente* para todos los medios del ojo y *un punto nodal* único, por el cual, deben pasar, por lo tanto, sin refractarse todos los rayos de dirección que vienen del exterior.

El ojo esquemático simplificado de este modo, recibe también el nombre de *ojo reducido* (Listing).

Así resulta muy fácil y sencilla la *construcción de una imagen en el fondo del ojo*. Cuando la visión es clara y distinta, dicha imagen se pinta *invertida* en la retina.

Sea en la figura 260, AB un objeto situado verticalmente delante del ojo. Desde A cae sobre el ojo un haz luminoso; el rayo de dirección *Ad*, pasa sin refractarse por el punto nodal *k*. Como, además, la imagen del punto A se pinta en la retina, todos los rayos que vienen de dicho punto, habrán de reunirse otra vez en *d*. Otro tanto sucede con los que parten de B, y de cualquiera otro punto del cuerpo AB. La diminuta imagen retiniana es, por lo tanto, un mosáico de infinidad de puntos luminosos del objeto. Como al construir esta imagen hay que hacer que pasen todos los rayos de dirección por el punto nodal *k*, que se supone único, se da también á este punto el nombre de *punto de cruce de los rayos visuales*.

Figura 260.



La imagen *invertida* se ve fácilmente en un ojo oblicuo extraído del cuerpo, ó en cualquier ojo al que se le quite un trozo de esclerótica y de coroides y se coloque en su lugar una ventanita de vidrio.

Con la construcción de la imagen retiniana tal como la acabamos de exponer, se puede determinar también muy fácilmente su *magnitud*, conociendo la del objeto y la distancia de éste á la córnea. En efecto, como los dos triángulos A B *k* y *cdk* son semejantes, es evidente que $\frac{AB}{cd} = \frac{fk}{kg}$; y por lo tanto, que $cd = \frac{AB \times kg}{fk}$. Todos estos valores son conocidos, puesto que kg = 15,16 milímetros; además, fk = ak + af, y de estas distancias af se mide directamente y ak = 7,44 mm. Esta magnitud de AB se determina por medición.

El ángulo A k B se llama *ángulo visual*, y es, como ya se comprende, igual al *ckd*. Es también evidente que los objetos *xy* y *rs* habrán de tener un ángulo visual igualmente grande é igual á su vez al del objeto AB, de suerte que estos tres objetos formarán una imagen retiniana de la misma manigtud. Los objetos que se encuentran en este caso, de que unidos sus extremos con el punto nodal, forman todos el mismo ángulo visual y producen, por lo tanto, una imagen retiniana de las mismas dimensiones, se dice que tienen la misma *magnitud aparente*.

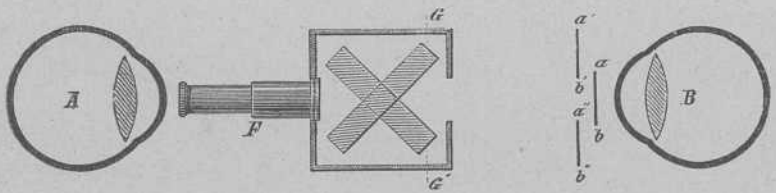
Para determinar los puntos ópticos cardinales, haciendo el cálculo según el procedimiento de Gauss, se necesitan conocer los siguientes datos :

1.° Los *índices de refracción* que son: para la córnea 1,377; para el humor acuoso 1,377; para el cristalino 1,454 (valor medio de todas sus capas); para el cuerpo vítreo 1,336. (El índice de refracción del aire es 1 y el del agua 1,335) (Chossat, Brewster, v. Helmholtz, C. y W., Krause, Aubert).

2.° Los *radios de las superficies esféricas refringentes* son: el de la córnea 7,7 milímetros; el de la cara anterior del cristalino 10,3 milímetros y el de su cara posterior 6,1 milímetros.

3.° La *distancia que media entre las superficies refringentes* es: desde la cara anterior de la córnea á la del cristalino 3,4 milímetros; de la cara anterior de éste último á la posterior del mismo (eje del cristalino) 4 milímetros; diámetro antero-posterior del cuerpo vítreo 14,6 milímetros. Según esto la longitud total del eje óptico es de 22,0 milímetros.

Figura 261.



Oftalmómetro, según v. Helmholtz.

Como en el ojo del cadáver no se pueden medir con exactitud sus curvaturas normales, por la rapidez con que se aplanan (Petit, 1823), se ha procedido, siguiendo las indicaciones de Kohlrausch á calcular los radios de las superficies reflectoras por la magnitud de las imágenes reflejadas por las mismas durante la vida. En efecto, *entre la magnitud de un objeto luminoso y su imagen reflejada por una superficie convexa, hay la misma proporción que entre la distancia entre ambas y la mitad del radio de curvatura de dicha superficie.* Hay que averiguar, por lo tanto, la magnitud de dicha imagen; y esta medición se realiza por medio del oftalmómetro de v. Helmholtz, cuyo instrumento se funda en el principio siguiente: Cuando se mira un objeto á través de una placa de vidrio de caras planas y paralelas, pero colocado oblicuamente, se ve desviado en sentido lateral; y esta desviación es tanto mayor cuanto más oblicuamente esté colocada dicha lámina. Así cuando el observador A, mira por el anteojo F, delante de cuyo objetivo, y ocupando la mitad *superior*, está colocada oblicuamente la placa G', la imagen *ab* reflejada por la córnea del ojo B, se ve desviada lateralmente dicha imagen ó sea en *a'b'*. Si por delante de la mitad *inferior* del anteojo se coloca otra placa G también oblicuamente pero en dirección contraria á la de la placa G', de tal manera que estas dos placas formen entre sí un ángulo cuyo vértice se halla en el eje del anteojo, el observador verá por medio de éste la imagen *ab* desviada lateralmente hacia *a'' b''*. Como esas dos láminas de vidrio pueden girar alrededor de su punto de cruce, se procurará que formen entre sí un ángulo tal que las dos imágenes que se ven á través de ellas se toquen por sus bordes internos, es decir, que *b'* coincida con *a''*. Por la magnitud del ángulo que entonces forman dichas láminas se puede calcular la de la imagen reflejada, para lo cual hay también que tener en cuenta el grosor de las placas de vidrio y el índice de refracción de este. Así es como se puede determinar la magnitud de las imágenes reflejadas por la córnea y por el cristalino, tanto cuando éste se halla en

reposo como en el momento de la acomodación, y deducir de estos datos las dimensiones de los radios de dichas superficies convexas (v. Helmholtz, Donders, Mauthner, Woinow, Reuss, etc.).

Todos los medios del ojo, incluso la retina, son un poco *fluorescentes* siendo más acentuada esta propiedad en el cristalino y menos en el cuerpo vítreo (v. Helmholtz).

Puesto que las imágenes se pintan *invertidas* en la retina, hay que explicar cómo se ven derechas. Por medio de un *acto psíquico* volvemos á transferir al exterior y en la misma dirección del punto nodal, las excitaciones que recibe la retina en cualquier punto de ella; así la excitación del punto *d* (fig. 260) es transferida á A, y la de *c* á B. Esta transferencia ó exteriorización se efectua de tal manera que todos los puntos de la imagen retiniana parecen estar colocados en una superficie situada á cierta distancia del ojo, la cual recibe el nombre de *campo visual*. El campo visual es, según esto, la proyección exterior é invertida de la superficie retiniana excitada; de aquí que dicho campo aparezca derecho, porque es la exteriorización invertida de la imagen retiniana invertida también.

Un experimento muy sencillo demuestra que la excitación de cualquier punto de la retina es proyectada en dirección invertida por el punto nodal: en efecto, cuando se comprime por el lado externo el globo ocular, esta compresión es referida al lado interno del campo visual. También se exteriorizan invertidos los fenómenos entópticos retinianos: así el punto de entrada del nervio óptico es referido hacia afuera de la mancha amarilla (véase § 395) etc. De este modo son transferidas al exterior todas las impresiones retinianas: «Vemos el sol y las estrellas como en la superficie del cielo no como en el espacio celeste» (v. Helmholtz).

389. Acomodación del ojo.

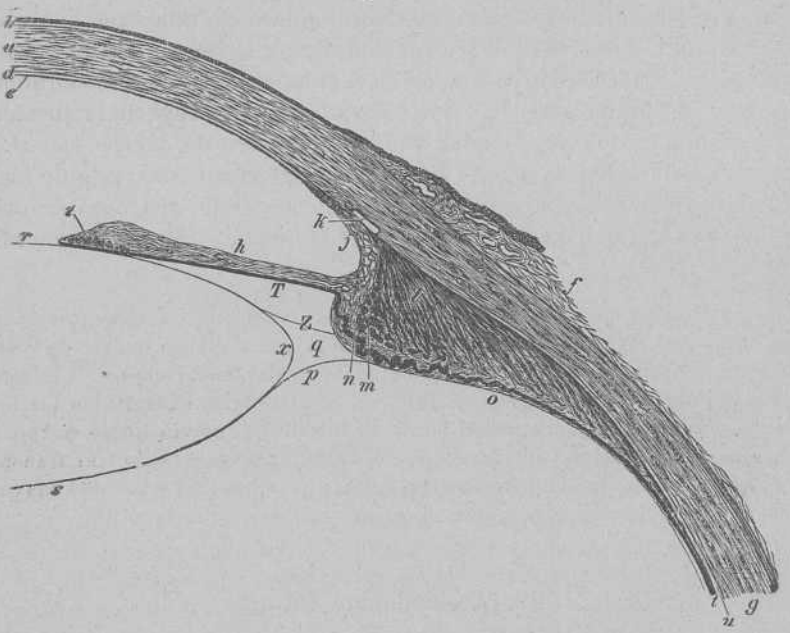
Según lo que hemos dicho en la proposición núm. 2 de la pág. 348, los rayos que parten de un punto luminoso, v. gr., una luz, y atraviesan una lente convergente, siempre se vuelven á reunir del otro lado de ésta y *á cierta distancia* para formar la imagen luminosa correspondiente. Si se coloca á esta distancia de la lente una superficie de proyección (una pantalla), se recibe en ella la imagen real é invertida del objeto en cuestión; pero si esa pantalla se acerca más á la lente (figura 253, IV, *ab*) ó se aleja de ella (*cd*), la imagen ya no es clara y distinta, porque se forman *círculos de difusión*, debidos en el primer caso á que los rayos no se han reunido todavía, y en el segundo, á que ya lo han hecho y vuelven á separarse después de su cruzamiento. Si el punto luminoso se acerca ó se aleja de la lente, será preciso para que su imagen se pinte con claridad en la pantalla, que ésta se separe también ó se acerque según sean los movimientos del objeto, puesto que si permaneciese fija no podría pintarse en ella una imagen bien precisa, á no ser que al acercar el objeto luminoso aumentase proporcionalmente la convexidad de la lente, es decir, que se hiciese más refringente, y menos convexa ó menos refringente, cuando se alejase el punto ú objeto luminoso.

En el ojo está fija á una distancia invariable la superficie de proyección ó retina; y como sabemos que posee la propiedad de producir en ésta imágenes distintas, tanto de los objetos próximos como de los lejanos, es preciso, para que esto

suceda, que pueda variar su poder refringente (la forma del cristalino) según cambien las distancias de los objetos exteriores.

Se entiende por *acomodación* la facultad del ojo de producir imágenes claras en la retina, tanto de los objetos próximos como de los lejanos. Esta facultad es debida á que el cristalino puede hacerse más plano ó más convexo, según varíe la distancia del objeto al globo ocular. Si falta el cristalino en el ojo, es imposible la acomodación (Th. Young, Donders).

Figura 262.



Cuadrante anterior de un corte horizontal del globo ocular.—Córnea y cristalino cortados por su parte media, en dirección antero-posterior.—*a*, Substancia propia de la córnea.—*b*, Membrana de Bowmann.—*c*, Epitelio anterior de la córnea.—*d*, Membrana de Descemet.—*e*, Epitelio de esta membrana.—*f*, Conjuntiva.—*g*, Esclerótica —*h*, Iris.—*i*, Esfínter del iris.—*j*, Ligamento pectíneo del iris con sus espacios lagunares anejos —*k*, Conducto de Schlemm —*l* y *m*, Fibras longitudinales y circulares del músculo ciliar.—*n*, Procesos ciliares.—*o*, Porción ciliar de la retina.—*p*, Conducto de Petit con la zona de Zinn (Z) por delante, y la hoja posterior de la hialoides (*p*) por detrás.—*r* y *s*, Cápsulas anterior y posterior del cristalino.—*t*, Coroides —*u*, Espacio peri-coróideo.—T, Epitelio pigmentado del iris.—*x*, Borde del cristalino (ecuador).

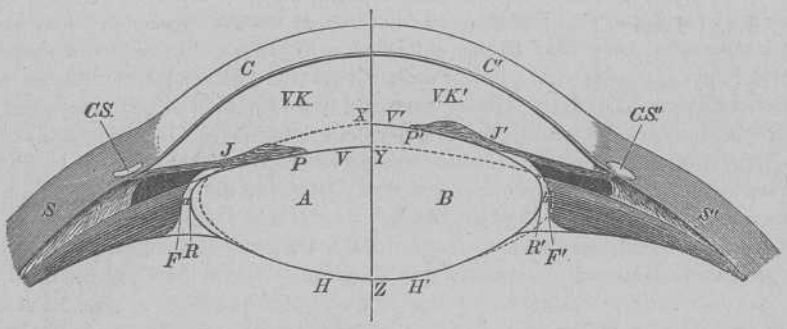
Cuando el ojo está en *reposo*, se encuentra acomodado para la *visión lejana*, es decir, que en la retina se forman imágenes claras de los objetos (v. gr., la luna) que se encuentran á una distancia infinita. Los rayos *paralelos*, ó que se pueden considerar como tales, que penetran en el ojo, se vuelven á reunir en la retina, cuando el ojo está en reposo y es normal en tal concepto; es decir, que el foco principal de un ojo normal cae en la retina. Así que cuando se mira á lo lejos no entra en actividad ningún músculo.

Esto último se deduce de las siguientes consideraciones: 1.° El ojo normal ve los objetos lejanos con claridad y distinción, sin notar la menor sensación de es-

fuerzo. Cuando después de tener cerrados los ojos por mucho tiempo, se los abre, en el acto aparecen los objetos distantes en el campo visual con sus contornos bien limitados y precisos. 2.° Cuando por estar paralizado el aparato de la acomodación (N. motor ocular común, § 347. 7), el ojo ya no es capaz de adaptarse á la visión á distintas distancias, no por eso dejan de seguirse pintando con toda claridad en la retina las imágenes procedentes de objetos lejanos. Según esto, la parálisis del aparato de la acomodación siempre va acompañada de incapacidad de ver de cerca pero nunca de pérdida de la visión lejana. Se obtienen parálisis transitorias de la acomodación, en las que se observan estos hechos, instilando atropina ó duboisina en el ojo (§ 394) ó en los casos de intoxicación con estas substancias.

Cuando el ojo se dispone para la visión de objetos próximos, el cristalino se vuelve más grueso y su cara anterior, más convexa, avanza más en la cámara anterior del ojo (Cramer 1851, v. Helmholtz, 1853). El mecanismo de este movimiento es el siguiente : Mientras el ojo está en reposo,

Figura 263.



Esquema de la acomodación para la visión lejana y para la próxima.

A la derecha está representado el ojo, funcionando el aparato de la acomodación ; á la izquierda está éste en reposo. El contorno del cristalino está marcado tanto á la derecha como á la izquierda por una línea seguida que se continua en la otra mitad por otra interrumpida. Las letras que están repetidas en los dos lados tienen la misma significación en ambos, pero en el derecho van acompañadas de una comilla. A y B, Mitades izquierda y derecha del cristalino. — C, Córnea — S, Esclerótica. — CS, Conducto de Schlemm — VK, Cámara anterior del ojo. — J, Iris. — P, Borde de la pupila. — V y H, Caras anterior y posterior del cristalino. — R, Borde del mismo. — F, Borde de los procesos ciliares. — *a* y *b*, Espacio comprendido entre ambos bordes. La línea ZX representa el grosor del cristalino durante la acomodación; la línea ZY representa el mismo espesor cuando el ojo está en reposo.

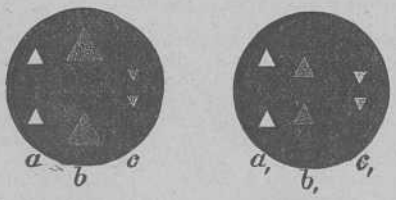
el cristalino se mantiene algo aplanado y empujado contra el cuerpo vítreo, situado detrás de él, gracias á la *tracción de la zona de Zinn tensa* (fig. 262. Z) que se inserta en su borde todo alrededor. Pero cuando se contrae el músculo de la acomodación *l m*, que es lo que sucede al mirar los objetos cercanos, es atraído hacia adelante el borde de la coroides y se *afloja* la zona de Zinn, que está íntimamente aplicada á esta membrana. A consecuencia de esto, el cristalino se hace más convexo, porque, debido á su estructura íntima, se halla en un estado de tensión elástica merced á la cual adquiere una convexidad mayor tan pronto como cede la tracción de la zona de Zinn, que lo mantiene menos convexo (v. Helmholtz). Como el cristalino se apoya por su cara posterior en la depresión

correspondiente del cuerpo vítreo, que es incompresible; de ahí que, al hacerse más convexo, tenga por precisión que abovedarse y avanzar la cara anterior del mismo.

Hensen y Völckers vieron que el origen de los nervios de la acomodación se encuentra en las raíces más anteriores del motor ocular común. La excitación de la parte posterior del suelo del tercer ventrículo hace entrar en juego á la acomodación; si la excitación se practica muy poco más hacia atrás, se contrae la pupila. Excitando el límite que separa al tercer ventrículo del acueducto de Sylvio, se contrae el músculo recto interno del ojo; y la excitación de las demás partes de dicho acueducto determina la contracción de los músculos recto superior, elevador del párpado, recto inferior y oblicuo inferior.

Los movimientos que se producen con la acomodación se demuestran fácilmente con los fenómenos siguientes: 1.° *Imágenes de Purkinje-Sanson.* Iluminando el ojo del hombre con la luz de una bujía situada un poco lateralmente, ó, mejor aún, haciendo antes que pase esta luz por dos triangulitos huecos, sobrepuestos y cortados en un cartón, el observador ve en cada uno de los dos ojos del sujeto observado tres pares de imágenes. El más luminoso y distinto es el par de imágenes virtuales reflejadas por la cara anterior de la córnea (fig. 264. *a*). El segundo par, virtual también, es el de las imágenes mayores, pero también de las menos luminosas: son las reflejadas por la cara anterior del cristalino (*b*). (Las imágenes reflejadas por los espejos convexos, son tanto mayores cuanto mayor sea el radio de curvatura de éstos). Está situado á unos 8 mm por detrás del plano de la pupila. El tercer par de imágenes es el más pequeño, de claridad media, y aparecen invertidas y casi en el mismo plano de la pupila (*c*). Estas imágenes, como las anteriores, son virtuales en el ojo, puesto que ninguna se encuentra en el último medio que, en este caso, es el aire. La cápsula posterior del cristalino, que es la que refleja estas últimas imágenes, obra como un espejo cóncavo. (Cuando un objeto luminoso se halla distante de un espejo cóncavo, aparece su imagen invertida, reducida y real, muy cerca del foco de dicho espejo y del mismo lado que el objeto). Observando estos pares de imágenes mientras el sujeto no hace ningún esfuerzo de acomodación, y haciendo que se adapte la visión de pronto para un objeto muy próximo, al instante se nota un cambio en dichas imágenes. El par medio, producido por la reflexión de la cara anterior del cristalino, se reduce de tamaño, se hace más luminoso y se aproximan sus dos imágenes (b_1), porque dicha cara anterior se hace más convexa. Además, dichas imágenes se acercan á las suministradas por la córnea, porque el cristalino se aproxima á la misma con su cara anterior. Los otros dos pares de imágenes (a_1 y c_1) no varían ni de tamaño ni de lugar. Por medio del oftalmómetro (pág. 356) se puede determinar en cuánto se reduce el radio de la cara anterior del cristalino al acomodarse el ojo para la visión próxima (v. Helmholtz).

Figura 264.



Imágenes de Purkinje-Sanson.—*a b c*, Cuando el ojo está en reposo; las mismas *a*, *b*, *c*, cuando está acomodado para la visión próxima.

2.° La mayor convexidad del cristalino en la acomodación para la visión próxima tiene que modificar, como ya se comprende, las condiciones de refracción en el interior del ojo. Según v. Helmholtz, las dimensiones de las distintas partes del ojo,

según esté acomodado para la visión lejana ó para la próxima, son en milímetros las siguientes:

	Visión lejana.	Visión próxima.
Radio de curvatura de la córnea	8,0	8,0
— de la cara anterior del cristalino	10,0	6,0
— — posterior del cristalino	6,0	5,5
Posición de la cara anterior del cristalino, ó sea distancia de la misma á la cara anterior de la córnea	3,6	3,2
Posición de la cara posterior del cristalino	7,2	7,2
— del punto focal anterior	12,9	11,24
— del primer punto principal	1,94	2,03
— del segundo punto principal	2,36	2,49
— del primer punto nodal	6,96	6,51
— del punto focal posterior	22,23	20,25

3.° Mirando de lado al ojo en reposo no se ve, de la pupila, más que una faja negra y estrecha. Pero en cuanto se acomoda el ojo observado para una distancia próxima, se ensancha esa faja, porque avanza la abertura pupilar.

4.° Dirigiendo un haz luminoso lateralmente á través de la córnea para que penetre en la cámara anterior, la *línea cáustica* formada por la cara cóncava de la córnea cae en el iris. Si se hace este experimento en un ojo dispuesto para la visión lejana, de tal manera que esa línea venga á caer cerca del borde pupilar del iris, se ve que se corre hacia el borde esclerotical de esta membrana en cuanto el ojo se acomoda para la visión próxima, porque entonces el iris se coloca de un modo más oblícuo á causa de que avanza su borde interno.

5.° Siempre que se acomoda el ojo para la visión próxima se estrecha la pupila, y se dilata al acomodarse para la visión lejana (Descartes, 1637). Sin embargo, la contracción pupilar se presenta más tarde que la acomodación (Donders). Puede considerarse este fenómeno como un *movimiento asociado*, porque tanto el músculo de la acomodación como el esfínter pupilar, son inervados por el motor ocular común (§ 347. 2, 3). Una ojeada á la figura 262 demuestra que el último músculo puede también reforzar directamente al de la acomodación, puesto que cuando el borde interno del iris avanza hacia adentro (hacia *r*), la tracción que produzca se habrá de transmitir al borde ciliar de la coroides, el cual tendrá que avanzar por lo mismo algo hacia adentro. Sin embargo, este último efecto es debido sobre todo al tensor de la coroides, puesto que la acomodación sigue siendo posible aunque falte el iris ó esté desgarrado.

6.° Cuando el globo ocular gira hacia adentro, es acomodado involuntariamente para una distancia próxima. Como quiera que los dos ojos giran hacia adentro cuando los ejes visuales se dirigen á objetos próximos, se comprende que en este caso se acomode al mismo tiempo el ojo para la visión próxima, de un modo involuntario.

7.° El paso de la acomodación próxima á la lejana ó simple relajación del tensor de la coroides, se efectua *con mucha mayor rapidez* que la transición inversa (Vierordt, Aeby). El tiempo invertido en la acomodación, es tanto más largo, cuanto más se acerque al ojo el objeto observado (Vierordt, Völckers y Hensen). El tiempo necesario para que la imagen suministrada por la cara anterior del cristalino cambie de lugar en el acto de la acomodación, es menor que el que se requiere para el acto subjetivo de la misma (Aubert y Angelucci).

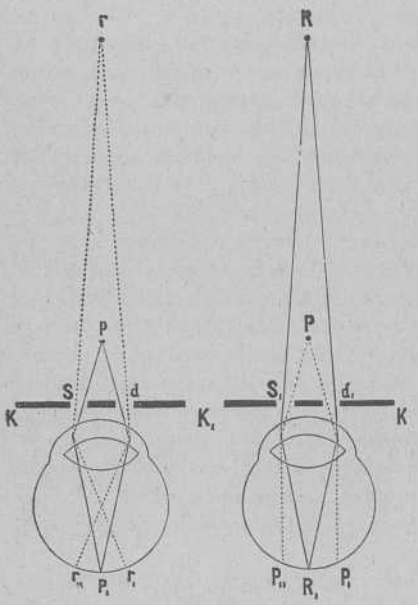
8.° En cierta posición de acomodación del globo ocular no se ve un sólo punto bien marcado, sino una serie de puntos sucesivos. La línea en que están colocados esos puntos se llama *línea de acomodación* (Czermak). Cuanto más lejana es la

distancia á que está acomodado el ojo, tanto más larga es esa línea (en pasando de una distancia de 60 á 70 metros, todos los objetos, aun los más lejanos, se distinguen con la misma claridad), y cuanto más corta sea dicha distancia, tanto más lo es también la línea mencionada; es decir, que en la acomodación para la distancia más cercana posible, ya se ve de un modo indistinto un punto situado por detrás del que se mira, aunque la distancia entre ambos sea muy pequeña. Respecto á los nervios véase el § 347.

9.° Según Tscherning, cuando se acomoda el cristalino para la visión próxima, parece que se desliza un poco hacia abajo.

El experimento del padre Scheiner (1619), pone bien de manifiesto los cambios en el poder refringente del cristalino, según se acomoda para la visión próxima ó para la lejana. Mirando á través de una tarjeta (figura 265. K K_1), que tenga dos agujeritos hechos con un alfiler (S d), separados por una distancia menor que el diámetro de la pupila, dos alfileres clavados uno detrás de otro (p y r), se observa que cuando se fija la vista en el más próximo p, parece doble el más lejano r y viceversa. Cuando se acomoda el ojo para el alfiler p, los rayos que parten de él se reunen en la retina, en la imagen p_1; en cambio los procedentes del alfiler más distante r, ya se cruzan *antes de la retina*, en el cuerpo vítreo, y vuelven á diverger, formando, por consiguiente, dos imágenes retinianas r_1, r_{11}. Si se tapa el *agujero derecho* de la tarjeta d, desaparece de la retina la imagen *izquierda* r_{11} de las dos que se pintan en ella. Sucede una cosa análoga cuando la visión se acomoda para la aguja más distante R. Entonces la más próxima P_1 suministra una imagen doble P_1P_{11}, porque los rayos que parten de ella *todavía no se han reunido* al llegar á la retina. Tapando ahora el agujero derecho d_1 se suprime, por lo tanto, la imagen derecha de la retina P_1 (Porterfield). Conviene añadir, no obstante, que teniendo en cuenta la transferencia de la imagen retiniana al campo visual (§ 388, pág. 357), cuando el ojo se acomoda para el alfiler próximo y se tapa uno de los agujeritos, desaparece la imagen homónima del punto distante; en cambio si el ojo se acomoda para este último, al tapar el agujero de la tarjeta, la imagen que desaparece es la cruzada del alfiler próximo.

Figura 265.



Experimento de Scheiner.

Se han aducido datos en estos últimos tiempos, que tienden á probar que tanto en los animales (Morat y Doyon) como en el hombre (Herm. Müller), interviene

el *gran simpático* en la acomodación para la visión lejana. La excitación de ese nervio volvería menos convexo al cristalido. Yo explico estos hechos recordando que al dilatarse mucho la pupila ya no puede funcionar el esfínter de la misma como músculo auxiliar de la acomodación (§ 394. 3).

390. Refracción en el ojo normal. — Sus anomalías.

Los límites en que todavía es posible una visión distinta, varían según los sujetos. Hay que distinguir en tal concepto dos puntos: el *punctum remotum* (ó punto de reposo), y el *punctum proximum*; el primero marca la distancia á que se puede alejar un objeto, sin que deje de verse de un modo claro y distinto; el segundo, la distancia mínima á que se puede acercar dicho objeto al ojo, viéndose también con toda distincion. La

Figura 266.

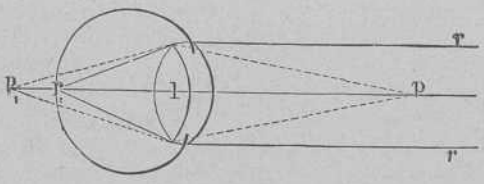
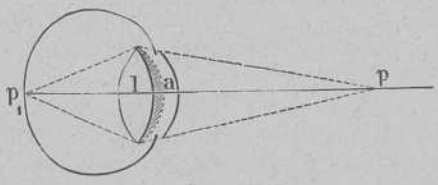


Figura 267.



Estado de refracción del ojo normal en reposo, y durante la acomodación.

distancia que media entre esos dos puntos, recibe el nombre de *amplitud ó zona de acomodación*. Bajo este concepto se distinguen tres clases de ojos.

1.° El *ojo normal ó emmetrope*, está conformado de tal modo, que en el reposo, los rayos paralelos (fig. 266, *r r*), emitidos por un objeto desde la distancia más lejana posible se reunen en la retina. El punto lejano es por lo tanto, el infinito. Cuando el ojo se acomoda para la distancia más próxima posible, con lo cual el cristalino se hace más convexo (figura 267, *a*), todavía se reunen en la retina (p_1), rayos procedentes de un punto luminoso colocado (p) á 5 pulgadas ó sea á 135 milímetros del globo oculur. Es decir, que el *punto próximo* está á 5 pulgadas del ojo, y la *amplitud de acomodación* es infinita.

2.° El *ojo miope* (fig. 268), corto de vista ó hipometrope, no es capaz cuando está en reposo, de reunir en la retina los rayos paralelos ó que vienen de una distancia infinita, porque ya se cruzan antes de llegar á dicha membrana, en el mismo cuerpo vítreo (en *o*), para diverger después

y formar en la retina un círculo de difusión. Cuando el ojo míope está en reposo, tienen que colocarse los objetos á una distancia de 60 á 120 pulgadas (en *f*), para que los rayos emitidos por ellos, se reunan en la retina ; es decir, que sólo es capaz de hacer que converjan en ella rayos que caigan *divergentes* sobre el globo ocular. De aquí, que el *punctum remotum* esté muy próximo al mismo, y que con esfuerzos considerables de acomodación, se puedan ver con distinción objetos situados á una distancia de 4 ó de 2 pulgadas, ó menor todavía, del globo ocular. Es decir, que el *punto próximo* está á una distancia anormalmente corta del ojo, y disminuída la *amplitud de acomodación*.

Figura 268

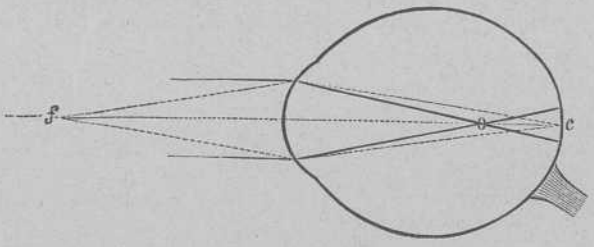
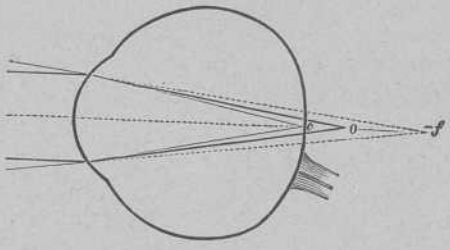


Figura 269.



Estado de refracción del ojo míope y del hipermetrope.

La miopía proviene casi siempre de que el diámetro antero-posterior del globo ocular, es demasiado grande ; este defecto es congénito y, en muchos casos, hereditario. Esta anomalía de refracción, se corrige sencillamente con una lente cóncava que vuelva divergentes á los rayos paralelos que vienen de una gran distancia á fin de que puedan reunirse en la retina. Es notable que sean míopes la mayor parte de los niños recién nacidos. Pero esta miopía proviene de una excesiva convexidad de la córnea y del cristalino y de que están demasiado aproximados estos dos medios del globo ocular. A medida que crece éste va desapareciendo la miopía producida por esa causa. La miopía que se presenta ó que se exagera en la época de los estudios, se atribuye ó á una actividad demasiado constante del tensor de la coroides, al tiempo de leer, de escribir, etc., ó á la convergencia muy persistente de los dos ojos, con la cual aumenta la presión exterior que estos experimentan.

3.° El *ojo hipermetrope* (fig. 269), cuando está en reposo sólo es capaz de reunir en la retina rayos que caigan convergiendo en la cara anterior del mismo (*c*). Así que sólo puede recibir imágenes claras de aquellos objetos cuyos rayos vengan convergiendo gracias á la interposición de

una lente convexa, puesto que si fuesen paralelos no se podrían reunir hasta por detrás de la retina (en *f*). Pero como en la naturaleza son divergentes todos los rayos luminosos, ó todo lo más casi paralelos, y nunca convergentes, de aquí se deduce que ningún hipermetrope puede ver con claridad y sin que intervenga la acomodación como no recurra á una lente convexa. Pero si entra en juego el músculo de la acomodación, se pueden reunir en la retina rayos un poco convergentes, paralelos ó hasta algo divergentes según se acentue el grado de acomodación obtenida. El *punctum remotum*, es negativo en este ojo; el *punctum proximum* está más alejado que en condiciones normales (más de 8 á 10 pulgadas), y la *amplitud de acomodación* es infinitamente grande.

La *causa* de este defecto es una cortedad anormal del diámetro antero-posterior del ojo, que á consecuencia de una detención de desarrollo suele estar reducido en todas sus dimensiones. Este defecto se corrige con una *lente convexa*.

Para determinar el *punto lejano* de un ojo, se acercan á él objetos que sólo forman un ángulo visual de cinco minutos: v. gr., las letras pequeñas de la escala de Snellen, ó los tipos medios del 4 al 8 de las escalas de Jaeger, hasta que se vean con toda claridad. La distancia á que se encuentren del ojo es la del punctum remotum. Para determinar este mismo con un ojo míope, también se colocan á 20 pulgadas de éste los mismos objetos que formen un ángulo visual de cinco minutos, y se busca ahora cuál es la primera lente cóncava que permite ver claramente los objetos. Para determinar el *punctum proximum*, se van acercando al ojo objetos muy pequeños, como caracteres de imprenta muy diminutos, hasta que ya no se vean con claridad. La distancia á que estén situados cuando aún se distingan bien, es la del punctum proximum.

Para fijar estos dos puntos puede emplearse igualmente el *optómetro*. Sobre una escala á lo largo de la cual se mira como cuando se apunta con un fusil, se corre un objeto muy fino; v. gr., un alfiler. Este objeto se acerca primero y luego se aleja hasta, que tanto en el primer caso como en el segundo, todavía se pueden distinguir con claridad. La escala misma determina entonces directamente el punctum remotum, el proximum y la amplitud de la acomodación (v. Gräfe). Hay otros optómetros fundados en el experimento de Scheiner. Son instrumentos parecidos al anterior, en los cuales se mira el objeto por agujeritos hechos en una tarjeta. Cuando el objeto está más cercano que el punto próximo, se ve doble, y lo mismo cuando se coloca más lejos que el punto remoto, lo cual se comprende con recordar lo que pasa en el experimento de Scheiner (pág. 362). Los instrumentos de Porterfield y Stampfer están fundados en ese principio. En el último sirve como punto de mira una hendidura muy iluminada, estrecha y deslizable en un tubo ennegrecido. El optómetro de Th. Young y Lehot, consta de un hilo blanco tenso sobre una escala ennegrecida; ese hilo se mira á través de dos agujeritos y aparece único y bien marcado, mientras se encuentra en la zona de acomodación; pero se ve como desdoblado en dos que divergen cuando se mira más acá del punto próximo ó más allá del remoto.

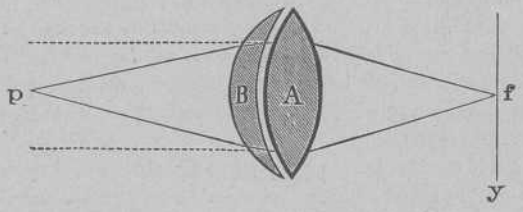
391. Medida del poder de acomodación.

La *amplitud ó zona de acomodación*, fácil de determinar experimentalmente, no nos da la medida de la verdadera facultad ó *poder de acomodación*. La medida de este último es el trabajo mecánico efectuado

por el músculo acomodador del ojo, que como ya se comprende, no se puede medir directamente en el mismo globo ocular. Así que para apreciar dicha facultad ó poder, hay que determinar el *efecto óptico* producido á consecuencia del cambio de forma en el cristalino, ocasionado por la contracción de dicho músculo.

Estudiemos primero lo que pasa en el *ojo normal*. En el estado de reposo se reunen en la retina aquellos rayos (fig. 270, f) paralelos (líneas de puntos) que vienen de una distancia infinita. Para que converjan en la retina los rayos que vienen del punto próximo, ó sea de una distancia de 5 pulgadas (*p*) debe ponerse en juego toda la fuerza del músculo acomodador, á fin de que el cristalino se haga mucho más convexo y sea posible dicha convergencia. El poder acomodador produce por lo tanto un efecto óptico, puesto que aumenta en cierta cantidad B, el grado de convexidad del cristalino en reposo, A, viniendo á producirse el mismo resultado que si se hubiese añadido á la lente convexa A, otra nueva lente, también convexa B. Ahora bien : ¿qué longitud habrá de tener la distancia focal de la lente B para que puedan reunirse en la retina, en *f*, los

Figura 270.



rayos procedentes del punto próximo (situado á 5 pulgadas)? Es evidente que la lente B convierte en paralelos los rayos divergentes que vienen de *p*, de tal manera, que A ya los puede reunir en *f*. Pero las lentes convexas hacen que continuen paralelos aquellos rayos que vienen de su foco (§ 387. 1). Por lo tanto, en nuestro caso, la lente tendrá una distancia focal de 5 pulgadas. Según esto, el ojo normal, con un punto remoto en el infinito y un punto próximo á 5 pulgadas de distancia, tiene un poder de acomodación equivalente á una lente de 5 pulgadas de distancia focal.

Si el cristalino, con su facultad de acomodación, se vuelve más refringente, es fácil eliminar este aumento de refringencia (B) colocando delante del ojo una *lente cóncava* que produzca *exactamente* el mismo efecto óptico en *sentido contrario* que el aumento originado por la acomodación B. De aquí se deduce que es posible tomar como medida del poder de acomodación del ojo, una lente de una distancia focal dada, que produzca el mismo efecto óptico que dicho poder acomodador. Con arreglo á esto mide Donders este poder por el valor recíproco de la distancia focal de una lente cóncava que colocada delante del ojo acomodado para el punto próximo, refracte de tal modo el haz de rayos procedentes de éste (*p*), que los convierte en un haz de rayos paralelos, como en el estado de reposo del ojo.

DR. PEREZ ARAPILES
C/ Lancia núm. 12 -3º
Teléfono 20 85 19

Partiendo de estas bases se calcula la magnitud del poder de acomodación, según la fórmula siguiente: $\frac{1}{x} = \frac{1}{p} - \frac{1}{r}$ en la cual el poder de acomodación representado por el valor dióptrico de una lente auxiliar de x pulgadas de distancia focal es igual á la diferencia de los valores recíprocos de las distancias del punto próximo p y del lejano r al ojo.

Ejemplos: En el ojo normal, como ya sabemos, $p = o$ y $r = \infty$. Su poder de acomodación es, por lo tanto, $\frac{1}{x} = \frac{1}{o} - \frac{1}{\infty}$ ó sea $x = 5$; es decir, que es igual á una lente de 5 pulgadas de distancia focal. Si en un ojo miope $p = 4$ y $r = 12$, resultará que $\frac{1}{x} = \frac{1}{4} - \frac{1}{12}$, es decir, que $x = 6$. Otro ojo miope en que $p = 4$ y $r = 20$ será $x = 5$, es decir, un poder de acomodación normal. De aquí se deduce la conclusión notable de que dos ojos pueden tener una amplitud de acomodación muy diferente, y sin embargo un poder de acomodación igual. *Ejemplo*: un ojo tiene $p = 4$ y $r = \infty$; y otro $p = 2$ y $r = 4$. En ambos $\frac{1}{x} = \frac{1}{4}$; es decir, que el poder de acomodación es en los dos ojos igual al valor dióptrico de una lente de 4 pulgadas de distancia focal. A la inversa; dos ojos pueden poseer igual amplitud de acomodación, y sin embargo ser muy diferente su poder acomodador.

Ejemplo: Un ojo tiene $p = 3$, $r = 6$, y otro $p = 6$, $r = 9$, es decir, que en ambos la amplitud ó zona de acomodación es de 3 pulgadas. Ahora bien; el poder de acomodación en el primero es de $\frac{1}{x} = \frac{1}{3} - \frac{1}{6}$; de donde $x = 6$, y en el segundo $\frac{1}{x} = \frac{1}{6} - \frac{1}{9}$; y, por lo tanto, $x = 18$. La *ley general* que rige estas relaciones es la siguiente: Cuando sea igual en dos ojos la amplitud de acomodación, es preciso, para que también lo sea el poder de acomodación, que el punto próximo se halle en ambos á igual distancia. Si, siendo en dos ojos igual la amplitud de acomodación, varía en ellos la situación del punto próximo, también será diferente el poder de acomodación en el sentido de ser mayor en aquel ojo que tenga más cercano, su punto próximo. La razón de esto estriba en que las diferencias en la distancia de una lente, cuando dicha distancia es corta, influyen mucho más en la formación de la imagen, que en el caso de que dichas diferencias se refieran á distancias más lejanas. Así, aun el mismo ojo normal puede ver con claridad y distinción los objetos desde una distancia de 60 á 70 metros hasta una distancia infinita.

Mientras que en los ojos normal y miope se pueden determinar directamente p y r, no es posible hacerlo respecto al ojo hipermetrope. En éste, el punto de reposo ó remoto es negativo, y cuando la hipermetropía es muy exagerada, lo es el mismo punto próximo. Pero el primero se puede averiguar empleando unos anteojos convexos que coloquen al ojo en la situación de un ojo normal. El punto próximo *relativo* se determina entonces por medio de la lente.

Desde los quince años ya empieza á decrecer casi siempre el poder de acomodación para las distancias próximas, quizá porque disminuya la elasticidad del cristalino (Donders).

392. Anteojos.

Determinación antigua, en pulgadas (1 pulgada=27 mm). La distancia focal, tanto en los cristales de anteojos cóncavos (divergentes), como en los de los convexos (convergentes), depende, como es natural, del índice de refracción del vidrio de que se componen (generalmente $\frac{3}{2}$) y de la magnitud del radio de curvatura. Si las dos caras de los cristales tienen la misma forma de curvatura (bicóncavos ó biconvexos). *la distancia focal*, con el índice ordinario de refracción del vidrio *es*

igual al radio de la superficie esférica. Se califican los vidrios de anteojos, según *su distancia focal en pulgadas;* no adoptándose nunca, por lo regular, vidrios que la tengan menor de una. También se los puede distinguir según su *fuerza refringente*, tomando entonces como unidad el poder refringente de una lente de una pulgada de distancia focal. Una lente en que esta distancia sea de 2 pulgadas no refracta la luz más que la mitad de la que se toma como unidad; otra de 3 pulgadas sólo la refracta un tercio, etc. Esto lo mismo se refiere á las lentes convexas que á las cóncavas, sólo que la distancia focal es negativa en las últimas, como ya se comprende desde luego. Así, que cuando se diga de una lente que es convexa y de $\frac{1}{5}$, quiere decirse que refracta la luz con la quinta parte de fuerza que otra de una pulgada de distancia focal, y si es cóncava de $\frac{1}{8}$, que se trata de un vidrio cóncavo que hace diverger los rayos luminosos ocho veces menos que otro de una pulgada de distancia focal (negativa).

Una vez determinado en un ojo miope el punto lejano (que siempre está demasiado próximo), se necesita para que los rayos que vienen de él y caen divergentes sobre el ojo, se vuelvan paralelos como si viniesen del infinito, una lente cóncava cuya distancia focal sea la de dicho punto lejano, puesto que el punto remoto del ojo normal se encuentra en el infinito. Así, por ejemplo, si un ojo miope tiene su punto remoto á 6 pulgadas, se necesita una lente cóncava de 6 pulgadas de distancia focal para poder ver á una distancia infinita. Según esto, en un ojo miope la distancia del punto remoto al mismo, es fácil de determinar directamente, puesto que es igual á la distancia focal de la lente cóncava (más débil), con la que todavía se puedan ver con claridad y perfección los objetos muy lejanos; esa lente tiene el mismo número de los vidrios que deben llevar los anteojos. *Ejemplo :* Un miope, cuyo punto lejano está á 8 pulgadas, necesita una lente cóncava de 8 pulgadas de distancia focal, ó sea los vidrios del número 8. Para el ojo hipermetrope la distancia focal de la lente convexa más fuerte, con la cual todavía se pueden ver con distinción los objetos más distantes, es al mismo tiempo la distancia del punto remoto al ojo en cuestión. *Ejemplo:* Un ojo hipermetrope que ve claramente un objeto colocado á gran distancia, interponiendo una lente convexa de 12 pulgadas de distancia focal, tiene su punto remoto á 12 pulgadas, y los vidrios convexos que necesita para sus anteojos son del número 12.

Evaluación moderna en dioptrías. — En vez de determinar la graduación de los vidrios de anteojos según acabamos de exponer ó sea con arreglo á la distancia focal en pulgadas, se ha abandonado este procedimiento, y se sigue el propuesto por Donders, Nagel, Zehender y otros, de adoptar en todos los casos el sistema métrico y graduar los vidrios según su poder refringente. Se toma como unidad una lente poco refringente, ó de gran distancia focal, eligiendo aquella en que esta distancia sea de un metro ó cuarenta pulgadas. A esta unidad se la da el nombre de *dioptría* (y para abreviar D). El poder refringente de D es $\frac{1}{1}$. El número 2 es una lente de doble fuerza, llamada 2 D, cuyo poder refringente es de $\frac{2}{1}$ metros y su distancia focal $\frac{1}{2}$ metro. El número 3 es de triple fuerza, de 3 D; su poder refringente es $\frac{3}{1}$ metro y su distancia focal $\frac{1}{3}$ de metro. El número 4 tiene una fuerza refringente cuádruple, 4 D; poder refringente $\frac{4}{1}$ metro; distancia focal $\frac{1}{4}$ de metro. El número 5 tiene una fuerza refringente quíntuple, 5 D; y así sucesivamonte. De los vidrios más flojos que la unidad, ó 1 D se han elegido como tipos: D=0,75 cuya distancia focal es 1,33 metros; D=0,5, con dos metros de distancia focal; y D=0,25 con 4 metros de distancia focal. Como ya se comprende, se pueden intercalar entre los vidrios de dioptrías completas otros que representen $\frac{1}{4}$ ó $\frac{1}{2}$ más.

Una vez conocida en un sujeto la miopía ó la hipermetropía, es de absoluta necesidad el empleo de los anteojos para conservar la vista en buen estado. Si en un míope está situado el punto remoto más cerca de las 5 pulgadas, debe llevar los anteojos constantemente, pero entonces cuando tenga que mirar de cerca, verbigracia, para leer, escribir ó hacer algún trabajo manual, debe colocar los objetos á 12 pulgadas de sus ojos. Pero cuando se trate de ejecutar un trabajo más delicado como el dibujo, el bordado, etc., que requiera acercar mucho la vista al objeto para obtener una imagen retiniana mayor, entonces deben quitarse los anteojos ó emplear otros más flojos. El *hipermetrope* emplea sus vidrios convexos para ver de cerca, sobre todo, cuando hay poca luz, porque entonces son mayores los círculos de difusión á causa de la dilatación de la pupila. Respecto á los *vidrios cilíndricos*, se tratará con motivo del astigmatismo. Cuando la retina sea muy sensible, se evitará que reciba demasiada luz, empleando vidrios *ahumados* ó de *color azul*. Los *anteojos estenopéicos* son diafragmas estrechos, colocados delante de los ojos para obligarles á mirar en una dirección determinada, ó sea la marcada por la misma abertura del diafragma. Respecto á los *anteojos de contacto* véase el § 393. 5.

393. Aberraciones de refrangibilidad y de esfericidad.—Alineación imperfecta de los centros de las superficies refringentes.—Astigmatismo.

1.° Aberración de refrangibilidad ó aberración cromática del ojo. — Todos los rayos de la luz *blanca* que se refractan, se descomponen al mismo tiempo en los *colores del arco íris* que constituyen dicha luz, porque es distinta su refrangibilidad. Los que se refractan más son los rayos violados y los que menos los rojos. Así que desde un punto blanco colocado sobre un fondo negro, no se puede formar una imagen retiniana simple y bien limitada, sino que aparecerán muchos puntos coloreados situados unos detrás de los otros. Si el ojo se acomoda con bastante fuerza para que los rayos violados se reunan formando una imagen bien precisa, los colores siguientes producirán círculos de difusión, siendo los más amplios los de color rojo. En el centro de estos círculos, donde se cubren los colores espectrales, se forma un punto blanco por la reunión de todos ellos, y alrededor de él anillos coloreados. En el ojo, la distancia entre el foco de los rayos rojos y el de los violados, es de 0,58 á 0,62 milímetros. v. Helmholtz ha calculado que la distancia focal para el rojo en el ojo reducido, es de 20,524 milímetros, y la del violado de 20,140 milímetros. De ahí que los puntos próximos y remotos de la luz violada estén más cerca del ojo que los de la luz roja ; y esta es la causa de que los objetos blancos aparezcan teñidos de violado cuando están más allá del punto lejano, y en cambio tengan un viso rojo si están más acá del próximo. Por esto mismo, el ojo tiene que acomodarse con más energía para los rayos rojos que para los violados ; y esta es también la razón de que los objetos teñidos del primer color, nos parezcan más próximos que los de color violado aunque estén situados á igual distancia (Brücke).

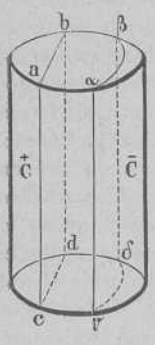
2.° Aberración de esfericidad ó aberración monocromática. — Aun prescindiendo de la descomposición de la luz blanca en sus elementos componentes, los rayos que proceden de un punto y son de un solo color, tampoco se reunen en un sólo punto, puesto que los que atraviesan la zona marginal de las superficies esféricas (aunque no lo sean más que aproximadamente) se refractan más que aquellos que pasan por la zona central de dichas superficies. Por consiguiente, no se forma una sola imagen del punto luminoso, sino muchas. Para corregir este defec-

to, sirve en el ojo el íris, que detiene los rayos marginales (fig. 260), sobre todo, cuando el cristalisno se hace más convexo, porque entonces se contrae la pupila. Además, la porción marginal del cristalino tiene un poder refringente menor que la central; y, por fin, en el ojo, las superficies esféricas son menos convexas en las porciones más separadas del eje óptico que en las más próximas á este. [Compáre se á este respecto lo dicho acerca de la forma de la córnea (pág. 338) y de las caras del cristalino (pág. 344)].

3.° Alineación imperfecta de los centros de las superficies refringentes. — Algo perjudica á la exacta proyección de la imagen en el fondo del ojo, el hecho de que no coinciden por completo en línea recta los centros de las superficies refringentes (Brücke). Así, el centro de figura de la córnea no cae exactamente en la prolongación del eje óptico del globo ocular; y lo mismo sucede con los de las dos caras del cristalino y hasta con los de las diferentes capas de éste. Sin embargo, por lo general, es muy poco lo que se separan todos esos puntos del eje óptico, é insignificantes las perturbaciones que acarrean á la visión.

4.° Astigmatismo regular. — Cuando no es igual la curvatura de los medios refringentes del ojo en sus distintos meridianos, los rayos luminosos no pueden reunirse en un punto. En estos casos, es sobre todo la córnea la que tiene su mayor curvatura en el meridiano vertical, y la menor en el horizontal, como lo demuestra el examen oftalmométrico (pág. 356). De aquí que los rayos que pasan por el meridiano vertical se reunen antes y formando una línea horizontal, mientras los que pasan por el meridiano horizontal se reunen después de aquellos y formando una línea vertical. No hay por lo tanto en el ojo un punto focal único de convergencia de los rayos luminosos; de aquí viene el nombre de astigmatismo. También el cristalino presenta algo de esta distinta curvatura en los distintos meridianos, pero en sentido inverso que la córnea, con lo que se compensa en parte la desigualdad de curvatura de esta última, y sólo en otra parte influye sobre la marcha de los rayos luminosos en el globo ocular. El mismo ojo normal presenta esta anomalía aunque en corto grado; astigmatismo normal. Si se trazan en un papel blanco dos líneas muy finas que se corten en ángulo recto, se observa que para ver bien la línea horizontal hay que acercar el papel más que para ver con claridad la línea vertical; es decir, que el ojo normal es un poco más míope para los objetos situados horizontalmente que para los verticales. Si se acentua esta desigualdad de curvatura, ya no es posible, como se comprende, una visión próxima, clara y distinta. Para corregir este defecto, se emplea un vidrio tallado en forma *cilíndrica*, ó sea sin curvatura en una dirección y con ella en otra perpendicular á la primera. Este vidrio se coloca delante del ojo de tal manera, que la dirección de su curvatura mayor coincide con la de la curvatura menor del globo ocular (v. Helmholtz, Knapp, Donders). Así el trozo $\overset{+}{C}abcd$ del vidrio cilíndrico (fig. 271) representa el correspondiente á unos anteojos plano-convexos; y el segmento $\overline{C}\alpha\beta\gamma\delta$ el de anteojos concavo-convexos.

Figura 271.



Vidrios cilíndricos para corregir el astigmatismo.

5.° Astigmatismo irregular. — La disposición estrellada de las fibras del cristalino y el trayecto desigual de estas en distintas partes de un mismo meridiano, que es su consecuencia, son causa de que los rayos que pasan por un meridiano del cristalino, tampoco puedan reunirse después todos en un punto único. Esta es la razón de que los puntos luminosos muy lejanos, como las estrellas, las luces de los faroles, etc., no se vean con un contorno bien marcado, sino como figuras estrelladas,

angulosas y provistas de radios. Grados ligeros de este astigmatismo irregular son normales; pero cuando se acentua este defecto, altera la visión de un modo notable, porque se producen varias imágenes de los distintos puntos de los objetos, en vez de una sola: *poliopía monocular*. Este estado no puede observarse, como ya se comprende, en los ojos privados de su cristalino. También obran de un modo análogo las curvaturas irregulares de la córnea. Este defecto lo enseñó á corregir A. Fick, aplicando directamente á esta un vidrio de forma de cristal de reloj, que compensa dichas curvaturas irregulares: *anteojos de contacto*.

394. Iris.

1.° El íris obra como los *diafragmas* en los instrumentos ópticos, deteniendo los rayos luminosos periféricos (pág. 355, fig. 260), cuyo paso daría origen á una considerable *aberración de esfericidad*, y por lo tanto, á una visión poco clara. 2.° Además de esto, como quiera que la pupila se contrae cuando la luz es muy fuerte, y se dilata cuando es muy débil, obra *regulando* la cantidad de ésta, que penetra en el ojo, haciendo que pasen menos rayos luminosos con una luz muy viva, y en mucha mayor cantidad cuando es menos intensa. 3.° Por fin, contribuye, en cierto modo, á ayudar al músculo de la acomodación (pág. 361. 5).

Respecto al paralelismo en la dilatación de ambas pupilas, conviene observar que, cuando existe la semidecusación de los nervios ópticos, como en el hombre y en el gato, siempre se dilatan las dos con igual intensidad y reaccionan en el mismo sentido; si la decusación es total, como sucede en el caballo y el buho, y lo mismo en aquellos animales cuyos nervios ópticos contienen cortísimo número de fibras cruzadas (conejo), entonces el reflejo pupilar sólo se presenta en el ojo, objeto del experimento (Steinach).

El íris tiene *dos músculos*: el que rodea á la abertura pupilar ó *esfínter* (pág. 342), que está inervado por el nervio motor ocular común (§ 347. 2), y el *dilatador de la pupila* (pág. 342), cuya inervación corre á cargo principalmente del simpático cervical (§ 358. A. 1) y del trigémino (pág. 181. 4). Estos dos músculos son *antagonistas* (pág. 61); de ahí que se dilate la abertura de la pupila, cuando se paraliza el motor ocular común (pág. 178), porque predomina entonces la influencia del simpático; por el contrario, cuando se arranca este último, se estrecha la pupila (Petit, 1727). Si se excitan simultáneamente ambos nervios, se estrecha ésta; según esto, predomina el efecto del motor ocular común sobre el del gran simpático.

Según Arnstein y A. Mayer, las fibras mielínicas pierden su mielina después de cierto trecho; la mayor parte de las fibras (*motoras*) que existen en la región del esfínter, constan de hacecillos de fibrillas sin cubierta de ningún género. Por debajo del epitelio anterior del íris, hay una red de nervios *sensitivos* muy finos. Numerosos filamentos penetran, como nervios *vaso-motores*, hasta las arterias y los capilares.

Los movimientos del íris se efectuan en las condiciones siguientes: 1.° La *excitación luminosa de la retina*, produce un estrechamiento de la pupila, que varía según la intensidad y extensión de dicha excitación. El mismo efecto produce la *ex-*

citación del nervio óptico (Herb. Mayo, muerto en 1679). Dicho movimiento es de causa refleja, y suscitado por el nervio ocular común, estando situado el centro de este acto reflejo en los tubérculos cuadrigéminos anteriores, inmediatamente junto al acueducto de Sylvio. En el hombre reaccionan ambas pupilas, aunque se excite una sola retina, contrayéndose del mismo modo, y *siempre están dilatadas en un grado igual, en circunstancias normales* (Donders), á causa de que existe un enlace intercentral, que establece comunicación entre los centros constrictores de la pupila de ambos lados. Si se corta el nervio óptico, se dilata la pupila, y si después de esto, se secciona el nervio motor ocular común, ya no se dilata más (Knoll). 2.° *El centro de las fibras dilatadoras de la pupila* (§ 369. 8), es excitado por la *crasis sanguínea disnéica*. Pero cuando la disnea se convierte en asfixia, disminuye otra vez la gran dilatación pupilar. La sección previa de las fibras periféricas, que obran dilatando la pupila (pág. 181. 4), impide, como ya se comprende, que se produzcan esos efectos. También obra como estimulante de estas fibras, la *anemia repentina* (Grünhagen y Cohn). 3.° *El centro dilatador*, lo mismo que la región cilio-espinal de la médula que le está subordinada, son también accesibles á una *excitación refleja*. Toda excitación de nervios sensitivos que produzca dolor, determina dilatación de la pupila (Arndt, Cl. Bernard, Westphal, Luchsinger), como ya se había observado antiguamente en los sujetos sometidos al tormento, á la vez que propulsión de los globos oculares (pág. 182). El mismo resultado producen los dolores de parto, un grito penetrante dado al oído, la excitación de los nervios de los órganos sexuales, y hasta ligeras impresiones táctiles (Foa y Schiff). Según Bechterew, se trata en estos casos de una inhibición del reflejo luminoso, en el sentido expuesto en el § 366, 3. 4.° La *repleción de los vasos del íris*, influye, en gran manera, en el diámetro de la abertura pupilar; todo aquello que la favorezca, produce el estrechamiento de ésta y viceversa. Tal es el motivo de que se contraiga el agujero pupilar en la espiración forzada, á causa del éxtasis sanguíneo en las venas, momentáneamente en cada latido cardíaco, á causa de la repleción diastólica de las arterias, siempre que disminuye la presión intra-ocular, v. gr., después de pinchar la córnea, porque con dicha disminución de presión afluye con menos dificultad una gran cantidad de sangre á los vasos del íris (Hensen y Völckers); y finalmente, con la parálisis de los vaso-motores de esta membrana (pág. 181. 3). Por el contrario, determinan la dilatación de la pupila, además de las causas que obran en sentido opuesto, los esfuerzos musculares enérgicos, con los que penetra una gran cantidad de sangre en los vasos musculares dilatados, y también en el momento de la muerte. Esta influencia de la repleción vascular en la dilatación del íris, explica también cómo la pupila, dilatada por la atropina, se contrae en cuanto se arranca el gran simpático, que en su ganglio cervical superior, lleva una parte de los vaso-motores del íris; y cómo después de extirpar ese ganglio, siempre obra con menos energía la atropina sobre la pupila del lado operado. Y hasta la misma exageración de la dilatación pupilar que se obtiene después de obrar la atropina, cuando se excita el gran simpático, es, á buen seguro, resultado de que disminuye el aflujo de sangre á los vasos del íris. Si á un animal cuya pupila se hubiese dilatado bajo la influencia de la atropina, se le deja desangrar rápidamente, se ve estrecharse la abertura pupilar, á causa de la excitación anémica del origen del motor ocular común (Moriggia). La dilatación pupilar que se observa en las neuralgias del trigémino, debe atribuirse, en parte á una excitación de las fibras vaso-dilatadoras (pág. 181. 4), y en parte á la de los vaso-motores del íris (pág. 181. 3). 5.° Tiene la significación de un *movimiento asociado*, la contracción pupilar que aparece al acomodarse la vista para objetos próximos (§ 389. 5), y cuando giran los globos oculares hacia adentro, como se observa también en el sueño (pág. 293). En cambio, las contracciones enérgicas del íris, producidas por las oscilaciones en la intensi-

dad de focos luminosos muy poderosos, v. gr., la luz eléctrica, producen contracciones del músculo de la acomodación, que tienen el carácter de movimientos asociados perturbadores (Ljubinsky). En ciertos actos como la respiración forzada, la masticación, la deglución y el vómito, que son provocados desde la médula oblongada, también se produce una dilatación de ambas pupilas, como una especie de movimiento asociado.

La excitación directa en el borde de la córnea ocasiona la dilatación de la pupila (E. H. Weber), pudiendo hasta producirse una contracción parcial del músculo dilatador, excitando directamente un punto circunscrito del borde del íris (Bernstein y Dogiel). Excitando la córnea en su centro se contrae la pupila (E. H. Weber).

Se considera como *reflejo cortical* al fenómeno siguiente: Estando en un recinto obscuro, se mira de frente y al mismo tiempo se coloca una luz al lado del sujeto. Si entonces, sin variar la dirección de la mirada, se dirije la atención de pronto á la luz, se estrecha la pupila (Haab).

Respecto al MODO DE OBRAR LOS VENENOS SOBRE EL ÍRIS, todavía hay bastantes puntos obscuros. Dilatan la pupila los MIDRIÁTICOS; atropina, homatropina, duboisina, (Tweedy, v. Hasner), daturina, hiosciamina, hioscina, siendo debida esta acción principalmente á la parálisis del motor ocular común. Pero al mismo tiempo deben excitar las fibras dilatadoras, puesto que, una vez paralizado por completo dicho nervio, la pupila, que entonces está moderadamente dilatada (§ 347. 5) todavía se dilata más con la atropina. Dosis mínimas de esta substancia estrechan la abertura pupilar porque excitan las fibras que producen este efecto; en cambio dosis colosales colocan á la pupila en un estado medio de dilatación, porque no solo paralizan las fibras dilatadoras, sino las constrictoras. La atropina obra aunque se destruya el ganglio ciliar (Hensen y Völckers), y sobre el ojo extraído del cuerpo (De Ruyter, Rottmann).

Respecto al modo de obrar de los constrictores de la pupila ó MIÓTICOS, como son la fisostigmina (ó eserina; alcaloide del haba del calabar), nicotina, pilocarpina, muscarina y morfina, admiten unos que se trata de una excitación del motor ocular común (Grünhagen), y otros, que de una parálisis del simpático (Hirschmann, Rosenthal). Como estas substancias hacen contraerse al músculo acomodador, se infiere por analogía que obrarán lo mismo sobre el esfínter. Es probable que paralicen las fibras dilatadoras y exciten al mismo tiempo las del motor ocular común.

Cuando una pupila está estrechada ó dilatada bajo la acción de uno de estos venenos, la del otro lado se halla en el estado contrario á causa de la variación en la cantidad de luz que recibe el primero.

Los *anestésicos*, como el éter, el cloroformo, el alcohol y otros obran, al principio de su acción adormecedora, estrechando la pupila, y más tarde dilatándola (Dogiel). El cloroformo excita al centro dilatador de la pupila, en el primer período de su acción, ó sea en el de excitación (al principio del adormecimiento); después paraliza dicho centro, de tal manera que las excitaciones externas ya no determinan ninguna dilatación pupilar. Luego es excitado el centro constrictor de la pupila hasta el punto de que ésta se vuelve á veces como una cabeza de alfiler, y por fin (peligro de muerte) también se paraliza este centro, dilatándose con esto la abertura pupilar.

Los movimientos del íris siempre van acompañados de oscilaciones en la presión intra-ocular; *al dilatarse la pupila se eleva la presión intra-ocular, y al contraerse se deprime*. La excitación del simpático aumenta esta presión y su sección la disminuye. La instilación de atropina también la aumenta después de un breve período en que desciende. Con la eserina aumenta al principio y después disminuye (Graser y Hölzke).

Según Hocker la atropina disminuye la presión intra-ocular; la eserina la aumenta primero y después la disminuye en cuanto se inicia la miosis.

La dilatación refleja de la pupila tarda más en efectuarse que su estrechamiento reflejo; la primera sobreviene á los 0,5 segundos de la excitación luminosa y la segunda á los 0,3 (v. Vintschgau). Siempre transcurre cierto tiempo hasta que el íris adopta el diámetro de la abertura pupilar á la intensidad de la luz que recibe la retina (Aubert). En las aves se contrae con mucha rapidez cuando se excita el motor ocular común; en el conejo, desde el momento en que se excita el gran simpático hasta que empieza á dilatarse la pupila transcurren 0,89 segundos (Arlt. joven).

En el ojo extirpado de peces y anfibios se contrae la pupila bajo la acción de la luz; y hasta se contrae el mismo íris de la anguila separado del ojo y conservado en una disolución de sal común, cuando se le somete á dicha influencia (Arnold, Brown-Séquard, Gysi), siendo bajo este concepto los rayos más eficaces los verdes y los azules. En esos animales están pigmentadas las células musculares del esfínter de la pupila; efectuándose al parecer la acción de los rayos luminosos por intermedio de dicho pigmento (Steinach).

La *elevación de temperatura* del ojo extirpado de la rana ó de la anguila, ocasiona midriasis; y el enfriamiento del mismo, miosis (H. Müller, Biernaht).

Estados patológicos. — El estrechamiento insuficiente de las pupilas bajo la acción de la luz, puede provenir; 1.°, de una menor impresionabilidad de la retina (*abolición del reflejo sensorial*); 2.°, de una parálisis de las fibras pupilares del motor ocular común (*abolición del reflejo motor*); ó 3.°, de ambas causas combinadas. Todos estos casos han recibido el nombre único y no muy bien elegido de *inmovilidad refleja de la pupila.*

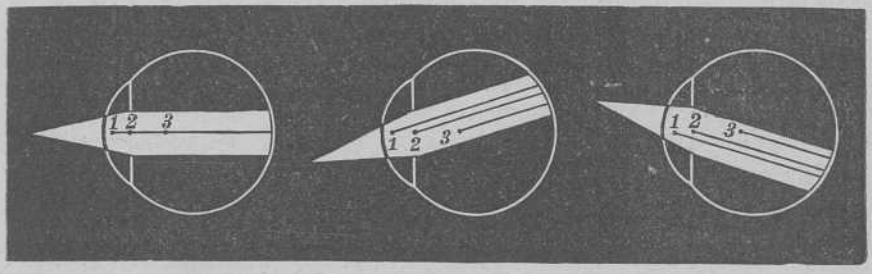
395. Fenómenos entópticos. — Percepción de partes interiores del ojo á consecuencia de excitaciones retinianas.

Se da el nombre de fenómenos entópticos á aquellos que provienen de la *percepción de objetos que existen en el mismo ojo.* A este grupo pertenecen:

1.° Las sombras proyectadas en la retina por diversos cuerpos opacos. Para apreciarlas uno mismo en sus propios ojos se procede del modo siguiente: por medio de una lente convexa fuerte, se dirige la imágen pequeña de una luz á una pantalla de cartulina; se practica un agujerito que atraviese dicha imagen y se mira del otro lado de la pantalla, de tal manera, que el agujerito fuertemente iluminado, se encuentre en el foco anterior del ojo, ó sea á unos 13 milímetros por delante de la córnea. Como los rayos que parten de este punto siguen una dirección paralela en los medios del ojo, aparece un campo visual muy alumbrado de un modo difuso, y encerrado dentro del marco negro formado por el borde del íris. Todos los corpúsculos obscuros con que tropiezan en su paso los rayos luminosos, proyectan una sombra sobre la retina y aparecen como manchas (fig. 272). Estas sombras son de varias clases: *a*) el espectro moco-lagrimal que se forma sobre todo en los bordes de los párpados, y proviene de copos de mucosidad, esferitas grasientas de las glándulas de Meibonio y polvo mezclado con lágrimas. Aparecen como sombras retinianas en forma de estrías, nubes ó gotas, que se borran con el parpadeo; *b*) si con el dedo se aprieta durante cierto tiempo sobre la córnea, aparecen sombras en forma de arrugas, á causa de los pliegues transitorios que se forman de ese modo en la córnea; *c*) manchas perladas ú obscuras, figuras estrelladas claras y obscuras, procedentes las primeras de depósitos formados sobre el cristalino y en su substancia y las últimas de la misma estructura estrellada de éste; *d*) las *moscas volan-*

tes (Dechales, 1690), comparables á sartas de perlas, círculos, grupos de esferitas ó estrías pálidas; provienen de partículas obscuras del cuerpo vítreo, tales como células, restos de éstas y fibras cubiertas de granulaciones (Donders, Duncan). Cambian de lugar en el mismo cuerpo vítreo cuando el ojo se mueve con rapidez. Listing (1845) demostró que se puede precisar con bastante aproximación el punto en que se encuentran los cuerpos que proyectan estas sombras. En efecto, si mientras se practica esta observación en sí propio, se sube ó se baja el foco luminoso, ó sea el agujero de la cartulina, fuertemente iluminado, conservan su posición relativa en el campo visual claro las sombras de aquellos cuerpos que se encuentran en el plano de la abertura pupilar (2). Las que se mueven aparentemente en el mismo sentido que el foco luminoso, proceden de cuerpos situados por delante del plano pupilar (1). Por fin, aquellas que al parecer se mueven en sentido opuesto al del agujerito iluminado, son proyectadas por cuerpos que se hallan detrás de dicho plano (3). En estos casos, hay que tener en cuenta que las impresiones de los puntos excitados de la retina son proyectadas hacia el exterior de un modo invertido (pág. 357).

Figura 272.



Sombras entópticas.

2.° Las sombras vasculares ó imágenes de Purkinje (1819) provienen de los mismos vasos retinianos que proyectan su sombra en la capa más posterior de la retina, donde se hallan los órganos que perciben la luz, ó sea los conos y los bastoncillos. Es notorio que en la visión ordinaria no se perciben semejantes sombras, lo cual proviene, según v. Helmholtz, de que la impresionabilidad de los puntos de la retina que están en sombra es mayor y está menos agotada su excitabilidad que en el resto de la membrana. Pero tan pronto como cambia el sitio de la sombra de los vasos y cae más hacia el lado y detrás de estos, ó sea en puntos que en la marcha ordinaria de los rayos luminosos no reciben ninguna sombra, en el acto aparecen las sombras vasculares ó imágenes de Purkinje. Por consiguiente, para que éstas se produzcan debe dirigirse la luz al globo ocular en una dirección lo más oblicua posible. Esto se consigue: 1.°, con una luz muy intensa que llegue á atravesar la esclerótica. Se proyecta sobre ésta una imagen pequeña y muy brillante de un foco luminoso; al moverse este último, se mueve la figura vascular en la misma dirección. 2.° Se elevan los ojos al cielo y se hace bajar el párpado superior, con la cual, aunque sólo en el momento que dura este movimiento del párpado, penetran por la parte inferior de la pupila rayos luminosos que descienden con mucha oblicuidad. 3.° Se mira al cielo á través de un agujero muy pequeño que se mueve con mucha rapidez á uno y otro lado, de tal manera, que la sombra proyectada por los vasos varía rápidamente de sitio al caer sobre los bastoncillos subyacentes. 4.° O bien se mira de frente en un recinto obscuro y se pasea una luz por debajo del ni-

vel de los ojos. A veces se ve así la *mácula lútea* á manera de una depresión sombreada y sin vasos (Purkinje, Burow) situada por dentro de la entrada del nervio óptico, á causa de la inversión de los objetos.

3.° Observación del movimiento de los glóbulos sanguíneos en los capilares de la retina (Boissier). — Si se mira, sin hacer intervenir la acomodación, á una gran superficie muy clara, ó al sol á través de un vidrio azul obscuro, se ven unos puntitos brillantes, á manera de chispas, que se mueven por vías más ó menos tortuosas, recorriendo trayectos de diversa longitud. Este movimiento se asemeja mucho al de un gran número de pequeños coleópteros en la superficie del agua. Se ve claramente que los puntitos luminosos van muchas veces uno en pos de otro por caminos trazados de antemano. Proviene probablemente este fenómeno de que los glóbulos rojos, que circulan en los capilares situados por fuera de la capa granulosa posterior (His), obrando como espejos cóncavos, concentran la luz que reciben sobre los bastoncillos de la retina. Para que eso suceda tienen que estar colocados en cierta posición ; así es que en cuanto la cambian desaparece el fenómeno luminoso. Vierordt, proyectando sobre una superficie esta imagen, calculó por la velocidad de los puntos luminosos, la de la corriente sanguínea en los capilares retinianos en 0,5 á 0,75 milímetros por segundo ; cifra que concuerda en un todo con las obtenidas mediante la observación directa de la circulación capilar por E. H. Weber y Volkmann (§ 95. 4). Si se comprime la carótida es más lento el movimiento ; si se afloja la compresión se acelera, y lo mismo cuando se fuerza por poco tiempo la presión espiratoria (Landois).

4.° Fenómeno del pulso entóptico (§ 84. 2) (Landois). — Proviene sin duda de que al latir las arterias retinianas, excitan mecánicamente los bastoncillos subyacentes.

5.° Fosfenos por presión. — Así se llaman los fenómenos que se observan cuando se comprime el globo ocular. *a*) Una presión parcial sobre éste, produce los fosfenos, ya conocidos de Aristóteles. Como la excitación de la retina es referida al exterior, siempre se percibe el fosfeno en el punto del campo visual opuesto al de la retina que recibió la presión ; así, cuando ésta se practica en el lado externo del globo ocular, el fenómeno luminoso aparece hacia el lado interno del campo visual. Si la retina está en la obscuridad, el fosfeno es luminoso ; pero si se la ilumina, aparece como una mancha obscura, en la que se extingue momentáneamente la percepción visual. *b*) Si se ejerce por más tiempo una presión uniforme de delante hacia atrás, aparecen al muy poco tiempo, como observó Purkinje, unas figuras luminosas muy brillantes y que cambian á manera de un juego fantástico y de sorpresa, simulando en muchos casos las imágenes más brillantes que pueda producir un kaleidoscopio (v. Helmholtz) ; pudiéndose comparar, sin duda, con la sensación de hormigueo que se percibe al comprimir un nervio sensitivo (adormecimiento de un miembro). *c*) Con una presión igual y constante sobre el globo ocular, vieron Steinbuch y Purkinje aparecer una red vascular, cuyo contenido circulaba en su interior ; cuya red, de color azulado y brillo argentino, parece corresponder á las venas de la retina. Vierordt y Laiblin vieron además las ramificaciones de los vasos de la coroides, de color rojo sobre fondo obscuro, como una red con la forma característica de estos capilares. *d*) Según Houdin, comprimiendo el globo ocular también se podría distinguir el punto que ocupa la *mancha amarilla*.

6.° La papila del nervio óptico se percibe en los movimientos bruscos del ojo, sobre todo hacia adentro, como un anillo ó semianillo luminoso, de un tamaño mayor que un guisante. Es probable que con el movimiento del globo ocular sea irritada mecánicamente la retina alrededor de la papila del nervio óptico, por la flexión que entonces experimenta. Yo, lo mismo que Purkinge, también veo este anillo con *carácter permanente*, cuando el ojo gira con fuerza hacia adentro. Si la retina

está muy iluminada, el anillo se ve obscuro, y cuando el campo visual es coloreado, aparece de otro color. Si al mismo tiempo se produce la sombra de los vasos, se puede observar que los troncos vasculares salen del anillo ; prueba de que éste corresponde á la papila del nervio óptico (Landois).

7.° Mancha de acomodación. — Acomodando la vista para la distancia más corta posible y dirigiéndola á una superficie blanca, aparece en el medio un pequeño resplandor blanco y tembloroso, en cuyo centro surge una mancha de color pardoahumado y del tamaño de un guisante (Purkinje, v. Helmholtz). Si además se ejerce en el globo ocular una presión por la parte externa, se marca con mucha mayor distinción esa mancha. Una vez observado el fenómeno, si se practica una presión lateral en el ojo estando éste abierto, se ve en el centro del campo visual una mancha más clara, otra prueba más de que con la acomodación aumenta la presión intraocular (Landois). La producción simultánea del fenómeno descrito en el número 6, demuestra que el fenómeno se origina en la papila del nervio óptico (Landois).

8.° El fosfeno de acomodación (Purkinge, Czermak).—Consite en un cerco luminoso, que aparece en la periferia del campo visual, cuando después de una acomodación enérgica y duradera para la visión próxima en la obscuridad, se interrumpe de pronto dicho acto. La tensión repentina que experimenta la zona de Zinn al cesar en la acomodación, ejerce una tracción en el borde exterior de la retina ó acaso en la parte de esta membrana que sigue á dicho borde (Hensen y Völckers, Berlín). Purkinje también observó este fenómeno interrumpiendo bruscamente una presión ejercida sobre el ojo.

9.° Excitación mecánica del nervio óptico. — Cuando se corta el nervio óptico en el hombre, con motivo de alguna operación, se ve en el momento del corte un resplandor vivísimo. (El corte de las fibras del nervio óptico no es doloroso; sólo lo es el de sus cubiertas).

10. Fenómenos eléctricos. — Colocando un polo de la corriente eléctrica en el párpado superior y el otro en la nuca, y produciendo oscilaciones en dicha corriente se originan intensos relámpagos luminosos que recorren todo el campo visual. El resplandor de cierre es el más fuerte con la corriente ascendente, y el de ruptura con la descendente (v. Helmholtz). Haciendo pasar una corriente constante y *ascendente* por el ojo cerrado, aparece en un campo visual de color *violado* blanquecino el disco obscuro de la papila óptica. En cambio, si la corriente es *descendente*, el campo visual aparece *rojizo* y obscurecido, y el sitio correspondiente á la papila de color azul claro (v. Helmholtz) ; si al mismo tiempo se mira un objeto coloreado, se mezclan al color de éste los matices violado ó amarillo que se ven en estos casos (Schelske). Mientras dura la corriente ascendente, se verían los objetos exteriores con menos distinción y *más pequeños*, y con la descendente con mayor claridad y *más grandes* (Ritter). Mientras la retina se encuentra en *anelectrótono*, está disminuída su impresionabilidad para los fenómenos luminosos producidos por la corriente eléctrica y también para la luz exterior, en armonía con las leyes del electrótono (§ 337). Según sea la dirección de la corriente eléctrica, así aparece el sitio de la mácula lútea, obscuro sobre fondo claro, ó claro sobre fondo obscuro. Interrumpiendo el circuito, se produce al principio una *inversión* de los fenómenos (pág. 152), seguida al momento de un reposo del órgano.

11. La mancha amarilla también aparece á veces como un círculo obscuro cuando la luz tiene un color uniforme más azulado. Si la luz es más intensa, se ve además el sitio de dicha mancha rodeado de un cerco claro, de un diámetro casi triple: *anillo de Löwe.*

Dirigiendo la vista á una superficie que emita luz polarizada, aparecen en el punto de fijación los *penachos de polarización*, de Haidinger. Se los ve (v. Helmholtz) verbigracia, cuando se mira á una nube clara á través de un prisma de Nicol. Apa-

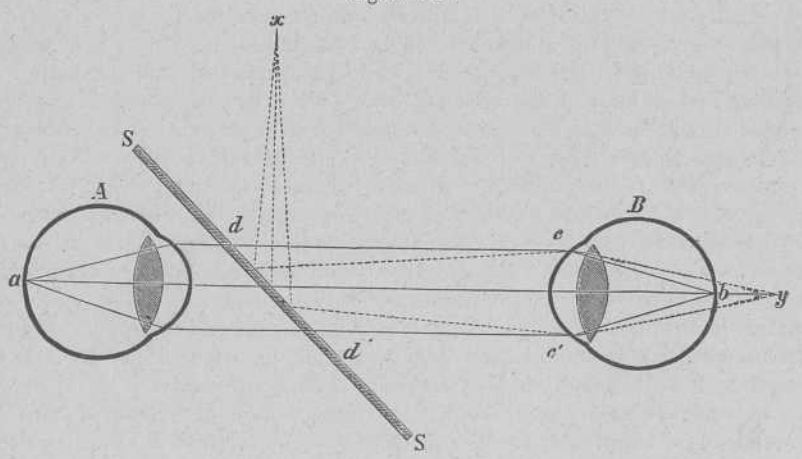
recen como manchas claras limitadas por dos hipérboles que se continuan, y destacándose sobre un fondo blanco azulado; el penacho obscuro que las separa y que es más estrecho en el centro, aparece de un color amarillento. De los diversos colores de luz homogénea sólo se ven los penachos con el azul (Stokes). Según v. Helmholtz, el sitio del fenómeno es la *mancha amarilla*, y proviene de que los elementos de color amarillo que hay en esta mancha, son ligeramente birefringentes; así que de los rayos que reciben, absorben más en unos puntos y menos en otros.

Mencionemos, por fin, LAS SENSACIONES LUMINOSAS DE CAUSA INTERNA, producidas por mayor aflujo de sangre á la retina (v. gr., en los golpes de tos violentos), aumento de la presión intra-ocular, etc., ó congestión del cerebro. Las excitaciones de los *centros psico-ópticos* (§ 380. IV) pueden dar origen á la aparición de verdaderos fantasmas que Cardan (1550), Goethe, Juan Müller, Nägeli y otros, hasta podían provocar voluntariamente. «Video quae volo, nec omnino semper cum volo. Moventur autem perpetuo quae videntur. Itaque video lucos, animalia, orbes ac quaecunque cupio». (Cardan). En el hombre que padece delirium tremens, se observa á veces algo parecido, puesto que es capaz de provocar alucinaciones aun durante el día, en cuanto piensa en ciertos objetos (*alucinaciones voluntarias*).

396. Iluminación del fondo del ojo. — Oftalmoscopio.

La luz que entra en el ojo es absorbida en parte por el pigmento negro de la úvea, y en parte reflejada otra vez por el mismo ojo en la misma dirección en que entraron los rayos luminosos. Cuando nos encontramos enfrente de otro sujeto, nuestra cabeza, como cuerpo opaco, detiene

Figura 273.



Disposición para iluminar el fondo del ojo *B*.

un gran número de rayos luminosos; y como en la dirección de ella al ojo observado, no pueden penetrar en éste rayos luminosos, tampoco pueden volver desde él por reflexión hacia nosotros. De ahí que el ojo del sujeto observado aparezca á nuestra vista de color negro en su fondo, porque nosotros mismos nos oponemos á que entren en él los únicos rayos lumi-

DR. PEREZ ARAPILES
c/ Lancia núm. 12 - 3.º
Teléfono 20 85 19

nosos que podían ser reflejados en dirección de nuestro ojo. Pero tan pronto como se consiguen enviar al ojo observado rayos luminosos que sigan *la misma dirección* en que nosotros le miramos, en el acto aparece iluminado y claro el fondo del mismo.

Confirma lo que acabamos de decir el siguiente sencillo experimento (fig. 273). Sea B el ojo observado y A el del observador; si se encuentra una luz en x, dirige sus rayos á la placa de vidrio $S\,S$, que los refleja en la dirección de las líneas de

Figura 274.

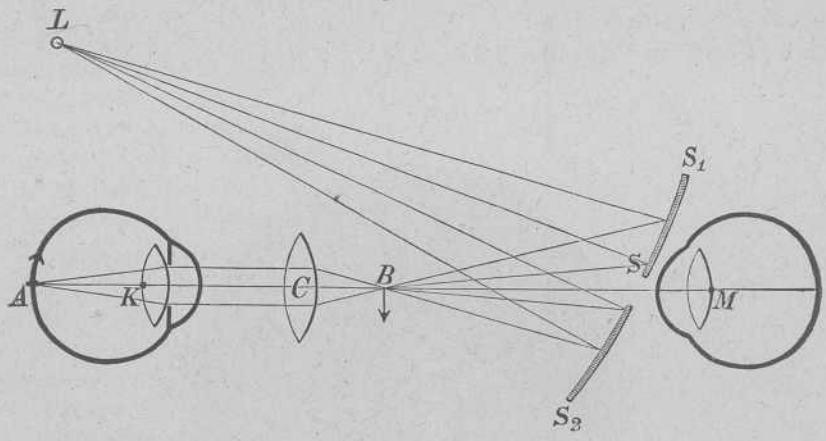


Figura 275.

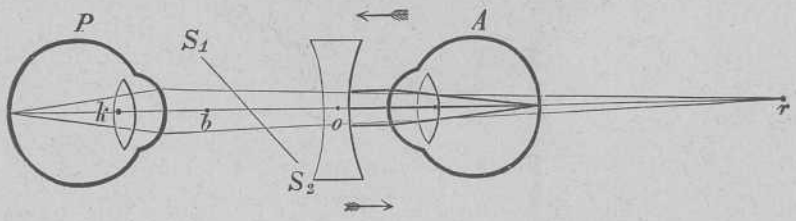
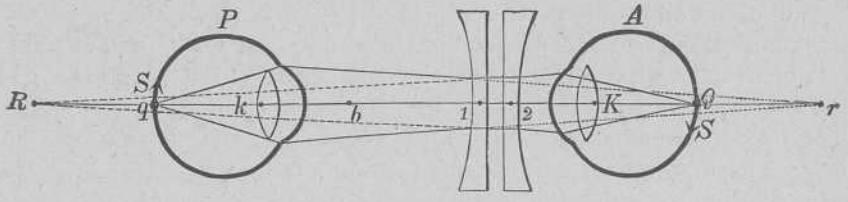


Figura 276.

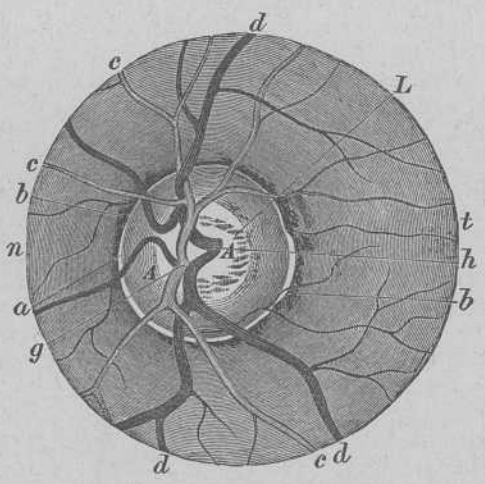


puntos hacia el ojo B. En esta disposición aparece el fondo del ojo iluminado con claridad alrededor de b por círculos de difusión. Como el observador A puede mirar sin obstáculo á través de la lámina de vidrio oblícua, $S\,S$, y en la misma dirección de los rayos reflejado $x\,y$, ve, como es natural, iluminada la retina alrededor de b.

Pero cuando se trata de examinar el fondo del ojo con un fin diagnóstico, se hace necesario poder distinguir *sus detalles*, tales como los vasos

del mismo, la mácula lútea, la papila del nervio óptico, las anomalías de la retina y del pigmento coróideo, etc. Para que esto suceda se requieren ciertas condiciones. Ya hemos visto que, como demuestra la figura 260, página 355, cuando el ojo está acomodado para ver un objeto, *A B*, se forma en la retina una imagen reducida é invertida del mismo, *c d*. De aquí se deduce que, recíprocamente y con arreglo á la misma ley dióptrica, de una porción circunscrita é iluminada de la retina, correspondiente á un ojo acomodado para cierta distancia, se habrá de formar en el exterior (en *A B*), una imagen real, invertida y aumentada de dicha parte *c d*. Si el fondo de este ojo está iluminado con suficiente intensidad, también será muy clara esa imagen aérea y real de la retina.

Figura 277.



Punto de entrada del nervio óptico con la zona que le rodea, en un ojo normal (según Ed. Jaeger).

A, Papila del nervio óptico.—*a*, Anillo de tejido conjuntivo.—*b*, Anillo coróideo.—*c*, Arterias.—*d*, Venas.—*g*, División de la arteria central de la retina.—*h*, División de la vena central de la retina.—*L*, Lámina cribosa.—*t*, Lado externo ó temporal.—*n*, Lado interno ó nasal.

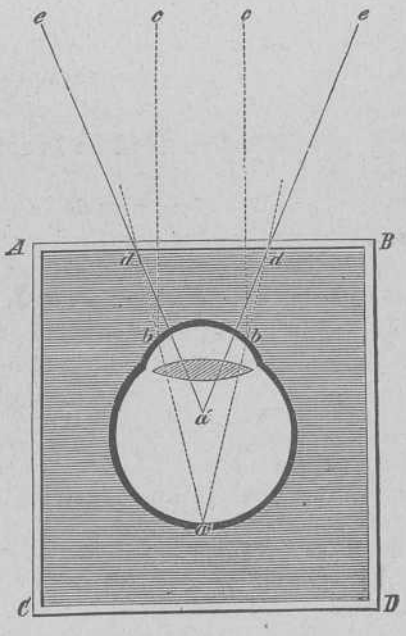
Si el observador quiere ver con más distinción algunos detalles de esa imagen retiniana, tiene ante todo que acomodar su vista para el punto en que se halla dicha imagen, para lo cual entre el ojo observado y el del observador, habrá de mediar una distancia igual á la de la visión distinta del segundo más la misma distancia del primero á su propia retina. Separados ambos ojos por una distancia tan considerable, no es posible distinguir los detalles minuciosos del fondo del ojo. Además, como la pupila del ojo observado es muy estrecha, no consiente ver más que una zona muy reducida de dicho fondo y bajo un ángulo muy pequeño; sin contar con que en muchos casos es imposible acomodar la vista para la imagen real de la retina del ojo observado.

De todo esto se deduce la necesidad de que el ojo del observador se pueda acercar más al del sujeto observado. Este se consigue de dos maneras: 1.º Colocando delante del de este último una fuerte *lente convexa*,

de una pulgada de distancia focal (fig. 274. *C*). Como de este modo la imagen retiniana se acerca más al ojo (en *B*), á consecuencia de la fuerte refracción que experimentan los rayos á través de la lente, ya puede el observador *M*, acercarse mucho más y acomodar, no obstante esto, su vista para el fondo del ojo que trata de examinar. 2.° El segundo procedimiento consiste en colocar una *lente cóncava* inmediatamente por delante del ojo del sujeto observado (fig. 275. *o*). Con esto los rayos que parten de este último *P*, ó bien se vuelven paralelos al atravesar la lente cóncava *o*, y entonces se reunen de nuevo en la retina del ojo emmétrope *A*, del examinador; ó la lente los vuelve divergentes (fig. 276), en cuyo caso se forma á cierta distancia y por detrás del ojo observado, una imagen derecha y virtual del fondo del ojo (en *R*). También así puede acercarse el observador mucho más al ojo que trata de reconocer.

La combinación de un aparato de iluminación con una de esas lentes, constituye el *oftalmoscopio* de von Helmholtz (1851), base de la oftalmología moderna, con cuyo instrumento se pueden examinar todos los detalles del fondo del ojo.

Figura 278.



Modo de obrar del ortoscopio.

Para la iluminación colocaba v. Helmholtz, varios discos de vidrio, unos detrás de otros, porque reflejan mejor que uno sólo, en la posición que indica *S S* en la figura 273. También se puede emplear un espejo plano, ó cóncavo de 7 pulgadas de distancia focal (figura 274. S_1 S_2) y perforado en su centro. La figura 277 representa la imagen oftalmoscópica de la entrada del nervio óptico, y de sus inmediaciones, en el fondo del ojo normal, en la que se pueden distinguir con claridad los detalles que la misma figura indica.

En los albinos el fondo del ojo aparece á simple vista de color rojo-claro, porque como la luz atraviesa una esclerótica y una úvea desprovistas de pigmento, puede penetrar en el ojo. Si se coloca un diafragma por delante de éste, de modo que sólo deje á descubierto la pupila, entonces se ve negro el fondo del ojo. (Donders). En algunos animales, los ojos tienen un *viso* de color verde-claro, porque poseen una membrana especial llamada *tapiz ó membrana versicolor de Fielding*, constituida en los carnívoros por células, y en los herbívoros por fibras, la cual está colocada entre la corio-capilar y el estroma de la úvea, y refleja mucha luz con colores producidos por interferencia, siendo esta la causa de que el ojo emita una especie de resplandor coloreado.

Para examinar la cámara anterior del ojo, se emplea con ventaja la *iluminación oblícua*. Se hace que entre lateralmente por la córnea un haz luminoso concentrado por medio de una lente convergente y se le dirige al punto que se trata de exa-

minar, que aparecerá claro y muy iluminado. Este punto, v. gr., una porción del iris se puede examinar con cierto aumento, valiéndonos de una lente y hasta de un microscopio (Liebreich).

Czermak hizo construir el *ortoscopio* (fig. 278) para examinar el ojo debajo del agua. Una cajita de vidrio, á la que le falta una pared en una de sus caras, se aplica por los bordes de esta cara al contorno del ojo, el cual lo mismo que el ojo vienen á constituir la sexta cara de la cajita. Se llena ésta de agua de manera que la córnea quede sumergida. Como el índice de refracción del agua es muy parecido al de los medios del ojo, los rayos que parten de éste salen en línea recta y sin refractarse. De este modo se ven directamente los objetos colocados en la cámara anterior, como si no estuviesen encerrados en el globo ocular. Otra ventaja de este aparato consiste en que los objetos parecen estar más cerca del observador. Los rayos que vienen del punto *a* del fondo del ojo, salen de él en dirección paralela, como *bc*, *bc*, cuando el ojo está en contacto del aire. Pero si se sumerge en agua, estos rayos *ab*, *ab*, conservan su dirección hasta llegar á *d d*, en donde al salir del agua se desvían de la normal, siguiendo la dirección de las líneas *de*, *de*. El ojo del observador, colocado en esta dirección *ed*, ve por lo tanto, el punto *a* más cerca, en la dirección *ed* a^1, ó sea como si estuviese en a^1.

397. Actividad de la retina en el acto de la visión.

I. Los únicos elementos de la retina, impresionables á la luz, son los conos y los bastoncillos (Enrique Müller): sólo ellos son los que pueden ser excitados por las ondulaciones luminosas del éter. Así lo demuestra el experimento de Mariotte (1668) que hace ver cómo es insensible á la luz el sitio de entrada del nervio óptico, donde no hay ni conos ni bastoncillos. A ese punto se le da el nombre de *mancha ciega*.

Cerrando un ojo y fijando la vista con el otro en una de las dos letras escritas en un papel blanco (fig. 261, pág. 356 *B* y *f*), de tal manera que la imagen de la letra *f* caiga en la fovea centralis de la retina *n*, y la de B en la papila ó punto de entrada del nervio óptico *N*, se ve que desaparece de la vista esta última. Trazando en el papel tres puntos *A*, *f* y *B*, y fijando la vista en el punto *f*, desaparece de la misma el punto *B*, y en cambio se ven los *A* y *f*.

La papila del nervio óptico está situada á unos 3,5 milímetros por dentro de la terminación del eje visual en la retina, y tiene un diámetro de 1,8 milímetros (v. Helmholtz). En el campo visual ocupa el diámetro aparente de la mancha ciega 6°,56′ en dirección horizontal; la distancia de la misma en dirección horizontal, al punto fijado, es de 12°,81′ á 18°,55′. El diámetro de la mancha ciega ocupa tanto como once lunas llenas colocadas en el cielo una al lado de otra, ó como el espacio ocupado por un hombre colocado á dos metros de distancia.

La prueba de que es realmente la papila del nervio óptico el punto insensible, la suministran los hechos siguientes: 1.° Donders proyectó directamente y por medio de un espejo la imagen de una luz sobre la papila óptica de un sujeto, sin que éste sintiese la menor impresión luminosa. Pero esta aparecía tan pronto como dicha imagen se corría á la porción limítrofe de la retina. 2.° Si se combina el experimento de Mariotte con el que determina la formación de imágenes entópticas en la papila del nervio óptico (§ 395. 6 y 7), se ve que coinciden estas imágenes con la mancha ciega (Landois).

Para determinar uno en sí mismo *la forma y tamaño aparente de la mancha ciega*, se fija la cabeza á unos 25 centímetros enfrente de un papel blanco en el cual se traza

un punto. Después se parte del sitio correspondiente á la mancha ciega en todas direcciones, con una pluma blanca, haciendo una señal con tinta en cuanto se ve el extremo de la pluma. De este modo se puede circunscribir el perímetro de la mancha en cuestión. Se observa así que tiene una forma elíptica irregular, de la cual parten como prolongaciones los arranques, también ciegos, de los grandes vasos de la retina (Hueck, v. Helmholtz). (Mariotte dedujo de su experimentos que la coroides, que es atravesada por el nervio óptico, era la membrana impresionable á la luz, porque los elementos nerviosos no faltan en ninguna parte de la retina).

La mancha ciega no produce ninguna laguna apreciable en el campo visual. Como quiera que en ella la luz no origina ninguna excitación, tampoco puede aparecer por su causa una mancha negra en el campo visual, porque la sensación de negro supone la existencia de elementos retinianos, que faltan en esa mancha. Pero como, á pesar de haber ese punto inexcitable, no percibimos en el campo visual ninguna porción sin llenar, se atribuye este hecho á una influencia psíquica. La zona del campo visual, que no está ocupada por corresponder á la mancha ciega, se supone llena por un acto psíquico (E. H. Weber). Por esto, cuando desaparece un punto blanco que está en una superficie negra, se ve toda ella negra también; si en una superficie blanca corresponde un punto á la superficie ciega, aparece aquella blanca en toda su extensión; si es una página impresa, aparece gris, etc. Así también son suplidas ó supuestas como existentes, por el mismo acto psíquico, las partes que faltan en una circunferencia, la parte media no existente en una línea larga, ó la porción central de una cruz. Pero aquellas figuras que no se pueden reconstruir por conjetura, tampoco son completadas; v. gr., el extremo de una línea ó el rostro humano. En otros casos, se llenan estas lagunas por un acto que ha recibido el nombre de *contracción del campo visual*. Este fenómeno se hace evidente haciendo desaparecer la letra *e* de entre las nueve de la figura adjunta; entonces ya no se ven las tres letras de cada lado en línea recta, sino que aparecen *b*, *f*, *h* y *d* atraídas hacia *e*. Parece, por lo tanto, que las partes próximas del campo visual invaden la mancha ciega desde su periferia y ayudan á reemplazar la laguna producida por ella.

a b c
d (e) f
g h i

II. La capa de las *fibras nerviosas* de la retina es *insensible á la luz*. En efecto, en la fovea centralis, que es donde la visión es más distinta, no hay ninguna fibra nerviosa. Además, el fenómeno entóptico de la *sombra vascular* demuestra que estas fibras no son impresionables á la luz, puesto que los vasos de la retina están detrás de dichas fibras.

III. Los segmentos ó artículos externos de los *conos* y de los *bastoncillos* tienen contornos redondeados; por eso, aunque están aplicados los unos á los otros, tienen que quedar ciertos espacios entre ellos, correspondientes á los que quedan entre circunferencias tangentes entre sí. Estos espacios son insensibles á la luz. La imagen retiniana se compone, por lo tanto, de un mosáico formado por piececitas redondas. El diámetro de cada cono en la mancha amarilla es de 2 á 2,5 μ (M. Schultze). Si de dos puntitos muy próximos se forman en la retina dos imágenes que caen cada una en un cono distinto, se percibirán dos puntos separados el uno del otro, para lo cual basta con que la distancia entre sus imágenes retinianas sea de 3 á 4 ó 5,4 μ, porque todavía se forman en *dos* conos distintos, aunque adyacentes. Pero si la distancia entre los puntos es tan corta

que sus imágenes caen en *un solo* cono, ó una sobre un cono y la otra en la substancia intermedia, entonces de los dos puntos sólo se ve uno solo. En las porciones periféricas de la retina todavía tienen que estar más separadas las imágenes para que se puedan percibir aisladamente.

Como las superficies redondas terminales de los conos no forman filas colocadas exactamente unas debajo de otras, sino que en cada una de éstas los círculos se introducen en los intersticios que dejan los de la fila anterior, de ahí que las líneas negras, cuando son muy finas y están muy juntas, parezcan presentar inflexiones alternadas, porque sus imágenes habrán de caer también alternativamente en los conos situados á la derecha ó á la izquierda. Esta es también la causa de que todo borde recto de un objeto aparezca onduloso en cuanto su imagen se mueve en la retina con una velocidad moderada (v. Fleischl).

IV. La visión más distinta sólo es posible con la *fovea centralis*, donde no hay más que conos, y donde también están más apiñados; en las zonas periféricas de la retina, en que están más esparcidos, es mucho menos distinta y clara la visión. De aquí se puede deducir que los conos son mucho más importantes para la función visual que los bastoncillos. Así que, cuando queremos ver bien un objeto, dirigimos involuntariamente la vista de tal manera que su imagen retiniana caiga en la fovea centralis. A esta disposición se la da el nombre de *fijar la vista*, y al rayo visual que se dirige desde la fovea al punto fijado del objeto, se le llama *eje visual* (fig. 279. *Sr*). Este forma con el eje óptico del ojo (OA), ó sea la recta que une los centros de las superficies esféricas de sus medios refringentes, un ángulo de 3,5° á 7°; el punto en que se cortan ambos ejes se encuentra, como es natural, en el punto nodal (*Kn*) del cristalino (fig. 279). Se llama *visión directa* á la que se verifica cuando los ejes visuales se dirigen directamente al punto del objeto que se trata de mirar.

Los objetos pocos iluminados no se ven tan bien por la fovea centralis como por la zona limítrofe de la retina (Arago, Ruete, Fechner, Hilbert).

Haciendo que caiga en la fovea centralis la imagen de una pantalla agujereada en forma de criba é iluminada por detrás, se ve una superficie luminosa continua cuando corresponde un punto luminoso á cada cono. Para esto se necesita que correspondan de 140 á 149 puntos á cada 0,01 milímetro cuadrado de la fovea. (Según Salzer, hay 138 conos en ese espacio).

Para que se vean aisladamente los agujeritos de la pantalla, es preciso que cada cono iluminado esté rodeado de una corona de conos no iluminados; para ello deben corresponder 72 puntos luminosos por 0,01 milímetro cuadrado de la fovea centralis (Claudio Du Bois-Reymond).

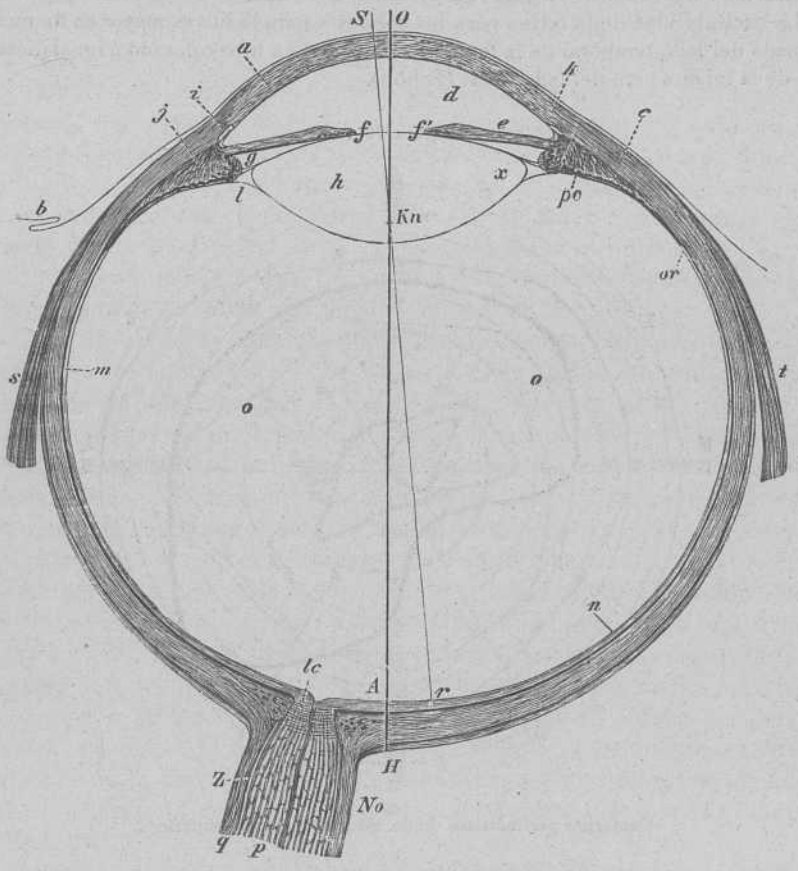
Para *examinar la agudeza visual en la visión directa* se van alejando de los ojos dos líneas finas, paralelas y muy juntas, hasta que *casi* parezcan convertirse en una sola. De la distancia de las líneas entre sí, así como de la que hay entre ellas y los ojos, se deduce la magnitud de la imagen retiniana ó del *ángulo visual* correspondiente que se ha hallado ser, por término medio, de 60 á 90 segundos.

Se dice *visión indirecta* á la que se realiza cuando los rayos luminosos que proceden del objeto, caen en porciones periféricas de la retina. La visión indirecta es mucho menos distinta que la directa; pero la zona periférica de la retina posee en alto grado la facultad de percibir los movi-

mientos, las modificaciones ó las intermitencias de las impresiones luminosas (S. Exner).

Perimetría.—Para examinar el *estado de la visión indirecta* sirve el *perímetro* de Aubert y Förster. El ojo mira á un punto fijo, del cual parte un semicírculo, cuyo centro de curvatura corresponde al sitio ocupado por el ojo mismo. Como el semicírculo puede girar alrededor del punto de fijación, describe de este modo una se-

Figura 279.



Corte horizontal del ojo derecho.

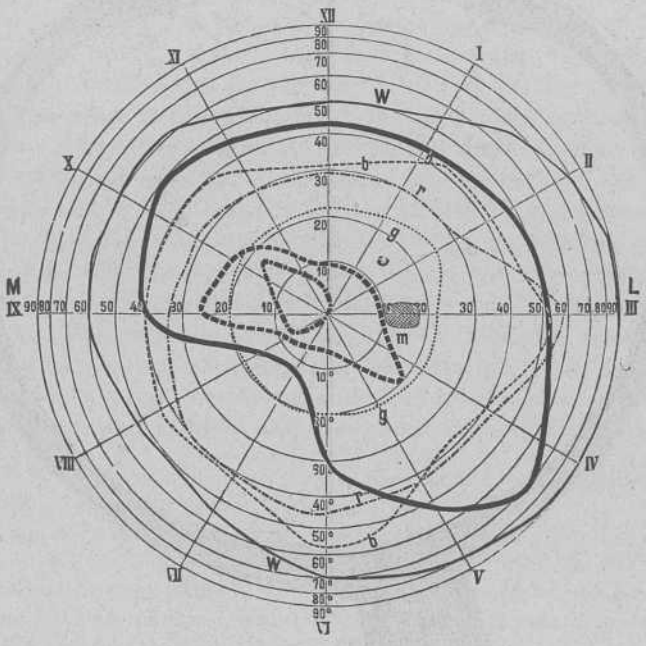
a, Córnea.—*b*, Conjuntiva.—*c*, Esclerótica. — *d*, Cámara anterior conteniendo el humor acuoso.—*e*, Iris.—*ff'*, Pupila.—*g*, Cámara posterior. – *l*, Conducto de Petit.—*j*, Músculo ciliar.—*k*, Límite esclero-querático. —*i*, Conducto de Schlemm. — *m*, Coroides —*n*. Retina —*o*, Cuerpo vítreo.—*No*, Nervio óptico. —*q*, Vainas del nervio óptico. — *p*, Fibras nerviosas.—*lc*, Lámina cribosa.—La línea *AO*, representa el eje óptico. —*Sr*, Eje visual.—*r*, Sitio de la fovea centralis.

miesfera cuyo centro es el ojo que se trata de examinar. Ahora, partiendo del punto de fijación se van corriendo objetos hacia el extremo del semicírculo, y por lo tanto hacia la periferia del campo visual hasta que no se distingan bien y dejen de verse por completo. Este examen se va repitiendo en los distintos meridianos del campo visual, para lo cual se va variando la posición del arco semicircular. Cuanto más se alejen del punto de fijación hacia el extremo del arco dos puntos

próximos, tanto más se los puede separar entre sí sin que dejen de verse como uno sólo. El poder de distinguir los diferentes colores disminuye con más rapidez hacia la periferia de la retina (que es algo ciega para el color rojo) que el de apreciar las variaciones en la intensidad de la luz. Además, esta disminución es más marcada en el meridiano vertical que en el horizontal del ojo, y también á medida que nos alejamos del punto de fijación (Aubert y Förster). Estos mismos fisiólogos observaron el hecho notable de que en la acomodación para una distancia lejana disminuye con más rapidez la agudeza visual hacia la periferia de la retina que cuando se acomoda la vista para una distancia próxima.

La excitabilidad de la retina para los colores y para la luz es mayor en un punto situado del lado temporal de la fovea centralis que en otro colocado á igual distancia de la misma pero del lado nasal (Schön).

Figura 280.



Contornos perimétricos de un ojo sano y de otro enfermo.

Si el arco del perímetro se le divide á partir de su centro ó punto de fijación (fig. 280) en 90 grados hasta *L* y hasta *M* respectivamente y se trazan cierto número de círculos concéntricos con su centro en dicho punto de fijación, es fácil, después de practicado el examen de la visión, trazar una *imagen topográfica* de la facultad visual en el ojo sano y en el enfermo. Sirva como ejemplo la adjunta figura 280. Las líneas gruesas se refieren á un ojo enfermo y las finas son las correspondientes al ojo normal. De estas líneas, las contínuas marcan los límites de la percepción del blanco ; las de rayitas los de la percepción del azul y las de rayas y puntos, marcan el campo visual del rojo (*m* representa la marcha ciega, según Hirschberg. En el ojo normal estos límites son los siguientes :

	Blanco.	Azul.	Rojo.	Verde.
Por fuera	70° — 88°	65°	60°	40°
— dentro	50 — 60	60	50	40
— arriba	45 — 55	45	40	30° — 35°
— abajo	65 — 70	60	50	35°

V. Sólo los bastoncillos y los conos son los que poseen la *energía específica* (Juan Müller), por cuya virtud, y mediante las vibraciones luminosas del éter, se produce la actividad funcional que llamamos visión. Pero también las excitaciones, sean *mecánicas* ó *eléctricas*, que afecten al aparato nervioso en cualquier punto de su trayecto, son capaces de producir fenómenos luminosos. La excitación mecánica es más intensa que la producida por los rayos luminosos; así lo demuestra el hecho de que, cuando se obtiene por presión sobre el ojo abierto, una figura obscura (§ 395. 5. a), á causa de que se interrumpe la circulación en la retina (Donders), no se pueden ver los objetos exteriores cuya imagen cae en la porción de la retina que ha sido asiento de la presión.

VI. La *duración* de la excitación retiniana, necesaria para que ésta se perciba, es cortísima, puesto que basta la de la chispa eléctrica, que no es más que de 0,000.000.868 de segundo. En general, cuanto mayor y más iluminado esté un objeto, tanto menos tiempo se necesita para percibirlo. La impresión luminosa que se percibe con mayor intensidad es aquella que se produce con 17 á 18 intermitencias por segundo (Brücke). Para que dos relámpagos se perciban aisladamente, deben transcurrir entre ellos 0,027 segundos (Charpentier). También se percibe un aumento ó disminución de 0,01 en la intensidad de la luz. Si ésta es de color amarillo, se requiere menos tiempo para percibirla que cuando es roja ó violada (Vierordt). Cuando se permanece mucho tiempo en la obscuridad, y lo mismo después del descanso de la noche, se vuelve la retina más impresionable á la luz. Si la excitación luminosa dura mucho y es muy enérgica, se *cansa* la retina, presentándose este cansancio antes en el centro que en la periferia (Aubert). Esta fatiga sigue al principio una marcha más rápida que después; y se acentua sobre todo por la mañana (A. Fick y C. F. Müller).

VII. Con la visión directa deben *moverse* los objetos con una *velocidad angular* de 1 á 2 minutos por segundo, para que se pueda percibir dicho movimiento (Aubert).

VIII. Respecto á la manera cómo la luz obra sobre los aparatos terminales de la retina, remitimos á lo dicho al tratar de la *púrpura retiniana* (Boll, W. Kühne), pág. 343. Kühne demostró que iluminando la retina se pueden obtener en ésta verdaderas imágenes de carácter permanente, verbigracia, de una ventana, que después desaparecen poco á poco. Según esto, la retina reaccionaría en cierto modo como la placa sensible de un aparato fotográfico, y cabe pensar, por lo tanto, si se producirá una acción química de la luz al percibir ésta, como ya habían sospechado antiguos observadores.

La púrpura retiniana es producida por el epitelio pigmentado de la retina mediante una especie de secreción, y depositada junto á los bastoncillos. Una retina pálida puede recobrar la púrpura colocándola junto á una capa de epitelio pigmentado vivo. La retina de los mamíferos expuesta á la luz, palidece 60 veces más deprisa que la de la rana. Ewald y Kühne obtuvieron optógramas bien marcados en ojos de conejos sometidos á la acción de la atropina, con objetos iluminados y situados á una distancia de 24 centímetros por espacio de 1 $^1/_4$ á 1 $^1/_2$ minutos; estas imágenes se fijaban con una disolución de alumbre. La púrpura retiniana resiste á todos los medios oxidantes; el cloruro zíncico, el ácido acético y el sublimado la transforman en una substancia amarilla, pero sólo la *blanquea* la luz; los rayos caloríficos y obscuros del espectro son inactivos (Klug); y las temperaturas que pasan de 52°, descomponen la púrpura.

Kühne observó que en el ojo de la rana, expuesto á la luz, las granulaciones coloreadas del epitelio pigmentado se introducen más por entre los segmentos externos de los conos y de los bastoncillos, y, en cambio, cuando se pone á la obscuridad, se vuelven á retraer hacia el cuerpo de las células de dicho epitelio pigmentado.

Otro fenómeno importante y digno de mención es el acortamiento que experimentan los conos bajo la influencia de la luz para volverse á alargar en la obscuridad; fenómeno que es bilateral aunque se ilumine un solo ojo, pero que queda limitado á este último una vez destruído el cerebro. El tétanos estrícnico, el calor y la electricidad obran de un modo parecido á la luz. Según esto, el nervio óptico debe contener fibras *motoras* (retino-motoras) á la vez que las sensibles á la luz (Engelmann y van Genderen Stort). También en los segmentos externos (Angelucci) é internos (Gradenigo) de los bastoncillos, se observan fenómenos de movimiento, por virtud de los cuales cambian de forma las granulaciones de la capa granulosa externa. Estos movimientos hasta ocasionan fenómenos eléctricos en el globo ocular (§ 334) (Engelmann y Grijus). Los mismos segmentos internos de los conos y las granulaciones, aun estando *aislados*, varían de forma bajo la acción de la luz (Gradenigo).

IX. La destrucción de los bastoncillos ó de los conos en la retina, ocasiona la aparición de *manchas obscuras* correspondientes en el campo visual.

398. Percepción de los colores.

Nociones físicas.—Las vibraciones del éter no son percibidas por la retina más que cuando se hallan dentro de ciertos límites. Haciendo pasar un haz de luz blanca, v. gr., de luz solar por un prisma, se refractan sus rayos, y se descompone dicha luz formándose el *espectro prismático* (fig. 11). La luz blanca contiene rayos de longitud de onda muy distinta ó producidos por un número muy diferente de vibraciones. Los rayos que se refractan menos son los *caloríficos obscuros*, cuya longitud de onda es de 0,00194 mm (Fizeau); no obran en la retina, y son, por lo tanto, invisibles, aunque actuan, como es sabido, sobre los nervios sensitivos. De estos rayos son absorbidos cerca del 90 por 100, por los medios refringentes del ojo (Brücke y Knobloch, Cima, Jansen). Desde la línea A de Fraunhofer (fig. 12), ya las oscilaciones del éter excitan la retina, siendo el número de ellas: para el *rojo*, 481 billones por segundo; para el *anaranjado*, 532; para el *amarillo*, 565; para el

DR. PEREZ ARAPILES
C/ Lancia núm. 12-3.°
Teléfono 20 85 19

verde, 607; para el *azul*, 653; para el *añil*, 676, y para el *violado*, 764. Según esto, *la sensación de los colores proviene del número de las vibraciones del éter*, á la manera que la altura de un sonido depende del número de las vibraciones producidas por el cuerpo sonoro (Newton 1704, Hartley 1772). Más allá del violado se encuentran en el espectro, los *rayos químicos*. Estos rayos ultraviolados son absorbidos, en su mayor parte, por los medios del ojo, sobre todo por el cristalino (Widmark). Pero si se interrumpe con un diafragma el paso de todos los rayos del espectro, incluso los violados, entonces se ven los ultraviolados teñidos de un ligero color *azul grisáceo* (v. Helmholtz). Los rayos caloríficos que hay en la porción coloreada del espectro, atraviesan por los medios del ojo casi como por el agua (Franz). La manera más fácil de demostrar la existencia de los rayos ultraviolados es por medio del fenómeno de la *fluorescencia;* en efecto, cuando v. Helmholtz hacía caer estos rayos sobre una disolución de sulfato de quinina, emitían una luz blanco-azulada los puntos de la disolución iluminados por dichos rayos. Como quiera que los medios del ojo presentan este mismo fenómeno de la fluorescencia (v. Helmholtz, Setschenow), harán, gracias á esta propiedad, que la retina perciba mejor los rayos ultraviolados. Estos rayos no son absorbidos con gran intensidad por los medios mencionados (Brücke, Donders).

Para que un color sea percibido, es menester que la retina reciba *cierta cantidad de luz*. El azul es el que necesita menos para que se perciba como tal, y la cantidad de luz que se requiere para ello es 16 veces menor que la que necesita el color rojo (Dobrowsky).

Así como la luz determina en el ojo la sensación de diferente color, según *la duración* de las vibraciones que la produce, así *la intensidad de la impresión luminosa proviene de la amplitud de dichas vibraciones* (altura de las ondas), á la manera que la fuerza ó intensidad de un sonido depende de la amplitud de las vibraciones del cuerpo sonoro. La luz del sol lleva reunidos todos los colores, cuya impresión simultánea en la retina designamos con el nombre de *color blanco*. (Reuniendo los colores del espectro que han sido dispersados por un prisma, se obtiene otra vez la luz blanca). Cuando la retina deja de ser impresionada en absoluto por las vibraciones luminosas del éter, no se percibe ninguna sensación de luz ni de color; no es que se vea color *negro*, sino que *no hay sensación visual*, como sucede, v. gr., cuando un rayo luminoso cae sobre la piel del dorso, en cuyo caso no se tiene la sensación de negro, sino falta absoluta de sensaciones luminosas.

Si un objeto coloreado es iluminado por luz de *un sólo color*, no produce ninguna impresión el suyo propio; si es iluminado por dos focos de diferente color, se destaca mejor la impresión coloreada cuando una de las luces contiene aquellos rayos que son reflejados mejor por el color del objeto, y la otra luz contiene rayos cromáticos menos separados de aquellos en el espectro solar que los rayos complementarios (H. W. Vogel).

Se da el nombre de *colores simples* á los del espectro; para percibirlos tiene que experimentar la retina un número determinado de oscilaciones (véase más arriba). Son *colores mixtos* aquellos cuya sensación es provocada al ser excitada la retina simultáneamente, ó con alternativas muy rápidas, por las oscilaciones de dos ó más colores simples. El color mixto más complejo es el *blanco*, que se compone de todos los colores simples del espectro. Por fin, todavía tenemos que mencionar los *colores complementarios*, ó sea aquellos que, reunidos dos á dos, forman el color blanco. Sólo por no dejar incompleta esta clasificación haremos mérito aquí de los *colores de contraste*, que son muy parecidos á los complementarios,

recibiendo esta denominación aquellos pares de colores que al mezclarse completan el tono claro general de la luz que los alumbra; así, con la luz del día y el azul del cielo, los colores de contraste deben producir al reunirse, un color *blanco azulado;* si el alumbrado es de gas, habrán de formar un color blanco-amarillento, y, por fin, si la luz es blanca, sin mezcla alguna, entonces los colores de contraste son idénticos á los complementarios (Brücke).

Procedimientos para mezclar los colores.— 1.° Se proyectan dos espectros solares sobre una pantalla, de tal manera que se mezclen sus colores en una misma zona de ella. 2.° Se mira oblícuamente á través de una lámina de vidrio vertical, hacia una superficie coloreada situada detrás de ella. Si por delante de esta misma hay otra que el observador ve por reflexión en el vidrio, resulta que se ven simultáneamente dos colores, uno por transparencia y otro por reflexión (v. Helmholtz). 3.° Se hace girar rápidamente la peonza cromática, en la que están colocados en un disco sectores de diferentes colores. Cuando el movimiento es muy veloz, se mezclan en la retina las impresiones producidas por todos ellos y dan origen á una sensación única y mixta. Si el disco que gira y que presenta, v. gr., el color blanco, como resultado de la mezcla de los colores del arco íris, se mira por reflexión en un espejo que gira rápidamente, vuelven á reaparecer del blanco cada uno de sus colores componentes (Landois). 4.° En el experimento de Scheiner (pág. 362, fig. 265), se colocan delante de los agujeritos de la tarjeta dos vidrios de distinto color; los rayos luminosos coloreados, que pasan por dichos agujeritos, se reunen en un punto de la retina para producir un color mixto (Czermak).

La experiencia ha demostrado que son colores *complementarios*, es decir, que forman el color blanco por su mezcla dos á dos, los colores siguientes: rojo y azul verdoso; anaranjado y azul claro; amarillo y añil; amarillo verdoso y violado. El color complementario del verde es un color compuesto: el púrpura (v. Helmholtz). Los colores mixtos que resultan de la unión de los simples, se conocen por la tabla siguiente: A la cabeza de las columnas vertical y horizontal están los colores simples, y en la intersección de ellas los mixtos que resultan de la unión de los simples correspondientes.

	Violado.	Añil.	Azul ciánico	Verde azulado.	Verde.	Amarillo verdoso.	Amarillo
Rojo.....	Púrpura	Rosa obscuro	Rosa claro	Blanco	Amarillo blanquecino	Amarillo de oro	Anaranjado
Anaranjado...	Rosa obscuro	Rosa claro	Blanco	Amarillo blanquecino	Amarillo	Amarillo	—
Amarillo.....	Rosa claro	Blanco	Verde blanquecino	Verde blanquecino	Amarillo verdoso	—	—
Amarillo verdoso.....	Blanco	Verde blanquecino	Verde blanquecino	Verde	—	—	—
Verde.....	Azul blanquecino	Azul de agua	Verde azulado	—	—	—	—
Verde azulado.	Azul de agua	Azul de agua	—	—	—	—	—
Azul ciánico...	Añil	—	—	—	—	—	—

Las observaciones acerca de las mezclas de colores, han dado los siguientes resultados : 1.° Mezclando dos colores simples, pero que no sean espectrales complementarios, se origina una sensación cromática que se puede reproducir por un color espectral situado entre los dos que se mezclen, y al que se añada cierta cantidad de color blanco. Es decir, que cualquiera impresión cromática mixta se puede obtener mezclando blanco á un color espectral (Grassmann). 2.° Cuanto menos mezclado de blanco esté un color, tanto más *saturado* es, y en cambio es tanto menos saturado cuanto mayor sea la proporción de blanco que contenga. A medida que aumenta la intensidad de luz que acompaña á un color, disminuye la saturación de éste.

Newton ya había tratado de construir, con arreglo á los resultados de la experiencia acerca de las mezclas de los colores, una *tabla geométrica de los colores*, en la que se pudiese encontrar fácilmente cualquiera color mixto, empleando la misma construcción que para hallar el centro de gravedad. En la figura adjunta está la tabla de los colores; en el centro de ella se encuentra el blanco, y desde aquí hasta cada uno de los puntos de la curva que llevan los nombres de los distintos colores, hay que suponer que van apareciendo estos de tal manera, que el matiz más claro empieza á partir del blanco, para seguir con otros más saturados de color, hasta alcanzar el grado máximo de saturación y de pureza de color espectral en los puntos de la curva que llevan los nombres respectivos. Entre el violado y el rojo se encuentra el color mixto de ambos, ó sea el púrpura. Si se quiere buscar con esta tabla el color que resulta de la mezcla de otros dos determinados, se unen los puntos de estos dos colores por medio de una línea recta; en los puntos de la curva que llevan los nombres de ambos colores, se suponen colocados pesos proporcionales á sus intensidades; el centro de gravedad de la línea que los una señalará el punto que ocupe el color mixto en la tabla en cuestión. *El color mixto de dos colores espectrales, siempre se encuentra en esta tabla en la línea recta que une á los dos puntos correspondientes á dichos colores*, y es fácil observar además que la impresión mixta que se recibe corresponde á la de un color intermedio mezclado con el blanco.

El *color complementario* correspondiente á un color espectral determinado, se encuentra en el acto, trazando desde este último una línea que pase por el blanco y que se continue hasta cortar el lado opuesto de la tabla cromática; el punto de intersección indica cuál es el color complementario que se busca. Para que se produzca un color blanco puro con dos colores complementarios, debe ser más intenso aquel que está más próximo al blanco en la línea que los une, pues sólo por eso se encuentra el blanco en el centro de gravedad de la línea que une á entrambos colores complementarios.

Pero con la tabla cromática se pueden *encontrar también los colores mixtos obtenidos por la mezcla de tres ó más colores*. Supongamos que se tratan de mezclar, verbigracia, los colores que corresponden á los puntos *a* (amarillo pálido), *b* (azul verdoso bastante saturado) y *c* (azul de saturación regular). Se suponen en dichos puntos aplicados tres pesos proporcionales á las intensidades de los colores respectivos, y se busca el centro de gravedad del triángulo *abc*; se encontrará en *p*. Pero es fácil comprender que esta impresión cromática mixta, de color azul verdoso blanquecino, también se puede obtener con sólo mezclar el azul verdoso y el blanco (según hemos visto en la proporción 1), puesto que *p* también es el centro de gravedad de dos pesos que estén colocados en la línea que une el blanco con el azul verdoso.

La tabla geométrica de los colores se puede inscribir dentro de un *triángulo* V,

Ve, R, en cuyos ángulos se hallen los *tres colores fundamentales*; rojo, verde y violado. Fácil es comprender que cada una de las impresiones cromáticas, ó sea cada punto de la tabla cromática, se puede encontrar colocando en los ángulos del triángulo pesos proporcionales á la intensidad de los colores fundamentales, de tal manera, que el punto de la tabla de los colores, ó sea el del color mixto que se busca, se hallará en el centro de gravedad del triángulo cargado de ese modo en sus tres ángulos. Para la producción del color mixto, deben hallarse en la mezcla los tres colores fundamentales con una intensidad proporcional á la de los pesos.

Para explicar la percepción de los colores se han ideado varias *teorías*.

1.ª Según una teoría, las distintas sensaciones cromáticas provendrían de que no hay más que *una clase* de elementos en la retina que puedan ser excitables por la luz, pero que lo son de diversa manera, según los distintos colores (oscilaciones del éter de distinta longitud de onda, número de vibraciones é índice de refracción).

Figura 281.

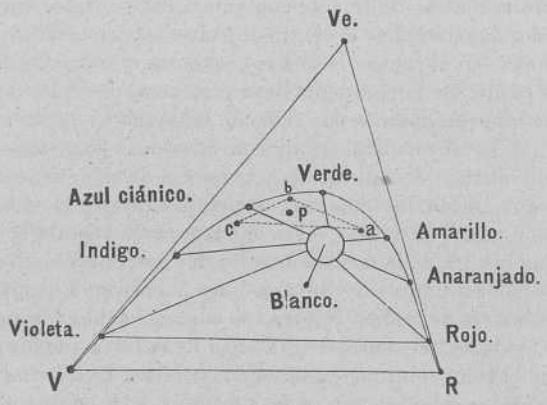


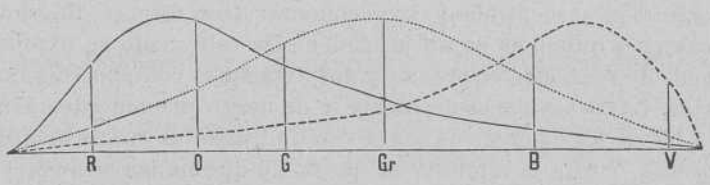
Tabla geométrica de los colores.

2.ª La teoría de Thomas Young (1807) y Hermann v. Helmholtz (1852), admiten que hay en la retina *tres especies diversas* de elementos terminales, correspondientes á los tres colores fundamentales; la excitación de la primera, determinaría la sensación del *rojo;* la de la segunda, la del *verde,* y la de la tercera, la del *violado.*

Los elementos sensibles al rojo son los excitados con más energía por la luz de mayor longitud de onda (rayos rojos); los sensibles al verde lo son por la luz cuyas ondas son de longitud media (rayos verdes), y los sensibles al violado, son los elementos más impresionables á la luz cuyas ondas son más cortas (rayos violados). Pero lejos de suponer que cada grupo de elementos es excitado exclusivamente por un color fundamental determinado, se admite, á fin de poder explicar ciertos fenómenos, que *cada uno de los colores espectrales excita á todas las clases de fibras, pero á unas con más energía que á las otras.* Si en la fig. 282 suponemos colocados los diferentes colores del espectro en línea horizontal y en el mismo orden con que se presentan en la naturaleza (desde el rojo al violado), las tres curvas trazadas encima y que se cruzan en su trayecto, pueden representar la energía con que son excitadas las tres clases de elementos retinianos; la curva contínua corresponde á los impresionables al rojo; la de puntos, á los sensibles al verde, y la de rayas es la que representa los que lo son al color violado. El rojo puro excita enérgi-

camente á los sensibles á este color y muy poco á las otras dos clases de elementos (como lo expresa la altura de la ordenada levantada en R); sensación *roja*. El amarillo puro excita moderadamente los elementos sensibles al rojo y al verde y con menos fuerza á los que son impresionables al violado; sensación *amarilla*. El verde puro excita con energía á los elementos sensibles á este color y con mucha menos intensidad á los de las otras dos clases; sensación *verde*. El azul puro excita con intensidad moderada á los elementos sensibles al verde y al violado, y con poca energía á los impresionables al rojo: sensación *azul*. El violado puro excita con fuerza á los elementos de su grupo y débilmente á los otros dos; sensación *violada*. La excitación de dos clases de elementos produce la impresión de un color mixto, y la de los tres grupos de elementos con intensidad bastante igual, determina la sensación de blanco. Admitiendo esta teoría de Young-Helmholtz, se explican de un modo claro y sencillo los fenómenos de la percepción normal de los colores; no viniendo á ser más que un desarrollo de la doctrina de Juan Müller, acerca de la energía específica de las fibras nerviosas. Se ha querido acomodar, además, á esta teoría la estructura misma de la retina, suponiendo que los *conos* serían los únicos elementos terminales sensibles á los colores (Max Schultze), y considerándolos

Figura 282.



Esquema de la teoría cromática de Young-Helmholtz.

como aparatos terminales múltiples, gracias á la estriación longitudinal de sus segmentos externos. Según esto, el grado de la sensibilidad cromática de la retina está en relación con el número de los conos; este número alcanza su máximum en la mácula lútea, que no contiene más que conos, y va disminuyendo mucho á medida que se avanza hacia la periferia de la retina, donde desaparecen por completo. A los bastoncillos no se les atribuye otro papel que el de percibir las variaciones cuantitativas en la intensidad de la luz.

3.ª Ewald Hering, para explicar la sensación visual, parte del supuesto de que lo que percibimos en nuestra conciencia como sensación visual, es la expresión psíquica de un cambio nutritivo en la *substancia visual* ó sea en la masa nerviosa que entra en excitación en el acto de ver. Esta substancia, como las demás que forman parte del cuerpo, experimenta cierta transformación, cierta *desasimilación*; se descompone en el acto de su actividad funcional, para reponerse, restablecerse ó *asimilar* durante el reposo. Hering cree que la percepción del *blanco* (claro) y del *negro* (obscuro), proviene de dos diversas cualidades de procesos químicos en la substancia visual, de tal manera, que á la primera sensación corresponde la *desasimilación* (desgaste) de dicha substancia y su *asimilación* (reparación) á la segunda. Según esto, hay la misma proporción en las intensidades de estos dos procesos psico-físicos, que en la claridad ú obscuridad con que son percibidas dichas sensaciones en cada uno de los colores intermedios entre el blanco puro y el negro más subido, ó en

la proporción en que aparecen en los colores mixtos (gris). Son, por lo tanto, el desgaste y la reparación de materia en la substancia visual los procesos causales de las sensaciones de blanco y de negro. El desgaste ó consumo de substancia visual en la sensación de blanco, se verifica, obrando las ondulaciones del éter como fuerza de desprendimiento; el grado de la sensación de claridad es proporcional á la cantidad de materia consumida. La reparación de ésta origina la sensación de negro, la cual es tanto más acentuada, cuanto más intensa sea dicha reparación. El consumo de substancia visual en un punto, provoca una mayor reparación de la misma en sus inmediaciones; de suerte que ambos procesos se influyen de un modo recíproco y simultáneo. [Así se explica el fenómeno del *contraste* (pág. 400) de un modo fisiológico, mientras la teoría antigua no podía dar de este hecho más que una interpretación psíquica].

La *percepción de los colores* se explica de un modo análogo por una sensación de desgaste (desasimilación) ó de reparación (asimilación); el *rojo* y el *amarillo* son, lo mismo que el *blanco*, expresión de la primera; en cambio el *verde* y el *azul* lo son de la sengunda. Según esto, la substancia visual es susceptible de experimentar tres formas diferentes de modificaciones químicas en su nutrición. De este modo se explican los fenómenos de *contraste coloreado* y las imágenes consecutivas complementarias. Las sensaciones de blanco y de negro pueden además acompañar á las de los colores, dando á estas últimas un matiz más claro ó más obscuro, y esta es también la causa de que nunca veamos colores puros. Hay, por lo tanto, tres elementos constitutivos diferentes en la substancial visual; el sensible al blanco y al negro (incoloro), el que lo es al azul y al amarillo; y el impresionable al rojo y al verde. Todos los rayos del espectro visible obran como desasimiladores de la substancia blanca-negra, pero en diverso grado, según los distintos rayos. En cambio, sobre las substancias amarilla-azul y verde roja, hay rayos que obran como desasimiladores, otros como asimiladores y algunos son inactivos. La luz mezclada aparece incolora cuando ejerce la misma influencia asimiladora que desasimiladora, tanto en la substancia amarilla-azul como en la verde-roja, porque entonces se neutralizan ambas acciones y sólo queda de manifiesto la ejercida sobre la substancia blanca-negra. Dos luces coloreadas objetivas que juntas forman el blanco, no deben calificarse de complementarias, sino de antagonistas, puesto que no se completan para formar el blanco, sino que, como antagonistas, se neutralizan mútuamente en su acción, permitiendo que se manifieste puro dicho color blanco.

El punto débil de la teoría de Young-Helmholtz, consiste en que no admite más que una sola especie de irritabilidad, de excitación y de cansancio (correspondiente á la desasimilación de la teoría de Hering) y que desconoce el antagonismo en el modo de obrar de ciertos rayos luminosos respecto al órgano visual; de ahí que la formación del color blanco por la mezcla de colores complementarios no la explique suponiendo que estos se neutralizan en su acción sobre las substancias visuales coloreadas, sino admitiendo que se completan formando el blanco (Hering).

Aplicando la teoría de Hering á la *ceguera para los colores* (véase § 399) hay que admitir que en los *ciegos para el color rojo* falta la substancia visual verde-roja; en su espectro solar no hay más que dos espectros parciales; el blanco-negro y el azul-amarillo. La zona del verde les parece incolora y los rayos de la porción roja del espectro sólo son visibles en cuanto las sensaciones de blanco y de amarillo despertadas por ella, son todavía bastante intensas para excitar á la retina en grado suficiente. Los sujetos que se hallan en este caso, dividen su espectro en dos mitades; una amarilla y otra azul (Hering). Los *ciegos para el color violado*, carecen de la substancia visual azul-amarilla, y en su espectro no hay más que dos espectros parciales: el blanco-negro y el verde-rojo. En la *ceguera cromática total* faltan las dos substancias visuales azul-amarilla y verde-roja. Los individuos que se hallan en este caso, no perciben más sensaciones que las de claro y obscuro. Se conservan la sensibilidad á la luz y la longitud del espectro; en éste la zona más clara se ve en la porción correspondiente al amarillo, lo mismo que en el estado normal (Hering).

399. Ceguera para los colores; su importancia práctica.

Se entiende con el nombre de *ceguera para los colores ó discromatopsia* á un estado patológico en el que no se pueden apreciar ciertos colores. Conocido ya por Huddart (1777), fue sin embargo el físico Dalton, que era *ciego para el color rojo*, el primero que dió de él una descripción exacta. El nombre de ceguera para los colores (colourblindness) proviene de Brewster.

Los partidarios de la teoría de Young-Helmholtz, admiten, consecuentes con ella, la parálisis de las tres clases de elementos retinianos perceptores de los colores, ó sea tres clases de ceguera para los colores: 1.ª, *ceguera para el rojo*; 2.ª, *ceguera para el verde*; y 3.ª, *ceguera para el violado*. El grado extremo de esta afección es la ceguera para *todos* los colores.

Los partidarios de la teoría de Hering distinguen las siguientes clases de discromatopsia.

1.ª *Ceguera total para los colores ó acromatopsia.*—El espectro aparece acromático, siendo su claridad más intensa en la zona que corresponde al amarillo verdoso para ir obscureciendo desde aquí en ambas direcciones. Un cuadro de color aparece como una fotografía ó como un grabado. A veces se perciben las variaciones en la intensidad de la luz con cierto matiz, v. gr., amarillento, faltando los demás colores para poder establecer comparación. O. Becker y v. Hippel, han visto casos de ceguera total para los colores, congénita é *unilateral*, mientras el otro ojo se hallaba en condiciones normales.

2.ª *Ceguera para el amarillo y el azul* (Stilling). —El espectro es bicromático; sólo consta de rojo y de verde y casi siempre está muy acortado por el lado azul violado. En los casos puros no se perciben con distinción más que el rojo y el verde espectrales (eritrocloropia de Mauthner), pero ningún otro fuera de estos. (También se ha observado en un solo ojo).

3.ª *Ceguera para el rojo y el verde.*—El espectro aparece también bicromático, se ven bien el amarillo y el azul, el violado se ve como azul y faltan las sensaciones de rojo y de verde. En esta categoría hay que distinguir: *a*) La *ceguera para el verde* ó la ceguera para el verde y el rojo con espectro *no acortado* (xantocianopia de

Mauthner), en la cual se equivocan el verde claro y el rojo obscuro. En el espectro confinan directamente el azul y el amarillo, ó no hay entre ambos colores más que una faja gris. El máximum de claridad se encuentra en el amarillo (también hay casos en que esta afección es unilateral y con frecuencia hereditaria). *b*) La *ceguera para el rojo*, ó para el rojo y el verde con espectro *acortado*, llamada también daltonismo, en la que se equivocan el rojo claro y el verde obscuro. El espectro consta de amarillo y azul; pero el amarillo ya se ve en la zona del anaranjado y el lado rojo del espectro no está coloreado ó hasta aparece obscuro. La claridad más intensa y lo mismo el límite entre el amarillo y el azul, se encuentran más á la derecha.

4.ª *Ceguera incompleta para los colores ó sentido cromático disminuído.* — Así se llama al estado en que está deprimida la delicadeza en la percepción de los colores, de tal manera, que estos sólo se distinguen cuando se hallan en objetos de gran tamaño ó muy próximos, y dejan de percibirse muy pronto en cuanto se mezclan con el blanco. Cierto grado de esta variedad es frecuente en cuanto hay muchas personas que no son capaces de diferenciar el azul verdoso del verde azulado.

La ceguera para los colores, también sobreviene, como anomalía *adquirida*, en las afecciones retinianas, en la inflamación y en la atrofia del nervio óptico (Benedict), en los primeros períodos de la tabes, en las afecciones cerebrales (pág. 318), y en algunas intoxicaciones. Primero se presenta la ceguera para el color verde, y luego la acompaña la ceguera para el color rojo. La zona periférica de la retina se afecta antes que su porción central (Schirmer). En las histéricas se ha observado á veces la cegura para los colores, bajo una forma accesional (Hilbert, Charcot, Landolt), y lo mismo en los sujetos hipnotizados (pág. 295).

Es notable el hecho observado por H. Cohn, de que en algunos acromatópsicos, desaparece pasajeramente su ceguera para los colores, calentándoles el globo ocular. En las personas privadas de su cristalino, ó con la pupila muy dilatada, se ha observado á veces que ven los objetos de color *rojizo*, sin que se conozca la causa de este fenómeno, que acaso provenga de una iluminación difusa de toda la superficie retiniana (Dobrowolsky).

Holmgren encontró que son ciegos para los colores, el 2,7 por 100 de todas las personas; siendo la variedad más frecuente la ceguera para el rojo y para el verde, y rarísima la ceguera para el color violado.

Las investigaciones acerca de la facultad de percepción de los colores de la retina *normal*, para las cuales el mejor instrumento es el *perímetro* de Aubert-Förster, han revelado el hecho sorprendente de que la *facultad de percepcion cromática, solo es perfecta en el centro del campo visual. Por fuera de este centro hay una zona, con la que sólo se distinguen el azul y el amarillo, y que, por lo tanto, es ciega para el color rojo. Y esta zona á su vez, está rodeada por un anillo periférico con ceguera absoluta para todos los colores* (pág. 386). Según esto, el individuo ciego para el color rojo, se distingue del que se halla en estado normal en que, bajo este concepto, le falta la porción central del campo visual normal, cuya porción ha sido invadida por la zona periférica más inmediata. El campo visual de un sujeto ciego para el color verde, se distingue del de otro cuya vista se halle en estado fisiológico, en que su zona periférica corresponde á la intermedia y á la periférica de esta última. En cambio, el que está ciego para el color violado, se distingue del normal en que carece por completo de la zona periférica que tiene este último. La ceguera incompleta para los colores en estas dos variedades, se caracteriza por un campo central reducido de un modo uniforme.

Es notable que en los casos de hiperestesia óptica de origen cerebral, se ensanchan más hacia la periferia los límites normales de la percepción de los colores (página 386).

En la intoxicación con la *santonina*, aparece una ceguera para el color violado

(visión amarilla), por consecuencia de una parálisis de los elementos retinianos sensibles al violado, precedida, no raras veces, de una excitación de la misma con visión de este color (Hüfner). Tal es la explicación que da Holmgren, con arreglo á la teoría de Young-Helmholtz. Esto no obstante, M. Schultze atribuye la visión amarilla á un aumento del pigmento de este color en la mácula lútea.

Cuando los objetos coloreados son muy pequeños, y se los ilumina por muy poco tiempo, la percepción que se borra más pronto en el ojo normal es la del color rojo (Aubert, Lamansky); parece, por lo tanto, que para la sensación de este color se necesita una excitación más enérgica que para la de los demás. En este sentido depone la observación de Brücke, de que la luz blanca con intermitencias muy rápidas, se ve de un color verdoso, porque, á causa de durar muy poco la excitación de los elementos de la retina sensibles al rojo, no tienen éstos tiempo de ser excitados.

Holmgren tiene el mérito de haber aplicado esta investigación de la ceguera de los colores, como medio de evitar ciertos accidentes en los servicios públicos. Sobre todo, ningún empleado de ferrocarriles ni buques, debe ser admitido como tal, sin averiguar de un modo terminante el estado de su percepción visual de los colores, puesto que nadie que padezca discromatopsia, es capaz de distinguir las luces de señales de color *rojo* y *verde*.

Procedimiento de investigación.—Holmgren emplea, siguiendo en esto á Seebeck, como material más sencillo, madejas de lana de color, formando con ellas, por lo menos, cinco matices diferentes de un solo color en cada manojo, desde el rojo, anaranjado, amarillo, amarillo verdoso, verde, azul verdoso, azul, violado y púrpura, y además el rosa, el pardo y el gris; si es posible, deben tenerse á la mano muchos matices diferentes de cada color. Para hacer el examen, se separa una madeja de color determinado, v. gr., el verde claro ó el rosa, eligiendo aquel color de cuya percepción visual más convenga examinar al sujeto en cuestión; luego se le invita á que escoja entre las demás madejas aquellas cuyo color más se le parezca á la que se ha separado, para que las coloque al lado de ésta. Según las trazas que se dé el examinando para cumplir este cometido, así se juzga de su sentido cromático. Para hacer la investigación con más exactitud, se examina este mismo sentido con el espectro solar.

Macé y Nacati han medido la agudeza visual, según el color del espectro con que se ilumina un objeto de dimensiones muy reducidas; comparando los resultados de sus investigaciones con lo que se observa en las personas ciegas para el rojo y para el verde, se vió que los ciegos para el color rojo, perciben más clara una luz verde que los individuos normales. En los ciegos para el verde, hay una sensibilidad excesiva para el rojo y el violado. Parece, en vista de esto, que lo que en estos sujetos se pierde en la percepción de un color determinado, se gana en la de los demás; observándose también que gozan de mayor agudeza en la facultad de distinguir las diferencias en la intensidad de la luz.

400. Duración de las excitaciones retinianas.—Imágenes consecutivas, positivas y negativas.—Irradiación.—Contraste.

Lo mismo que en la excitación de cualquier otro aparato nervioso, también transcurre cierto tiempo, aunque muy breve, desde que penetran los rayos luminosos en el ojo hasta que producen su efecto, ya bajo la forma de sensación consciente ó como fenómeno reflejo, determinando la contracción de la pupila. También en este caso habrá de depender en

gran parte la *intensidad* de la impresión, de la excitabilidad de la retina y de los demás elementos nerviosos. Cuando la acción de la luz persiste mucho tiempo con la misma intensidad, la excitación que provoca, después de haber alcanzado su punto más culminante, pronto empieza á disminuir al principio rápidamente y luego cada vez con mayor lentitud. Si después de haber estado actuando cierto tiempo la excitación luminosa de la retina, se suspende de pronto, todavía continua la retina en estado de excitación durante cierto tiempo; persistiendo en tal estado con tanta mayor intensidad y permanencia, cuanto más enérgica y duradera hubiese sido dicha excitación luminosa y más excitable la retina. De ahí que, después de cualquiera percepción visual, persista una llamada *imagen consecutiva*, sobre todo cuando ha sido muy brillante y distinta. Hay varias clases de imágenes consecutivas, dándose el nombre de *positivas* á aquellas que conservan la misma intensidad luminosa y el mismo color que las primitivas á que suceden.

« Cierto grado de persistencia de las imágenes en el ojo, es un fenómeno que consideramos fisiológico ; pero cuando esa persistencia subsiste por mucho tiempo, se trata de un hecho *patológico*. Cuanto más débil es el ojo, tanto más tiempo persisten en él las imágenes ; la retina no se restablece tan pronto en su estado anterior, pudiendo considerarse á este efecto como una *especie de parálisis*. Si se mira al sol, puede conservarse su imagen en el ojo durante varios días ; y esto mismo sucede proporcionalmente con las imágenes que no deslumbran como la de este astro. Büsch refiere que ha conservado en sus ojos durante diecisiete minutos la imagen completa de un grabado con todos sus detalles» (Goethe).

EXPERIMENTOS Y APARATOS PARA ESTUDIAR LAS IMÁGENES CONSECUTIVAS POSITIVAS. —1.° La aparición de un *círculo de fuego* cuando se hace girar rápidamente un carbón encendido. 2.° El *taumatropio* de París : una hoja de cartón lleva en un lado, verbigracia, la imagen del torso de una estátua, y en el otro, en el sitio correspondiente, se figura el resto de dicha estátua. Haciendo girar el cartón rápidamente de modo que se vean á intervalos muy cortos sus dos caras, aparece la figura de la estátua completa. 3.° El *fenakistoscopio* de Plateau ó los *discos estroboscópicos* de Stampfer. En un disco ó en un cilindro están dibujadas una serie de figuras que representan fases sucesivas del movimiento contínuo de un objeto. Se hace girar con rapidez el disco ó cilindro, y se miran por una abertura las distintas figuras que van pasando por delante de ella en rápida sucesión. Como la impresión de cada imagen dura todavía cuando la sustituye la siguiente, se produce el mismo efecto que si se estuviera viendo al objeto en cuestión realizar un movimiento continuado sin interrupción alguna. Este aparato, que actualmente ha sido muy vulgarizado por Anschütz, no ha sido inventado en 1832 por los dos investigadores antes mencionados, como se cree generalmente, puesto que ya lo describe Cardan en 1550. Se puede emplear con un fin científico para representar ciertos movimientos, como los de los espermatozoos y de las pestañas vibrátiles (Purkinje y Valentin) ; y también se pueden representar y analizar así de un modo muy instructivo los movimientos del corazón y los que se producen en el acto de la marcha (Landois) (pág. 69 y 74). 4.° La *peonza cromática* lleva en los sectores de su círculo los colores que se han de mezclar. Como cada uno de ellos deja en la retina una impresión que dura más que el tiempo que tarda en dar una vuelta entera, se perciben todos simultáneamente, y se vé, por lo tanto, el color que resulta de su mezcla.

A veces, y sobre todo cuando la excitación de la retina es más intensa y persistente, se presenta una *imagen consecutiva negativa* en vez de la positiva, cuya imagen está caracterizada, porque en ella aparecen claras las partes que eran obscuras en la del objeto, y que, en vez de los colores de éste, aparecen los llamados de *contraste* (pág. 389).

Ejemplos de imágenes consecutivas negativas.—Cuando se mira mucho tiempo á una ventana por donde entra una luz muy viva, y se cierran después los ojos, se sigue viendo la ventana, pero con los vidrios obscuros y los marcos claros. Con el aparato de Nörrenberg se ven imágenes consecutivas *negativas y coloreadas* muy hermosas. Se mira de hito en hito y por mucho tiempo á una superficie coloreada, verbigracia, á un cartón amarillo, en cuyo centro esté pegado un cuadradito de color azul. Colocando ahora de pronto una pantalla blanca delante del cartón, aparece de color azulado con un cuadrado amarillento en su centro.

Para explicar las imágenes consecutivas negativas obscuras, se admite que los elementos de la retina están tan cansados, que su excitabilidad está disminuída durante cierto tiempo, de tal manera, que en esas porciones la luz sólo se puede percibir con menos intensidad, y de ahí que se vea como obscuridad. Hering explica estas imágenes por un proceso de asimilación de la substancia visual blanca-negra.

Para explicar las imágenes consecutivas *coloreadas*, con la teoría de Young-Helmholtz, se admite que, bajo la influencia de un color, v. gr., el rojo, se paralizan los elementos retinianos destinados á percibirle. Si entonces se mira de pronto á una superficie blanca, se ven todos los colores que componen éste menos el rojo, y de ahí que se vea el color verde, ó sea el de contraste, que á la luz clara del día es muy parecido al color complementario. Según Hering, la imagen consecutiva con color de contraste se explica por la asimilación en la substancia visual coloreada, que en el ejemplo que acabamos de citar, sería la verde-roja (pág. 394).

Desde que comienza una iluminación momentánea hasta que aparece una imagen consecutiva, transcurren 0,344 segundos (v. Vintschgau y Lustig).

No es raro que después de intensas excitaciones de la retina, alternen imágenes consecutivas positivas y negativas, hasta que se van desvaneciendo poco á poco. Así cuando se mira al sol poniente de color rojo obscuro, alternan las imágenes consecutivas en forma de discos rojos y verdes.

Los fenómenos de contraste experimentan algunas modificaciones en las zonas periféricas de la retina, por la ceguera para los colores que existe en parte en dichas zonas (Adamük, Woinow).

Irradiación. — Se suele dar este nombre á una apreciación falsa de las sensaciones visuales que se observa *cuando la acomodación no es exacta*. En este caso, los bordes de los objetos se pintan en la retina formando círculos de difusión, y el alma tiende á añadir este circo borroso á aquella porción de la imagen que más se destaca. Bajo este concepto, lo claro aparece mayor, y prevaleciendo sobre lo obscuro; y los objetos, sea cualquiera su iluminación y su color, predominan sobre el fondo ó ambiente que les rodea. Cuando la acomodación es muy exacta y precisa no se presenta el fenómeno de la irradiación.

«Un objeto obscuro aparece más pequeño que otro claro de las mismas dimensiones. Si se miran á cierta distancia y al mismo tiempo un círculo blanco sobre

fondo negro y otro negro, de dimensiones iguales, sobre fondo blanco, creeremos que el último es un quinto menor que el primero. Ampliando en esta cantidad el círculo negro, aparecerán iguales los dos. Ya hacía notar Tycho de Brahe que la luna aparece en la conjunción (luna nueva) un quinto más pequeña que en la oposición (luna llena). El cuarto creciente parece pertenecer á un disco mayor que la porción obscura de la luna nueva, que á veces se puede distinguir. Los trajes obscuros hacen que las personas aparezcan más delgadas que los trajes claros. Mirando un mechero de luz detrás de un borde, se ve en éste una muesca aparente en la dirección del mechero. Una regla detrás de la que sobresalga la luz de una bujía nos aparece como mellada. El sol saliente y el poniente parecen hacer una escotadura en el horizonte (Goethe)».

Se da la denominación de CONTRASTE SIMULTÁNEO al fenómeno por virtud del cual, cuando en una imagen hay al mismo tiempo partes claras y obscuras, las primeras (blancas) siempre aparecen con una claridad tanto más intensa cuanto menos lo sea en sus contornos, es decir, cuanto mayor obscuridad las rodee, y á la inversa, aparecen tanto menos claras cuanto más sean los matices blanquecinos que haya en su proximidad. A esta categoría pertenece también el fenómeno análogo que se observa en las imágenes *coloreadas;* en éstas nos parece tanto más intenso un color cuanto más completa sea su falta en sus proximidades, ó sea cuanto más predominen en éstas los matices del color de contraste. El contraste simultáneo procede, por lo tanto de dos impresiones simultáneas y adyacentes que afecten á porciones de la retina que también estén inmediatas entre sí.

Ejemplos del contraste de claro y obscuro. — 1.° Mirando un enrejado blanco sobre un fondo negro, aparecen más obscuros los puntos de cruce de las líneas blancas, porque en estos puntos es donde hay menos cantidad de negro. 2.° Se fija la mirada en un punto de una tira estrecha de papel gris obscuro colocada sobre un fondo de color negro subido. Si ahora se introduce entre la tira y el papel negro un gran trozo de papel blanco, la tira aparece de un color mucho más obscuro que antes, y si se quita el papel blanco, en el acto vuelve á aparecer más clara la tira de papel gris (Hering). 3.° También es muy instructivo el siguiente experimento: Se mira con ambos ojos á una superficie de color blanco grisáceo, v. gr., al techo de una habitación, y al cabo de cierto tiempo, se coloca delante de un ojo un tubo de cartón del diámetro interior de unos 2 centímetros y del largo de la palma de la mano; la parte del techo que se ve por el tubo aparecerá como una mancha redonda de color más claro (Landois).

Ejemplos del contraste de colores. — 1.° Se coloca un pedacito de papel gris sobre un fondo rojo, amarillo ó azul; en el acto aparece con el color de contraste, ó sea verde, azul ó amarillo respectivamente. El fenómeno todavía es más acentuado, si al tiempo de mirar á los dos papeles, se los cubre con otro que se hubiese vuelto translúcido por medio del aceite (Herm. Mayer). Cuando se mira en estas condiciones un impreso en papel de color, aparece del color complementario (W. v. Bezold). 2.° Una burbuja de aire en el campo visual muy teñido de una preparación microscópica gruesa, se presenta con un color de contraste muy intenso (Landois). 3.° Se pegan en un disco blanco cuatro sectores verdes, que estén interrumpidos en el medio, de modo que corresponda esta interrupción á un anillo del disco, y que esté ocupada por una tira estrecha de color negro. Al girar el disco, aparece ese anillo de un color rojo bien marcado (no gris: Brücke). 4.° Se mira una superfi-

cie de color blanco grisáceo, y después se coloca delante de un ojo un tubo del largo y del grueso de un dedo, y hecho de papel pintado y empapado de aceite, de manera que deje pasar la luz por sus paredes; en el acto aparece la parte de la superficie que se ve por ese tubo con el color de contraste. Este experimento demuestra, además, muy bien el contraste en la intensidad de la iluminación (Landois). 5.° Una hoja de papel blanco que tenga en el medio una mancha redonda y negra, aparece, cuando se la mira á través de un vidrio azul, azul con una mancha negra. Si ahora se hace que se refleje en el mismo vidrio una mancha blanca del mismo tamaño y forma, colocada en un fondo negro, de tal manera que cubra su imagen á la primera, se ve amarilla, ó sea con el color de contraste (Ragona Scina). 6.° También el fenómeno de las *sombras coloreadas* pertenece á este grupo del contraste simultáneo. «Para que se produzcan las sombras coloreadas, se requieren dos condiciones: la primera, que la luz principal coloree de algún modo la superficie blanca; y la segunda, que otra luz ilumine en cierto grado la sombra proyectada por la primera. Sobre un papel blanco iluminado con la luz crepuscular, se coloca una bujía de poca fuerza luminosa, y entre ésta y la dirección en que viene la luz del día, que va declinando, se pone un lápiz en dirección vertical, de tal manera que la sombra proyectada por la luz de la bujía, sea iluminada por la del crepúsculo, pero no neutralizada por ésta. Entonces aparecerá la sombra del lápiz con un hermoso color azul. Que sea tal el color de la sombra, se ve desde luego; pero se necesita concentrar la atención para convencerse de que el papel blanco obra como una superficie de color amarillo-rojizo, y que este matiz es el que da origen á que á nuestra vista aparezca la sombra de color azul. Uno de los ejemplos más bellos de sombras coloreadas, se obtiene con la luz de la luna llena. Se hace que esta luz y la de una bujía, se equilibren por completo. Las sombras que ambas producen, pueden presentarse con la misma distinción é intensidad, de tal manera que sean iguales bajo este concepto. Se hace que la luz de la luna caiga de lleno sobre una placa de vidrio, y la de la bujía con cierta oblicuidad, aunque á la distancia conveniente, y se coloca delante del vidrio un cuerpo opaco: se producen con esto dos sombras, apareciendo de intenso color amarillo-rojizo la proyectada por la luna, é iluminada por la bujía, y de un hermoso color azul la producida por ésta y alumbrada por la luz lunar. La zona en que estas dos sombras se confunden, tiene un color negro (Goethe)». 7.° Una antítesis de las sombras coloreadas, es el fenómeno de los *reflejos luminosos coloreados*. Se coloca cerca de una ventana un objeto de plata bruñida, de modo que lo iluminen al mismo tiempo la luz crepuscular y la de una bujía. Los reflejos de esta última aparecen de color amarillo brillante, y los de la luz decadente del día de color azul bien marcado (Landois). 8.° Coloquemos en la mesa una hoja de papel blanco, y encima, separada de ésta por una línea horizontal, otra de papel negro. Se pega en el primero una tira negra y vertical, y en el segundo otra de color blanco. Mirando estas tiras á través de un prisma *birefringente* de espato de Islandia, aparece doble la imagen de cada una y de color gris, por mezclarse los colores blanco y negro. Pero *las tiras que se ven en el papel negro, aparecen más claras que las que se ven en el papel blanco*. Haciendo este experimento con tiras coloreadas sobre fondo de color diferente, se observa de un modo análogo, y muy bien caracterizado, el fenómeno de los colores de contraste (C. Hering). Este experimento da resultados mucho más evidentes, cuando se cubren con papel transparente los objetos que se examinan.

Se ha pretendido explicar en parte estos fenómenos por errores de apreciación. Se dice que, bajo la acción simultánea de diferentes impresiones se juzga equivocadamente que, al obrar una causa en una zona determinada su influencia ha de ser la menor posible en el territorio inmediato. Así, cuando actua la luz sobre una porción de la retina se incurre en el error de creer que actua con la menor intensi-

dad posible sobre las porciones inmediatas de dicha membrana. Lo mismo sucede respecto á los colores. Pero Hering está más acertado al explicar estos fenómenos como dependiendo de verdaderos *procesos fisiológicos* (pág. 394). Al ser excitada por la luz una parte de la retina, no sólo reacciona esta parte sino la zona limítrofe ; la primera, aumentándose la *desasimilación*, y la segunda (excitada indirectamente) *exagerándose* la asimilación, de tal suerte, que esta última alcanza su máximum en la porción que confina inmediatamente con la zona iluminada y disminuye rápidamente á medida que se separa de esta última. El aumento de la asimilación en los puntos de la retina en que no se pinta la imagen del objeto, suele evitar además el que se perciba la luz difusa, puesto que como dicho aumento de la asimilación adquiere su grado máximo en la zona más inmediata á la porción iluminada, se hace de este modo imposible que se perciba en su mayor parte dicha luz difusa, cuya intensidad es relativamente considerable (Hering).

Si se mira por mucho tiempo á un objeto obscuro ó claro, ó de color (v. gr., rojo), y se hace después que la retina reciba los rayos de contraste en la retina, ó sea impresiones claras, obscuras ó del color de contraste (verde), se verán éstas con una intensidad notable. A este fenómeno se le ha dado el nombre de *contraste sucesivo*. Es indudable que, en este fenómeno desempeñan cierto papel las imágenes consecutivas negativas que sobrevienen después de la primera impresión.

401. Movimientos y músculos del ojo.

El globo ocular se mueve en la almohadilla grasienta de la órbita en que está alojado con la misma libertad y amplitud que una cabeza articular de una artrodia en la cavidad correspondiente. Pero este movimiento encuentra ciertas limitaciones, por una parte, en las inserciones de los músculos, puesto que al contraerse uno de ellos, el antagonista se estira y obra á manera de brida, y, por otra, á causa de la inserción del nervio óptico. La almohadilla blanda y elástica de la órbita, en que descansa el globo ocular, es susceptible de moverse hacia adelante y hacia atrás, obligando al ojo á que le acompañe en estos movimientos.

El globo ocular *avanza hacia afuera* : 1.° Cuando están muy llenos los vasos, sobre todo las venas de la cavidad orbitaria, como sucede especialmente con los obstáculos á la circulación venosa (en la cabeza de los colgados). Marey observó que el globo ocular se sale un poco á cada latido cardíaco. 2.° Por la contracción de las fibras musculares lisas que hay en la cápsula de Tenon (pág. 182), en la membrana esfeno-maxilar y en los párpados (§ 406), fibras que están inervadas por el nervio simpático cervical. 3.° Cuando se fuerza voluntariamente la abertura ó separación de los párpados, porque entonces disminuye la presión que estos ejercen de delante á atrás. 4.° Por la contracción de los músculos oblicuos, que atraen el globo ocular hacia adentro y adelante. Si se hace que se contraiga el oblícuo superior, á la vez que se exagera la abertura palpebral, llega á veces á avanzar el ojo cerca de 1 milímetro. La prominencia patológica de los globos oculares (producida sobre todos por las causas primera y segunda) recibe el nombre de *exoftalmía*.

Por el contrario, se *retrae* el globo ocular: 1.° Si se fuerza el cierre de los párpados. 2.° Cuando están poco llenos los vasos retro-bulbares, y es menos jugoso ó está atrofiado el tejido que ocupa la cavidad orbitaria. 3.° En el perro se hunde el ojo cuando se corta el simpático cervical. Las fibras musculares lisas de la cápsula de Tenon obran probablemente como antagonistas de los cuatro músculos rectos

del globo ocular, oponiéndose á que le hundan demasiado en la órbita. Algunos animales poseen además un músculo especial retractor del globo ocular; tal sucede en los anfibios, reptiles y muchos mamíferos; los rumiantes hasta tienen cuatro.

Los movimientos de los ojos van acompañados, casi siempre, de otros de la cabeza, en el mismo sentido, siendo estos últimos más marcados cuando se mira hacia arriba, no tanto cuando se mira de lado y menos todavía al mirar hacia abajo.

El difícil estudio de los movimientos del ojo ha progresado sobre todo gracias á las investigaciones de Listing, Meissner, v. Helmholtz, Donders, A. Fick, y E. Hering.

Todos los movimientos del globo ocular se realizan alrededor de su *centro de rotación* (fig. 283. *o*), que está situado á 1,77 mm por detrás del punto medio del eje visual ó sea á 10,957 mm del punto más saliente de la córnea (Donders). Para precisarlos con más exactitud es necesario determinar ciertos puntos fijos de referencia. Desde luego hay que suponer que por el centro de rotación pasan tres ejes que se cortan en ángulo recto, á saber: 1.° El *eje visual* S S_1, sagital ó antero-posterior del globo ocular que une el centro de rotación con la fovea centralis de la retina, y por delante se continua en línea recta hasta llegar al punto más saliente de la córnea. 2.° El *eje transversal* ú horizontal QQ_1, que es la prolongación de la línea recta que une á los centros de rotación de ambos ojos; este eje ha de ser, como ya se comprende, perpendicular al anterior. 3.° El *eje vertical*, perpendicular en el centro de rotación á los dos anteriores. Además, se supone en la cavidad orbitaria un sistema de ejes enteramente igual al del globo ocular, pero fijo é inmutable, y cuyo punto de intersección es el mismo centro de rotación del ojo. En la posición de reposo, ó posición primaria de éste, coinciden por completo sus tres ejes con los tres del sistema de coordenadas de la cavidad orbitaria. Pero en cuanto se mueve el globo ocular ya no existe esa coincidencia en dos ó tres de dichos ejes, sino que forman ángulos con los del sistema fijo de la cavidad orbitaria.

Para mayor precisión, y en parte también para ulteriores determinaciones, supongamos en el ojo tres planos que pasan cada uno de ellos por dos de sus ejes. 1.° El *plano horizontal* divide el globo ocular en dos mitades, superior é inferior y pasa por los ejes visual y transversal. En la retina forma *la línea de separación horizontal*; y al cortar las demás membranas, forma su *meridiano horizontal*. 2.° El *plano vertical* divide al ojo en dos mitades, externa é interna y pasa por los ejes visual y vertical. Corta á la retina en su *línea de separación vertical*, y á la periferia del globo ocular en su *meridiano vertical*. 3.° El *plano ecuatorial* divide al ojo en dos mitades, anterior y posterior; pasa por los ejes vertical y transversal y corta á la esclerótica en el *ecuador* del globo ocular. Las líneas de separación verticual y horizontal que se cortan en la fovea centralis de la retina, dividen á ésta en cuatro cuadrantes.

V. Helmholtz ha introducido, para precisar mejor las posiciones del ojo, los siguientes datos: la *línea visual*, ó sea la recta que une el centro de rotación del ojo con el punto á donde se dirige la vista. El plano

que pasa por las líneas visuales de ambos ojos se llama *plano visual*, y la base de este plano es la misma línea que une los dos centros de rotación ó sea el eje transversal de los dos ojos. Un plano vertical y anteroposterior que divide la cabeza al medio, en dos mitades, derecha é izquierda, dividirá también la base del plano visual, y si se prolonga hacia adelante cortará á este plano en la *línea media*. 1.° El punto de mira puede subir ó bajar. El campo que se recorre de este modo se le llama *campo visual*, y es una parte de una superficie esférica, en cuyo centro se encuentra el centro de rotación del ojo. Partiendo de esta posición primaria de ambos ojos, caracterizada porque las dos líneas visuales son horizontales y paralelas entre sí, se puede determinar la elevación de dicho plano por el ángulo que forme con el mismo en su posición primaria. Este ángulo se denomina *ángulo de elevación visual*; es positivo cuando el plano visual se dirige hacia arriba (hacia la frente), y negativo cuando desciende ó se dirige hacia abajo (hacia la barba). 2.° Pero la línea visual se puede desviar en su plano lateralmente, ó sea aproximándose á la línea media ó separándose más de ésta. La magnitud de esta desviación lateral de la mirada se mide por el *ángulo de desviación lateral*, ó sea el que forma la línea visual con la línea media del plano visual; ángulo que se dice positivo cuando se desvía á la derecha la parte posterior de la línea visual, y negativa cuando se inclina á la izquierda.

Sentadas estas nociones previas, se pueden ahora precisar las posiciones de los ojos que resultan de sus movimientos.

1.° *Posición primaria.* — Las dos líneas visuales son paralelas entre sí y el plano visual está horizontal. De aquí resulta que los tres ejes del globo ocular coinciden con los otros tres del sistema fijo de coordenadas de la cavidad orbitaria. 2.° *Posiciones secundarias.* Se producen á partir de la anterior por movimientos simples de los globos oculares. Hay dos variedades de posiciones secundarias: *a*) Las líneas visuales son paralelas, pero se dirigen *hacia arriba ó hacia abajo.* El eje transversal de ambos ojos permanece el mismo que en la posición primaria; la desviación de los otros dos ejes se expresa por el ángulo que forma la línea visual, ó sea por el *ángulo de elevación visual* (como ya se ha dicho anteriormente). *b*) La segunda variedad de posición secundaria es la producida por *la convergencia ó divergencia de las líneas visuales.* En esta posición permanecen lo mismo que en la primaria los ejes verticales alrededor de los que se efectua la inclinación lateral, pero los otros ejes forman un ángulo. La magnitud de la desviación se expresa como ya se dijo anteriormente, por la del *ángulo de desviación lateral.* El ojo que se halla en posición primaria, puede desviarse 42° hacia afuera, 45° hacia adentro, 54° hacia arriba y 57° hacia abajo. (Schuurmann). 3.° *Posición terciaria.* Es aquella en la que las dos líneas visuales *convergen*, y al mismo tiempo se desvían hacia arriba ó hacia abajo. Por lo tanto, en esta posición, ninguno de los tres ejes coincide con los de la posición primaria. La dirección exacta de las líneas visuales se determina por la magnitud de los ángulos de desviación lateral y de elevación. Pero en las posiciones terciarias, hay un elemento más que tener en cuenta, y es la *ro-*

tación del globo ocular que se verifica siempre alrededor de la línea visual (Volkmann, Hering, Donders). Como con este movimiento gira el iris alrededor de esta línea, á la manera de una rueda sobre su eje, de ahí que se llamen á estos movimientos *movimientos de rueda*. Ahora bien, cualquier movimiento oblícuo puede considerarse compuesto de otros dos : uno de rotación alrededor del eje vertical, y otro, también de rotación, alrededor del eje transversal. O bien se le puede suponer como resultado de una rotación alrededor de un eje único y constante, colocado entre los dos mencionados de tal manera, que, pasando por el centro de rotación del globo ocular, sea perpendicular á la dirección primaria y á la secundaria del eje visual (línea visual) (Listing). La magnitud del movimiento de rueda se mide por el ángulo que forma la línea de separación horizontal de la retina, en la nueva posición del ojo, con la misma línea de separación ó meridiano horizontal en la posición primaria. Este ángulo se dice que es positivo cuando el ojo gira como la manecilla de un reloj mirado por el mismo, ó sea cuando el extremo superior de la línea de separación vertical se desvía á la derecha.

Según Donders, el ángulo del movimiento de rueda crece con los de elevación y de desviación lateral, pudiendo llegar á ser de 10°. A igualdad de elevación ó descenso del plano visual, es tanto mayor ese movimiento, cuanto mayor sea también la elevación ó el descenso de la línea visual.

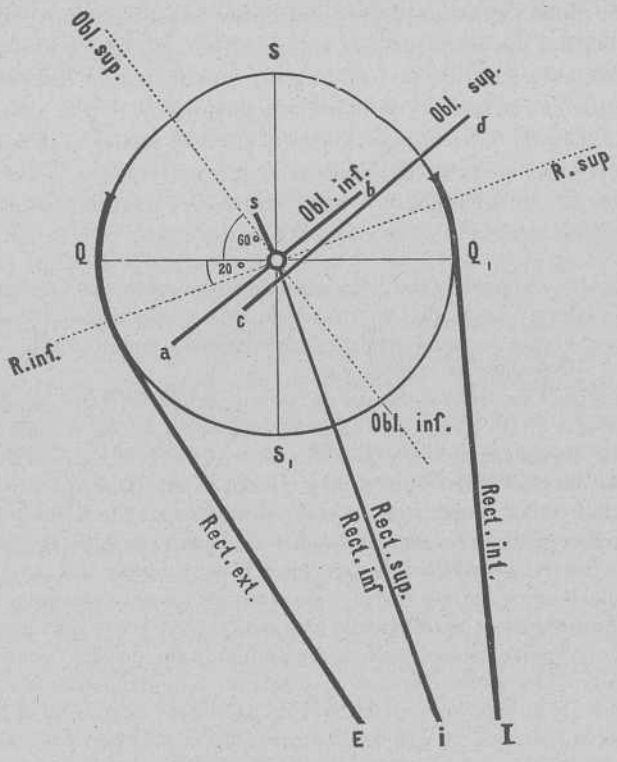
Cuando la mirada se dirige *hacia arriba* en la posición terciaria, *divergen* los extremos superiores de las líneas verticales de separación de las retinas; en cambio *convergen* estas líneas cuando se mira *hacia abajo*. Cuando el plano visual se eleva y la mirada se desvía á la derecha, el movimiento de rueda se efectua hacia la izquierda, y á la inversa, cuando se desvía la mirada hacia la izquierda, el movimiento de rueda se verifica hacia la derecha. Pero cuando el plano visual desciende, entonces al desviarse la mirada á la derecha ó á la izquierda, los movimientos de rueda se producen en el mismo sentido. En otros términos : cuando los ángulos de elevación y de desviación lateral tienen el mismo signo (+ ó —), es negativa la rotación del globo ocular; pero si dichos movimientos son de signo contrario, la rotación es positiva. Para observar uno en sí mismo el movimiento de rueda, se fija la vista con un ojo en una superficie dividida por líneas horizontales y verticales, para provocar la aparición de una imagen consecutiva positiva, y entonces se hace pasar rápidamente al ojo á una posición terciaria. De este modo las líneas de la imagen consecutiva hacen un ángulo con las de la superficie á que se mira. Como desde el punto de vista médico tiene su importancia la posición del meridiano vertical del ojo, conviene insistir en que en las posiciones primarias y secundarias de éste conserva ese meridiano su posición vertical. Al mirar hacia arriba y á la izquierda, ó hacia abajo y á la derecha, se desvían á la izquierda los meridianos verticales de ambos ojos ; en cambio se desvían á la derecha cuando la mirada se dirige hacia la izquierda y abajo, ó hacia la derecha y arriba.

En las posiciones secundarias del ojo nunca se producen movimientos de rueda (Listing). Sin embargo, cuando se inclina la cabeza hacia el hombro, giran un poco los ojos en dirección contraria (Javal); siendo este movimiento de rueda de cerca de 1° por cada 10° de inclinación de la cabeza (Skrebitzky, Nagel).

MÚSCULOS DEL OJO. — Los movimientos del globo ocular se efectuan

por medio de cuatro músculos rectos y dos oblícuos. Para averiguar la acción de cada uno de ellos, hay que conocer el *plano de tracción* del músculo y el *eje de rotación*, á cuyo alrededor hace girar al globo ocular. El plano de tracción se halla, haciendo pasar un plano por el medio de la línea que une á los puntos de origen y de inserción del músculo y por el centro de rotación del ojo. El eje de rotación es la línea que, pasando por este centro, es perpendicular al plano de tracción del músculo.

Fig. 283.



Dirección y ejes de rotación de los músculos del ojo.

Las mediciones han dado los siguientes resultados (Ruete, A. Fick): 1.° El músculo recto interno (fig. 283. I) y el externo E, hacen girar el ojo casi exactamente hacia adentro y hacia afuera respectivamente. El plano de tracción es, según esto, el mismo plano del papel; Q E, es la dirección de tracción del recto externo; Q I, la del recto interno. El eje de rotación es, por lo tanto, la perpendicular al plano del papel que pasa por el centro de rotación O, y coincide, por consiguiente, con el eje vertical del globo ocular. 2.° El eje de rotación del recto superior y del inferior (marcado por la línea de puntos: *R. sup.* — *R. inf.*), se encuentra en el plano de separación horizontal del ojo, pero forma con el eje transversal de éste, $Q Q_1$, un ángulo de unos 20°; la dirección de tracción de ambos músculos la traza la línea *s i*. Se ve desde luego que al contraerse

DR. PEREZ ARAPILES
c/ Lancia núm. 12 - 3.º
Teléfono 20 55 19

estos músculos, llevan la córnea hacia arriba y algo adentro el superior, y hacia abajo y un poco adentro el inferior. 3.° El eje de rotación de ambos músculos oblícuos (la línea de puntos *Obl. sup. — Obl. inf.*) también se encuentra en el plano de separación horizontal del globo ocular, formando un ángulo de 60° con el eje transversal. La dirección de tracción del oblícuo inferior la marca la línea *a b*, y la del superior la línea *c d*. De aquí que el oblícuo inferior lleve la córnea hacia afuera y arriba, y el superior hacia afuera y abajo. El modo de obrar de todos estos músculos, tal como lo hemos expuesto, sólo se refiere, como ya se comprende, á la posición primaria del ojo, pues en las demás varía el eje de rotación de cada uno de ellos.

Cuando los ojos están en reposo, sus músculos se equilibran en su acción. A causa de la mayor potencia de los rectos internos, convergen un poco los dos ejes visuales, y si se prolongasen se cortarían á unos 40 centímetros por delante de los ojos. Al moverse éstos, pueden intervenir uno, dos ó tres de sus músculos. Sólo se contrae *un* músculo cuando gira el ojo hacia adentro ó hacia afuera, por virtud de la acción de los rectos interno ó externo. Intervienen *dos* músculos al dirigirse la córnea directamente hacia arriba ó hacia abajo; en el primer caso se contraen los músculos recto superior y oblícuo inferior, y en el segundo, el recto inferior y oblícuo superior. Se emplean *tres* músculos para los movimientos diagonales. Así para el movimiento hacia *adentro y arriba* se contraen el recto interno, el superior y el oblícuo inferior; para el movimiento hacia *adentro y abajo*, el recto interno, el inferior y el oblícuo superior; cuando la córnea se dirige hacia *afuera y abajo*, se contraen el recto externo, el inferior y el oblícuo superior, y cuando se dirige *afuera y arriba*, intervienen los músculos recto externo, recto superior y oblícuo inferior.

Ruete ha imitado los movimientos del ojo por medio de un aparato especial, el *oftalmotropio*, en el que están representados los dos globos oculares con sus músculos.

La amplitud de los movimientos del ojo disminuye con la edad, y lo mismo la longitud del eje del ojo. La movilidad de éste es menor en dirección vertical que en la lateral, y hacia arriba que hacia abajo. El ojo normal y el miope se pueden mover más hacia afuera; el hipermétrope más hacia adentro. La acción de los músculos externo é interno es más amplia cuando gira hacia adentro. Un ojo puede desviarse más hacia adentro cuando el otro se desvía hacia afuera al mismo tiempo, que no cuando este último gira también hacia adentro. Al mirar de cerca pueden desviarse menos el ojo derecho á la derecha y el izquierdo á la izquierda que no cuando se mira á gran distancia (Hering).

El movimiento de los dos ojos es simultáneo siempre, aun en el caso de que esté ciego uno de ellos, y los músculos oculares se siguen contrayendo aun después de extirpado el ojo en que se insertaban. Cuando la cabeza está derecha, los movimientos se efectuan siempre de tal manera, que las dos líneas visuales se encuentran en el mismo plano. Estas dos líneas es muy poco lo que pueden diverger por delante; en cambio, se las puede hacer converger en grado muy considerable. Si están paralizados algu-

nos músculos oculares es muy frecuente que se perturbe la posición de los dos ejes visuales en un mismo plano (estrabismo). El individuo afecto de esta anomalía ya no es capaz de dirigir simultáneamente los dos ejes visuales al mismo punto, pero puede hacerlo alternativamente con cualquiera de ellos. También los movimientos del nistagmus (pág. 178) son simultáneos en ambos ojos y de igual sentido.

El movimiento congénito y simultáneo de los dos ojos recibe el calificativo de *movimiento asociado* (J. Müller). E. Hering demostró que en todos los movimientos de los ojos hay uniformidad en la inervación. Aun en aquellos movimientos en que parece permanecer en reposo uno de los ojos, se ve que se mueve bajo la influencia de dos músculos antagonistas, como lo demuestran sus oscilaciones ligeras en uno y otro sentido.

Los *nervios* de los músculos del ojo son: el motor ocular común (§ 347), el patético (§ 348) y el motor ocular externo (§ 350); los *centros* de estos movimientos se encuentran en los tubérculos cuadrigéminos (§ 381) y en el centro cortical de la circunvolución angular (pág. 314).

402. Visión binocular.

La acción común de los dos ojos en el acto de la visión presenta las siguientes ventajas: 1.° *El campo visual* de los dos es mucho más considerable que el de uno solo. 2.° Facilita la percepción de la tercera dimensión (*en profundidad*), porque las imágenes retinianas son recogidas desde dos puntos de vista diferentes. 3.° Se aprecian con más exactitud la *distancia* y las *dimensiones* de los objetos, á causa de percibirse el grado de convergencia de los dos ojos. 4.° Se hace posible que un ojo *corrija los defectos* de su congénere.

Fijando la cabeza en una actitud determinada, es fácil hacerse idea de la *forma del campo visual común* cerrando alternativamente los dos ojos y mirando hacia adentro con el que queda abierto. Pronto se conoce que este campo es piriforme, más ancho por arriba que por abajo y que el perfil de la nariz origina una especie de escotadura entre dichas dos porciones, superior ancha é inferior estrecha. Colocando á cierta distancia de la cara una hoja de cartón en dirección vertical, se puede trazar en ésta con la pluma el contorno del campo visual binocular para la distancia en cuestión.

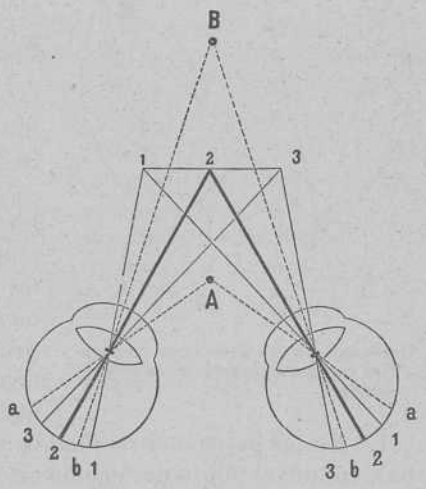
403. Visión monocular.—Puntos retinianos idénticos.—Horóptero. Omisión de la imagen duplicada.

Si suponemos las retinas de los dos ojos como un par de cáscaras vacías, superpuestas de tal modo que coincidan las dos manchas amarillas, y lo mismo los cuadrantes homólogos, se da entonces el nombre de *puntos idénticos ó correspondientes* de la misma á los que se superponen. Los dos meridianos que separan los cuadrantes reciben el nombre de *líneas de separación*. El carácter fisiológico de los puntos idénticos consiste en que cuando ambos son excitados por la luz al mismo tiempo, esta exci-

tación es referida ó atribuída, por virtud de un acto psíquico, á *un mismo punto* del campo visual (como es natural, en la dirección de la línea que pasa por el punto nodal de cada ojo). Según esto, la excitación de *un par* de puntos idénticos no produce más que *una sola imagen* en el campo visual. De aquí se sigue que todos los objetos del mundo exterior de donde parten rayos que, pasando por los puntos nodales, caen sobre puntos idénticos de las retinas, se ven *sencillos*, porque sus imágenes son referidas por ambos ojos al mismo punto del campo visual, de tal manera que se cubren. De todos aquellos objetos cuyas imágenes no caen en puntos idénticos de la retina, se forman *imágenes dobles*.

Fácil es *demostrar* lo que acabamos de decir. Si miramos con ambos ojos á un objeto lineal en el que hay los puntos 1, 2 y 3 (fig. 284), las imágenes retinianas de éstos serán 1, 2, 3 y 2, 1, 3; es evidente que estos puntos son los idénticos (ó que se cubren) de ambas retinas. Si, mientras se mira á dicho objeto lineal, se coloca un punto A más cerca de los ojos, y otro B más lejos, al disponer la vista para los puntos 1, 2 y 3 no podrán caer en puntos idénticos de la retina ni los rayos que vienen de A (Aa, Aa) ni los que proceden de B (B b, B b); de ahí que, tanto A como B, habrán de formar imágenes dobles.

Figura 284.



Esquema de los puntos idénticos y no idénticos de la retina.

También es instructivo el siguiente sencillo experimento. Se fija la vista en un punto (v. gr., 2) trazado con tinta en un papel; es evidente que su imagen cae en la fovea central de las dos retinas, que son, como ya se comprende, puntos idénticos. Si ahora se ejerce una presión lateral en un ojo, de manera que éste se desvíe un poco, en el acto se ven dos puntos, porque la imagen del trazado en el papel ya no cae en la fovea central del ojo desviado, sino en otro punto situado al lado y, por lo tanto, no idéntico. También se ven dobles los objetos en cuanto se provoca el estrabismo de un modo intencional.

Las líneas de separación verticales de las retinas, no coinciden exactamente con el meridiano vertical de las mismas, sino que divergen por arriba un poco; variando esta divergencia en los distintos sujetos y hasta en uno mismo según las circunstancias, entre 0,5° y 3° (Hering, Donders). En cambio, las líneas de separación horizontal coinciden en ambos ojos. Las imágenes que caen en las líneas de separación vertical, parecen perpendiculares á las que caen en las horizontales, aunque no lo son en realidad. Por eso se les da á las líneas verticales de separación, el nombre de meridianos verticales *aparentes*.

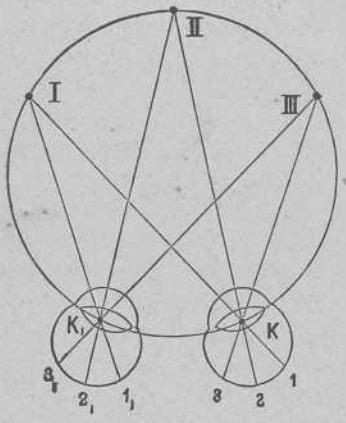
Unos fisiólogos atribuyen á una disposición *congénita* la existencia de los puntos idénticos de la retina; otros, por el contrario, creen que es un hecho *adquirido* por la experiencia normal. Los bizcos de nacimiento, también ven sencillos los objetos; en este caso, los puntos idénticos deben estar colocados de un modo diferente que en circunstancias normales.

Horóptero. — Se da este nombre al conjunto de todos aquellos puntos del mundo exterior, cuyos rayos luminosos caen en puntos idénticos de la retina de ambos ojos, dada una posición determinada de estos. El horóptero es diferente en las distintas posiciones de los ojos.

1.° En la *posición primaria* de ambos ojos, en que son paralelos los ejes visuales, los rayos que parten de dos puntos idénticos de las dos retinas, también son paralelos y por lo tanto no se encuentran más que en el infinito. Según esto, en la posición primaria el horóptero es un plano vertical situado á una distancia infinita.

2.° En la *posición secundaria* de los ojos, con ejes visuales convergentes, el horóptero de las líneas transversales de separación, es una circunferencia que pasa por los puntos nodales de ambos ojos (fig. 285. $k\,k_1$), y por aquel en que se fija la vista (I, II, III) (Juan Müller). En esta posición, el horóptero de las líneas verticales de separación, es una perpendicular al plano de mira (Prevost).

Figura 285.



Horóptero en las posiciones secundarias con convergencia de los ejes visuales.

3.° En las *posiciones terciarias simétricas*, en las que forman un ángulo las líneas de separación horizontales y verticales, el horóptero de las líneas verticales de separación, es una línea recta inclinada hacia el horizonte. Para los puntos idénticos de las líneas horizontales de separación, no hay en estas posiciones ningún horóptero, porque si se prolongan por delante de los ojos las líneas que parten de puntos idénticos de las retinas, no se cortan.

4.° En las *posiciones terciarias no simétricas* (con movimiento de rueda), en que el punto de fijación está colocado á una distancia desigual de ambos puntos nodales, el horóptero es una curva de forma complicada.

No es posible entrar aquí en una exposición detallada y fundamental del horóptero de cada caso ; problema de muy difícil resolución. Para deducir el horóptero supone v. Helmholtz, trazados meridianos y círculos paralelos en ambas retinas, colocadas en posición primaria ; los puntos idénticos se encuentran en aquellos que tengan la misma longitud y latitud en los dos globos retinianos. Hering supone en la posición primaria dos sistemas de planos á través de los globos oculares : los de un sistema (de corte transversal), se cortan en el eje transversal de los globos oculares que une á ambos puntos nodales. Los planos del segundo sistema, se cortan en una línea vertical que pasa por el punto nodal de cada ojo. Los puntos idénticos son según esta construcción, aquellos puntos de la retina en que se cruzan planos verticales y transversales homólogos.

Todo objeto del que partan rayos que caigan en puntos no idénticos de la retina, se ve doble. La vista doble ó *diplopia* es *homónima* ó *cruzada*, según que los rayos que parten de puntos no idénticos de la retina

impresionados por la luz, se cruzen por *delante* ó por *detrás* del punto fijado.

Para explicar estos hechos, colóquense dos dedos uno detrás del otro, y ambos delante de nuestros ojos. Si la vista se fija en el más próximo, aparece doble el más distante, y si se fija en éste, se ve doble el anterior. Si al mirar para el más distante se cierra el ojo derecho, desaparece la imagen duplicada izquierda ó cruzada, del dedo más próximo. Si se mira para éste y se cierra el ojo derecho, desaparece la imagen duplicada derecha, ú homónima, del dedo más distante.

Las imágenes duplicadas, lo mismo que las sencillas, son referidas por los ojos á su verdadera distancia (v. Helmholtz, E. Hering).

A pesar del grandísimo número de imágenes duplicadas que se originan siempre en el acto de la visión, no perturban á ésta. Se *prescinde* de ellas por costumbre, hasta tal punto, que es preciso concentrar mucho la atención para llegarlas á ver. La omisión de estas imágenes es favorecida por las siguientes circunstancias: 1.ª La atención siempre se dirige á aquel punto del campo visual en que se fija la mirada, el cual proyecta entonces su imagen en las dos manchas amarillas, que son puntos idénticos de ambas retinas. 2.ª Con las zonas laterales de la retina se ven con menos distinción la forma y el color de los objetos. 3.ª Los ojos siempre se *acomodan* á aquel punto en que se fija la vista. Por eso se ven de un modo indistinto (con círculos de difusión) las imágenes de aquellos cuerpos que las producen duplicadas, por lo cual se puede prescindir de ellas con facilidad. 4.ª Muchas imágenes dobles están tan próximas entre sí, que cuando son grandes se cubren en su mayor parte. 5.ª Además, es frecuente que, por virtud de una especie de hábito psíquico, se reunan ó confundan imágenes que en realidad no coinciden con toda exactitud.

404. Percepción de la tercera dimensión de los cuerpos. Estereoscopia.

Cuando se mira á un objeto sólido, éste no proyecta en los dos ojos imágenes completamente iguales, sino un poco diferentes, á causa de que cada ojo se encuentra en un punto de vista distinto respecto al objeto. Con el ojo derecho se ve más del lado del cuerpo que se halla enfrente de él, y lo mismo sucede con el izquierdo respecto al lado correspondiente del objeto. Sin embargo, y á pesar de esta desigualdad en las imágenes que se forman en los dos ojos, se reunen ambas y no se ve más que una sola.

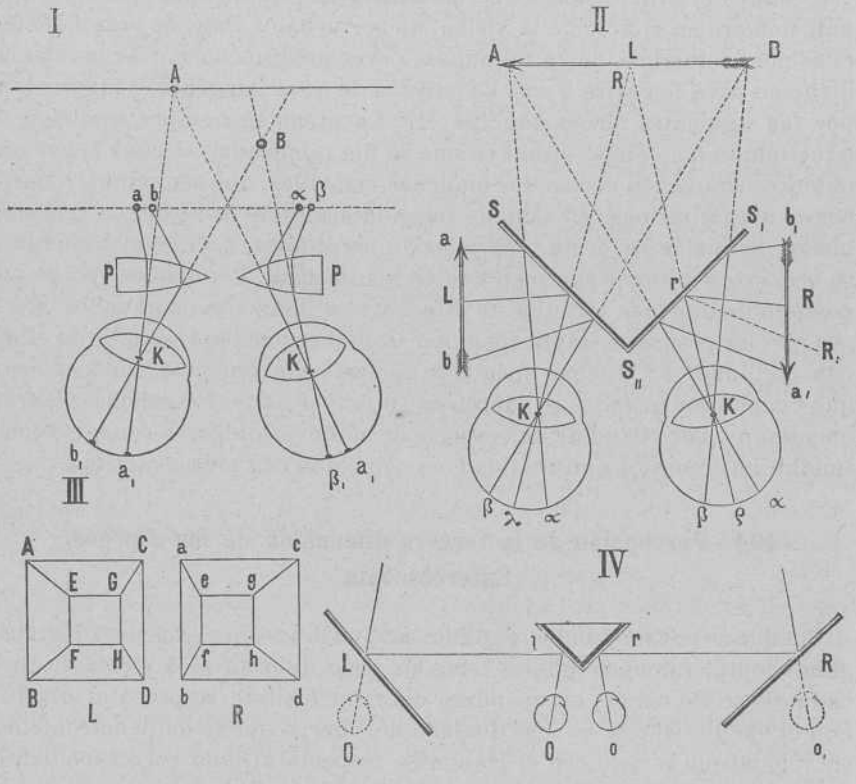
La cuestión de cómo por la reunión de dos imágenes tan diferentes se puede obtener la impresión de que se ve un cuerpo sólido, se resuelve de la mejor manera posible, analizando lo que pasa con dos imágenes estereoscópicas relativas á un mismo objeto.

En la fig. 286, III, L y R representan dos de estas imágenes, que miradas por el estereoscopio, forman la de una pirámide truncada, dirigida con su base menor hacia el ojo del observador, puesto que se cubren los puntos homólogos. Midiendo la distancia de los puntos que se cubren en las dos figuras, se ve que las distan-

cias $A\,a$, $B\,b$, $C\,c$, $D\,d$, son iguales entre sí y al mismo tiempo las *mayores* de todos los puntos de las dos figuras; también son iguales entre sí las distancias $E\,e$, $F\,f$, $G\,g$, $H\,h$, pero son *menores* que las anteriores. Por fin, si nos fijamos en las líneas que se cubren $A\,e$, $a\,e$ y B F, $b\,f$, se reconoce fácilmente que todos los puntos de estas líneas que están más cerca de $A\,a$ y $B\,b$, están más alejados entre sí que aquellos que están más cerca de $E\,e$ y de $F\,f$.

Comparando estos datos con las imágenes estereoscópicas, se deducen las leyes siguientes, relativas á la visión estereoscópica: 1.ª Todos los puntos de dos imágenes estereoscópicas (y como es natural, de dos imá-

Figura 286.



I. Esquema del estereoscopio de Brewster.—II. Esquema del estereoscopio de Wheatstone. — III. Dos dibujos estereoscópicos.—IV. Telestereoscopio de v. Helmholtz.

genes retinianas de objetos sólidos), que se encuentran en ambas á igual distancia entre sí, aparecen en un mismo plano. 2.ª Todos los puntos que se ven más próximos entre sí que la distancia que media entre los otros, aparecen más cerca del observador. 3.ª Por el contrario, todos los puntos que están más distantes entre sí, se ven en un plano más lejano, por un efecto de perspectiva.

La razón de estos hechos es muy sencilla y se enuncia en los términos siguientes: En la visión binocular siempre se refiere el sitio de cada ima-

DR. PEREZ ARAPILES
c/ Lancia núm. 12, 3.°
Teléfono 20 85 19

gen en la dirección de los ejes visuales y al punto en donde se cruzan los de ambos ojos.

Así lo demuestra el siguiente experimento con el estereoscopio (fig. 286. I). Se suponen como dos imágenes dos pares de puntos *a b* y α β, situados á una distancia desigual en una hoja de papel. Mirándolos con el estereoscopio hasta que se cubran, la imgen A producida por la fusión de los puntos *a* y α, aparece más distante en el plano del papel, y en cambio la B, producida por la reunión de los puntos más próximos *b* y β, flota en el aire por delante del papel, entre éste y el observador La fig. 286. I, indica claramente la construcción que explica este fenómeno. Otro tanto sucede con el experimento siguiente: Se dibujan en cada lado dos líneas para que coincidan con las otras dos del otro lado tales como las líneas B A, A E y *ba*, *ae*, en la fig. 286, III. En las líneas B A y *b a*, todos los puntos que se van á cubrir se hallan igualmente distantes entre sí; en cambio en A E y *a e*, á medida que los puntos se aproximan á E y *e* también se aproximan más entre sí. Mirando estas líneas con el estereoscopio, la vertical que resulta de la coincidencia de A B y *a b*, se encuentra en el plano del papel; en cambio la oblícua, producida por la fusión de A E y *a e*, aparece como dirigiéndose oblicuamente hacia el observador, desde el plano del papel. Con estos dos experimentos fundamentales ya se pueden analizar fácilmente todos los pares de imágenes estereoscópicas, y sobre todo, se comprende desde luego que si se truecan las dosimágenes en la fig. 286 III, de modo que R ocupe el sitio de L y viceversa, se habrá de recibir la impresión visual de un tronco de pirámide, hueco, que se mira por su base.

Dos imágenes estereoscópicas dispuestas de tal modo que la una esté tomada desde arriba y adelante y la otra desde abajo y adelante (v. gr., si en la fig. 286 III las líneas A B y *a b* hiciesen de bases) nunca se unen formando una sola, cuando se las mira con el estereoscopio.

El fenómeno de la percepción visual de la tercera dimensión, se ha tratado de explicar de otro modo. De las dos imágenes R y L (fig. 286. III) sólo caen desde luego en puntos idénticos de la retina A B C D y *a b c d* y por lo mismo sólo estos puntos son los que pueden superponerse ó coincidir; ó bien, y por la misma razón, sólo los E F G H y *e f g h* cuando los ejes visuales converjan de otro modo. Suponiendo, por lo tanto, que, al principio no coincidan más que las bases rectangulares de las figuras, se ha admitido, para explicar la impresión estereoscópica que, después de haberse conseguido esta coincidencia de las bases, se mueven los ojos rápidamente desde éstas á los vértices de las pirámides como si las fuesen *tocando con la vista*. Como en este movimiento tienen que ir convergiendo cada vez más los ejes de ambos ojos, aparece destacándose el vértice de la pirámide, porque todos los puntos que requieren una mayor convergencia de los ejes visuales, nos parecen más próximos (véase más abajo). De esta manera, todas las partes correspondientes de las dos figuras se irían juntando de un modo sucesivo en puntos idénticos de las dos retinas por medio de los *movimientos realizados por los ojos* (Brücke).

Se ha impugnado esta explicación aduciendo el hecho (Dove) de que basta la duración de la chispa eléctrica para que se realice la visión estereoscópica; tiempo que es del todo insuficiente para que los ojos puedan efectuar esa especie de tacto visual. Pero si bien esta objeción es procedente para ciertas figuras, no es posible excluir semejante movi-

miento de los ejes visuales para obtener la fusión completa de otras figuras más complicadas ó menos comunes, y se ve que es útil para el caso, sobre todo en ciertos individuos.

A mí me parece que para percibir con la vista la tercera dimensión en los cuerpos bastan no sólo los mismos movimientos de los ojos, sino la misma *sensación de inervación* que se produce para realizar dichos movimientos. Según esto, la percepción visual del relieve de los cuerpos, puede provenir en parte de una sensación muscular ; la sensación de que para hacer coincidir dos puntos en las imágenes estereoscópicas, es necesaria una mayor convergencia de los ejes visuales, produce la impresión de que dichos puntos están más próximos ; y, por el contrario, la sensación de que para que se superpongan dos puntos se requiere una mayor divergencia de los ejes visuales, origina una impresión de que se hallan más distantes los puntos en cuestión.

Si en la superposición *momentánea* de dos figuras para que formen la imagen de un cuerpo sólido no se mueven los ojos, es evidente que en las imágenes estereoscópicas se reunen muchos puntos que no caen *exactamente* en puntos idénticos de la retina. Así que no se pueden considerar á dichos puntos como aquellos de las dos retinas que coinciden con precisión matemática cuando se las considera superpuestas (pág. 408), sino que más bien se los debe calificar como tales puntos idénticos en el concepto fisiológico, ó sea en cuanto su excitación simultánea produce *por lo general* una imagen única. Es evidente que en esta fusión de imágenes desempeña cierto papel el alma ; existe cierta tendencia psíquica irresistible á confundir en una sola imagen las impresiones recibidas por las dos retinas, porque la *experiencia* nos ha enseñado que estas imágenes dobles se refieren á un mismo objeto. Pero si las diferencias de las dos figuras estereoscópicas son demasiado grandes, de modo que se pintan en sitios de la retina que distan mucho de ser idénticos ; ó si en una de las figuras hay además ciertas líneas que no se prestan á formar la imagen de un cuerpo sólido, ó que hasta impiden la superposición de las imágenes, entonces ya no se produce la fusión estereoscópica de las mismas (Panum, Volkmann).

Los ESTEREOSCOPIOS son aparatos por medio de los cuales se superponen dos figuras que representan á un mismo objeto tal como se vería con cada ojo si fuese sólido, de tal manera que se ve sencillo y de relieve. Wheatstone (1838) consiguió esto por medio de dos espejos colocados con cierta inclinación (fig. 286. II), y Brewster (1843) con dos vidrios prismáticos (fig. 286. I). La construcción y el modo de funcionar de estos dos aparatos se deducen de la misma inspección de las figuras.

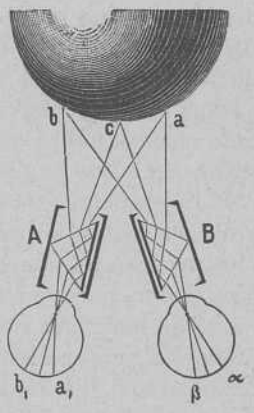
Hay individuos que consiguen reunir las dos imágenes sin estereoscopio, dirigiendo el eje visual de cada ojo á la figura colocada delante de él.

Dos figuras completamente iguales, es decir, en las que todos sus puntos homólogos se hallen entre sí á la misma distancia, v. gr., las mismas páginas de dos ejemplares de un libro se ven con el estereoscopio como colocadas en una superficie enteramente plana ; pero tan pronto como en una de ellas hay algún punto que está más próximo ó más distante comparado con el homólogo de la otra figura, al instante aparece en un plano anterior ó posterior al de ésta. Dove enseñó á distin-

guir por medio de este procedimiento los billetes de Banco falsos de los legítimos, porque mirados con el estereoscopio no aparecen exactamente en una superficie plana.

Cuando se miran cuerpos sólidos situados á una gran distancia, v. gr., detalles muy lejanos de un paisaje, aparecen como en un cuadro, colocados en un mismo plano y no destacándose en relieve á causa de que, á una distancia tan grande, ya no puede influir la pequeña diferencia que hay entre los puntos de vista de los dos ojos para producir imágenes diferentes. Esto no obstante, v. Helmholtz ha ideado un aparato, el *telestereoscopio* (fig. 286. IV) para poder apreciar la tercera dimensión en los objetos muy distantes. Con este aparato se vienen á separar en cierto modo los puntos de vista de ambos ojos, por medio de espejos paralelos. Los espejos L y R proyectan la imagen del paisaje á los espejos *l* y *r* hacia los cuales se dirige la mirada con los dos ojos O y *o*. Según la distancia á que estén L y R, así pueden llegar á separarse los puntos de vista de ambos ojos hasta varios pies de aquél donde se encuentran realmente (hacia O_1 y o_1). Con esto el paisaje aparece con un relieve notable á pesar de la distancia á que se halla del observador. Para que los objetos más lejanos se puedan ver con mayor claridad y más aproximados, se colocarán delante de los ojos unos gemelos de teatro de mucho alcance (véase pág. 418).

Figura 287.



Pseudoscopio de Wheatstone.

Si las dos imágenes estereoscópicas de un mismo objeto son una blanca y otra negra, v. gr., si en las dos imágenes de pirámides truncadas representadas en la figura 286 III, una es como aparece en la figura, en L, de líneas negras sobre fondo blanco, y la otra, en cambio, de líneas blancas sobre fondo negro, la figura que se verá con el estereoscopio aparecerá *brillante*. El *brillo* de los objetos consiste en que éstos reflejan claramente la luz hacia un ojo y no la reflejan hacia el otro, porque el rayo reflejado según cierto ángulo no puede penetrar al mismo tiempo en los dos ojos (Dove).

El *pseudoscopio* de Wheatstone (1852) permite realizar un experimento muy interesante para la explicación de la visión estereoscópica. Consta dicho aparato de dos prismas rectangulares (fig. 287 A y B), colocados cada uno dentro de un tubo, y á través de los cuales se mira en dirección paralela á la de la hipotenusa de su base. Si se mira con este aparato la superficie de una esfera, se invierten lateralmente las imágenes que caen en cada ojo. El derecho recibe la misma impresión que si fuese el izquierdo, y *viceversa;* y también se invierten las *sombras proyectadas*. La consecuencia de esta transposición es que la esfera se vea como *hueca*.

El estereoscopio puede emplearse también para instruirnos acerca de la *competencia de los campos visuales*. En la visión binocular casi nunca funcionan simultáneamente los dos ojos con igual actividad, sino que alternan en cierto modo, de suerte que tan pronto predomina la imagen retiniana del uno como la del otro. Si se colocan en el estereoscopio dos superficies diferentes, se borran alternativamente en el campo visual común, sobre todo si están iluminadas con la misma intensidad, según que funcione con más actividad un ojo ó el otro (Panum). Si se mira á dos superficies en las que estén trazadas líneas paralelas dispuestas de manera que se crucen las de una con las de otra al superponerse, también predominan tan pronto las líneas de un sistema como las del otro (Panum). Cuando se

mira á un paisaje colocando vidrios de colores diferentes delante de cada ojo, sucede una cosa análoga á la que pasa al mirar con el estereoscopio á dos superficies de colores diferentes.

405. Percepción del tamaño de los objetos.—Apreciación de la distancia.—Ilusiones relativas á la magnitud y á la dirección.

El juicio acerca del tamaño de un objeto depende en primer término, y prescindiendo de los demás factores de la *magnitud de la imagen retiniana;* así la luna parece desde luego mayor que una estrella. Si al estar mirando á un paisaje lejano pasa volando rápidamente una mosca muy cerca de nuestros ojos, puede simular la impresión de un ave de gran tamaño, á causa de la relativa magnitud de su imagen retiniana. Y si la imagen se pinta con círculos de difusión, por no estar acomodada la vista para ver el objeto que la produce, entonces todavía parece éste mucho mayor. Ahora bien ; como objetos de tamaño muy diferente pueden producir imágenes retinianas de la misma magnitud, á condición de que su distancia respectiva sea tal que formen el mismo *ángulo visual* (fig. 260), de ahí que para la apreciación de *las verdaderas dimensiones* de un cuerpo (teniendo en cuenta que su *tamaño aparente* depende sólo del ángulo visual), habrá de tener una gran importancia la *apreciación de la distancia* á que se encuentre.

Para apreciar esta distancia, nos sirve en primer término la *sensación de la acomodación*, puesto que, para ver con claridad los objetos próximos, se necesita hacer un esfuerzo mayor con el músculo de la acomodación que no para ver los objetos lejanos. Y como quiera que á *igual magnitud* de imágenes retinianas producidas por objetos situados á diferente distancia, nos enseña la experiencia que es más pequeño aquel que está más cercano, de aquí que juzguemos que es menor aquel objeto de los dos que exija una acomodación más enérgica para poderle ver.

Así se explica que los que empiezan á manejar el microscopio, suelen mirar esforzando mucho la acomodación, mientras los que ya tienen más práctica, miran sin ponerla en juego ; y de ahí también el hecho que se observa en todos los cursos, de que todos los principiantes juzgan las imágenes microscópicas más pequeñas de lo que son en realidad, y cuando las dibujan lo hacen en escala demasiado reducida. Otra prueba de lo dicho la da el siguiente experimento : si se provoca en un ojo la formación de una imagen consecutiva, aparece ésta más pequeña en cuanto el ojo se acomoda para una distancia próxima, y vuelve á aparecer mayor cuando se coloca en actitud de reposo. Mirando con un ojo á un cuerpo pequeño que esté colocado lo más cerca posible, parece más pequeño otro objeto situado detrás del primero, y que se ve indirectamente.

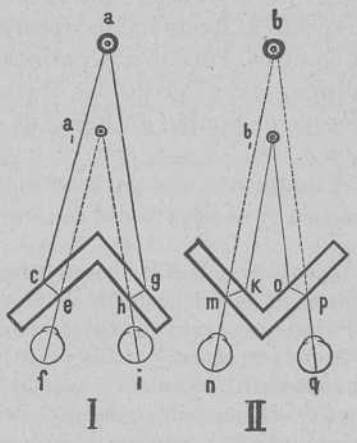
Es un medio mucho más importante para apreciar la magnitud de un objeto con ayuda de la evaluación de su distancia, la percepción del grado de *convergencia* de los ejes oculares. Nosotros referimos la situación de un objeto mirado con ambos ojos á aquel punto donde se cruzan los dos ejes visuales. El ángulo que forman estos dos ejes en su punto de

DR. PEREZ ARAPILES
c/ Lancia núm. 12 - 3.º
Teléfono 20 25 19

intersección, es el *ángulo de convergencia de los ejes visuales*. Cuanto mayor sea este ángulo de convergencia (á igualdad de magnitud en la imagen retiniana), tanto más próximo juzgamos que está el objeto. Pero cuanto más próximo se halle éste, tanto más pequeño puede ser para que su *ángulo visual* tenga la misma magnitud que el de otro objeto de gran tamaño, pero más distante. De aquí se infiere que, á igualdad de magnitud aparente (ángulo visual igual, ó magnitud igual de las imágenes retinianas), juzgamos que es más pequeño aquel objeto para cuya visión binocular tiene que ser mayor la convergencia de los ejes visuales. El *sentido muscular* es el que nos informa en estos casos acerca de la magnitud del esfuerzo de convergencia que tienen que realizar los músculos de los ojos.

En apoyo de lo que acabamos de decir, citaremos los siguientes experimentos: 1.° El *experimento de los tapices*, descrito por Herm. Meyer. Se mira á un fondo de dibujo uniforme como el de un tablero de ajedrez (un tapiz ó un asiento de rejilla), y aparecen con ciertas dimensiones sus cuadros ó porciones diferentes cuando los ejes visuales están dirigidos en línea recta. Si ahora se hace que estos ejes se crucen, mirando á un objeto más próximo, el fondo parece acercarse y colocarse en el plano del nuevo punto de mira, con lo cual las imágenes dobles y cruzadas de dicho fondo, se superponen y su dibujo aparece en el acto más pequeño. 2.° Rollet mira un objeto á través de dos láminas gruesas de vidrio, cada una de las cuales es un ángulo diedro (fig. 288), pero dispuestas de tal modo, que en un caso esté vuelta la arista hacia los ojos del observador y en el otro (I) hacia el objeto que se mira. Cuando en la disposición del primer caso (I), los ojos *f* é *i* miran al objeto, tienen que *converger* más que si le mirasen directamente porque las láminas de vidrio desvían los rayos *a c* y *a g* paralelamente á sí mismos (ó sea como *c f* y *h i*). De ahí que el objeto parezca más próximo y más pequeño, ó sea en a_1. En el caso II, desde un objeto más pequeño y más próximo b_1, se dirigen los rayos b_1 *k* y b_1 *o* á las placas de vidrio. Para ver el objeto b_1 tienen que *diverger* más los ojos y aparece el objeto en *f*, es decir, más distante y mayor. 3.° Cuando se mira con el estereoscopio de espejos de Wheatstone (fig. 286. III), fácilmente se echa de ver que á medida que se acercan las imágenes al observador, este tiene que hacer que converjan más los ejes visuales, porque se hacen mayores los ángulos de incidencia y de reflexión. De aquí, que la imagen resultado de la fusión de las dos, aparezca *más pequeña* al observador. Si el centro de la imagen R se desvía hasta R_1 entonces el ángulo S_{11} *r*ρ se haría igual, como ya se comprende al S_1 *r* R_1 y lo mismo en el lado izquierdo. 4.° Puesto que el *telestereoscopio* viene como á aumentar la distancia que separa á los dos ojos, es natural que, para mirar los objetos situados á ciertas distancias, tendrá que ser mayor la convergencia de los ejes visuales que en la visión normal. De ahí, que los objetos de un paisaje se vean de un tamaño menor que el natural, y como estamos acostumbrados á dedu-

Figura 288.



Aparato de láminas de vidrio, de Rollet.

cir que se hallan á gran distancia los objetos de tales dimensiones, de ahí que nos parezca que los que vemos en semejante caso, se encuentran sumamente alejados de nosotros.

Respecto á la apreciación de las *distancias*, es fácil observar lo siguiente: á igualdad de magnitud en las imágenes retinianas, juzgamos que está más lejano aquel objeto para cuya visión se necesita un *esfuerzo de acomodación* menor, y viceversa. Con la visión binocular, y á imágenes retinianas de iguales dimensiones, juzgamos que está más lejano aquel objeto que exige menos convergencia de los ejes oculares (y á la inversa).

Así que en muchos casos caminan á la par la apreciación de las dimensiones de un objeto y la de su distancia; y la exacta evaluación de esta última nos da también la misma exactitud en el juicio acerca del tamaño de los objetos (Descartes). Otro elemento auxiliar para la apreciación de las distancias nos lo proporciona la observación de los *cambios de lugar aparente* de los objetos, cuando se mueve nuestra cabeza ó nuestro cuerpo. Sobre todo, cuando movemos este último, parecen variar de lugar los objetos en sentido lateral, siendo tanto más rápido este cambio respecto al fondo del campo visual, cuanto más próximos estén aquellos á nosotros. Por eso nos parecen más próximos (Sick) y también, por lo mismo, más pequeños los objetos (Dove) cuando viajamos en ferrocarril, porque el cambio de lugar de dichos objetos, se verifica con suma rapidez.

Finalmente, nos parecen *más próximos* aquellos objetos que se destacan en el campo visual *con mayor claridad*.

Ejemplos. — Una luz en un paisaje obscuro, nos parece que está muy cerca y lo mismo un picacho cubierto de nieve; cuando se mira un paisaje desde un monte elevado, no es raro que aparezcan como elevados por encima de la planicie los arroyos que serpentean por ella y que brillan como hilos de plata. Si cuando se viaja en ferrocarril, se mira á la vía, se desliza el suelo por delante de nuestros ojos sin que se distinga ningún detalle. Pero si de pronto se fija la vista en un punto determinado de la vía para poderlo ver con claridad, en el acto se acerca dicho punto hacia nuestra vista, destacándose del fondo de que forma parte (Landois).

Ilusiones respecto á la magnitud y distancia de los objetos.—1.° Una distancia ocupada por puntos intermedios, parece mayor que la que no se encuentra en este caso. Por eso la bóveda celeste no se nos figura como una superficie esférica, hueca, sino como una superficie elipsoidal, y esta es también la causa de que el disco del sol poniente nos parezca mayor que el del que se halla en el zenith (Ptolomeo, 150 años antes de J. C.). 2.° Si se mueve á uno y otro lado una circunferencia colocada detrás de una hendidura, aparecerá como una elipse horizontal cuando el movimiento sea lento, y como una elipse vertical cuando dicho movimiento sea rápido. 3.° Trazando una línea muy fina que corte oblicuamente á otra muy gruesa, negra y vertical, parece que ésta hace desviarse á la primera de su primitiva dirección. 4.° Se trazan tres líneas horizontales, paralelas entre sí y distantes un centímetro cada una de la siguiente. Se cruzan las líneas superior é inferior con una porción de rayitas cortas, paralelas y oblícuas, en dirección de arriba y á la izquierda, hacia abajo y á la derecha, y la línea media se cruza con rayitas iguales, pero dirigidas de arriba y á la derecha, hacia abajo y á la izquierda; entonces parece

muy alterado el paralelismo de las tres líneas principales (Zöllner). 5.° Se mira en una habitación obscura á una línea clara y vertical; si luego se inclina la cabeza hacia el hombro, parece que la línea gira en dirección opuesta (Aubert).

406. Organos protectores del ojo.

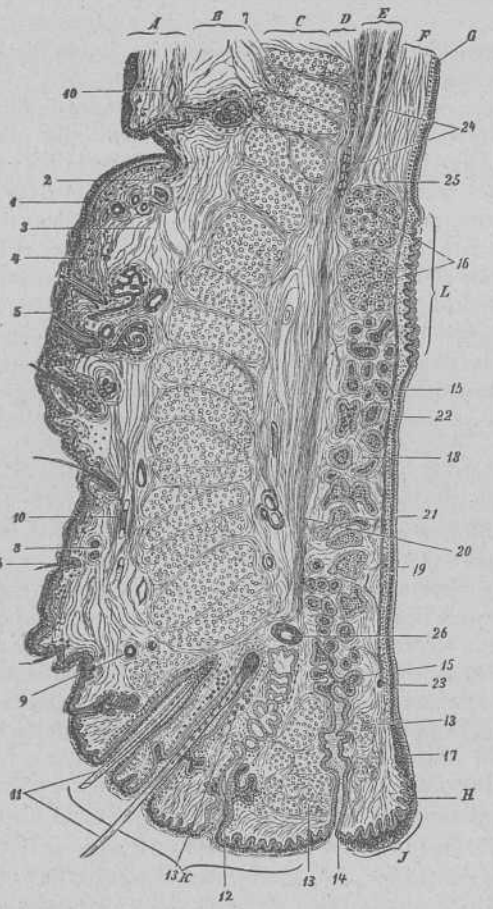
I. Los PÁRPADOS.—Su estructura y la disposición de sus distintos elementos se pueden estudiar en la adjunta figura 289.

El tarso no es un cartílago, sino una lámina resistente de tejido conjuntivo, en la que están comprendidas las glándulas de Meibomio, las cuales son glándulas sebáceas acinosas que barnizan de grasa el borde libre de los párpados. Cerca del borde básico de los tarsos, sobre todo del superior, é inmediatamente junto al fondo de saco de la conjuntiva, desembocan las glándulas acino-tubulosas de Krause. La conjuntiva reviste la cara anterior del globo ocular hasta el borde de la córnea; en la cara posterior de los tarsos tiene, en parte, una estructura papilar, cuyas depresiones se han considerado como glándulas mucosas en el hombre y algunos mamíferos (Henle); pero no es posible trazar un límite preciso entre surcos ó depresiones y glándulas (Baumgarten). El epitelio consta de células estratificadas, prismáticas, con algunas mucosas caliciformes interpuestas entre ellas (Zalukowski). En los rumiantes se encuentran *glándulas apelotonadas*, análogas á las sudoríparas, en el contorno de la córnea (Meissner); por fuera de esta zona y á medida que nos vamos aproximando al ángulo externo del ojo, se hallan en el cerdo glándulas tubulares en forma de simple fondo de saco (Manz). Waldeyer descubrió glándulas sudoríparas modificadas en el borde del tarso, en el hombre. Se da el nombre de glándulas tracomatosas á unos foliculitos linfáticos que se encuentran en la conjuntiva. Stöhr ha visto emigrar leucocitos hasta la misma superficie libre de la conjuntiva. Los vasos linfáticos de ésta se continuan con las lagunas plasmáticas de la córnea y de la esclerótica. (pág. 345). Krause halló mazas terminales (*corpúsculos de Krause*) en la conjuntiva bulbar. La secreción de la conjuntiva está formada por un poco de moco y por líquido lagrimal, el cual puede ser segregado por sus numerosos vasos en tanta cantidad como por las glándulas lagrimales.

El *cierre* de los párpados se verifica por la contracción del músculo orbicular de los mismos (N. facial: § 351), con lo cual el párpado superior ya se cae por su propio peso. El músculo entra en actividad: 1.°, por la influencia de la *voluntad*; 2.°, *involuntariamente*, bajo la forma de contracciones aisladas (parpadeo); 3.°, por *excitación refleja* de cualquiera de las fibras sensitivas del trigémino que hay en el globo ocular ó en sus inmediaciones más próximas (§ 349); y también por una intensa excitación luminosa de la retina; 4.°, durante el sueño permanecen cerrados los párpados involuntariamente. Para *abrirse los párpados*, se deprime pasivamente el inferior y se eleva el superior activamente por la contracción del músculo elevador del mismo (§ 347). Las fibras musculares lisas de los párpados, sometidas á una inervación tónica, también contribuyen, aunque poco, á la dilatación de los mismos (pág. 182). Cuando se mira hacia abajo, es atraído el párpado inferior en esta dirección, por la contracción del músculo recto inferior del ojo, la cual se hace sentir en el tarso inferior por medio de un hacecillo de tejido conjuntivo que enlaza á este tarso con la fascia del músculo mencionado (Schwalbe).

II. El APARATO LAGRIMAL consta de las glándulas del mismo nombre, cuya estructura es muy semejante á la de la parótida, las cuales contienen células glandulares ó secretoras cilíndricas, bajas y granulosas. Cuatro ó cinco conductos excretores más gruesos y de ocho á diez más delgados, conducen las lágrimas al fondo

Figura 289.



Corte vertical y antero-pósterior del párpado superior, según Waldeyer.

A, piel. — 1, epidermis. — 2, dermis — B y 3, tejido conjuntivo subcutáneo. — C y 7, músculo orbicular con sus hacecillos.- D, tejido conjuntivo submuscular laxo.—E, inserción del músculo de Enrique Müller —F, tarso —G, conjuntiva.—J, borde palpebral interno.—K, borde palpebral externo — 4, células pigmentadas de la piel. — 5, glándulas sudoríparas. — 6, folículos pilosos con sus pelos. — 8 y 23, corte transversal de nervios —9, arterias. — 10, venas. — 11, pestañas. — 12, glándulas sudoríparas modificadas. — 13, músculo ciliar de Riolano.— 14, orificio de una glándula de Meibomio.—15 acini de la misma, cortado á través.—16, glándulas tarsales posteriores.— 18 y 19, tejido del tarso.—20, tejido conjuntivo pretarsal ó submuscular.—21 y 22, conjuntiva con epitelio. — 24, tejido adiposo.—25, extremidad posterior del tarso, compuesta de un tejido más laxo.—26, corte transversal de una arteria palpebral.

de saco conjuntival, por encima del ángulo externo del ojo. Los *conductillos lagrimales* tienen sus aberturas de origen ó *puntos lagrimales* en el *lago lagrimal;* su pared está constituída por tejido conjuntivo mezclado con fibras elásticas y lleva un epitelio pavimentoso estratificado. Estos conductillos están acompañados de fibras

musculares estriadas, que los mantienen abiertos cuando se contraen (Wedl). Toldt no ha encontrado un esfínter (Merkel) que rodease á los puntos lagrimales, y Gerlach sólo halló un anillo muscular incompleto. Los conductillos lagrimales terminan separadamente cada uno en una dilatación del saco lagrimal (Schvalbe). La túnica conjuntiva del *saco lagrimal* y del *conducto nasal* está unida al periostio subyacente. La mucosa, que es muy delgada y rica en células linfáticas, lleva una sola capa de células epiteliales cilíndricas (vibrátiles), que hacia abajo se van convirtiendo en epitelio pavimentoso estratificado. La abertura del conducto nasal está provista muy á menudo de un repliegue valvular (válvula de Hasner).

La *progresión de las lágrimas* se efectua por *capilaridad* entre los párpados y el globo ocular, contribuyendo á esparcirlos el acto del párpado. El producto de las glándulas de Meibomio impide que las lágrimas pasen del borde de los párpados á la piel. Los puntos y conductos lagrimales y el conducto nasal obran *á manera de un sifón* en la evacuación de las lágrimas (Ad. Weber). Pero contribuye en gran parte á este fin el músculo de Horner (ya conocido por Duvernoy en 1678), que, cada vez que se cierran los párpados, retrae la pared posterior del saco lagrimal, ensanchándole y aspirando de este modo las lágrimas (Henke).

C. H. Weber y v. Hasner creen que las lágrimas son aspiradas por el enrarecimiento del aire que se produce en el momento de la inspiración en las fosas nasales y al aspirar con fuerza por éstas. Arlt opina que el saco lagrimal es *comprimido* por las contracciones del músculo orbicular, de tal manera, que las lágrimas tienen que dirigirse hacia la nariz. A juicio de Stellwag, al cerrarse los párpados, las lágrimas sólo son impulsadas hacia los puntos lagrimales; y por fin, para Gad, no hay ningún mecanismo que impela las lágrimas en el conducto lacrimo-nasal. Yo creo, sin embargo, que hay un factor que se debe tener muy en cuenta, y es la existencia de numerosos plexos venosos en la vecindad del saco lagrimal y del conducto nasal, los cuales se habrán de hinchar en la espiración, sobre todo cuando ésta sea forzada, y comprimirán las paredes de dichos conductos. De ahí que sea imposible hacer que penetre nada de aire en ellos, ni aun ejerciendo la presión más enérgica. Si se produce una fuerte inspiración, v. gr., cuando se sorbe con fuerza por las narices, se vacían las venas mencionadas, y con esto, á medida que las paredes se retraen de nuevo, pueden obrar como un mecanismo aspirador sobre las lágrimas.

La *secreción lagrimal* se produce por excitación *directa* del nervio lagrimal (pág. 180), del ramo orbitario del maxilar superior (pág. 184. 2), ó del simpático cervical (pág. 223. 7), que se han calificado de *nervios secretores*. Estos últimos pueden ser estimulados también por *vía refleja* (página 186) cuando se excita la mucosa nasal; pero ha de ser la del mismo lado (Herzenstein). La secreción ordinaria en el estado de vigilia, es de origen reflejo, y provocada por la excitación que experimenta la superficie anterior del globo ocular (con el aire, la evaporación de las lágrimas). También una excitación luminosa intensa determina la secreción lagrimal por el mismo mecanismo, siendo en este caso el nervio óptico el punto de partida de la excitación refleja. El *centro de la secreción lagrimal* no pasa por delante del origen del trigémino, y por abajo llega hasta el nivel de la quinta vértebra cervical (en el conejo) (Eckhard). Durante el sueño, desaparecen las causas que estimulan esta secreción, y

de ahí que se suspenda ésta. Reichel observó, en experimentos hechos bajo la dirección de Heidenhain, que cuando la glándula está en *actividad* (por haberse inyectado pilocarpina), sus células secretoras son pequeñas, turbias y granulosas, con límites borrosos y núcleos esféricos; y en cambio, cuando no funcionan, aparecen dichas células claras, poco granulosas, y con sus núcleos de forma irregular. Todavía no se ha explicado el por qué se vierten las lágrimas con las emociones (y también en los accesos muy fuertes de risa). Con la tos y el vómito aumenta la secreción lagrimal, en parte por causa refleja, y en parte porque la presión espiratoria impide su derrame en las fosas nasales.

Las lágrimas *humedecen* el globo ocular, le *preservan* de la desecación, y sirven para arrastrar los cuerpos extraños de pequeño tamaño, á cuyo acto también contribuye el parpadeo. La atropina disminuye la secreción lagrimal (Magaard).

Las lágrimas son una secreción serosa, alcalina y de sabor salado, en cuya composición entran: agua, 98,1 á 99 por 100; substancias orgánicas, 1,46, de las cuales 0,1 son albúmina con algo de mucina, y 0,1 epitelios; y sales, principalmente sal común, 0,4 á 0,8 (v. Frerichs, Magaard).

407. Fisiología comparada. — Reseña histórica.

Fisiología comparada. — La forma más sencilla de aparato de la visión, que se encuentra en el reino animal, consiste en ciertos depósitos de pigmento en la cubierta exterior del cuerpo, los cuales están en contacto con las terminaciones de un nervio centrípeto. El pigmento, que absorbe los rayos luminosos, y que experimenta cierta transformación como substancia visual capaz de modificaciones químicas, al ser impresionado por la fuerza viva y de desprendimiento de las vibraciones luminosas del éter, deja en libertad fuerzas químicas que se hallaban en tensión, y que ahora obran como excitantes del aparato nervioso terminal. Se encuentran montones de pigmento con nervios aferentes, y además un cuerpo claro y refringente en el borde de la umbrela de las *medusas* más elevadas en su organización, mientras las más inferiores no tienen más que manchas de pigmento en la base de los tentáculos. Tampoco se encuentran más que manchas pigmentadas, situadas cerca del cerebro, en muchos *gusanos* inferiores. En otros, forma el pigmento una cubierta á las extremidades nerviosas, la cual recibe el nombre de bastoncillos ó conos cristalinos, v. gr., en las turbelarias. En las sanguijuelas, todavía alcanzan un grado muy imperfecto los ojos que existen, en gran número, en su cabeza; habiendo muchos gusanos inferiores, sobre todo parásitos, que carecen en absoluto de aparato visual. Las *estrellas de mar* tienen ojos en los extremos de los brazos, formados por un órgano esférico cristalino, rodeado de pigmento y con su nervio aferente. En los demás equinodermos, sólo hay acumulaciones de pigmento. En los *articulados*, se encuentran diversas gradaciones en el desarrollo de su aparato visual. 1.° *Sin córnea*. En unos casos, no hay más que *una sola* esfera cristalina (aparato nervioso terminal), rodeada de pigmento, y situada cerca del encéfalo (larvas de algunos crustáceos); en otros, existen muchos bastoncillos cristalinos, constituyendo un ojo compuesto (crustáceos inferiores). 2.° *Con córnea*. Esta está constituída por una formación quitínica lenticular, procedente del tegumento exterior. Los ojos pueden ser simples, con su bastoncillo cristalino, ó compuestos. Estos últimos, ó no tienen más que una sola córnea grande y lenticular, la cual es co-

mún para muchos bastoncillos cristalinos (aracnidos), ó bien cada uno de éstos posee su córnea lenticular particular. Los bastoncillos, que son numerosos y están rodeados de pigmento, se encuentran apiñados los unos contra los otros, de manera que la superficie que resulta de su unión es convexa ó abombada. La cubierta de quitina, de la cabeza, presenta varias facetas, formando una pequeña córnea lenticular en la superficie de cada bastoncillo. Respecto á la manera de formarse la ímagen en este ojo compuesto de los artrópodos, hay dos opiniones. Según unos, cada faceta con su lente y esfera cristalina, es un ojo particular; así como el hombre tiene dos ojos, el insecto tendrá muchos cientos, y cada uno de estos ve la imagen del mundo exterior *in toto*. Así parece demostrarlo el siguiente experimento de van Leeuwenhoek; si se corta la córnea convirtiéndola en superficie plana, cada faceta de la misma suministra una imagen particular de los objetos. Así, si se coloca una cruz en el espejo de un microscopio y se mira al mismo tiempo con éste á un trozo de córnea con facetas, se ve una cruz en cada una de éstas. Según esto, cada bastoncillo ó esfera cristalina produciría una imagen particular. Pero esto sólo sucede cuando se quita la esfera cristalina; si se conserva esta última, entonces cada faceta corneana no suministra más que una parte de la imagen (derecha) del mundo exterior, de tal suerte que debemos figurarnos esta imagen como compuesta á manera de mosáico (*visión en mosáico*) (Juan Müller, Exner). Entre los *moluscos*, los braquiópodos sesiles sólo en el estado de larva libre es cuando poseen dos manchas pigmentadas cerca del cerebro; análogas, y hasta provistas de cuerpos refringentes, se encuentran en los acéfalos ó lamelibranquios, pero también sólo mientras se hallan en el estado de larva. Los lamelibranquios adultos no tienen más que simples manchas de pigmento en el borde del manto; sin embargo, algunos de ellos poseen ojos pediculados, muy desarrollados y brillantes como esmeraldas. Entre los *gasterópodos*, hay algunos de los más inferiores, que no poseen nada de aparato ocular: otros tienen un par de manchas pigmentadas en la cabeza; pero muchos de ellos, como los caracoles, tienen un par de ojos sostenido cada uno por su pedículo correspondiente. Estos ojos tienen córnea, nervio óptico con retina y pigmento y hasta con cristalino y cuerpo vítreo. Entre los *cefalópodos*, el nautilus carece de córnea y de cristalino; de modo que el agua del mar penetra con toda libertad en su cavidad ocular. Algunos poseen, además, un cristalino, pero les falta la córnea; y otros tienen una abertura en ésta (sepia, octopus, loligo); las demás partes del ojo están bien desarrolladas. El ojo de los *vertebrados* no necesita una descripción especial. El amphioxus carece de ojos, y están atrofiados en el proteus y en el mamífero spalax, cuya vida en la obscuridad ha hecho que se fuese inutilizando su órgano visual. En muchos peces, anfibios y reptiles, el ojo está cubierto por la piel que se ha vuelto transparente en este punto. Algunos escualos, el cocodrilo y las aves tienen además de los párpados una *membrana nictitante* en el ángulo interno del ojo, la cual está unida con la glándula de Harder. En los mamíferos se ha reducido dicha membrana hasta convertirse en el repliegue semilunar. Los peces carecen de aparato lagrimal. Las lágrimas de las serpientes se quedan debajo del revestimiento cutáneo que cubre el ojo á manera de vidrio de reloj. La esclerótica de los peces óseos tiene dos tirillas cartilaginosas que en muchos casos están osificadas. En los peces óseos se dirige del medio de la coroides hacia el interior del cuerpo vítreo un órgano vascular (processus falciformis) cuyo abultamiento anterior recibe el nombre de *campánula de Haller*. Un órgano análogo, sólo que provisto además de fibras musculares, es el *peine* (pecten) del ojo de las aves que suele avanzar hasta la misma cápsula lenticular. En las aves está comprendida la córnea dentro de un anillo óseo. En las ballenas está engrosada de un modo enorme la esclerótica. En los animales acuáticos, el cristalino tiene una forma esférica muy pronunciada. En los reptiles y las

aves son estriadas las fibras musculares del íris y de la coroides. Merece consignarse el dato de que así como en todos los vertebrados están colocados los bastoncillos retinianos de delante atrás, los elementos análogos de los invertebrados (bastoncillos retinianos, cristalinos) están dirigidos de atrás adelante. En las salamandras fósiles se admite la existencia de un *tercer ojo* en la región parietal (ojo parietal).

La glándula pineal de los vertebrados, parece el pedúnculo atrofiado que ha quedado como resíduo de este ojo parietal (Leydig, de Graaf, Spencer, 1886). En los lagartos, todavía se encuentra cubierto por la piel ese ojo parietal, cubierta que es transparente en la iguana, de modo que en este animal, todavía presta el ojo mencionado algún servicio, aunque imperfecto, como aparato visual.

Las investigaciones de Loeb han demostrado que la dirección de los *rayos luminosos*, ejerce cierta influencia en la de los movimientos de muchos animales (lo mismo que sucede en las plantas). Esta influencia (*heliotropismo*), se observa hasta en algunos animales que no tienen ojos.

Reseña histórica. — Los *platónicos* y los *estóicos* se figuraban que el acto de la visión era material. Tanto del ojo como del objeto, partirían rayos luminosos que se encontrarían, volviendo los del ojo á su punto de partida con la sensación del objeto. Los *epicúreos* creían que de los objetos partían directamente pequeñas imágenes corpóreas; estas imágenes eran incorpóreas, á juicio de los *peripatéticos*. Según Aristóteles, el ojo no recibe nada material del objeto, sino su apariencia así como la cera recibe la impresión del sello. Descartes estableció la hipótesis de la vibración del éter, que también se produciría en el ojo excitando la de los nervios. Respecto al estudio de cada parte del órgano visual y de su actividad, recordaremos que ya la escuela de Hipócrates conoce los nervios ópticos y el cristalino. Aristóteles (384 años antes de J. C.), refiere que cuando en los heridos es cortado el nervio óptico, se quedan ciegos. Ya conoce las imágenes consecutivas, habla de los míopes é hipermétropes, dice que los movimientos del íris bajo la acción de la luz, son más vivos en los ojos azules que en los de color obscuro, y que sólo el hombre tiene pestañas en los dos párpados. Cita el caso de un sujeto que era capaz de provocar alucinaciones visuales (§ 395. 12), análogamente al pintar Theon de Samos que Quintiliano hizo famoso por haber dado á conocer que gozaba de esta misma facultad. Herófilo (307 años antes de J. C.), descubrió la retina; su escuela fue la primera que conoció los procesos ciliares. Galeno (131-203 años después de J. C.), describe los seis músculos del ojo y los puntos y conductos lagrimales. A su juicio la retina es la que recibe la impresión de la luz, y el origen de los nervios ópticos se encuentra en los tálamos ópticos. Berengar (1521), sabe que el borde de los párpados está barnizado de grasa; Stephanus (1545) y Casserio (1609), ya hacen mención de las glándulas que son más conocidas con el nombre de glándulas de Meibomio (1666); Falopio describe la membrana hialoides del ojo y el ligamento ciliar. Plater insiste en la mayor convexidad de la cara posterior del cristalino (1583). Aldrovandi vió restos de la membrana pupilar (1599). Ya en tiempo de Vesalio (1540), se dió importancia al poder refringente del cristalino. Leonardo de Vinci compara al ojo con la cámara obscura; y Maurolykos á la acción del cristalino con la de una lente de vidrio; pero Kepler (1611), fue el primero que demostró las verdaderas condiciones de refringencia del ojo y cómo se forma la imagen en éste, aunque creía que la acomodación se efectuaba haciendo avanzar ó retroceder á la retina. El jesuita Scheiner (1619), en cambio, hace ver que el cristalino se vuelve más convexo por medio de los procesos ciliares; admite la existencia de fibras musculares en la úvea; hace derivar la miopía y la hipermetropía de la diversa convexidad del cristalino, y además fue el primero que demostró cómo se formaba la imagen en la retina del ojo separado del cuerpo. Respecto al uso de las

gafas ó anteojos, ya se encuentra alguna indicación en las obras de Plinio; aunque parece debieron ser inventados en el siglo XIV por el florentino Salvino d'Armato degli Armati di Fir (muerto en 1317), así como por el monje Alejandro de Spina, de Pisa (muerto en 1313). Pero Kepler (1611) y Descartes (1637), fueron los primeros que explicaron su modo de obrar. Mayo (muerto en 1679), demostró que las fibras nerviosas que provocan la constricción de la pupila, se encuentran en el tercer par craneal; el fenómeno de la lucha ó competencia de los campos visuales ya ha sido conocido por (Gassendio 1658). Briggs (1676), sospecha que la visión es simple cuando el objeto se pinta en fibras homólogas de la retina. Nuck analiza el humor acuoso (1685), y Chrouet la lente cristalina (1688). De la Hire (hijo), atribuye el mismo poder refringente al humor acuoso y al cuerpo vítreo y examina el del cristalino y el de la córnea (1707). Zinn hace progresar mucho el estudio del ojo. Ya Ruisquio describe fibras musculares; Monro (1794), da una descripción más exacta del esfínter de la pupila; y Berzelius demuestra químicamente la existencia de substancia muscular en el íris. Jacob descubre la capa de bastoncillos en la retina; Sömmering (1791), es el primero que describe la mancha amarilla; van Leeuwenhoek ya conocía las fibras del cristalino, y Reil observa que este se fragmenta en forma estrellada. Berzelius practicó el examen químico del cristalino, del humor acuoso, del cuerpo vítreo, del pigmento y de las lágrimas. Brewster y Chossat (1819), examinaron el poder refringente de los medios del ojo. Purkinje (1819), estudia minuciosamente el fenómeno de la visión subjetiva.

SENTIDO DEL OIDO

408. Esquema de la estructura del órgano auditivo.

Los excitantes normales de los nervios auditivos, son las vibraciones sonoras; estas hacen entrar también en vibración á los aparatos terminales del nervio auditivo que están colocados en las expansiones membranosas del caracol y de los conductos semicirculares que se hallan bañadas por la endolinfa acuosa contenida en el laberinto del oído interno. Según esto, las vibraciones sonoras se comunican al líquido del laberinto, el cual es agitado de un movimiento ondulatorio que se transmite á su vez á las terminaciones nerviosas. Dedúcese de lo expuesto, que *la excitación del nervio auditivo se produce de un modo mecánico por los movimientos ondulatorios del líquido del laberinto.*

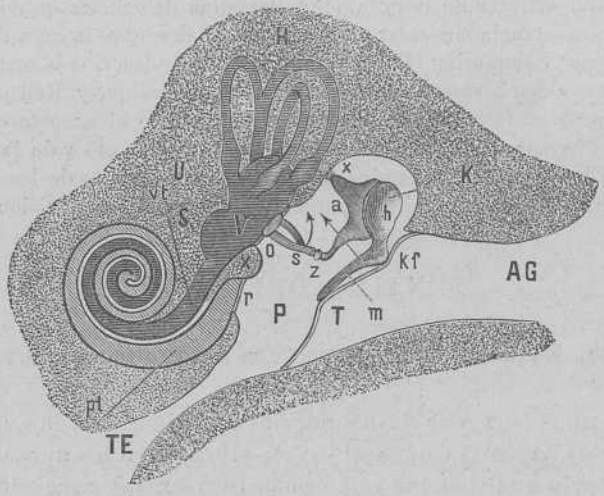
El líquido del laberinto está contenido en la *masa ósea* compacta y durísima del peñasco (fig. 290). Sólo en un espacio pequeño en forma de triángulo curvilíneo (*r*), la *ventana redonda*, es donde está reemplazada esa masa ósea por una membranita fina y flexible que, por la otra cara, se halla en contacto con el aire de la caja del tambor (P). No lejos de la ventana redonda, se halla la *ventana oval* (*o*), en la que está introducida la base del estribo (*s*) y sujeta por un cerco membranoso y flexible. También esta parte está en contacto por la otra cara con el aire de la cavidad timpánica ó caja del tambor. Como, con esta disposición, el líquido del laberinto se halla en contacto con dos puntos formados por paredes flexibles, es evidente que dicho líquido es capaz de experimentar un movimiento oscilatorio, puesto que cada oscilación del mismo ha-

brá de producir otra en los puntos flexibles de la cavidad en que está encerrado.

Si tratamos de precisar por qué caminos pueden transmitirse las vibraciones sonoras para producir movimientos ondulatorios en el líquido del laberinto, veremos que existen tres:

1.° La conducción por los *huesos de la cabeza*. Este modo de transmitirse las ondas sonoras, es el que se realiza de preferencia cuando un cuerpo sólido, que produce vibraciones sonoras, se aplica directamente á la cabeza, tal como un diapasón, en cuyo caso el sonido se propaga con su máximum de intensidad en la dirección de la prolongación del pie del

Figura 290.



Esquema del órgano auditivo.

AG, conducto auditivo externo. — T, membrana del tambor. — K, martillo con su cabeza (*h*) apófisis corta (*kf*) y mango (*m*). — *a*, yunque con su apófisis corta (*x*) y larga, la cual está unida al estribo (*s*) por medio del hueso lenticular (*z*). — P, caja del tambor. — *o*, ventana oval. — *r*, ventana redonda. — X, principio de la lámina espiral del caracol. — *pt*, rampa timpánica, y *vt* rampa vestibular del caracol. — V, vestíbulo. — S, saquillo. — U, odrecillo ó utrículo. — H, conductos semi-circulares. — TE, trompa de Eustaquio. La flecha larga señala la dirección en que se ejerce la tracción del músculo del martillo ó tensor timpánico; la corta, y arqueada señala la correspondiente al músculo del estribo.

instrumento (Lucæ, Kessel); ó bien cuando las vibraciones sonoras se propagan hasta la cabeza á través de líquidos, v. gr., del agua, cuando la cabeza se la mantiene sumergida en ésta. En cambio las vibraciones sonoras del aire casi no se transmiten á los huesos de la cabeza; así, cuando tapamos los oídos, no podemos percibirlas.

De las partes blandas que pertenecen á la cabeza, sólo transmiten bien los sonidos aquellas que están aplicadas inmediatamente á los huesos; y, de las que no se encuentran en este caso, la que la transmite mejor es la porción cartilaginosa del pabellón de la oreja. Pero aun en las circunstancias más favorables, se realiza en condiciones mucho más desventajosas la transmisión por los huesos de la cabeza para excitar los nervios auditivos, que la conducción del sonido por el conducto auditivo externo. Si se coloca entre los dientes el vástago de un diapasón y se hace

vibrar dejándole colocado hasta que ya no se oiga, todavía se percibe el sonido que produce si se le lleva rápidamente delante del oído (Rinne). Además, la percepción auditiva por transmisión á través de los huesos de la cabeza, se realiza en mejores condiciones cuando las oscilaciones no se pueden transmitir con holgura desde los huesos á la membrana del tambor y de aquí al aire del conducto auditivo externo. Esta es la causa de que esta conducción ósea se efectue mejor cuando se tapan al mismo tiempo los oídos, con lo cual se impide dicha transmisión de las vibraciones al aire exterior. Cuando en los sordos todavía se conserva en estado normal la conducción del sonido y la audición por los huesos de la cabeza, es señal de que la causa de la sordera no se encuentra en el aparato nervioso del oído, sino en aquellas partes del mismo que están encargadas de transmitir los sonidos que proceden del mundo exterior.

2.° La transmisión normal en el acto ordinario de la audición se realiza por el *conducto auditivo externo* de tal manera, que las vibraciones del aire hacen entrar en vibración primero á la membrana del tambor (figura 290. T), de aquí al martillo (*h*) que está aplicado á esta membrana, y luego al yunque (*a*) y al estribo (*s*), el cual transmite las vibraciones de su base al líquido del laberinto.

3.° En los hombres que han perdido la membrana del tambor y los huesecillos del oído por consecuencia de afecciones destructoras del oído medio, todavía puede ser excitado el aparato auditivo (aunque sólo en un grado muy débil), transmitiéndose las vibraciones del aire directamente á la membrana de la ventana redonda (*r*) y á las partes que cierran la ventana oval (*o*). La membrana de la ventana redonda hasta puede ser la *única* que éntre en vibración, cuando la oclusión de la ventana oval se ha vuelto completamente rígida (Weber-Liel).

409. Nociones físicas acerca del sonido.

El sonido se produce por oscilaciones de cuerpos elásticos susceptibles de entrar en vibración, los cuales originan en el aire que les rodea condensaciones y enrarecimientos alternativos, ó sea ondas, en las que oscilan las partículas corpóreas en dirección longitudinal, es decir, en la misma en que se propaga el sonido. Según esto, alrededor del punto de origen del sonido se forman condensaciones y enrarecimientos á manera de esferas concéntricas, que propagan las vibraciones sonoras hasta nuestro oído. Las *vibraciones* de los cuerpos sonoros son de las llamadas *estacionarias* (E. H. y Guillermo Weber), es decir, que todas las partículas de los mismos se encuentran siempre en la misma fase del movimienro, puesto que simultáneamente se mueven, alcanzan su máximum de oscilación y retrogradan; tal sucede, v. gr., con las partículas de una varilla metálica sonora y vibrante. Según esto, el sonido es *producido* por vibraciones *estacionarias* de los cuerpos elásticos, y *propagado* por el movimiento ondulatorio *progresivo* de los medios elásticos (del aire por lo común) (Newton). La *longitud de onda* de un sonido, ó sea la distancia de un máximum de condensación en el aire, al siguiente (ó entre dos esferas de condensación del aire), es proporcional á la duración de las vibraciones del cuerpo sonoro.

Siendo λ la longitud de onda de un sonido, t la duración en segundos de una vibración del cuerpo que produce la onda, tendremos que $\lambda = nt$. En esta fórmula, si n representa la velocidad de propagación del sonido en el aire, es igual á 340,88 metros; si se trata del agua, es de 1435 metros, ó sea cerca de cuatro veces mayor

que la del aire. Esta velocidad de propagación del sonido en los cuerpos sólidos susceptibles de entrar en vibración, es de 7 á 18 veces mayor que la del aire. El sonido se transmite mejor por un mismo medio ; cuando tiene que atravesar varios siempre se debilita.

Las ondas sonoras se *reflejan* siempre que chocan contra un obstáculo sólido : en este caso, el ángulo de reflexión es igual al de incidencia.

No estará de más exponer otras nociones relativas al movimiento ondulatorio.

Se distinguen dos clases en este movimiento : I. Vibraciones progresivas. Estas pueden presentarse bajo dos formas distintas : 1.° Como *vibraciones longitudinales* (Chladni), en las que cada partícula del cuerpo vibrante oscila desde su posición de equilibrio en la misma dirección del movimiento progresivo de las ondas. A esta categoría pertenecen las ondas del agua y del aire. Esta forma de movimiento es causa de que las partículas se aproximen en ciertos puntos y se separen en otros. A estas dos clases de ondas se las llama respectivamente *ondas condensadas* y *enrarecidas ó dilatadas*. 2.° Pero si en cada onda progresiva cada partícula se mueve en sentido vertical, hacia arriba y hacia abajo, ó sea en dirección perpendicular á la de propagación de la onda, entonces se originan las simples *vibraciones transversales* (Chladni) ú ondas progresivas de inflexión, en las que no pueden producirse condensaciones ó dilataciones en la dirección de la propagación de las ondas, puesto que las partículas sólo cambian de lugar en sentido lateral. Un ejemplo de este movimiento vibratorio lo suministran las ondas progresivas que se producen con una cuerda. II. Vibraciones estacionarias. Cuando todas las partículas de un cuerpo elástico y vibrante oscilan de tal modo que se encuentran siempre en la misma fase de movimiento, como sucede con las ramas de un diapasón que produce un sonido, ó de una cuerda que se ha hecho entrar en vibración, se origina un movimiento que recibe el nombre de *vibración estacionaria*. Como quiera que los cuerpos cuya extensión es muy pequeña en el sentido de la oscilación, se mueven hacia uno y otro lado, produciendo vibraciones estacionarias, así se explica que las partes pequeñas del aparato auditivo (membrana del tambor, huesecitos del oído, líquido del laberinto) oscilen bajo la forma de vibraciones estacionarias. (También en las cuerdas tensas pueden ejecutar esta clase de vibraciones cada uno de los segmentos en que se divide, separados por puntos nodales).

410. Oreja.—Conducto auditivo externo.

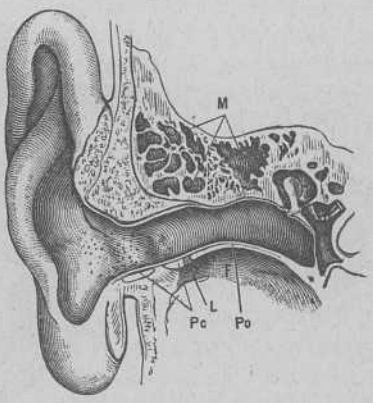
Cuando falta la oreja, no se altera de un modo apreciable la audición ; de aquí se deduce que la función fisiológica de dicha parte es insignificante. Cierto que se ha pretendido atribuir una influencia favorable en la reflexión de las ondas sonoras á sus eminencias y depresiones (Boerhaave). Es evidente que muchas de estas ondas vuelven á ser reflejadas con el mismo ángulo hacia el exterior ; pero aquellas que chocan con la concha, que está más profunda, deben dirigirse hacia el trago, para de aquí ser reflejadas otra vez hacia el conducto auditivo externo. También se ha dicho que acaso la misma oreja refuerce la intensidad de los sonidos entrando en vibración. Schneider dice que se debilita un poco la audición cuando se rellenan con cera todas las depresiones de la oreja hasta la entrada del conducto auditivo externo ; en cambio, Harless y Esser no han observado la menor modificación. Mach hace observar con razón, y contra los que sostienen que las ondas sonoras son reflejadas tanto por la oreja, como por las paredes del conducto auditivo, que estas partes son demasiado pequeñas comparadas con la longitud de onda de las vibraciones sonoras. Se ha supuesto también que la oreja, como lámina elástica que puede vibrar con cierta libertad, habrá de recibir las ondas sonoras y transmi-

tirlas á los huesos de la cabeza, por cuyo intermedio se reforzaría la excitación de los nervios auditivos. Pero esta opinión no puede tomarse en serio, porque el efecto de la transmisión por los huesos de la cabeza en el acto de la audición es insignificante cuando el cuerpo está rodeado de aire.

Según Kessel, hay en la oreja cinco zonas, desde donde es dirigido el sonido al oído con una intensidad variable cuando la cabeza está en reposo, ó desde donde son producidas variaciones de intensidad cuando se mueve la cabeza. Cubriendo con cautchuc la cara posterior de la oreja, disminuye la agudeza y la facilidad de localización para las impresiones sonoras procedentes de detrás del cuerpo (Rogdestwensky).

Músculos del oído externo.—1.° Hay unos (músculos extrínsecos) que mueven la oreja en su totalidad, tales son los músculos auricular posterior, auricular superior y auricular anterior. 2.° Existen otros músculos (intrínsecos) que pueden modificar la forma de la oreja, los cuales se insertan, ó por dentro, como los músculos del trago, del antitrago, y mayor y menor del hélix; ó por fuera, como los músculos transverso y oblícuo de la oreja. Las personas cuyas orejas se mueven, no observan ninguna modificación en la audición con estos movimientos. Los músculos mayor y menor del hélix son elevadores de éste; los transversos y oblícuos de la oreja ensanchan la concha de ésta; los del trago y antitrago estrechan el conducto auditivo, y corresponden á músculos análogos que se encuentran en los animales, y cuya acción es bien manifiesta (Duchenne, v. Ziemssen). Pero en muchos de estos últimos, tanto la oreja, como sus músculos, influyen en la audición. Los músculos cambian la dirección de la oreja para que su abertura se vuelva al foco sonoro ó se desvíe de éste. Además, los músculos interiores de la oreja son capaces de hacer que ésta se ensanche ó se estreche. En algunos animales que se sumergen en el agua, se cierra el conducto auditivo externo por medio de una especie de válvulas. *La oreja del hombre debe considerarse como un órgano que conserva su desarrollo típico, pero que ha perdido sus funciones.*

Figura 291.



El conducto auditivo externo y la caja del tambor.

M, cavidades óseas del peñasco. — *Pc*, porción cartilaginosa del conducto auditivo externo. — *Po*, porción ósea del mismo. — L unión membranosa de ambas porciones.— F, cavidad articular para el cóndilo del maxilar inferior (según Urbantschitsch).

El conducto auditivo externo tiene 3 á 3,25 centímetros de largo, de 8 á 9 mm de alto y de 6 á 8 mm de ancho en su orificio externo; sirve para conducir las ondas sonoras hasta la membrana del tambor. Como es algo tortuoso en hélice, tanto que para que la vista llegue bien al fondo, es preciso tirar por la oreja hacia arriba; de ahí que casi todas las ondas sonoras choquen al principio con sus paredes y sean después reflejadas hacia la membrana del tambor. Las obstrucciones del conducto auditivo externo, sobre todo por tapones de cerúmen endurecido, impiden la audición.

411. Membrana del tambor.

La *membrana del tambor* ó timpánica (fig. 292) es una membrana elástica y casi inextensible, que está sujeta pero no muy tensa en un cerco óseo, siendo más gruesa en sus bordes. Es de un espesor de 0,1 milímetros, de una extensión superficial de 50 milímetros cuadrados (y no mucho menor en los animales pequeños), de forma elíptica, con su diámetro mayor de 9,5 á 10 milímetros y el menor de 8 milímetros, y está colocada en el fondo del conducto auditivo externo en dirección oblícua, formando

Figura 292.

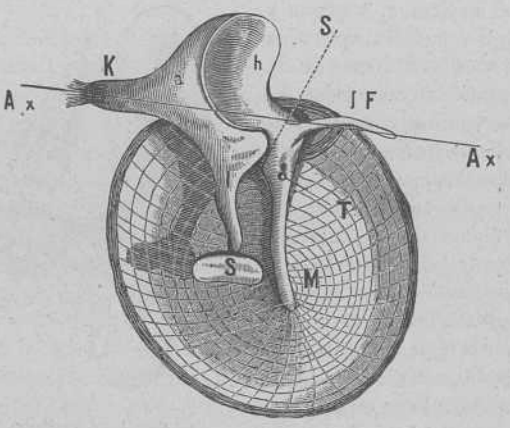


Figura 294.

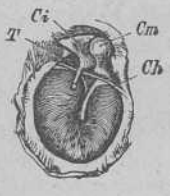


Figura 293.

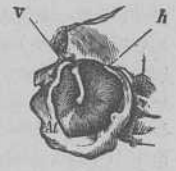


Fig. 292. — *Membrana del tambor y huesecitos del oído (lado izquierdo) vistos por dentro ó sea desde la caja timpánica.* — M, mango del martillo. — T, inserción del músculo del martillo. — *h*, cabeza del martillo. — *lF*, apófisis larga del martillo. — *a*, yunque con su apófisis corta (*k*), y larga (*l*). — S, base del estribo. — *Ax*, *Ax*, eje común de rotación de los huesecitos del oído. — S, articulación á manera de escape entre el martillo y el yunque.

Fig. 293. — *Membrana del tambor de un recién nacido vista por fuera, y dejando ver por transparencia el mango del martillo.* — *At*, anillo timpánico con sus dos extremos anterior *v* y posterior *h*.

Fig. 294. — *Membrana del tambor y huesecitos del oído (lado izquierdo) vistos por dentro.* — *Ci*, yunque. — *Cm*, martillo. — *Ch*, cuerda del tambor. — T, depresión en forma de bolsa (según Urbantschitsch).

un ángulo de 40° de arriba y afuera hacia abajo y adentro. Prolongando hacia adelante ambas membranas, convergerían cruzándose y formando un ángulo de 130 á 135°. Gracias á esta colocación oblícua presenta una superficie mayor que si estuviera tensa en dirección vertical, y de este modo cae verticalmente sobre dicha superficie un número mucho mayor de ondas sonoras. La membrana no está tensa hasta ponerse plana, sino algo hundida hacia adentro un poco por debajo de su centro (ombligo); cuyo hundimiento es producido por el mango del martillo que está adherido á ella; además la apófisis corta de este huesecito empuja la membrana un poco hacia afuera cerca de su borde superior (figs. 296 y 292).

DR. PEREZ ARAPILES

La membrana del tambor consta de tres capas: la membrana propia que es una *capa fibrosa* constituída en la cara externa por fibras radiadas y en la interna por fibras circulares; la *capa cutánea* muy adelgazada que reviste á la membrana en la cara que mira al conducto auditivo externo, y la *capa mucosa*, muy delgada, que es la que se halla por el lado de la cavidad timpánica, capa que es muy fina y está revestida de epitelio pavimentoso simple. En la membrana del tambor se encuentran numerosos nervios y vasos linfáticos, así como vasos sanguíneos, tanto internos como externos.

La membrana timpánica recibe las ondas sonoras que penetran en el conducto auditivo externo, y las cuales la hacen vibrar, correspondiendo estas vibraciones por su amplitud y su número á las del aire. Politzer enlazó en el pato los huesecitos del oído, que están unidos á la membrana del tambor, con un mecanismo inscriptor, y de este modo consiguió que al producirse un sonido, se trazasen las oscilaciones de la membrana timpánica que entonces entraba en vibración. Como esta membrana tiene dimensiones muy pequeñas (espesor) en dirección de las ondas sonoras, vibra en su totalidad en uno y otro sentido, según las condensaciones y dilataciones del aire que la hace entrar en vibración. La membrana del tambor ejecuta por lo tanto *vibraciones transversales* (pág. 428), para lo cual está particularmente dispuesta, puesto que con esta clase de movimiento es con el que encuentra relativamente menor resistencia que vencer.

Las cuerdas y las membranas tensas no entran por lo general en vibraciones de alguna importancia más que cuando son conmovidas por sonidos que concuerdan con el suyo propio, ó cuyo número de vibraciones es múltiplo del de este último (octava, duodécima, etc.). Los demás sonidos sólo determinan en ellas vibraciones de muy poca intensidad. Este hecho se demuestra con un experimento muy sencillo. Si se tiende una membrana sobre un cilindro ó un embudo, y se hace que la toque ligeramente en su centro una bolita de lacre suspendida de una seda de capullo, la bolita casi queda en reposo, cuando se produce algún sonido en sus inmediaciones; pero se mueve violentamente tan pronto como el sonido producido es el propio de la membrana, porque ésta vibra entonces con gran energía.

Aplicando este ejemplo á lo que pasa en la membrana del tambor, ésta tampoco vibraría con gran intensidad sino cuando las ondas que la impresionaran fuesen las de su sonido propio, y en cambio vibraría muy poco con los demás sonidos. Esto daría origen á una enorme desigualdad en la audición. A fin de evitar semejante inconveniente existen las siguientes disposiciones en el aparato auditivo: 1.° La cadena de los huesecillos, que está unida á la membrana del tambor, opone una gran resistencia á las vibraciones de ésta, constituyendo un *mecanismo amortiguador ó apagador*, por virtud del cual la membrana timpánica ya no puede vibrar de un modo excesivo cuando reciba las ondas de su sonido propio. Pero este mecanismo produce además el efecto de moderar las vibraciones que se producen con los demás sonidos. De este modo se moderan *todas* las vibraciones de la membrana, pero sobre todo las muy intensas

que se originan al recibir las ondas del sonido propio. Así la membrana está más dispuesta para vibrar de un modo más uniforme con vibraciones sonoras de longitud de onda muy diferente, aunque por otra parte vibre con menos intensidad de lo que debiera con las suyas propias. Por fin, el mecanismo amortiguador impide también muy eficazmente las vibraciones secundarias que perturban á las primitivas. 2.° Además, las vibraciones de la membrana del tambor habrán de ser muy pequeñas en armonía con la poca *masa* de que consta dicha membrana. Y, sin embargo, estas pequeñas variaciones de lugar son suficientes para transmitir el movimiento ondulatorio del sonido hasta las terminaciones más delicadas de los nervios auditivos. Más aún; al describir los huesecitos del oído daremos á conocer mecanismos que todavía reducen más la amplitud de los movimientos de la membrana timpánica.

Bueno será recordar que, como lo ha demostrado v. Helmholtz, el mecanismo amortiguador que se acaba de dar á conocer, no reprime por completo las enérgicas oscilaciones de la membrana timpánica al entrar en vibración con su sonido propio. Hace notar dicho autor, que en la mayoría de las personas los sonidos mi^6 y sol^6, se oyen con una intensidad y sonoridad especiales (v., gr., el canto del grillo), y sospecha, por lo tanto, que el sonido propio del aparato auditivo, inclusive la membrana del tambor, se encuentra á esta altura de la escala musical, siendo esa la causa de que dicha membrana vibre con gran intensidad cuando se produce uno de esos sonidos. En general, parece que los sonidos calificados de *estridentes*, son los que principalmente provocan las vibraciones propias del aparato auditivo.

Según Kessel, cada parte de la membrana timpánica reacciona de un modo particular para los distintos sonidos; las fibras radiadas más cortas que se encuentran en la parte superior del segmento anterior y en el segmento superior, son las que vibran con sonidos más elevados; en cambio, las fibras más largas del segmento posterior son las que vibran con los sonidos más bajos. La parte superior del segmento posterior serviría para percibir los ruidos, y por eso los sonidos graves son perturbados con facilidad ó hasta obscurecidos por los ruidos.

Fick sostiene que la membrana timpánica posee, además de la propiedad de vibrar con una intensidad casi igual con todos los sonidos, la de ser un *aparato resonador*, es decir, que suma la energía de vibraciones sucesivas. Esta última propiedad la debe á su forma de embudo, así como al mango rígido del martillo intercalado en su tejido propio á manera de radio. Así se demuestran con membranas del tambor construídas artificialmente.

Estados patológicos. — Los engrosamientos y la rigidez de la membrana timpánica disminuyen la agudeza de la audición á causa de que entorpecen la facultad de vibrar de dicha membrana. También debilitan la audición los agujeros y pérdidas de substancia en la misma. Cuando las destrucciones de ésta son muy extensas, se puede introducir por el conducto auditivo externo un tímpano *artificial*, cuyas vibraciones reemplazan, hasta cierto punto, á las del natural á que sustituyen (Toynbee).

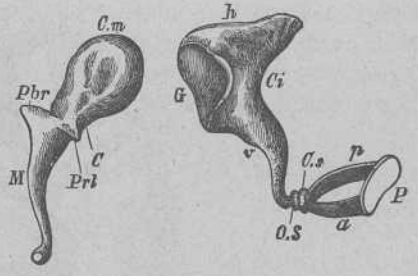
412. Los huesecitos del oído y sus músculos.

Los huesecitos del oído tienen una doble función: por medio de la cadena que forman transmiten las vibraciones de la membrana timpánica al líquido del laberinto; además suministran á los músculos del oído me-

dio, puntos de inserción para que puedan *variar la tensión* de la membrana del tambor y la *presión* del líquido del laberinto.

La *forma* y *posición* de los huesecitos del oído se deducen de la inspección de las figs. 296 y 295; constituyen una *cadena* articulada que sirve, por medio del martillo *h*, del yunque *a*, y del estribo S, de lazo de unión entre la membrana del tambor M, y el líquido del laberinto. Merece mención especial el *modo de moverse* los huesecitos. El mango del *martillo* (fig. 296, *n*) está íntimamente adherido á las fibras de la membrana del tambor. Además, el martillo está sujeto por *ligamentos* que le obligan á moverse en una dirección determinada. Dos de estos ligamentos, el ligamento anterior del martillo, que parte de su apófisis larga, y el posterior, que arranca de una crestecita del cuello, forman juntos el *ligamento axial* (v. Helmholtz), que atraviesa la caja del tambor en dirección de atrás á adelante, ó sea paralela á la superficie de la membrana timpánica. El cuello del martillo se encuentra entre las inserciones de los dos ligamentos que por su unión constituyen el *eje de rotación* de dicho hueso. Cuando el mango de éste es atraído hacia adentro, la cabeza ejecuta, como es natural, el movimiento contrario, es decir, hacia *afuera*. El *yunque* (*a*) sólo en parte está sostenido en su posición por un ligamento que fija su apófisis corta á la pared de la caja timpánica, por delante de la entrada de las células mastoideas (*k*). También contribuye, en gran manera, á fijarle en su posición la articulación no muy rígida que le une á la cabeza del martillo (*h*), el cual encaja con su superficie, en forma de silla de montar, en la cavidad del yunque destinada á recibirla. Es notable el encaje, á manera de escape, que forma el canto inferior del borde del yunque (fig. 292, S). Gracias á este mecanismo especial, cuando el mango del martillo se dirige hacia dentro en la caja timpánica, también es empujado en la misma dirección el yunque, ó sea la *apófisis larga* de este último, que es paralela á dicho mango, y que forma un ángulo casi recto con el *estribo* (S), al que está unida por intermedio del hueso lenticular (*s*). En cambio, cuando la membrana del tambor con el mango del martillo se desvían hacia afuera, tal vez por condensación del aire contenido en la caja timpánica, la apófisis larga del yunque no participa de este movimiento, porque entonces se desvía el martillo del yunque gracias á esa disposición, á manera de escape, del borde del yunque. De este modo se evita una tracción del estribo y la conmoción perturbadora que ésta acarrearía en el líquido del laberinto. Según esto, el martillo y el yunque

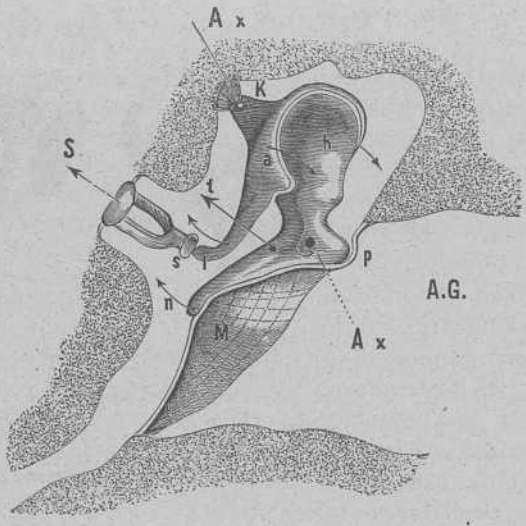
Figura 295.



Huesecitos del oído derecho. — *C m*, cabeza del martillo. — *C*, su cuello. — *P b r*, su apófisis corta. — *P r l*, su apófisis larga. — M, su mango. — *C i*, cuerpo del yunque. — G, su superficie articular. — *h* y *v*, sus apófisis corta y larga. — *O s*, hueso lenticular. — *C s*, cabeza del estribo. — *a* y *p*, sus ramas anterior y posterior. — P, su base.

constituyen, como lo ha demostrado perfectamente Ed. Weber, una *palanca acodada*, cuyo movimiento se realiza alrededor de un eje común (figs. 296 y 292, *Ax*, *Ax*). En el movimiento hacia *adentro* sigue el yunque al martillo, como si los dos huesecitos formasen una sola pieza. Pero el eje común de los dos huesos (fig. 292) no es el ligamento axial del martillo, sino que está constituído por delante por la apófisis corta del martillo (*l* F) dirigida hacia adelante, y por detrás por la apófisis corta del yunque (K) dirigida hacia atrás. Al girar los dos huesecitos alrededor de este eje, lo hacen en un plano perpendicular al de la membrana timpánica, y en este movimiento las partes que están por encima del eje (cabeza del martillo y porción superior del cuerpo del yunque), se desvían, como

Figura 296.



Membrana del tambor y huesecitos del oído izquierdo (aumentados).

AG, conducto auditivo externo. — M, membrana del tambor, á la que están aplicados el mango del martillo (*n*) y su apófisis corta (*p*). — *h*, cabeza del martillo. — *a*, yunque. — *k*, apófisis corta de este hueso con su ligamento. — *l*, apófisis larga — *s*, hueso lenticular. — S, estribo. — *Ax*, *Ax*, eje de rotación de los huesecitos del oído, dibujado en perspectiva y como si estuviese atravesando el papel. — *t*, dirección de la tracción del músculo del martillo. Las demás flechas indican el movimiento de los huesecitos del oído al contraerse este músculo.

es natural, *en sentido contrario*, de las que están por debajo (mango del martillo y apófisis larga del yunque), como lo indican las flechas en la figura 296. Al movimiento del mango del martillo siempre acompaña el de la membrana del tambor y viceversa, y el de la apófisis larga del yunque siempre determina el del estribo. Todavía hay un punto que merece nuestra atención. Como quiera que la apófisis larga del yunque sólo tiene de largo dos tercios de la longitud del mango del martillo (figuras 296, 295 y 292), de ahí que la *excursión* del extremo de la primera, y con ella del estribo, *habrá de ser menor* en la misma proporción, y en cambio *será mayor la fuerza* con que se realiza.

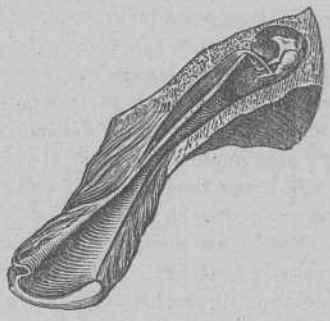
Según esto, los movimientos de la membrana del tambor hacia aden-

tro, producen otros menos amplios, pero *más enérgicos* de la base del estribo contra el líquido del laberinto; v. Helmholtz y Politzer calculan en 0,07 milímetros la amplitud de estos movimientos.

De lo dicho se infiere que la manera de ser transmitidas las vibraciones de la membrana del tambor, por la cadena de los huesecillos hasta el líquido del laberinto, es enteramente análoga al mecanismo del movimiento de dichas partes, tal como lo acabamos de describir. Para estudiar estos movimientos, se han unido hilos de vidrio, largos y muy finos, con las diversas partes de los huesecillos; esos estiletes, haciendo de palancas sensibles, inscribían en superficies ahumadas los movimientos que ejecutaban cuando penetraban ondas sonoras en el aparato auditivo así preparado (Politzer, Hensen y Schmiedekam); ó bien se pegaban á los distintos puntos de los huesecitos, granitos muy brillantes cuyo movimiento vibratorio aparecía como líneas luminosas, que se observaban y medían con el microscopio (Buck, v. Helmholtz, Mach y Kessel). Todos los experimentos confirman que la transmisión de las vibraciones sonoras, se efectua por el mecanismo descrito, del movimiento de palanca acodada de la cadena de los huesecitos. Pero al propagarse las vibraciones de la membrana timpánica por el martillo, hasta el estribo, se *pierde* como una cuarta parte de la fuerza primitiva (Politzer, Buck).

Con todo, como las excursiones de los huesecitos con las vibraciones sonoras, son pequeñísimas, no se modifica realmente la posición de las articulaciones en cada vibración. Esto sólo sucederá cuando se ejecuten movimientos más amplios por virtud de las contracciones musculares, que vamos ahora á describir.

Figura 297.



Músculo del martillo y trompa de Eustaquio (oído derecho).

Los músculos de los huesecitos del oído, influyen en su posición, en la tensión de la membrana del tambor, y en la presión del líquido del laberinto. El *músculo del martillo* ó tensor del timpano, que está colocado en una canal, ósea, situada por encima de la trompa de Eustaquio, se dobla con su tendón, formando casi un ángulo recto por encima de un resalto producido por la prolongación de esa misma canal, para dirigirse hacia afuera é insertarse en el martillo inmediatamente debajo del eje de rotación de éste (fig. 297. M). Cuando se contrae el músculo (en la dirección de la flecha *t*, fig. 296), atrae hacia adentro el mango del martillo (*n*) y la membrana timpánica (M), poniendo tensa á esta última. Con esto también se mueven el yunque y el estribo (S), hundiéndose más este último en la ventana oval, como ya hemos expuesto anteriormente. Al relajarse el músculo, la *elasticidad* del ligamento axial, que estaba retorcido, y de la membrana del tambor tensa, hacen que estas partes recobren su primitiva posición de reposo. El *nervio motor* del músculo proviene del *trigémino* y camina por el *ganglio ótico*

(véase § 349. III). C. Ludwig y Politzer observaron en el cráneo la contracción muscular descrita, como consecuencia de la excitación del quinto par.

La tensión de la membrana timpánica producida por la contracción del músculo del martillo, tiene un doble objeto (Juan Müller): 1.° Cuando la membrana está tensa, vibra con más dificultad con los sonidos muy fuertes, pues enseña la experiencia (Savart) que las membranas vibran con tanta mayor dificultad, cuanto más tensas están. En este sentido, el músculo del martillo sirve para proteger al órgano auditivo, impidiendo que las terminaciones nerviosas reciban choques demasiado fuertes, por intermedio de la membrana timpánica. 2.° La tensión de ésta, habrá de variar según el grado de su contracción. Con esto varía el sonido propio de la membrana, según los casos, y se encuentra en disposición de vibrar con más energía para una altura determinada de ondas sonoras, *acomodándose* en cierto modo para éstas. De esta manera se puede favorecer, como ya se comprende, la percepción de los sonidos de poca intensidad.

Bajo este concepto, se ha comparado á la membrana del tambor con el *iris*. Ambas membranas evitan una excitación muy fuerte, cuando el excitante específico es demasiado intenso, contrayéndose (estrechamiento de la pupila y tensión de la membrana timpánica), y ambas son capaces, por lo tanto, de *adaptar* el órgano auditivo al grado de intensidad de la excitación sensorial, según la mayor ó menor energía de esta excitación. En las dos membranas se efectuan estos movimientos por excitación *refleja*, transmitida, para el órgano auditivo, por el nervio acústico que estimula por vía refleja á las fibras motoras del músculo del martillo.

Se demuestra fácilmente la menor sensibilidad de la membrana del tambor para las vibraciones sonoras, cuando está más tensa que de costumbre: ó bien se cierran la boca y las narices y se practica un movimiento espiratorio enérgico, con lo cual pasa aire por la trompa de Eustaquio á la caja timpánica, y empuja hacia afuera á la membrana del tambor; ó se hace entonces una inspiración profunda, y de este modo se enrarece el aire en la caja y es atraída con fuerza hacia adentro la membrana timpánica. En ambos casos se produce sordera, mientras la membrana se encuentre en ese estado de mayor tensión, como se puede observar muy bien escuhando un sonido que se está extinguiendo. Insuflando aire por medio de una pera de cautchuc, en el conducto auditivo de un sujeto sano, se contrae el músculo del martillo en los dos oídos, y, á consecuencia de esto, se entorpece momentáneamente la audición en el oído no insuflado (Gellé). Juan Müller ha puesto en evidencia esta acción con el siguiente experimento: Introduciendo en un conducto auditivo un embudo que tenga una aberturita lateral, y cuya base esté cerrada con una membrana tensa, siempre se oyen los sonidos con menos distinción cuando se pone más tensa esta membrana, que viene á hacer el papel de una segunda membrana timpánica, colocada delante del oído.

El músculo del martillo es excitado en circunstancias normales *por vía refleja*, como ya hemos dicho, no estando sometido á la acción de la voluntad de un modo directo y aislado. L. Fick, interpreta como *movimiento asociado* del músculo del martillo el siguiente fenómeno: Cuando aprieta con fuerza y convulsivamente ambas mandíbulas, percibe en su oído un sonido elevado, agudo y sibilante, y al mismo tiempo se mueve rápidamente hacia adentro, una gota de agua que se halle dentro de un tubo capilar ajustado herméticamente en el conducto auditivo externo. Durante este experimento, el individuo cuya audición se halla en estado nor-

mal, percibe con más intensidad todos los sonidos musicales, y debilitados, en cambio, los más elevados que ya no tienen ese carácter (Lucae).

Al *bostezar*, en cuyo acto se ponen en estado de tensión los músculos de la cara y de las mandíbulas, observaron v. Helmholtz y Politzer, que se debilita la audición de ciertos sonidos, fenómeno que yo también percibo en mí con toda claridad pero que atribuyo más bien á una actividad exagerada del músculo del estribo.

Hensen demostró que el músculo del martillo se contrae de un modo alternado (no permanente) en el acto de la audición, verificándose dicha contracción al principio de este acto. Esta contracción favorece la percepción de los sonidos porque la membrana del tambor al ser movida por dicho músculo, vibra con más facilidad con los sonidos elevados, que no cuando está en su posición de reposo. En el perro y en el gato, si se les abre la cavidad timpánica, se ve que la contracción del músculo mencionado sólo se ejecuta al principio del sonido, para cesar rápidamente aunque dicho sonido continue.

El *músculo del estribo* situado en el conducto de la pirámide, y que se dirige desde atrás á insertarse en la cabecita del estribo y en el hueso lenticular, tiene la acción siguiente : por la tracción que ejerce sobre la cabeza del estribo (indicada en la fig. 290 por la flecha arqueada) coloca á este hueso en una posición oblícua, haciendo que el extremo posterior de su base se hunda un poco más en la ventana oval y el anterior se salga en cambio otro poco. Con esto el estribo queda más sujeto, porque al colocarse su base en esa posición oblícua, se tiene que poner más tensa la masa ligamentosa anular que se inserta en su borde. El músculo del estribo sirve, por lo tanto, para evitar que, por intermedio de este hueso puedan transmitirse con toda su fuerza hasta el líquido del laberinto, choques demasiado intensos que hubiesen llegado al huesecito comunicados por el yunque. El nervio de este músculo proviene del facial (§ 351. 3).

En algunos individuos se contrae este músculo, como movimiento asociado, cuando se cierran con fuerza los párpados (§ 351 al final). Yo he conseguido excitarlo *por vía refleja* rascando con la uña inmediatamente por delante de la entrada del conducto auditivo externo, y Henle obtuvo el mismo resultado frotando ligeramente á lo largo del borde externo de la órbita. También parece que es excitado de un modo reflejo, en ciertos enfermos del oído, cuando se practican inyecciones en la caja timpánica. En estos casos han observado Voltolini y Politzer, como movimientos asociados, contracciones de los músculos estrínsecos de la oreja, y Ziem un blefarospasmo simultáneo (§ 351).

Sin embargo de esto, todavía hay gran divergencia de opiniones acerca de la acción del músculo del estribo. Cuando este hueso se coloca oblícuamente, la apófisis larga del yunque debe seguir el movimiento de su cabeza, empujando á su vez hacia afuera al martillo y á la membrana timpánica, por lo que se ha dicho que dicho músculo es *antagonista* del del martillo (Lucae). Politzer observó que desciende la presión en el laberinto al ser excitado el músculo. Según Toynbee, este haría que el estribo se saliese más de la ventana oval y que se hiciese, por lo tanto, más movible, con lo cual vibraría con mayor facilidad ; sería el verdadero músculo del acto de escuchar. Henle cree que el músculo del estribo no sirve tanto para mover como para fijar este hueso, y que sólo entra en acción cuando sea peligroso, que un movimiento comunicado al martillo pueda ser transmitido al estribo por

intermedio del yunque. Esta es también mi opinión, tanto que yo comparo al músculo del estribo con el orbicular de los párpados, calificando á entrambos de músculos protectores de importantes órganos de los sentidos. Ambos son inervados por el nervio facial; ambos pueden entrar en actividad de un modo reflejo por excitación de los nervios sensitivos en la proximidad del órgano sensorial; y una fuerte contracción del orbicular provoca como movimiento asociado la del músculo del estribo. Lucae que comprobó este movimiento asociado en las contracciones muy enérgicas de los músculos faciales, v. gr., al cerrar los párpados (percibiéndose entonces un ruido entótico grave), cree que el músculo del estribo determina una acomodación de la membrana del tambor *para los sonidos muy elevados que ya no sean musicales*, á la manera que interviene el músculo del martillo para los que son musicales. Por eso con este experimento se oyen más fuertes esa clase de sonidos.

Figura 298.

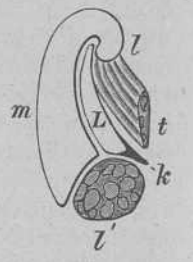
Músculo del estribo (lado derecho).

Estados patológicos. — Cuando los huesecitos del oído son inflexibles por existir adherencias callosas, ó están rígidas sus articulaciones (anquilosis), se debilita la audición por la menor facilidad con que vibran dichas partes; y el mismo efecto producen las adherencias sólidas del estribo á la ventana oval. En los casos de *contracturas* del músculo del martillo se ha seccionado el tendón de éste. Respecto á la *parálisis* de este músculo (véase *ganglio ótico*, § 349) y para la del músculo del estribo (véase § 351).

413. Trompa de Eustaquio. — Caja del tambor.

La *trompa de Eustaquio* es un tubo de 4 centímetros de largo que sirve para mantener la ventilación de la caja del tambor, estableciendo comunicación entre el interior de esta última y el aire exterior que se encuentra en la faringe, con lo cual tiene la misma densidad en ambos puntos (figs. 297 y 290). Sólo con esta condición es posible que pueda vibrar de un modo normal la membrana timpánica. La trompa de Eustaquio está *cerrada* de ordinario, porque sus paredes mucosas se aplican la una á la otra formando una hendidura capilar barnizada con un poco del producto de secreción de las mismas (Toynbee); pero en el momento de la deglución se ensancha el conducto hasta abrirse (Toynbee, Politzer, Moos) (fig. 299) por virtud de la contracción de las fibras del músculo peristafilino externo, llamado por v. Troltsch, abductor, y por Rüdinger dilatador de la trompa, cuyas fibras se insertan en la porción cartilago-membranosa de la misma.

Figura 299.



Corte transversal de la trompa de Eustaquio (esquemático). — *m*, lámina interna. — *l*, lámina externa. — *k*, borde de la trompa. — *l*, peristafilino interno. — *t*, peristafilino externo. — L, cavidad de la trompa.

Cuando está cerrada la trompa se transmiten las vibraciones sonoras hasta los huesecitos del oído menos debilitadas que no cuando está abierta, en cuyo caso se propagan dichas vibraciones al aire exterior por intermedio del que hay en la trompa (Mach y Kessel). Pero si ésta estuviese cerrada *constantemente*, muy

pronto se enrarecería el aire contenido en la caja timpánica, la membrana del tambor se deprimiría hacia dentro, poniéndose más tensa y originándose con esto sordera. La trompa sirve además como *conducto de desagüe* para las secreciones de la caja timpánica, gracias á las pestañas vibrátiles de su epitelio.

Haciendo vibrar un diapasón delante de las ventanas de la nariz, se oye más fuerte el sonido en el momento de la deglución, porque está abierta entonces la trompa (Politzer). También se oye la voz propia con una resonancia ensordecedora si se abre la trompa en el mismo momento á causa de inyectarse aire en su interior; parece entonces como si la voz resonase en el mismo oído (Grünhagen).

Cuando se ejecuta el acto de la deglución lentamente y se contraen los *peristafilinos externos*, se oye muy bien un *ruido* que tiene algo de silbido y de crujido y que yo comparo al que se produce cuando se cierra la boca y luego se expulsa saliva con la lengua por los huecos que hay entre los incisivos. Este ruido proviene de la separación de las paredes de la trompa humedecidas, y puede percibirlo un extraño aplicando su oído ó un estetoscopio. Antiguamente se creía que era un crujido producido por las articulaciones de los huesecitos del oído, por virtud de la contracción del músculo del martillo.

En el experimento de Valsalva (§ 66) penetra aire en la trompa en cuanto su presión llega á ser de 10 á 40 milímetros de mercurio. Se oye entonces al principio el mismo ruido, y después se siente de pronto que aumenta la tensión de la membrana del tambor, por haber entrado aire en la caja. Haciendo una inspiración forzada y teniendo cerradas la boca y las narices, se produce una corriente de aire en sentido contrario, deprimiéndose la membrana del tambor.

Como el músculo peristafilino interno ó elevador del velo del paladar, pasa por debajo del orificio de la trompa forma, al contraerse, el *pliegue del elevador* (véase la figura en el § 422). Por eso al contraerse este músculo y aumentar de espesor su vientre (*al principio* de la deglución y en la fonación) levanta la pared inferior del orificio faríngeo y estrecha de este modo su abertura (Lucae). La contracción del peristafilino externo, que se produce en el último tiempo de la deglución, dilata la trompa (véase también *deglucion*).

La *caja del tambor* ó caja timpánica, sirve de medio de defensa y protección para los huesecitos del oído y sus músculos; la cantidad de aire que contiene, aumentada con la de las células mastoideas, que comunican con ella, permite á la membrana timpánica vibrar con facilidad.

Hay que conceptuar equivocada la opinión de que la caja timpánica refuerza por *resonancia* las vibraciones sonoras que llegan al oído, para que se perciban mejor. No se puede negar que el aire de la caja puede transmitir sus vibraciones á la membrana de la ventana redonda (pág. 426. 3); pero es lo cierto que en la *audición normal* tiene poquísima importancia este medio de transmisión de los sonidos, comparado con el que se establece por la cadena de los huesecitos.

La mucosa de la caja se continua con la de la trompa, y también están revestidas por ella las partes que se encuentran en la primera. El epitelio consta de células cilíndricas, con pestañas vibrátiles; el de la membrana del tambor es pavimentoso y de una sola capa. Tröltsch y Wendt encontraron glandulitas mucosas arracimadas en la mucosa.

Estados patológicos.—De las enfermedades de la trompa, mencionaremos su obstrucción, que se observa en los catarros crónicos, y su estrechamiento, producido por cicatrices, hipertrofia de la mucosa ó por tumores que la compriman. La sor-

dera que estas lesiones ocasionan, puede ser combatida en muchos casos por el *cateterismo* de la trompa, que se practica por las ventanas de la nariz. Los derrames y depósitos de pus en la caja, tienen que perturbar, como es natural, la función normal de todas las partes contenidas en ella, que sirven para la transmisión de las ondas sonoras. Las inflamaciones suelen ir seguidas de lesiones del plexo timpánico. Además, cuando avanza la destrucción del peñasco, originada por una caries, que parte de la caja timpánica, hasta pueden producirse inflamaciones peligrosas de las partes del encéfalo próximas al asiento de la lesión (véase también : § 349, *ganglio ótico*).

414. Transmisión de las ondas sonoras en el laberinto.

Las vibraciones de la base del estribo, movible en la ventana oval, producen ondas en el líquido del laberinto y hasta las llamadas *oscilaciones* ú ondas de inflexión, en las que dicho líquido se mueve en su totalidad á cada choque del estribo. Pero este movimiento del líquido sólo es posible, porque hay en un punto una membrana que cede, la membrana de la ventana redonda ó tímpano secundario, la cual, cuando el líquido está en reposo, se abomba hacia la rampa timpánica, y cuando se mueve por el choque de las ondas sonoras, se abomba hacia la caja del tambor (figura 290. *r*). Estas oscilaciones, que corresponden por su número é intensidad á las vibraciones de los huesecitos del oído, excitarán las terminaciones del nervio auditivo que flotan libremente en el líquido del laberinto.

Figura 300.

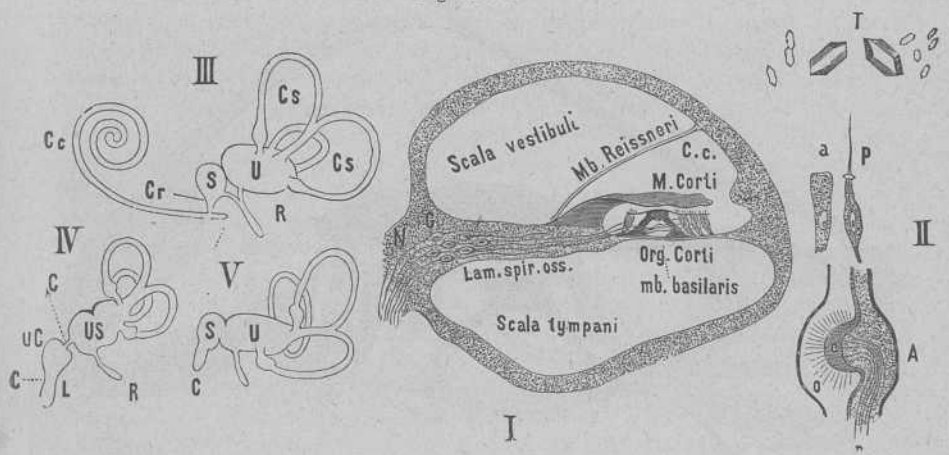
Forma exterior del laberinto (oído izquierdo). — En ella se ven la ventana oval que conduce al vestíbulo, el caracol y los conductos semicirculares superior (*f*), posterior (*s*) y horizontal (*h*).

Como quiera que los saquitos del vestíbulo, cuyo líquido es el primero en recibir el choque de las ondas, comunican por delante con el caracol y por detrás con los conductos semicirculares, los movimientos del líquido contenido en el vestíbulo también se transmitirán al de estos conductos. Respecto al *caracol*, el movimiento se propaga desde el saquillo (hemisférico), ascendiendo por la rampa vestibular hasta la cúpula del caracol, para volver á través del helikotrema por la rampa timpánica, en cuyo extremo la única parte que puede ceder al movimiento del líquido es la membrana de la ventana redonda. Desde el odrecillo (semielíptico) se propaga de un modo análogo el movimiento en la totalidad del líquido por los *conductos semicirculares*. Así observó Politzer que el líquido del laberinto subía por el conducto semicircular, abierto previamente, cuando hacía que se contrajese el músculo del martillo por medio de la excitación del trigémino, cuya contracción también ha de empujar la base del estribo contra el líquido del laberinto, lo mismo que lo hace cualquiera vibración de la membrana del tambor.

415. Estructura del laberinto.—Terminaciones del nervio auditivo.

El laberinto (fig. 301. III) posee en su *vestíbulo* dos saquitos separados entre sí, de los cuales el redondo ó *saquillo* S, comunica con el *conducto coclear* (*Cs*) del caracol, y el elíptico, ú *odrecillo*, U, comunica con los conductos semicirculares (*Cs*, *Cs*). El *caracol*, cuyo espacio interior consta de dos vueltas y media, está recorrido en toda su extensión por un tabique horizontal, óseo por dentro y membranoso por fuera (láminas espirales, ósea y membranosa) que divide á dicho espacio interior en dos pisos ó rampas (fig. 301, I): la inferior es la *rampa timpánica* que está cerrada del lado de la cavidad timpánica por la membrana de la ventana redonda; la *rampa* superior es la *vestibular* que conduce al vestíbulo del laberinto (fig. 290). Estas dos rampas comunican directamente por arriba en la cúpula del caracol mediante una aberturita (*helikotrema*). La cavidad de la rampa vestibular está dividida á su vez por una membrana colocada oblícuamente, la *membrana de Reissner* (fig. 301, I) que pasa por encima del ángulo inferior externo separando

Figura 301.



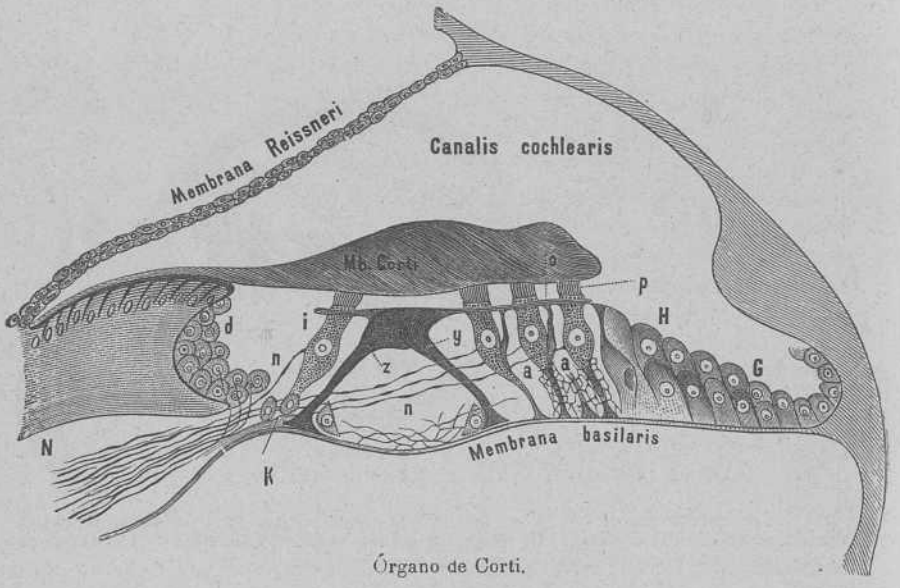
I. Corte transversal del caracol.—II. A. ampolla con la cresta acústica; *a*, *p*, célula y pestaña de la cresta acústica. — T. otolitos. — III Esquema del laberinto, en el hombre. — IV, Esquema del laberinto, en el ave. — V. Esquema del laberinto, en el pez.

una porción de dicho espacio, llamada *conducto coclear*, *Cc*, cuyo suelo lo forma en su mayor parte la lámina espiral membranosa sobre la que descansa el *órgano de Corti*, ó sea el aparato terminal del nervio auditivo. El extremo inferior y terminado en fondo de saco (III) del conducto coclear se dirige hacia el saquillo, con el que está unido por medio de un conductillo muy fino el *canalis reuniens* (*Cr*) ó conducto de Hensen. Con el odrecillo elíptico (fig. 301. III, U) comunican los tres conductos semicirculares (*Cs*, *Cs*) de tal manera que, cada uno de ellos empieza con una ampolla en la que se encuentran las terminaciones de los nervios ampollares, pero en cambio no hay más que dos conductos terminales aislados formando un tubo arqueado y liso, puesto que los conductos posterior y superior se reunen para terminar en uno sólo. Desde el odrecillo parten revestimientos membranosos que se prolongan por los conductos semicirculares. Todos estos espacios ó cavidades están ocupados por la *perilinfa*, líquido muy acuoso, que también exis-

te en las dos rampas del caracol, y la *endolinfa*, líquido más espeso que el anterior, y están revestidos por un epitelio de células cilíndricas bajas.

El único sistema que lleva aparatos nerviosos terminales en su interior, es el que contiene endolinfa, y todas sus cavidades comunican entre sí: los conductos semicirculares directamente con el odrecillo; el conducto coclear con el saquillo, por medio del canalis reuniens; y, por fin, el odrecillo y el saquillo por medio del *acueducto del vestíbulo*, el cual, partiendo con una rama, de cada uno de estos dos saquitos, forma después un solo conducto que se dirige por el acueducto óseo del vestíbulo hacia la dura madre encefálica donde termina en fondo de saco (figura 301. III, R) (Böttcher, Retzius), aunque según las investigaciones más recientes, comunica con el espacio linfático subdural (Rüdinger). Otro conductito, el *acueducto del caracol*, también muy fino, comienza en la rampa timpánica, inmediatamente por delante de la ventana redonda y termina junto á la fosa yugular. Establece comunicación directa entre la perilinfa del caracol y el espacio sub-aracnoideo.

Figura 302.



Órgano de Corti.

Conductos semicirculares y saquitos del vestíbulo. — Los conductos semicirculares membranosos están bastante separados de los conductos óseos en que se encuentran, existiendo entre los primeros y los segundos gran cantidad de perilinfa; sólo por su lado cóncavo es por donde están más adheridos al hueso por medio de tejido conjuntivo. Las ampollas, en cambio, ocupan por completo la cavidad ósea que las contiene. Los conductos semicirculares y los saquitos, poseen una capa exterior de tejido conjuntivo vascular, revestida interiormente de una membrana vítrea que soporta un epitelio pavimentoso de una sola capa. El nervio auditivo envía por medio de su ramo vestibular una ramita á cada ampolla y otra para cada uno de los saquitos vestibulares. La terminación nerviosa (*c*) descansa en las *ampollas* (fig. 301, II) sobre una cresta (*cresta acústica*) (Steinfensand) de color amarillento y dirección ecuatorial, que sobresale en su interior. Las fibras mielínicas aferentes (*n*) forman en la capa de tejido conjuntivo un plexo, van perdiendo su

mielina á medida que se acercan á la membrana basal y terminan en células que asientan sobre la cresta (Hartmann) y están provistas cada una de ellas de una pestaña rígida, inmóvil y de 90 μ de largo (*o*, *p*); entre estas células se encuentran otras indiferentes de epitelio cilíndrico (*a*), las cuales no es raro que estén teñidas por granulaciones de pigmento amarillento. Las pestañas, llamadas por M. Schultze *pelos auditivos*, estarían constituídas á su vez por muchas y finísimas fibrillas (Retzius). Una membrana muy fina (*membrana tectoria*) (Lang) está extendida por encima de estas pestañas. Las terminaciones nerviosas en las manchas auditivas de ambos *saquitos* son en un todo iguales á las descritas en las ampollas; sólo que la superficie libre de su membrana tectoria, está cubierta de pequeños *otolitos de un blanco cretáceo* (II, T) compuestos de carbonato calizo, de los cuales unos aparecen amorfos y otros bajo la forma de cristales de aragonito, aglutinados por el líquido espeso de la endolinfa. También aquí se observa cómo los cilindros-ejes, que ya han perdido su mielina, de los ramos nerviosos del odrecillo y del saquillo, penetran directamente en la substancia de las células ciliadas. [Las terminaciones nerviosas de las ampollas y de los saquitos, se han estudiado sobre todo en los peces (rayas)].

Caracol. — Sólo el *conducto coclear*, cubierto por la membrana de Reissner (figura 301. I *Cc*, y III *Cc*, y fig. 302), y que rodea con su endolinfa al órgano de Corti (1851), es el que contiene en este último, el órgano terminal del nervio coclear. El órgano de Corti descansa sobre una lámina fibrosa, la lámina espiral membranosa, *membrana basilar*. Consta, en primer término, de un *aparato de sostén*, compuesto de los llamados *arcos de Corti*, cada uno de los cuales está formado por *dos pilares* (*z y*), aplicados unos contra otros, como en el cabriol de un tejado. Sin embargo, no siempre corresponden dos pilares para cada arco, puesto que para tres pilares internos, hay á veces dos externos (Claudius). El número total de estos últimos, es de cerca de 4500 (Waldeyer).

El conducto coclear va aumentando de dimensiones, á medida que asciende por las vueltas del caracol hasta su cúpula, y lo mismo sucede con la longitud de los pilares; los internos tienen de largo 30 μ en la primera vuelta y 32 μ en la última; y la longitud de los externos en ambas es 47 μ y 69 μ respectivamente. También va aumentando la abertura de los arcos (Hensen). El aparato terminal propiamente dicho del nervio coclear, consiste en las *células ciliadas* cilíndricas, ya observadas por Corti, llamadas por Kölliker células de Corti, y que existen en número de 16.400 á 20.000 (Hensen, Waldeyer). Hay una serie de células *internas* (*i*) que descansan por su base sobre una capa de células granulosas pequeñas (*k*) (Böttcher, Waldeyer); las *externas* (*a a*), cuyo número es de 12.000 en el hombre (Retzius), descansan sobre la membrana basilar, formando tres series, y hasta cuatro en el hombre, unas detrás de otras. Las células se continuan directamente con las fibras de la membrana basilar por medio de prolongaciones fibrosas (Böttcher, Schwalbe, Retzius, Noël), de tal manera, que cada célula está en conexión con dos ó tres fibras (*cuerdas*) de dicha membrana, y debe, por lo tanto, acompañar con sus vibraciones á las de esta última (§ 418). Entre las células ciliadas externas, hay elementos celulares que se han considerado, ó como células especiales (células de Deiters) (Retzius), ó tan sólo como prolongaciones de las células ciliadas (Lavdowsky). Las fibras del nervio coclear (N), que salen de la lámina espiral ósea, después de encontrarse en su camino con las células ganglionares *del ganglio espiral ó de Corti* (fig. 301. G), terminan por medio de fibrillas varicosas muy finas en las células ciliadas (fig. 302) (Waldeyer, Gottstein, Lavdowsky, Retzius). Las pestañas de estas células ciliadas constan, en todos los vertebrados, de fibrillas finísimas, muy juntas y apiñadas (Retzius).

Una membrana especial (*o*), *membrana reticulada* de Kölliker, cubre los arcos de

Corti y las células ciliadas, aunque los extremos superiores de estas células, con sus pestañas, sobresalen por los agujeros que hay en dicha membrana. Esta consta de una masa de cemento que reune á todas estas partes (Lavdowsky). Merece, por fin, mencionarse la *membrana de Corti*, que es muy blanda, bastante gruesa, y se extiende por encima del órgano de Corti, cubriéndole. Waldeyer considera con razón á esta membrana, como un aparato amortiguador ó apagador del órgano auditivo.

El líquido del laberinto se halla sometido á una presión constante, *presión intralaberíntica*. Toda disminución ó descenso de presión en el aire del oído medio, va acompañado de otra disminución ó aumento pasajero de la presión intralaberíntica (F. Bezold).

La perilinfa del oído interno, desagua principalmente por el acueducto del caracol, en la vecindad de la fosa yugular, en el sistema linfático periférico, que también recoge el líquido cerebro-espinal del espacio subaracnoideo, y sólo una pequeña parte se dirige por el conducto auditivo interno al espacio subdural.

416. Cualidades de las sensaciones auditivas. — Percepción de la altura é intensidad de los sonidos.

El oído normal es capaz de reconocer y distinguir los *sonidos musicales* de los *ruidos*. Los experimentos físicos han demostrado que los sonidos son producidos cuando un cuerpo elástico y vibrante ejecuta un movimiento *periódico*, ó sea un movimiento en el que se repite á intervalos iguales la misma fase; tal sucede, v. gr., cuando se hace vibrar una cuerda tensa. El *ruido* se origina cuando el cuerpo vibrante efectua movimientos *no periódicos*, es decir, cuando éstos son desiguales á intervalos iguales. Se demuestra fácilmente la exactitud de esta definición del sonido y del ruido, por medio de la *sirena*. Cuando en este instrumento se encuentran en el disco giratorio cierto número (v. gr., 40), de agujeros *equidistantes* entre sí, y se hace que choque una corriente de aire contra ellos al girar el disco, es evidente que en cada vuelta completa de éste, el aire experimentará 40 compresiones y otras tantas dilataciones, y que cada par de estas modificaciones está separado del siguiente por un intervalo igual. Esta es la causa de que, dispuesta la sirena del modo dicho, produzca un *sonido musical* perfectamente caracterizado. En cambio, si se sustituye el disco giratorio por otro cuyos agujeros *no estén equidistantes*, entonces la corriente de aire que viene á chocar con ellos, produce un *ruido* débilmente confuso, sin ningún carácter musical, porque los movimientos del cuerpo sonoro, ó sean las condensaciones y dilataciones del aire, se suceden de un modo *aperiódico*.

El oído normal distingue además, en los sonidos musicales, tres cualidades diferentes : 1.ª *La intensidad del sonido*. Esta proviene de la magnitud de las excursiones vibratorias del cuerpo sonoro, ó *amplitud de las vibraciones*, pues es bien sabido que una cuerda, á medida que produce un sonido más débil, es también menor la amplitud de las vibraciones

que ejecuta. [La intensidad del sonido corresponde á la intensidad de la luz en las percepciones visuales]. 2.ª *La altura del sonido.* Esta proviene del *número de vibraciones* que se suceden en una unidad de tiempo determinada (Mersenne, 1636). También se demuestra esto de un modo muy sencillo, por medio de la sirena. Si en un mismo disco giratorio hay dos series de agujeros, en número de 40 en una, y de 80 en la otra, y equidistantes en ambas, al chocar el aire con dichas dos series, producirá dos sonidos de distinta altura, de tal manera, que uno de ellos es una octava más alto que el otro. [La percepción de la altura de los sonidos corresponde, en el sentido de la vista, á la sensación de los colores]. 3.ª *El timbre de los sonidos.* Es aquella cualidad por la que se distinguen los sonidos producidos por cuerpos diferentes, aunque tengan la misma altura é igual intensidad. Esta cualidad procede, como ya veremos más adelante, de la *forma particular de la vibración* del cuerpo sonoro [en las percepciones luminosas no existe una cualidad análoga].

1. Percepción de la altura de los sonidos. — El sentido del oído nos da á conocer que los diversos sonidos se distinguen por su distinta altura. Bajo este concepto la diferencia de altura que el oído normal percibe de un modo más característico, es la que se observa en los sonidos de la *escala musical.* Pero en esta misma escala hay cuatro sonidos, que cuando se perciben simultáneamente, originan en el oído normal una sensación agradable y armoniosa, la cual, una vez conocida, siempre se puede reproducir fácilmente con su característica diferencia de altura. Estos sonidos son los del llamado *acorde perfecto*, ó sea los números 1, 3 y 5 de la escala musical (prima, tercia y quinta), á las cuales se añade como último sonido la octava. Veamos ahora cuál es la altura de los sonidos del acorde perfecto y después la de los demás sonidos de la escala musical. También nos sirve la *sirena* para el experimento fundamental, que sirve de base para hacer todos estos cálculos. Colóquense sobre el disco fijo cuatro anillos movibles y concéntricos, de los cuales el más interior tenga 40 agujeros, el siguiente 50, el tercero 60 y el más exterior 80, y que en cada disco sean equidistantes entre sí. Cuando se hace pasar la corriente de aire de modo que estos discos anulares giren sucesivamente, se oyen los cuatro sonidos del acorde mencionado ; en cambio si giran los cuatro discos *simultáneamente*, se oye en toda su pureza este *acorde perfecto mayor.* La *relación entre los números* de los agujeros de las cuatro series nos da á conocer en este experimento, y de un modo muy sencillo, la *relación entre la altura* de los sonidos del acorde mayor. Mientras en una vuelta completa del disco que produce el *sonido fundamental* experimenta el aire 40 condensaciones y otras tantas dilataciones, para producir la *octava* de ese sonido tiene que experimentar el aire doble número de condensaciones y dilataciones en la misma unidad de tiempo (el de una vuelta del disco). Según esto, la relación entre el número de vibraciones del sonido fundamental y el de la octava superior inmediata, es como 1 á 2. En la segunda fila de agujeros se encuentran 50 de éstos, que producen el sonido de la *tercia mayor* ; por lo tanto, entre el sonido fundamental y el de la tercia mayor, hay la relación de 40 á 50, ó sea de 4 á 5 (ó de 1 á 1 $^1/_4$), de tal manera, que para cada vibración de la nota fundamental, corresponden en el de la tercia mayor $^5/_4$ de vibración. En el tercer disco anular había 60 agujeros, que dieron el sonido de la *quinta ;* de aquí se deduce también que entre la nota fundamental y su quinta, hay la misma relación numérica de vibraciones que entre 40 y 60, ó sea de 4 á 6 (ó de 1 á 1 $^1/_2$). De este modo se determina experimentalmente la altura del sonido de las cuatro notas del acorde

mayor, viéndose que por el número de sus vibraciones son respectivamente la prima, la tercia, la quinta y la octava, ó sea: 1, $^5/_4$, $^3/_2$ y 2.

El *acorde perfecto menor*, lo mismo que el mayor, produce una impresión agradable y armoniosa al oído normal, distinguiéndose del segundo en que su tercia es medio tono más baja. Con la sirena se confirma fácilmente este dato de que la *tercia menor* es producida por un número de vibraciones que se halla en relación con las de la nota fundamental, como 6 : 5, de tal suerte, que mientras con la nota fundamental se producen 5 vibraciones, con la tercia menor se producen 6 en la misma unidad de tiempo. Según esto el número de vibraciones de la tercia menor es $^6/_5$.

De estas relaciones armónicas de las tres notas de los acordes perfectos mayor y menor, se pueden deducir con facilidad otras, también armónicas, dentro de la escala musical. Hay que partir siempre de la base de que la octava de un sonido es siempre la nota que da con él la armonía ó consonancia más perfecta. Esto supuesto, es evidente que si la tercia mayor, la menor y la quinta armonizan con el sonido fundamental, tambien habrán de armonizar con la octava de éste. Así se deducen de la tercia mayor con su número de vibraciones $^5/_4$; la sexta menor, $^8/_5$; de la tercia menor con $^6/_5$, la sexta mayor con $^6/_{10}$, ó sea $^3/_5$; de la quinta con $^3/_2$, la cuarta con $^3/_4$. A este procedimiento se le da el nombre de *inversión de los intervalos*. Las relaciones de sonidos establecidas de esta suerte, son todas intervalos consonantes de la escala musical.

De estos intervalos consonantes ó armónicos ya es fácil calcular por un sencillo procedimiento, las notas no consonantes de la escala musical. Ya conocemos la nota fundamental *do*, con su número de vibraciones, 1; la tercia, *mi* ($^5/_4$); la quinta, *sol* ($^3/_2$), y la octava do^2 (2). Formemos un acorde perfecto mayor, tomando por base ó nota dominante la quinta *sol*; este acorde será *sol*, *si*, re^2. Es evidente que la relación entre el número de vibraciones de estas notas es la misma que en las del acorde mayor perfecto, *do*, *mi*, *sol*. Por lo tanto, la relación ó intervalo entre las vibraciones de *sol* y *si*, es la misma que la de *do* y *mi*. Sustituyendo en esta igualdad las notas por las cifras respectivas, tendremos: $^3/_2 : si = 1 : {}^5/_4$; de donde: $si = {}^{15}/_8$. Del mismo modo veremos que $re^2 : si = sol : mi$, por consiguiente re_2 se calculará de este modo: $re^2 : {}^{15}/_8 = {}^3/_2 : {}^5/_4$, y por lo tanto $re^2 = {}^{18}/_8$. Como *re* es una octava más baja que re^2 será igual á $^9/_8$. Si se forma un acorde perfecto mayor partiendo de la nota *fa* (subdominante), será *fa*, *la*, do^2. Como quiera que es evidente la igualdad: $la : do^2 = mi : sol$ ó bien $: la : 2 = {}^5/_4 : {}^3/_2$, tendremos que: $la = {}^5/_3$. Por fin, como $fa : la = do : mi$, ó bien $fa : {}^5/_3 = 1 : {}^5/_4$, resultará que $fa = {}^3/_4$. De todo lo expuesto se deduce, que si consideramos que la nota fundamental *do* da 1 vibración, el número de las que corresponden á todas las de la escala musical en la misma unidad de tiempo, es el siguiente:

do	*re*	*mi*	*fa*	*sol*	*la*	*si*	do_2
1	$^9/_8$	$^5/_4$	$^4/_3$	$^3/_2$	$^5/_3$	$^{15}/_8$	2

Desde 1885 se ha convenido en que el *la normal* (la^2), sea aquel sonido que corresponda á 435 vibraciones por segundo. [Antes (Scheibler, 1834) correspondía á 440 vibraciones]. Ahora, conocida la relación entre las vibraciones de cada nota, tomando por base el valor mencionado, ya se calcula el número de las que corresponden á todas las notas de la escala musical:

do_1	re_1	mi_1	fa_1	sol_1	la_1	si_1
33	37,125	41,25	44	49,5	55	61,875

El número de vibraciones de las notas de la escala superior inmediata, se obtiene multiplicando estas cifras por 2.

Los *sonidos más bajos* empleados en la música son: el mi_1 del contrabajo, con

DR. PEREZ ARAPILES
c/ Lancia núm. 12 - 3.º
Teléfono 20 85 19

41,25 vibraciones ; el do_1 del piano, con 33 vibraciones ; el la_2 del piano de cola con 27,5 vibraciones, y el do_2 del órgano, con 16,5 vibraciones. Los *sonidos más agudos* en la música son : el do^7 del piano con 4224 vibraciones por segundo y el re^7 del flautín, con 4752.

Según las recientes y exactas investigaciones de Preyer, los límites de los sonidos perceptibles son, el inferior de 12 á 23 vibraciones por segundo; y el superior, el mi^{10}, con 40.960 vibraciones : entre uno y otro hay once octavas y media.

Con los años va disminuyendo la facultad de percibir los sonidos elevados (Zwaardemaker). Ya es raro que se puedan percibir sonidos de 35.000 vibraciones por segundo. Al contraerse el músculo del martillo, aumenta la facultad de percepción para 3000 á 5000 vibraciones, rara vez para más. Se observa una percepción anormal de la altura de los sonidos, como fenómeno morboso : 1.° En general, siempre que aumenta la tensión del aparato transmisor de las ondas sonoras, como sucede cuando desaparece en el oído medio alguna parte de ese aparato, que con su longitud normal presente un obstáculo mayor ó menor para la propagación de los sonidos muy elevados, v. gr., con la perforación de la membrana del tambor, ó la pérdida del martillo y del yunque. En este último caso, el estribo entra directamente en vibración al recibir el choque de las ondas sonoras. En tales ocasiones aumenta la facultad de percepción de los sonidos, hasta poderse apreciar los de 80.000 vibraciones por segundo. Cuando disminuye la tensión del aparato de transmisión de las ondas sonoras, también disminuye la facultad de percibir las notas muy altas (Blake).

Las vibraciones que se suceden con una frecuencia menor de 16 por segundo (lengüetas de órgano), ya no se oyen como sonidos, sino como choques sordos y aislados. Tampoco percibe el oído como vibraciones sonoras aquellas que por su excesiva frecuencia pasan de los sonidos perceptibles más elevados en la escala, como son los que se originan haciendo vibrar diapasones muy pequeños con un arco de violin (Despretz). Esta clase de vibraciones, producen en el oído una impresión dolorosa y como de dislaceración. De lo dicho se infiere, que en la escala musical los límites extremos de los sonidos perceptibles, son por las notas bajas próximamente el do_2, de la primera octava con 16,5 vibraciones por segundo, y por las altas el mi^{10}.

Comparando el ojo con el oído, respecto á la amplitud de su percepción en este sentido, se echa de ver, desde luego, que el segundo aventaja con mucho al primero. En efecto, como el rojo espectral corresponde á 456 billones de vibraciones por segundo, y el violado visible sólo á 667 billones, resulta que el sentido de la vista sólo es capaz de percibir vibraciones del éter que no llegan á comprender una octava.

La cuestión de cuántas vibraciones tienen que sucederse de un modo sucesivo para que el oído perciba una sensación sonora la han resuelto Savart y Pfaundler en el sentido de que bastan dos para ese objeto. Pero si en los experimentos se excluye la posibilidad de que se originen sonidos armónicos superiores, entonces se observa que para que se produzca un sonido bien caracterizado, deben sucederse lo menos de 4 á 8 (Mach), ó quizá 16 á 20 vibraciones (F. Auerbach, Kohlrausch), y más todavía cuando éstas son muy débiles.

Si se suceden con rapidez varios sonidos, todavía se perciben aislados,

mientras medie de uno á otro lo menos 0,1 segundo (v. Hehmholtz); más precipitados se confunden fácilmente. Sin embargo, hay sonidos que todavía se perciben distintos, aunque se sucedan á intervalos más cortos.

Se da el nombre de *finura del oído* á la facultad de apreciar la diferencia de altura en dos sonidos, cuyo número de vibraciones sea casi igual. Esta facultad puede aguzarse en un grado extraordinario con el ejercicio hasta tal punto, que hay músicos que todavía perciben la diferencia que hay entre dos sonidos, cuyo número de vibraciones solo difiera en $^1/_{500}$ y hasta en $^1/_{1200}$. Es más fácil apreciar las diferencias de la altura de los sonidos cuando se examina la pureza de intervalos musicales que cuando se comparan dos sonidos casi unísonos (Preyer).

El oído aprecia el *compás* con más exactitud que ningún otro sentido (Hörin, Mach, Vierordt).

Estados patológicos. — Según Lucae, entre los sujetos con oído normal, pero sobre todo entre los torpes de oído, los hay que perciben mejor ó los sonidos bajos ó los altos; tanto una cualidad como la otra, perjudican la audición normal del lenguaje. Los que oyen mejor las notas graves, perciben de un modo imperfecto los ruidos consonantes agudos; en cambio los que oyen mejor las notas agudas, no perciben bien los ruidos consonantes graves. Se observa una percepción anormalmente exagerada de los sonidos graves en la parálisis reumática del nervio facial, y una exagerada percepción de los sonidos altos, en un grado notable, en los casos de pérdida de la membrana del tambor, del martillo y del yunque. En este caso, predomina la acción del estribo, de tal manera, que gana la percepción de los sonidos elevados á expensas de la de los sonidos graves (Lucae). Muchos individuos cuya facultad auditiva es normal, se dice que oyen más alto un mismo sonido con un oído que con el otro (Fessel, Fechner); v. Wittich observó en sí mismo, con ocasión de una otitis, que esta diferencia era de $^1/_2$ tono, y Spalding vió que llegaba á ser de una tercia menor. En un caso de Moos, las notas bajas se oían $^1/_3$ de tono más elevadas y las altas, en cambio, demasiado bajas. La causa de esta anomalía que se ha denominado *diplacusia biauricular*, acaso radique en alguna modificación anormal de las partes que vibran en el laberinto. En algún caso raro se ha observado una pérdida repentina de la percepción de ciertos sonidos elevados, verbi gracia, una sordera para las notas bajas. Así en uno descrito por Magnus, no se oían las notas comprendidas desde el re_1 al si_1 (véase § 318).

II. Percepción de la intensidad de los sonidos. — Es sabido que la *intensidad* del sonido consiste en la *amplitud de las vibraciones* del cuerpo sonoro. *La intensidad del sonido es proporcional al cuadrado de la amplitud de las vibraciones del cuerpo sonoro;* es decir, que cuando esta amplitud es doble, triple ó cuádruple, la intensidad del sonido será cuatro, nueve ó dieciséis veces mayor. Como las vibraciones sonoras son transmitidas hasta el oído por el movimiento ondulatorio del aire, se comprende desde luego, que lo mismo que las ondas en el agua van siendo cada vez más pequeñas, á medida que se alejan de su punto de origen, hasta que al fin se extinguen; así también, conforme se aleja el oído del cuerpo productor del sonido, habrá de disminuir la intensidad de éste hasta reducirse á cero. *La intensidad del sonido está en razón inversa del cuadrado de la distancia del oído al foco sonoro.* La sensibilidad del oído para distinguir la intensidad de los sonidos es escasa, pudiendo apreciar, bajo este concepto, diferencias que se hallan en la relación de 72 : 100 (Renz y Wolff).

Para determinar la intensidad del sonido, suficiente para ser percibida por el oído, ó sea la *agudeza auditiva*, se emplean : 1.° Un foco sonoro de poca fuerza, tal

como un reloj de bolsillo. Se le va alejando en dirección horizontal del oído hasta que ya no se oiga, ó por el contrario, acercándole desde bastante distancia hasta que empiece á oirse, y se miden estas distancias. 2.° Itard emplea un martillito suspendido como un péndulo, el cual se deja caer sobre una superficie dura. Haciendo que el ángulo de elevación del martillito vaya siendo doble, triple ó cuádruple del primitivo, la intensidad del sonido que origine será cuatro, nueve, ó dieciséis veces mayor (aunque esto sólo es cierto mientras el ángulo de elevación no pase de 60°). 3.° Un procedimiento parecido consiste en dejar caer bolitas de diferente peso y desde distinta altura sobre una lámina capaz de vibrar. En este caso, la intensidad del sonido es proporcional al producto del peso de la esferita por la altura de la caída. 4.° Se hace vibrar un diapasón, cuidando de que la amplitud de sus vibraciones sea siempre la misma; el enfermo del oído dejará de percibir el sonido producido por el instrumento antes que el sujeto cuya audición es normal (Hartmann, Barth, Jacobson).

Respecto *al límite* de la intensidad mínima perceptible del sonido, se ha averiguado que una bolita de corcho de un miligramo de peso y que caiga de una altura de un milímetro sobre una lámina de vidrio, produce un sonido que todavía se oye á 5 centímetros de distancia (Schafhäutl). Sin embargo, hay en este concepto, y como ya se comprende, variaciones individuales, y hasta diferencias en la agudeza auditiva de los dos oídos de un mismo sujeto (Högyes). Töpler y Boltzmann calculan que la amplitud de las vibraciones de esas partículas de aire que todavía son capaces de hacer vibrar la membrana timpánica hasta el punto de ser percibidas por el oído, no es más que de 0,00004 milímetros; y Rayleigh cree que sólo es de 0,000001 milímetros. Para observar directamente excursiones vibratorias tan diminutas, no bastaría el poder amplificante del mejor microscopio (Hensen). Mi hermano ha descubierto el hecho de que hay animales que producen sonidos que, por su debilidad, no pueden ser percibidos por nuestro oído. Tales son los sonidos agudos que originan los cerambyx frotando una lámina estriada de su nuca contra un borde aguzado que hay en el protórax. Así también, la gracilia pigmea produce un sonido agudo de fa^5, ó sea de 1413 vibraciones, tan débil que no se puede oir. [El número de vibraciones s, del sonido producido, se calcula por la longitud l, en milímetros, de la lámina estriada, el número, n, de las estrias por milímetros, y la duración, t, del movimiento de roce; $S = (l \times n) : t$]. Las especies más grandes de los cerambyx producen del mismo modo sonidos que ya son perceptibles.

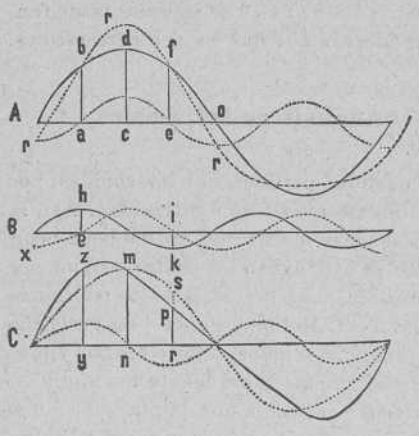
417. Percepción del timbre. — Análisis de las vocales.

Se designa con el nombre de *timbre* una cualidad particular de los sonidos, por virtud de la que se distinguen aunque tengan la misma altura é intensidad. Así, la flauta, la corneta, el violín y la voz humana, pueden emitir una misma nota y con igual intensidad, y sin embargo, al momento se distinguen los cuatro sonidos por su timbre particular. ¿En qué consiste el timbre? Las investigaciones realizadas para resolver esta cuestión, y, sobre todo las de v. Helmholtz, nos han enseñado que, de todos los movimientos capaces de producir sonidos, sólo ejecutan vibraciones pendulares simples las varillas de metal sujetas por un extremo y que vibran como un péndulo, y el diapason. En efecto; si se fija una punta fina en una rama de este instrumento para que inscriba sus vibraciones en una superficie ahumada que se mueva de un modo uniforme, se observa que traza líneas ondulosas completamente regulares, cuyas elevaciones y depresiones tienen los mismos caracteres. Sólo se da el nombre de SONIDOS SIMPLES *á los producidos por esta clase de vibraciones pendulares.*

Investigaciones, de que pronto haremos mérito, han demostrado además que *los sonidos de los instrumentos músicos y de la voz humana*, que tienen todos ellos un timbre particular, *están compuestos da muchos sonidos simples*. De todos estos sonidos simples hay uno que sobresale entre los demás, y es el que determina la *altura* de toda la mezcla sonora; á este sonido se le da el nombre de *sonido fundamental*. Los otros sonidos, más débiles, que acompañan al fundamental, varían mucho, tanto por su número como por su intensidad en los diversos instrumentos. Reciben el nombre de SONIDOS ARMÓNICOS ó superiores del fundamental, y *el número de sus vibraciones siempre es doble, triple, cuádruple, es decir, múltiplo del que corresponde á dicho sonido*. Puede decirse, en general, que aquellos sonidos en que el fundamental está acompañado de muchos sonidos armónicos, muy intensos, y, sobre todo, muy elevados, se caracterizan por su timbre agudo, duro y penetrante (trompeta, clarinete); en cambio aquellos que tienen pocos y débiles sonidos armónicos, y, sobre todo, bajos, tienen un timbre particular suave y dulce (v. gr., la flauta). Se necesita un oído músico muy ejercitado para poder percibir sin auxilio alguno, al lado del sonido fundamental, cada uno de los armónicos que le acompañan en las notas emitidas por un instrumento determinado. En cambio esto se consigue con mucha facilidad por medio de los llamados *resonadores*. Son aparatos en forma de esferas huecas ó de embudos que se introducen en el conducto auditivo externo por medio de un apéndice que tienen en forma de tubo corto. Están dispuestos formando una serie tal, que cada resonador posea como sonido fundamental el múltiplo siguiente del sonido fundamental del resonador anterior. Así, por ejemplo, si el primer resonador tiene como sonido fundamental *si b* (sonido que se percibe fácilmente soplando en el instrumento); el del segundo será *si b*^{2} (octava del anterior); el del tercero *fa*^{3}, (triple número de vibraciones que el primero); el del cuarto, *si b*^{3} (dos octavas más alto); el del quinto *re*^{4} (número de vibraciones quíntuplo de las del primero), y así sucesivamente *fa*^{4}, *la b*^{4}, *si b*^{4}, etc.

Aplicando al oído uno de estos resonadores, se consigue percibir con él, en un sonido compuesto aquel armónico, por débil que sea, que acompaña al fundamental y cuyo número de vibraciones sea idéntico al del sonido propio del resonador. Así averiguó v. Helmholtz, que los instrumentos músicos se caracterizan todos, según su timbre, porque producen sonidos armónicos cuyo número, altura é intensidad, varía según el instrumento, aunque siendo siempre los mismos para cada uno de ellos. Pero tanto los diapasones como las varillas metálicas vibrantes, no producen ningún sonido armónico, sino tan sólo el fundamental. Siguiendo el ejemplo de v. Helmholtz, se da el nombre de SONIDOS SIMPLES á las vibraciones sonoras, sencillas y pendulares (Ohm), y SONIDOS COMPUESTOS ó MÚSICOS á las vibraciones sonoras que constan de sonido fundamental y de sus armónicos.

Figura 303.



Partiendo de que un sonido músico está compuesto del fundamental y de cierto número de sonidos armónicos que caracterizan su timbre, se consigue construir geométricamente la forma de las vibraciones de esta clase de sonidos combinando las vibraciones del sonido fundamental con las de sus armónicos.

Supongamos que la línea curva continua A, representa la forma de vibración del sonido fundamental y la B la de su primer sonido armónico, de moderada intensidad. La combinación de estas dos curvas se verifica de un modo muy sencillo, uniendo las alturas de sus ordenadas, para lo cual se suman á las del sonido fundamental las del armónico, que se encuentran por encima de la línea horizontal y se restan las de aquellas que están por debajo de esta línea. Así se origina la curva continua C, que no representa un movimiento sencillo y pendular, sino un movimiento variable en cada onda. Con la curva C se puede combinar la del segundo sonido armónico, cuyo número de vibraciones es triple, etc. El resultado de todas estas combinaciones, es que las curvas de oscilación correspondientes á los sonidos músicos, son curvas de movimiento variable ó no pendulares ; todas estas curvas habrán de variar, como ya se comprende, según el número y la altura de los armónicos cuyas curvas se combinan con la del sonido fundamental. Por consiguiente, una vez determinados por medio de los resonadores, el número é intensidad de los armónicos de un sonido fundamental, ya se puede construir geométricamente la curva vibratoria del sonido compuesto cuyo análisis se practicó.

Conviene tener presente que la forma de vibración de un mismo sonido músico, es muy diferente cuando al combinar las dos curvas A y B, se desliza un poco la B sobre la A en sentido lateral. Si este deslizamiento es tal que la depresión *r*, caiga por debajo de A, entonces la adición de ambas curvas produce la curva *r r r* con eminencias estrechas y depresiones anchas. Pero si B se desliza algo más hasta que la eminencia *h* coincida con A, entonces la curva combinada adopta otra forma. De aquí se infiere que *según la fase* en que se combinen los movimientos ondulatorios de las vibraciones pendulares simples, así aparecerá de diversa forma la curva de un mismo sonido compuesto. Sin embargo, estas diferencias en la combinación de las curvas según sus fases (diferencia de fase), no se perciben por el oído.

Los sonidos simples, como producidos por vibraciones pendulares sencillas, tienen por carácter un aumento y disminución uniformes de sus oscilaciones, mientras que los sonidos musicales tienen por carácter propio, una forma particular y propia en las eminencias y depresiones de su curva de vibración, según sea el número y la intensidad de sus armónicos (Euler).

Así como se ha conseguido formar la curva particular de un sonido musical combinando las de varios sonidos pendulares simples, así también á la inversa, se puede descomponer la curva irregular de oscilación de dichos sonidos músicos. Fourier ha demostrado, en efecto, que toda curva vibratoria complicada se puede analizar en una suma de vibraciones pendulares simples, en las que los números de dichas vibraciones tengan entre sí la misma relación que los de la serie 1, 2, 3, 4, etc. Semejante análisis se realiza siempre del mismo modo. (En cambio, todo movimiento periódico complicado se puede descomponer de muchísimas maneras en otros también variables). *Se deduce de lo expuesto, que en realidad el timbre de un sonido compuesto, proviene de la forma característica del movimiento vibratorio.*

ANÁLISIS DE LAS VOCALES.—El órgano vocal del hombre representa un instrumento de viento con lengüetas elásticas y vibrantes, las cuerdas vocales (véase § 314). Al emitir las distintas vocales, adopta la cavidad bucal una forma característica, de tal manera que el sonido propio de su espacio interior, es también diferente y especial en cada caso. Con esto, al sonido fundamental producido por el órgano de la voz cuando emite una nota determinada, se mezclan ciertos sonidos armónicos que son los que dan á la voz *el timbre de cada vocal. La vocal es por lo tanto,*

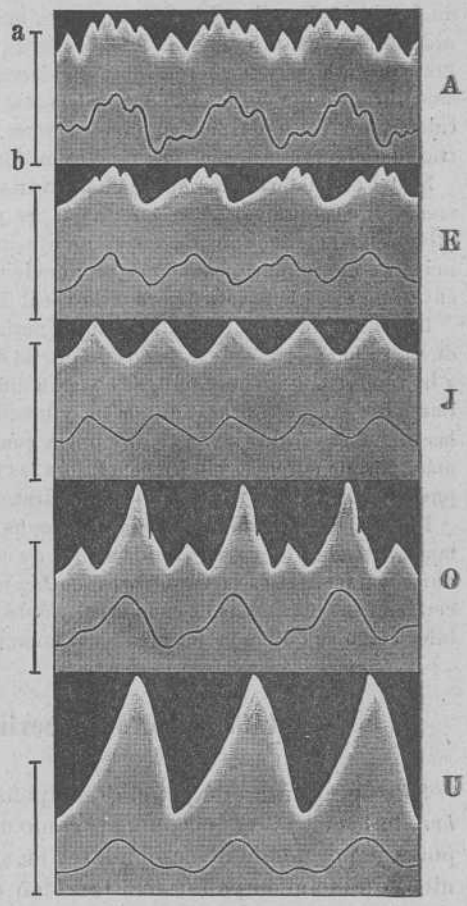
el timbre de un sonido compuesto, producido por el órgano de la voz. El timbre proviene, en cada vocal, del número, intensidad y altura de los sonidos armónicos, y estos últimos proceden á su vez de la configuración de la *cavidad vocal* (§ 319), al pronunciar las diferentes vocales.

Cantando con una misma nota, por ejemplo, el *si* b^2, las distintas vocales, una después de otra, se puede escuchar por medio de los resonadores cuáles son los sonidos armónicos que acompañan al fundamental, *si* b^2 para producir cada vocal, y su respectiva intensidad. Según v. Helmholtz, cuando se canta la nota *si* b^2, hay tres vocales que tienen cada una UN armónico de una altura absoluta y determinada, y son: para la A, *si* b^4: para la O, *si* b^5, y para la U, *fa*^{3}. Las vocales restantes y los diptongos tienen cada una DOS armónicos propios y característicos, y la razón de esto consiste en que la cavidad bucal adquiere tal forma, que su espacio posterior, más amplio, tiene entonces un sonido propio especial; y otro diferente y también propio, su parte anterior, más angosta (véase § 319. I y E). Estos dos sonidos armónicos son, según v. Helmholtz, para E, *si* b^5 y *fa*^{5}; para I, *re*^{6} y *fa*^{3}; para la U francesa, *sol*^{5} y *fa*^{3}. Sin embargo, estos sonidos armónicos sólo son los especiales y del todo característicos de cada vocal, puesto que casi todas ellas tienen muchísimos más aunque de intensidad mucho menor.

Así como mediante los resonadores se descompone y analiza cada vocal en su sonido fundamental y los armónicos que le corresponden, también se consigue artificialmente la *síntesis de las vocales*, produciendo simultáneamente el sonido fundamental, muy intenso, y los sonidos armónicos superiores más débiles. Esto se consigue de varias maneras: 1.° El procedimiento más sencillo consiste en cantar una nota determinada, pronunciando al mismo tiempo una vocal, v. gr., la A, con entonación fuerte, y dirigiendo la voz hacia un piano cuyas cuerdas puedan vibrar libremente bajando el pedal para quitar el apagador. Interrumpiendo de pronto la emisión de la voz, las cuerdas del piano que quedan vibrando producen la misma vocal de un modo muy característico. En efecto, al emitir la vocal entran en vibración no sólo la cuerda que da la nota del sonido fundamental, sino todas aquellas que corresponden á los armónicos propios de la vocal pronunciada; y esas cuerdas siguen vibrando algún tiempo después de haberse interrumpido la emisión vocal (v. Helmholtz). Este experimento puede modificarse, suprimiendo solo el apagador de aquellas cuerdas (manteniendo bajas las teclas) correspondientes á los sonidos armónicos; de este modo se consigue combinar el sonido vocal nota por nota. 2.° El *aparato vocal* imaginado por v. Helmholtz consta de muchos diapasones que se mantienen en vibración constante por medio de electro-imanes. El de nota más baja produce el sonido fundamental *si b*, y los restantes, en serie sucesiva, los armónicos. Delante de cada diapasón, y á una distancia que se puede variar, se encuentra un tubo resonador que se puede abrir ó cerrar por medio de una tapadera. Cuando está cerrado el resonador, no se oye el sonido del diapasón que vibra delante de él; pero en cuanto se destapan ó abren uno ó varios de los resonadores, los sonidos de sus diapasones respectivos se oyen, y con tanta mayor intensidad cuanto más se abran los resonadores. De este modo se pueden combinar, en rápida sucesión, el sonido fundamental con uno ó más sonidos armónicos, cuya intensidad también puede ser diferente: así se producen sonidos compuestos con el timbre de las distintas vocales. Con este procedimiento obtuvo v. Helmholtz las siguientes combinaciones. La U se reproduce con *si b* como sonido fundamental, y *si* b^2 débil y *fa*^{3} como sonidos armónicos; la O, con *si b* apagado, como fundamental, y como armónicos, *si* b^5 fuerte, y *si* b^2, *fa*^{3} y *re*^{4} débiles; la A, con *si* b^2, como sonido fundamental, y como armónicos *si* b^5 y *f*^{4} de intensidad moderada y *si* b^4 y *re*^{5} fuertes; la E, con *si* b^2 de intensidad moderada, como sonido

fundamental, y como sonidos armónicos *si* b^3 y *fa*^{3} ambos de intensidad también media y *fa*^{5}, *la* b^5 y *si* b^5 con la mayor intensidad posible. La I no se ha conseguido reproducir. 3.° G. Appunn ha construído un aparato vocal de tubos de órgano, de tal manera, que en una serie hay veinte de estos tubos abiertos, y que emiten sonidos muy intensos, comenzando por el fundamental y siguiendo por los diecinueve armónicos siguientes ; en la otra serie, que tiene una caja de aire especial, hay otros veinte tubos de órgano, cerrados y poco sonoros. Un pasador permite abrir ó cerrar cada tubo, y otro pasador principal colocado á la entrada de la distribución del aire permite que resuenen al mismo tiempo todos los tubos abiertos. Con las dos series de tubos es posible obtener tres grados en la intensidad de los sonidos ; fuertes, cuando se hacen sonar las dos series ; de intensidad media, cuando sólo se hacen sonar los tubos abiertos ; y débiles cuando no suenan más que los tubos cerrados. Sin embargo, con este aparato no es tan perfecta la formación de las vocales como con los diapasones, porque los tubos de órgano no emiten sonidos simples, sino acompañados de algunos armónicos débiles, sobre todo de los impares ; y además, no se puede graduar la intensidad de un modo tan delicado como por medio de los resonadores de los diapasones. Pero siempre es posible obtener algunas vocales con mucha pureza, sobre todo, cuando los sonidos son de corta duración. Así yo he obtenido una A hermosa con *si* b^2 y *si* b^3 débiles, *fa*^{4} de mediana intensidad, *si* b^4 fuerte, *re*^{5} débil y *fa*^{5} de intensidad media ; la U se obtiene con *si b* fuerte y *si* b^2 de intensidad media ; la O grave con *si b* y *si* b^2 de intensidad media, *fa*^{3} y *si* b^3 fuertes y *f*^{4} débil ; la O aguda se obtiene con *si* b^3 débil, *re*^{4} de intensidad media, *fa*^{4} y *si* b^4 fuertes y *re*^{5} y *fa*^{5} débiles. Las demás vocales ya se imitan de un modo imperfecto : E, con *re*^{4} débil y *si* b^4, *re*^{5} y *la*^{5} fuertes ; la U francesa, con *fa*^{3} y *fa*^{4} débiles y *fa*^{5} y *do*^{6} fuertes. La I no se puede imitar ; el tubo de nota más alta, el *re*^{6} produce un sonido que se parece á la I : y de un modo semejante, el tubo cerrado que da la nota *si b* produce un sonido como la U obscura, y el abierto de la misma nota otro como la U, algo más clara.

Figura 304.



Imágenes de las llamas manométricas y curvas fonautográficas de las vocales. Estas se emitían cantando la nota *do*^{3} (256 vibraciones por segundo). La medida *ab* marca la altura de la llama en reposo. Las curvas trazadas debajo de las imágenes de las llamas están registradas por el fonautógrafo.

Se deduce, de todo lo que acabamos de decir, que las vocales, como compuestas

de un sonido fundamental y de otros armónicos, deben tener una *curva vibratoria determinada*, la cual se puede hacer visible de diferentes maneras. Se pronuncia una vocal enfrente de una membrana muy fina de vidrio que cierra el extremo de un cilindro hueco y que tiene en su centro un cuchillito muy delicado, el cual se aplica á la superficie cubierta de cera y parafina de otro cilindro que gira y se mueve en dirección de su eje con movimiento uniforme; el cuchillito trazará entonces la *curva de la vocal* en la capa de parafina. Si ahora se hace que desde esta curva así grabada se transmita el movimiento á un bastoncito unido á la membrana de vidrio, las vibraciones de esta membrana reproducen con toda claridad el sonido de la vocal pronunciada (*fonógrafo de Eddison*). Haciendo que la impresión grabada en la parafina actue sobre un sistema de palancas, se obtiene una imagen amplificada de la curva trazada por la vocal en el cilindro (Fick). Para que las vocales reproduzcan después el mismo timbre, es preciso que el cilindro en que está trazada la curva gire con movimiento uniforme.

Si del otro lado de la membrana de vidrio se encuentra una pequeña cavidad cerrada, que comunica con la cañería del gas y de la que parte un mechero, y se recibe la imagen de la luz de gas en un espejo giratorio, se producirá una faja luminosa con dentellones, cuando se pronuncie una vocal enfrente de dicha membrana, cuya faja es característica para cada vocal (fig. 304) (König).

Introduciendo, en la ventana de la nariz de modo que ajuste bien, una rama de un tubo en forma de I, haciendo que la otra comunique con una cañería del gas y la tercera con un mechero, se observa que cada vez que se emite una vocal la llama del mechero se ve agitada de vibraciones que corresponden por completo á las de dicha vocal. Si ésta se pronuncia con timbre nasal, la llama se eleva mucho más, porque entonces el aire penetra en las fosas nasales. También estas llamas se pueden analizar por medio del espejo giratorio (Landois).

Por fin, los movimientos de la membrana se pueden trazar por medio de una palanca inscriptora que esté unida á ella; de este modo se obtiene para cada vocal su curva característica (*fonautógrafos de Hensen, A. Fick*, etc.). En la fig. 304 aparecen las fajas luminosas de cada vocal y debajo de ellas sus curvas correspondientes, tales como se obtienen por medio del fonautógrafo.

418. Papel del laberinto en la audición.

Si se pregunta qué papel desempeña el oído en la *percepción del timbre*, habremos de decir que, así como un sonido compuesto puede descomponerse por medio de resonadores en su sonido fundamental, y los armónicos que le acompañan, así también el oído es capaz de llevar á cabo semejante análisis de dichos sonidos. El oído descompone las formas ondulatorias complejas de los sonidos músicos en sus elementos componentes, percibiendo cada uno de éstos aisladamente como sonidos armónicos entre sí. Educando convenientemente la atención, se pueden llegar á percibir cada uno de por sí. El oído sólo distingue como timbres diferentes las varias combinaciones de estas sensaciones sonoras simples. Es, por lo tanto, una propiedad muy notable del sentido del oído esta de descomponer las vibraciones complicadas de cada timbre en simples vibraciones pendulares. ¿En qué parte del oído está el aparato que efectua esta descomposición? Cuando se canta con voz fuerte enfrente de las cuerdas de un piano, sin apagador, de tal manera que se emita la vocal A con una nota

determinada, v. gr., *si* b^3, hacemos que entren en vibración todas y nada más que aquellas cuerdas que corresponden á los sonidos contenidos en la vocal pronunciada. Preciso es admitir que en el oído debe existir un aparato análogo en el que haya partes que sólo vibren para notas determinadas, de tal suerte que, al recibir las ondas de un sonido compuesto, vibran á la manera de las cuerdas de un piano. «Si pudiéramos unir cada cuerda del piano con una fibra nerviosa, de tal manera que ésta fuese excitada al vibrar la cuerda correspondiente, sucedería en realidad exactamente lo mismo que pasa con el oído : cada sonido que impresionara al instrumento produciría una serie de sensaciones que corresponderían con toda exactitud á las vibraciones pendulares en que se puede descomponer el primitivo movimiento ondulatorio del aire, y de este modo se percibiría la existencia de cada uno de los sonidos armónicos de un modo idéntico á como los percibe en realidad, el oído. Con semejante disposición, las sensaciones producidas por distintas notas musicales irían á afectar á diferentes fibras nerviosas y se producirían, por lo tanto, con completa separación é independencia. Ahora bien ; los últimos descubrimientos de los micrógrafos, acerca de la estructura íntima del oído, permiten admitir que en este órgano existen disposiciones ó mecanismos parecidos al que acabamos de suponer. En efecto, el extremo de cada fibra nerviosa del nervio auditivo está unido á una parte elástica muy pequeña, que debemos suponer vibrará al ser impresionada por las ondas sonoras» (v. Helmholtz).

v. Helmholtz creía al principio que los arcos de Corti serían aparatos destinados á cada sonido simple y á excitar con sus vibraciones á las terminaciones nerviosas, representando en cierto modo el teclado de un piano. Mas, como quiera que animales como los anfibios y las aves, que es evidente que son capaces de percibir los sonidos compuestos, no poseen tales arcos de Corti (Hasse), se ha atribuído el papel de tales cuerdas vibrantes á *las fibras radiadas y tensas de la membrana basilar* (sobre las que descansa el órgano de Corti), las cuales son más cortas en la primera vuelta del caracol y se van haciendo más largas hacia su cúpula (Hensen). Así correspondería á cada sonido simple, sea el que fuere, una fibra de la membrana basilar capaz de vibrar á la manera de la cuerda de un piano. Según Hensen, también podrían tener este mismo objeto las pestañas de *diversa longitud* que se encuentran en el laberinto.

La hipótesis que acabamos de exponer basta también para explicar la *percepción de los ruidos*. Muchos de éstos se pueden descomponer en una mezcla confusa de varios sonidos simples. Los ruidos genuínos, en el sentido físico, se debe admitir que son percibidos, lo mismo que los choques aislados, por los saquitos y por las ampollas.

Comparando los papeles respectivos del caracol por una parte y de las ampollas y los saquitos por otra, se puede decir que estas últimas partes son las que producen la sensación general de la audición como conmoción del nervio auditivo, ó sea con los choques aislados y con los ruidos ; en cambio, por medio del caracol percibimos la altura de las vibraciones simples y el carácter músico de las vibraciones sonoras.

No podemos dejar de omitir que según otras opiniones (Voltolini), cada célula nerviosa del caracol es impresionada por todos los sonidos, y que por lo tanto, no está destinada para uno determinado. De la suma de las células acústicas que perciben el mismo sonido, resultará la agudeza de la audición.

Respecto á las relaciones de los *conductos semicirculares* con el *equilibrio del cuerpo*, ya se ha tratado en el § 352, con motivo del nervio auditivo.

419. Acción de dos sonidos simultáneos.—Armonía ó consonancia.—Pulsaciones.—Desarmonía ó disonancia.—Sonidos diferenciales y adicionales.

Cuando llegan al oído *simultáneamente* dos sonidos de distinta altura, varía la impresión producida según sea la diferencia que exista entre ellos.

1.° Si los números de vibraciones de los dos sonidos guardan entre sí la relación de múltiplo á unidad, ó sea como los de la serie 1, 2, 3, 4, etc., de tal manera, que mientras el sonido más grave efectua una vibración, el más elevado ejecuta dos, tres ó cuatro, recibe nuestro oído la impresión de una *armonía* completa, llamada también *consonancia*.

2.° Cuando los números de vibraciones de los dos sonidos no están en la relación mencionada, es evidente que al realizarse dichas vibraciones simultáneamente habrán de originarse *interferencias*. Ya no corresponderán siempre las eminencias de cada vibración con las de la que la acompaña, y lo mismo sus depresiones, sino que, según la magnitud de la diferencia entre los números de sus vibraciones, coincidirá en ciertos puntos la eminencia de una con la depresión de la otra. De este modo, así como al coincidir dos eminencias se *reforzará* el sonido, al coincidir eminencia con depresión se *debilitará*. Así se origina la impresión de variaciones en la intensidad del sonido, á las que se ha denominado sacudidas ó *pulsaciones*.

El *número de las pulsaciones* será siempre igual, como ya se comprende, á la diferencia entre los números de vibraciones de los dos sonidos. Como mejor se perciben las pulsaciones, es desafinando un poco uno de dos tubos de órgano que antes estaban al unísono y procurando que sean de los de las notas bajas. Supongamos, v. gr., dos tubos de órgano que emitían ambos la nota *do* con 33 vibraciones por segundo. Si se desafina uno de ellos de modo que produzca 34 vibraciones en vez de 33, se percibe á cada segundo un choque ó pulsación muy perceptible. Fácil es comprender, además, que las pulsaciones son tanto menos frecuentes, cuanto menor sea la diferencia entre los números de las dos vibraciones, y tanto más frecuentes, cuanto mayor sea esta diferencia. También se comprende que con una diferencia relativamente igual entre dos sonidos, estarán tanto más separadas las pulsaciones, cuanto más bajos sean los dos sonidos, y más frecuentes aquéllas, cuanto más altos sean éstos. Así, si se produce la nota do^2 con 66 vibraciones por segundo y otra con 68, se originarán evidentemente dos pulsaciones por segundo, siendo así que hemos visto en el ejemplo anterior que sólo se originaba una, no obstante haber la misma diferencia relativa en el número de vibraciones.

Las pulsaciones producen en nuestro oído una *impresión muy diferente*, según la *rapidez* con que se suceden.

1.° Si se suceden á grandes intervalos, se las puede percibir con toda distinción como refuerzos y debilitaciones aislados del sonido, produciendo, por lo tanto, la impresión de *choques completamente aislados*.

2.° Cuando los choques se suceden con más rapidez, la desigualdad que producen en el sonido ocasiona una sensación ingrata al oído, que designamos con el nombre de desarmonía ó *disonancia*. La disonancia más molesta y desagradable es la que se origina cuando se producen 33 pulsaciones por segundo.

Lo desagradable de esta sensación se puede comparar perfectamente con la molesta impresión que ocasiona una luz que vacila. Es evidente que para que se produzca el grado máximo de disonancia con dos notas bajas, tendrá que haber mucha mayor diferencia de altura entre ellas que no con dos notas más elevadas.

3.° Si las pulsaciones se suceden con mayor frecuencia de 33 por segundo, á causa de aumentar la diferencia entre los números de vibración de los dos sonidos, entonces vuelve á disminuir la sensación molesta de la disonancia, siendo esta disminución tanto más acentuada, cuanto mayor sea la frecuencia con que se sucedan las pulsaciones. Esta sensación va pasando entonces desde una relación moderadamente disonante entre los dos sonidos (que en la música tiene que ir desapareciendo para pasar al sonido inmediato), hasta llegar á sonidos más y más consonantes, y por fin, á aquellos que producen una consonancia perfecta. Estos intervalos son por su orden : la segunda, la séptima, la tercia menor, la sexta menor, la tercia mayor, la sexta mayor, la cuarta y la quinta.

Puesto que 33 pulsaciones por segundo son las que producen la disonancia más acentuada, es evidente que para originarse disonancia con sonidos graves, éstos habrán de estar más separados en la escala musical que no cuando sean más elevados. En sonidos bajos, la tercia mayor ya produce disonancia con facilidad ; en los altos, en cambio, es mucho menos marcada la disonancia aun entre notas próximas, porque el número de pulsaciones excede muy pronto y con exceso al de 33 por segundo, á causa de que el de vibraciones es también muy grande. De ahí que, en general, una frase musical poco armónica sea menos disonante en las octavas altas, que en las bajas.

4.° Con dos *sonidos compuestos ó músicos* que afecten simultáneamente al oído, sucede enteramente lo mismo que con los sonidos simples, sólo que entonces no sólo hay que tener en cuenta la altura de las notas fundamentales, sino la de sus armónicos. De ahí que la disonancia de dos *sonidos compuestos* sea tanto más acentuada, cuanto más se aproxime á 33 por segundo el numero de las pulsaciones producidas por los sonidos fundamentales y por sus armónicos (y también por los *sonidos diferenciales* de que pronto hablaremos).

5.° Por fin, cuando dos sonidos simples ó compuestos se producen simultáneamente, se pueden originar además *nuevos sonidos*, si los primeros son emitidos con una intensidad conveniente al mismo tiempo y con uniformidad. En efecto, concentrando la atención se oyen, además de los

dos *sonidos primarios* simples ó compuestos, un tercer sonido, *cuyo número de vibraciones es igual á la diferencia entre los de los dos sonidos primarios.* A este sonido se le da el nombre de *sonido diferencial.* [También se les da el nombre de sonidos de Sorge (1740) ó de Tatini.]

Así cuando se producen al mismo tiempo los sonidos de la quinta (2 : 3), de la cuarta (3 : 4) ó de la tercia (4 : 5), se oye también como sonido diferencial el sonido fundamental, cuyo número de vibraciones corresponde á 1. Los sonidos músicos, ricos en armónicos, hasta permiten percibir *sonidos diferenciales de orden superior.* Así con los sonidos de la tercia mayor en una escala alta, tales como 16:20 (4 : 5) (con dos lengüetas metálicas), se oye desde luego, como primer sonido diferencial el 4 (sonido fundamental); este 4 con el 16 forma un sonido diferencial de segundo orden : $16 - 4 = 12$. Por fin, con auxilio de resonadores, se llega á oir un sonido diferencial de tercer orden : $12 - 4 = 8$.

v. Helmholtz ha demostrado además, que también se pueden engendrar nuevos sonidos por adición de vibraciones (*sonidos adicionales*). Son difíciles de oir y como mejor se perciben es cuando los dos sonidos primarios pertenecen al medio y á la parte baja de la escala musical y son ricos en armónicos (Preyer, Appunn).

En los sonidos músicos emitidos simultáneamente, hay que tener también en cuenta la mayor ó menor consonancia de sus sonidos diferenciales. En el acorde perfecto mayor son consonantes, y en el perfecto menor disonantes (v. Helmholtz). Por eso el primer acorde posee un carácter preciso y acabado, al paso que el segundo produce una sensación de incompleto y de mal acabado que suscita el deseo de terminar con una frase más armoniosa y perfecta.

420. Percepción auditiva.—Cansancio del oído.—Sensaciones auditivas objetivas y subjetivas.—Sensaciones asociadas.—Sensaciones auditivas consecutivas.

Cuando las excitaciones de las terminaciones nerviosas del laberinto se refieren al foco sonoro del mundo exterior, por virtud de un acto psíquico, se produce entonces la *percepción auditiva objetiva.* Con todo, sólo se refieren al exterior aquellas excitaciones que son producidas por las vibraciones del aire al chocar con la membrana del tambor. Así lo demuestra el hecho de que, cuando se sumerge la cabeza en el agua y están llenos de ésta los conductos auditivos externos, todas las vibraciones sonoras se sienten como si se produjesen en la cabeza misma (Ed. Weber); sucediendo lo mismo con la voz propia si se obstruyen los conductos auditivos, y con las ondas sonoras que se transmiten por los huesos del cráneo. Respecto á la *dirección* de donde viene el sonido, nos informamos por la posición de los dos oídos con relación al foco sonoro, sobre todo, volviendo la cabeza á uno y otro lado para precisar mejor este dato. Se aprecia con más facilidad la dirección de los sonidos músicos acompañados de ruidos que no la de los sonidos simples (Raleigh). Cuando son excitados los dos oídos con la misma intensidad localizamos el origen de las ondas sonoras en un solo foco situado en el plano medio y

hacia adelante ; pero lo referimos más hacia un lado cuando el oído correspondiente recibe una excitación más enérgica que el congénere (Kessel). La posición del pabellón de la oreja que funciona como trompa acústica para recoger las ondas sonoras, tiene su importancia, como ya se comprende, para apreciar la dirección de los sonidos, puesto que, según Ed. Weber, se distingue ésta con mucha más dificultad cuando el pabellón se mantiene aplicado inmediatamente contra la cabeza. Colocando las manos delante de las orejas de manera que formen una concavidad dirigida hacia atrás, con facilidad se cree que está detrás de nosotros un foco sonoro que se halla delante. Parece además que los conductos semicirculares tienen por objeto orientarnos acerca de la dirección del sonido, pues sea cualquiera dicha dirección, siempre habrán de impresionar las ondas sonoras con más intensidad á uno de ellos (ó á los dos de ambos oídos) que no á los restantes. Así, v. gr., el conducto horizontal del lado izquierdo es excitado con más intensidad por las ondas de un foco sonoro situado en dirección horizontal y del mismo lado (Preyer). Otros fisiólogos (Weber, Rogdestwensky) atribuyen á la membrana del tambor el papel de localizar el sonido, puesto que éste es muy común que no afecte más que á determinados segmentos de dicha membrana.

Respecto á la *distancia* del foco sonoro, sirve de guía la *intensidad* de las vibraciones que aprendemos á precisar por la costumbre de percibir ciertas clases de sonidos. Sin embargo de esto, estamos expuestos á incurrir muchas veces en error con motivo de esta apreciación.

Sensaciones auditivas subjetivas.—En esta categoría se comprenden : la sensación que se percibe después de oir sonidos intensos y prolongados ; el *zumbido y el retintín de oídos*, originados muy á menudo por anomalías en la circulación sanguínea del órgano auditivo, y que quizá sean debidos á la excitación mecánica de las fibras del nervio acústico (acaso por la corriente sanguínea) (Brenner); las *sensaciones entóticas* que provienen de procesos que se realizan en el mismo oído, tales son la audición del latido del pulso de las arterias inmediatas y de los ruidos de zumbido producidos por la corriente sanguínea, cuyas sensaciones son mucho más intensas cuando aumenta la resonancia en el oído (por oclusión del conducto auditivo ó de la caja del tambor, ó por acumulación de líquidos en esta última), ó cuando se exagera la actividad cardíaca ó hay hiperestesia del nervio auditivo (Brenner). También pertenecen á este grupo de fenómenos entóticos los ruidos de crujido y chasquido producidos en la articulación temporo-maxilar, el que ocasiona la contracción muscular en la trompa de Eustaquio (véase esta), ó cuando penetra aire en ella, ó bien al abombarse hacia adentro ó hacia afuera la membrana del tambor (véase § 352, *estados patológicos*).

En el oído se observa la *fatiga*, y por cierto sólo para aquel sonido ó grupo de sonidos que la hubiesen producido ; conservándose en cambio intacta la capacidad de percibir los demás sonidos. Pero la fatiga del oído desaparece por completo en muy pocos segundos (Urbantschitsch).

Sensaciones auditivas consecutivas.—Se distinguen en esta categoría : 1.° Aquellas que corresponden á las imágenes consecutivas positivas y que pueden designarse con el nombre de *resonancia* ó *retumbo*, es decir, que la sensación consecutiva continúa de tal modo al sonido que ha dejado de producirse, que ambos originan una impresion auditiva única. 2.° Hay otras sensaciones acústicas consecuti-

vas en las que se interpone una pausa entre el fin del sonido objetivo y el principio del subjetivo (Urbantschitsch). Después de estarse oyendo un sonido por mucho tiempo, se ha observado, como una forma particular de sensación consecutiva, un murmullo que dura un minuto (Preyer). 3.° Hay otra sensación consecutiva que yo comparo á las imágenes consecutivas negativas, y es la de un silencio notable que experimento cuando se interrumpe un ruido intenso y prolongado.

En algunos individuos la percepción de sonidos se acompaña de ciertas sensaciones luminosas ó cromáticas subjetivas ; así la audición del sonido de una trompeta va acompañada de una sensación de amarillo. Es más raro que se observen fotismos de este género cuando son excitados los nervios del gusto, del olfato, ó de la sensibilidad general (Sachs, 1812, Nussbaumer, Lehmann y Bleuler, Deichmann, etc.). Es más común que al oir un ruido intenso y penetrante, se produzca una excitación asociada de los nervios de la sensibilidad general ; tal sucede con la impresión de calofrío ó estremecimiento que sienten algunos sujetos cuando rechina la tiza en la pizarra ó se produce otro sonido análogo.

Según Urbantschitsch, existen relaciones mútuas parecidas entre todos los sentidos : cuando los ojos están en sombra se debilita casi siempre la audición : la luz exagera, por lo general, las sensaciones acústicas subjetivas ; las gustativas es muy frecuente que se acentuen con los colores verde y rojo, etc. (§ 349). Los acromatópsicos presentan también defectos típicos en su sentido músico : así los ciegos para el color verde, confunden cuando oyen y cuando los repiten con su voz, otros sonidos distintos de aquellos que son equivocados por los ciegos para el color rojo (Albertoni).

A menudo se observa que el impulso acústico comunicado á un solo oído, refuerza la función del congénere, á consecuencia de una excitación del centro acústico de los dos lados (Urbantschitsch, Eitelberg).

El aparato de la audición puede ser estimulado además de por las vibraciones sonoras, por *excitantes heterólogos*, ó de otra naturaleza. Lo es de un modo mecánico por los golpes ó choques que recibe el oído de una manera brusca. Si se introduce en el conducto auditivo externo la yema del dedo, de modo que lo cierre herméticamente, y se mueve éste con un ritmo rápido, las condensaciones y dilataciones del aire que se originan de este modo en el conducto mencionado, producen un sonido particular. Cuanto á la excitación del oído por la *electricidad* y por ciertos estados morbosos, véase el § 352.

421. Fisiología comparada. — Reseña histórica.

Los peces inferiores, como los *ciclóstomos* (lampreas) no poseen como aparato de la audición más que un saquillo con dos conductos semicirculares que contiene otolitos y está provisto de pelos auditivos ; los mixinoides tienen sólo un conducto semicircular. Pero la mayor parte de los peces poseen el odrecillo con tres conductos semicirculares y su forma típica. Más aún ; los peces óseos hasta poseen en su cistícula de Brechet (fig. 301. V C) el primer rudimento del conducto coclear que arranca del saquillo (Hasse). En las carpas y los gimnotos existen en la parte posterior del laberinto, prolongaciones y senos que están enlazados con la *vejiga natatoria* por medio de tres huesecitos. En algunos peces del grupo de los clupéideos y de las percas, se encuentran prolongaciones vesiculosas de la vejiga natatoria que están en contacto inmediato del laberinto ó muy próximas á él. El laberinto de los *anfibios* se parece bastante al de los peces en general, y sobre todo, todavía les falta el caracol en su forma típica ; careciendo además en su mayoría de caja del tambor, á excepción de la rana. Sólo tienen la ventana oval (pero no la

redonda), la cual, en la rana, está unida por medio de tres huesecitos á la membrana del tambor que se encuentra á nivel de la piel. En los *reptiles* ya se marca más la forma del apéndice del saquillo que corresponde al conducto del caracol; en las tortugas todavía tiene forma de saco, pero en los cocodrilos es más largo, un poco encorvado y ensanchado en su extremo. En los reptiles existe también ventana redonda, y por medio de ella comunican el caracol y el vestíbulo. En los cocodrilos y en las aves ya hay la distinción de las dos rampas timpánica y vestibular. Las serpientes carecen de caja del tambor. En las aves se funden los dos saquitos (fig. 301. IV. U S) (Hasse); el conducto del caracol (U C) que está unido al saquillo por medio de un tubo muy fino (C), ya es más largo, presenta á veces un indicio de torsión espiral y termina en un fondo de saco, de forma de botella llamada la *lagena* (L); (lo mismo sucede en los cocodrilos) (Windischmann). En los reptiles y aves se reducen los huesecitos del oído á uno sólo en forma de columna, que corresponde al estribo y se llama columela. El órgano auditivo de los *mamíferos* inferiores (echidna, ornitorinco) todavía se asemeja mucho al de las aves; pero en los mamíferos superiores ya aparece bajo el tipo del humano (figura 301. III). En las ballenas siempre está abierta la trompa de Eustaquio. Según G. Retzius, todos los vertebrados poseen las llamadas células ciliadas como órgano terminal del nervio auditivo.

Entre los INVERTEBRADOS existe el órgano auditivo bajo una forma sencilla en algunas medusas, anélidos y moluscos; como una vejiguita redonda, llena de líquido y en cuya pared termina el nervio auditivo con una tumefacción ganglionar. Esta pared lleva interiormente células provistas de pestañas (células auditivas), que mantienen en movimiento ó á un solo otolito compuesto de capas concéntricas ó á un gran número de ellos, bajo la forma de cristales pequeños. Los otolitos están constituídos por una substancia fundamental orgánica, impregnada de sales calizas. En las medusas se encuentran las vesículas auditivas en el borde de la umbrela (*cuerpos marginales*) (§ 407).

En la actualidad se tiende á creer que los otolitos, gracias á su posición inestable, sirven para *regular el equilibrio del cuerpo*, porque al variar la actitud de éste comprimen más por un lado que por otro, la base que los sustenta (Yves, Delage, Engelmann). De ahí que Verworn proponga llamarlos *estatolitos*.

Los órganos auditivos se encuentran situados lateralmente junto al anillo esofágico, en los *moluscos*; en algunos (helix) comunican por medio de un tubito con la superficie del cuerpo. Los saquitos de los otolitos son abiertos en unos *crustáceos*, y cerrados en otros. Las pestañas auditivas, á manera de pluma, provistas de nervios y cuyo tamaño es de diferente longitud, soportan los otolitos. Inervados por el mismo tronco nervioso se encuentran otras pestañas auditivas en la superficie del cuerpo, en las antenas y en la cola. Cuando el agua transmite un sonido, vió Hensen que vibraban algunas pestañas; parece que unas están dispuestas para ser impresionadas por ciertos sonidos y otras por otros de distinta altura. La membrana interna de la vesícula auditiva se renueva á cada muda de tegumento, y entonces los animales sustituyen sus otolitos con granos de arena. En los *insectos* se considera como órgano auditivo (v. Siebold) una membrana timpánica, á la que está aplicada una vejiga traqueal, interponiéndose entre ambas una expansión nerviosa ganglionar. En los acridios (grillo) se encuentra este aparato sobre la base de la tercera pata; en la langosta, en la tibia de la pata anterior; en los coleópteros, en la base del ala posterior, y en los dípteros, en la base del balancín. Sin embargo, también se han considerado como órganos auditivos en las antenas (H. Landois) á pelos que están en conexión con fibras ganglionares y á otros elementos, tales como los bastones auditivos de los artrópodos (Leydig). En los *cefalópodos*, cuyo oído está unido al cartílago cefálico, ya se distinguen los primeros

rudimentos de laberinto membranoso y cartilaginoso. El nervio se dirige á una lámina ó cintita córnea en la que están representados los órganos terminales por células epiteliales ciliadas.

Reseña histórica.— Empedocles (473 años antes de J. C.) localiza en el caracol la sensación auditiva. La escuela de Hipócrates conoce la membrana del tambor, y Aristóteles (384 años antes de J. C.) la trompa de Eustaquio. Según Cassio Felix (97 años después de J. C.), durante el bostezo estaría dificultada la audición; Vesalio (1571) describe el músculo del martillo; y Ingrassias (1544) el estribo, relacionando la función del músculo del martillo con una audición más perfecta. Cardan (1560) es el primero que habla de la transmisión acústica por los huesos de la cabeza. Falopio (1561) da descripciones más acabadas de las partes diminutas del oído, tales como el vestíbulo, los conductos semicirculares, la cuerda del tambor, las dos ventanas, el caracol y el acueducto. Eustaquio (muerto en 1570) describe la columela y las rampas óseas del caracol, la trompa que lleva su nombre, y los músculos de la oreja; Plater (1583) las ampollas; y Casserio (1600) la lámina espiral membranosa del caracol. Sylvio de le Boë (1667) descubre el huesecito lenticular, y Vesling (1641) el músculo del estribo. Mersenne (1618) ya conocía los sonidos armónicos; Gassendio trata por vez primera (1658) de la velocidad de propagación del sonido; Follius describe con más exactitud (1645) el laberinto membranoso y la apófisis larga del martillo, que lleva su nombre. Tulpio (1641) menciona la posibilidad de que penetre aire en el oído (cuando está perforada la membrana del tambor) [es notable que Alkmäon (580 años antes de J. C.), crea que esta penetración es un hecho normal en la cabra]. Después de esto fue muy cuestionada la existencia normal de un agujero en la membrana timpánica (foramen de Rivino). Scarpa rehizo de un modo magistral la descripción minuciosa del aparato auditivo. Perrault (1666) ya expuso una teoría parecida á la de v. Helmholtz, sobre la percepción de la altura de los sonidos, por el caracol (§ 418). Berzelius analiza químicamente el cerumen del oído; y Krimer el líquido del laberinto. Según Authenrieth los tres conductos semicirculares, con su distinta situación, servirían para percibir la diversa dirección de los sonidos. La acústica progresó mucho gracias principalmente á los estudios de Chladni (1802). G. Retzius es el que ha escrito la obra más nutrida de datos acerca del órgano auditivo de los vertebrados (1881-1884).

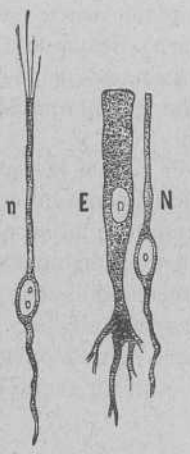
SENTIDO DEL OLFATO

422. Estructura del órgano olfatorio.

La *región olfatoria*, ó sea la zona de distribución del nervio olfatorio, tiene de extensión unos 500 mm^2 (v. Brum), comprendiendo la parte superior del tabique, el cornete superior (fig. 306. *Cs*) y una parte del cornete medio. El resto de las fosas nasales recibe el nombre de *región respiratoria*. Los caracteres diferenciales de ambas regiones, son: 1.° La región olfatoria tiene una *mucosa más gruesa*. 2.° Mientras la región respiratoria está revestida de un epitelio vibrátil estratificado, mezclado con células caliciformes, la olfatoria posee un *epitelio cilíndrico de una sola capa* (fig. 305. E), de 0,06 mm. de grueso, cuyas células suelen tener su extremo inferior ramificado á manera de raiz y contienen *pigmento* de un color amarillento ó rojo-pardo (más marcado en los animales). 3.° De ahí que la región olfatoria presente una *coloración* diferente, á causa de este pigmento. 4.° Esta región contiene además unas glándulas particulares, tubulosas y en *forma de maza* (glándulas de Bowmann), que son denominadas *glándulas albuminosas* (§ 146) (v. Brunn), mien-

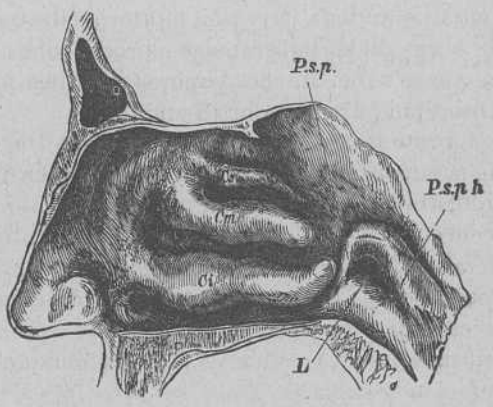
tras en la parte respiratoria predominan las *glándulas acinosas*. Según A. Heidenhain estas últimas son serosas, y para Stöhr son glándulas mixtas. Los *folículos linfáticos* de la mucosa están situados debajo del epitelio y desde ellos emigran numerosos leucocitos hacia la superficie libre de la misma (Stöhr). 5.° Por fin, la mucosa olfatoria comprende, como es natural, el *aparato terminal del nervio olfatorio* (Max Schultze). Las células olfatorias (N) están esparcidas entre las largas células epiteliales cilíndricas (E) de la superficie. El cuerpo de las células olfatorias es fusiforme; tienen un núcleo grande con nucleolo y emiten hacia arriba, por entre las células cilíndricas, un bastoncillo liso de 0,9 á 1,8 μ de diámetro, y de cuyo extremo parten 6 á 8 pestañas olfatorias finísimas (v. Brunn). Una *membrana limitante* muy ténue, anhista y que cubre la superficie del epitelio, deja pasar por ciertos agujeritos las prolongaciones periféricas de las células olfatorias (v. Brunn). Cada una de éstas se continua por su extremo profundo con un filamento nervioso

Figura 305.



N, célula olfatoria del hombre (han caído las pestañas vibrátiles).—*n*, de la rana. — E, epitelio de la región olfatoria.

Figura 306.



Fosas nasales y espacio naso-faríngeo.—*L*, pliegue del elevador.—*P*, *s*, *p*, pliegue salpingo-palatino. —*P*, *s*, *ph*, pliegue salpingo-faríngeo. — *Cs*, *Cm*, *Ci*, los tres cornetes (según Urbantstchisch).

varicoso y muy fino, que á su vez proviene de las fibras del nervio olfatorio (§ 323. 1. 1). Según C. K. Hoffmann y Exner, cuando se cortan los nervios olfatorios se transforman los aparatos terminales específicos en un epitelio cilíndrico sin pestañas vibrátiles (rana), y en los animales de sangre caliente experimentan la degeneración grasienta; pero al mismo tiempo también presentan señales de degeneración las células epiteliales interpuestas entre ellos (Hoffmann, Christmas-Dirckink-Holmfeld, Lustig).

423. Sensación olfatoria.

La sensación olfatoria es producida por el contacto directo de substancias gaseiformes y volátiles con las células olfatorias, cuyas substancias penetran en las fosas nasales, sobre todo, en el momento de la *inspiración*. En este acto se establece una corriente de aire á lo largo del ta

bique y en dirección ascendente, por debajo del dorso de la nariz y del techo de las fosas nasales, para describir después un arco en dirección descendente hacia atrás y abajo, siendo muy escasa la cantidad de aire que pasa por los meatos y en particular por el superior (Paulsen y Exner, Kayser). También pueden ser olidas, aunque no tan bien como las anteriores, las substancias volátiles procedentes de la boca y que pasan con la espiración á las fosas nasales por sus aberturas posteriores (Aronsohn).

El *primer* momento de contacto de las substancias olorosas con las células olfatorias, parece ser el más eficaz para la sensación que producen; y de aquí que cuando se quiere percibir mejor un olor cualquiera se practique una serie rápida de inspiraciones sucesivas, teniendo cerrada la boca : *olfateo* (§ 126. 4). En este acto se enrarece el aire contenido en las cavidades adyacentes á las fosas nasales, y como se restablece después la igualdad de densidad, las substancias volátiles y olorosas se ponen en contacto de toda la región olfatoria (Braune y Clasen). Respecto al modo de obrar de las substancias olorosas sobre la mucosa nasal, es poquísimo lo que se sabe. Muchos vapores volátiles poseen una gran capacidad de absorción para el calor (Tyndall).

La intensidad de la sensación olfatoria depende : 1.° De la extensión de la superficie impresionada ; por eso en los animales, como la foca, que se distinguen por su gran finura de olfato, es frecuente que las conchas ó cornetes revestidos de la membrana olfatoria, presenten una riqueza notable de pliegues ó anfractuosidades. 2.° De la frecuencia con que son aspirados los principios volátiles á las células olfatorias (olfateo). 3.° De la cantidad de dichos principios que exista en el aire ; sin embargo, hay substancias cuyo olor se percibe aunque se hallen en un grado de atenuación notable.

Todavía se huelen : el bromo en una proporción de $^1/_{50\cdot000}$ milígramos y el hidrógeno sulfurado en la de $^1/_{500\cdot000}$ milígramos por centímetro cúbico de aire (Valentin). El clorofenol se huele todavía en la proporción de $^1/_{4\cdot600\cdot000}$ milígramos y el mercaptan en la de $^1/_{460\cdot000\cdot000}$ milígramos (E. Fischer y Penzoldt).

También producen olor las materias volátiles disueltas en un líquido indiferente (verbigracia: la disolución de sal común al 0,73 por 100), con el que se llenen las fosas nasales. Cuando una substancia olorosa está actuando durante cierto tiempo, *cansa* al nervio olfatorio á los pocos minutos; pero el nervio ya se puede reponer de su cansancio después de un minuto (Aronsohn).

Llenando las narices con la disolución de sal común al 0,73 por 100, é introduciendo en ésta un electrodo, observó Aronsohn sensaciones olfatorias específicas : un olor en el catodo al cerrar la corriente, y otro en el anodo al abrirla. Las corrientes inducidas son ineficaces. Las excitaciones *mecánicas* ó *térmicas*, no suscitan ninguna sensación olfatoria.

Respecto á las *anomalías* de las sensaciones olfatorias, véase el § 345. Cuando se llena cada una de las fosas nasales con substancia de olor *diferente*, hay sujetos en los que no se mezclan los olores, sino que tan pronto predomina el uno como el otro (Valentin), mientras en otras personas se origina un olor mixto (Aronsohn). Muchos olores se neutralizan por completo, cuando las materias que los producen llegan juntas al órgano olfatorio; así sucede, v. gr., con las almendras amargas y

el almizcle, ó con el cautchuc y la cera. Para esto, ó se hace que lleguen las dos materias volátiles una á cada fosa nasal, ó que penetren juntas en una sola (Zwaardemaker).

Los nervios *sensitivos* de las fosas nasales son impresionables en extremo (§ 349. II), y provocan una sensación de dolor bajo la acción de ciertos olores muy penetrantes, v. gr., los del amoníaco y del ácido acético; los vapores de este último, cuando están muy enrarecidos, obran también sobre los nervios olfatorios. El órgano del olfato desempeña un papel importante, en cuanto sirve para vigilar el mal olor del aire y de los alimentos. La sensación del olfato, auxilia en gran manera á la del gusto, y viceversa.

Para examinar la agudeza olfatoria, emplea Zwaardemaker el *olfatómetro*, ó sea un cilindro hueco, de una substancia olorosa, tal como el cautchuc vulcanizado, á través del cual se hace pasar una corriente de aire, que penetra después por la ventana de la nariz. Dentro del primer cilindro, puede enchufar otro de material no oloroso, de tal modo que cubra la superficie del primero en una extensión mayor ó menor. La intensidad del olfato, cuando se emplea este aparato, es proporcional á la longitud de cilindro oloroso, puesta al descubierto.

Fisiología comparada. — En los *vertebrados* inferiores, está representado el tipo del órgano olfatorio por fositas, á las que se dirige el nervio olfatorio. El amphioxus y los ciclostomos no tienen más que una fosita olfatoria; los demás vertebrados, dos. En muchos selacios, comunica la fosa olfatoria con la boca, por medio de una canal. En la rana, penetran los órganos olfatorios por medio de un trayecto corto en la cavidad bucal. En los vertebrados superiores, á medida que se desarrolla el paladar, también va adquiriendo la nariz una forma cada vez más independiente. En los gymnophiones, grupo de los anfibios, el aparato olfatorio adquiere un desarrollo extraordinario, y está provisto de cuatro nervios olfatorios; en cambio, son rudimentarios el ojo y el oído (Wiedersheim, Waldschmidt). Los cetáceos carecen de nervio olfatorio. Los *cefalópodos* poseen, detrás de los ojos, fosas olfatorias vibrátiles con células olfatorias; el nervio olfatorio nace al lado del óptico. También en los *moluscos* se consideran, como órganos olfatorios, ciertas zonas provistas de pestañas vibrátiles. El aparato olfatorio de los *artrópodos* se encuentra en sus pulpos y antenas (Leydig), en los primeros como formación ciliada que comunica con un cuerpo ganglionar y con un nervio (Kraepelin). En los crustáceos, se encuentra el órgano olfatorio en la rama externa de sus antennulla (Hensen y May). En los *vermes* superiores, se atribuye el papel de aparato olfatorio á unas fositas poco profundas ó en forma de botella, vibrátiles y provistas de nervios. Los demás animales carecen, al parecer, de órganos olfatorios especiales.

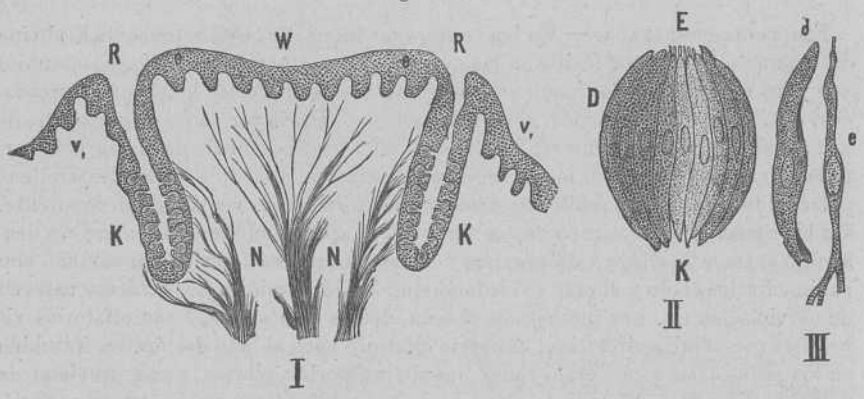
Reseña histórica. — Teofrasto (311 años antes de J. C.), insiste en lo obtuso del sentido del olfato en el hombre; los animales no estiman los alimentos más que por su olor. Los olores fuertes provocan dolor de cabeza; muchos ungüentos olorosos, cuando se emplean, son causa de que la orina también adquiera olor. Entre el olfato y el gusto existen muchas relaciones. Rufo Efesio describe el paso de los nervios olfatorios por la lámina cribosa del etmoides (97 años después de J. C.). Según Galeno, el sentido del olfato tiene su asiento en las fosas nasales. El monje Teófilo Protospatharius (á fines del siglo VIII), considera al nervio olfatorio como el del olfato. Rudius (1600) hizo la autopsia de un hombre á quien faltaban los olfatorios, y que había tenido anosmia congénita. Sömmering hace una descripción magistral del órgano del olfato, y Cloquet describe extensamente las diversas clases de olores.

SENTIDO DEL GUSTO

424. Situación y estructura de los órganos del gusto.

Respecto á la extensión de la zona destinada á las sensaciones gustativas, todavía hay bastante diversidad de opiniones; según se atribuyan ó no funciones gustativas á determinados filetes nerviosos. 1.° Es indudable que posee sensibilidad gustativa la *base de la lengua*, en la zona de las papilas caliciformes, donde se distribuye el nervio gloso-faríngeo. 2.° También gozan de esta sensibilidad especial, la punta y bordes de la lengua (Schirmer, Klaatsch, Stich y Neumann), por medio de la mayor parte de las papilas fungiformes [las filiformes y un 20 por 100 de las fungiformes (Oehrwall), son insensibles para la gustación]; pero con muchas diferencias individuales (Urbantchitsch), de tal manera, que no perciben toda

Figura 307.



I. Corte transversal de una papila caliciforme; W, la papila; *v*, *v*, pared de la papila; R, R, ranura anular; K, K, botones gustativos en su sitio natural; N, N, nervios. — II. Botón gustativo aislado; piezas ó células de revestimiento; *k*, extremo inferior y C, extremo superior ó libre de estas piezas, dejando salir las puntas de las células gustativas —III. Célula de revestimiento (*d*) y célula gustativa (*e*) aisladas.

clase de sabores (Lussana). Respecto á las relaciones de los nervios con estas partes, véase lo dicho al tratar del nervio lingual y de la cuerda del tambor. 3.° La zona lateral del velo del paladar, el pilar anterior (J. Müller, Drielsma, Schirmer, Klaatsch y Stich), y la cara interna de la epiglotis (Michelson y Langendorff), también perciben los sabores, por recibir ramificaciones del gloso-faríngeo. 4.° Es dudoso que goce de esta facultad el paladar (Drielsma); y cuanto á la parte media de la lengua, creen la mayor parte de los autores, que no percibe los sabores.

Se consideran como *aparatos terminales* de los nervios gustativos los *botones gustativos* ó cúpulas gustativas descubiertas por Schwalbe y Lovén (1867). Se encuentran en las superficies laterales de las papilas caliciformes (fig. 307. 1), que forman la hendidura capilar, R, R, del surco que las rodea, mas rara vez en su su-

perficie y en la cara externa de la pared que las cerca á manera de valla; en las papilas fungiformes, en las del velo del paladar y en la úvula (A. Hoffmann); pero también (¡!) se encuentran en la cara inferior de la epiglotis, parte superior de la cara posterior de la laringe, en la cara interna de los aritenoides (Verson, Davis), y en las cuerdas vocales (Simanowsky). Con los años desaparecerían muchos botones gustativos (A. Hoffmann). Estos botones, cuya forma asemeja la de un tonel ó de un cáliz, tienen 81 μ de alto y 33 de grueso, y están colocados en el epitelio pavimentoso, grueso y estratificado, de la lengua. Están compuestos de unas *células de sostén ó de revestimiento*, nucleadas, encorvadas y de forma de lanceta, las cuales, como las duelas de un tonel, forman por su reunión el botón gustativo (figura 307. II, D; aisladas, III, *d*). Por el lado de la superficie libre circunscriben una abertura, el *poro gustativo*. En el eje del botón, y envueltas por estas células, existen de una á diez células gustativas (II, E), de las cuales unas llevan en su extremo superior una prolongación muy fina (III, *e*), y otras carecen de ella. Los nervios gustativos, que pierden su mielina y forman plexos, se distribuyen de varias maneras en las células específicas gustativas (Fusari y Panasci). Cuando se secciona el nervio gloso-faríngeo, se atrofian los botones gustativos; en cuatro meses se transforman sus células de revestimiento en células epiteliales comunes (von Vintschgau y Hönigschmied). (Leydig ha encontrado órganos muy parecidos á los botones gustativos en el tegumento de los peces de agua dulce).

Las *glándulas* de la lengua, cuyas fibras secretoras provienen del gloso-faríngeo (Drasch), se han descrito en el § 146, y lo mismo los *folículos*.

425. Sensaciones gustativas.

Hay cuatro clases de sabores: *dulce*, *amargo*, *ácido* y *salado*. Las substancias ácidas y las saladas irritan además los nervios sensitivos de la lengua, pero cuando están muy diluídas, sólo provocan la sensación sápida al obrar sobre las terminaciones específicas de los nervios gustativos. Es probable que exista para cada cualidad gustativa una especie particular de fibras nerviosas (v. Vintschgau), tal como se admite en la teoría de las energías específicas.

En efecto, Oehrwall, y después de él Goldscheider y H. Schmidt, encontraron, entre las papilas fungiformes, unas que no eran impresionadas por el ácido tártrico, y sí por el azúcar, otras que reaccionaban con la quinina y no con el ácido tártrico, y algunas que reaccionaban con la quinina, pero no con el azúcar. Con la excitación eléctrica de las diferentes papilas podía producir, según fueran éstas, un sabor amargo, salado ó dulce. Con la corriente constante alcanza su máximum de pureza la reacción en el anodo. Aplicando á la lengua las hojas de gymnema silvestre, se abolen las sensaciones gustativas dulces y amargas (Horper, Shore).

El llamado sabor metálico, que se percibe con una excitación eléctrica difusa, es una sensación mixta producida por los sabores amargo y salado y por la excitación de los nervios sensitivos. Cuando persisten mucho las excitaciones gustativas, aparecen fenómenos de cansancio para algunos sabores. Este hecho se puede explicar fácilmente admitiendo *aparatos terminales específicos* para las diversas categorías de sabores, los cuales existirán en proporción diferente en las distintas papilas.

Respecto á la manera cómo son excitados los nervios gustativos, realmente no se ha adelantado nada desde Demócrito (469 años antes de Je-

sucristo), que hacía derivar el sabor de la forma de los átomos de las substancias sápidas. Para que éstas obren, es preciso que se *disuelvan* en el líquido bucal, sobre todo las sólidas y también las gaseiformes. La intensidad de la sensación gustativa depende: 1.° De la *extensión de la superficie impresionada*, como demostró sobre todo Camerer poniendo substancias sápidas en contacto de 1, 2, 3 ó 4 papilas caliciformes. La sensación se produce con más facilidad cuando las substancias se hacen penetrar en los surcos y entre las papilas por los movimientos de fricción de la lengua en el acto de paladear (comp. § 356). 2.° La *concentración* de la substancia sápida desempeña un papel importante. Valentin observó que en la serie siguiente de cuerpos: jarabe, azúcar, sal común, acíbar, quinina y ácido sulfúrico, cada uno de ellos necesita una dilución menor que el siguiente para que deje de ser percibido su sabor. La quinina se puede diluir veinte veces más que la sal común, notándose todavía su sabor (Camerer). 3.° El *intervalo de tiempo* que media entre la aplicación de la substancia y la aparición de la sensación gustativa, difiere según las distintas materias. El sabor que se percibe más pronto es el de la sal común (después de 0,17 segundos; v. Vintschgau), luego el dulce y después el ácido y el amargo (el de la quinina á los 0,258 segundos: v. Vintschgau); esto se observa también en los sabores mixtos (Schirmer). Las substancias últimamente mencionadas son aquellas con las que se nota un *dejo* más persistente. 4.° La *delicadeza del paladar* es una cualidad congénita, pero se perfecciona con la práctica. El saborear por mucho tiempo una misma substancia, ó varias de género análogo, ó alguna que lo tenga muy intenso, altera rápidamente la apreciación exacta de los sabores. 5.° El *olfato* auxilia al gusto en muchas ocasiones, y así es frecuente que se confundan las sensaciones de ambos sentidos; el éter, el cloroformo, la menta piperita, el almizcle y la asafétida, no producen más que olor sin determinar al mismo tiempo ninguna sensación gustativa. La misma vista, evocando el recuerdo de ciertos sabores, favorecen la percepción de éstos; de ahí que si se cierran los ojos y se prueban alternativamente vino blanco y vino tinto, pronto se confunden y equivocan los sabores respectivos. 6.° La *temperatura* más adecuada para percibir los sabores, es la que se encuentra entre los 10° y los 35° C. (Camerer); el agua caliente y la fría abolen pasajeramente la sensibilidad gustativa.

Colocando hielo en la lengua, se abole temporalmente la sensibilidad para toda clase de sabores; la cocaína sólo abole la del sabor amargo, y el mascar hojas de gymnema silvestre produce el mismo resultado para los sabores amargos y los dulces. El ácido sulfúrico diluído al 2 por 100, hace que parezca dulce el agua común que se tome después (Aducco y Mosso). En los niños y en los locos que rehusan el alimento, se hace posible á veces la ingestión de las substancias que les repugnan, procurando que perciban al mismo tiempo algún olor agradable.

La *corriente eléctrica constante* produce en el polo positivo una sensación ácida y en el negativo otra como de legía alcalina, ó más exactamente acre y quemante (Sulzer, 1752); observándose estos sabores lo mismo cuando se cierra ó abre la corriente que mientras dura ésta. Estas sensaciones no se pueden atribuir á una electrolisis del líquido bucal, pues aunque se humedezca la lengua con un líquido

DR. PEREZ ARAPILES
c/ Lancia, núm. 12-38
Teléfono 93 85 19

ácido, se sigue percibiendo el sabor de legía en el polo negativo (Volta). Por esta razón parece lo más verosímil admitir que en la profundidad ó sea en el interior de los botones gustativos, se separan electrolitos que excitan al órgano terminal. Las corrientes de intermitencia rápida no originan ninguna sensación gustativa (Grünhagen). Los toques de cocaína á la lengua abolen pasajeramente la percepción de los sabores, incluso los producidos por la electricidad (Jürgens). Los experimentos de v. Vintschgau, que posee una sensibilidad gustativa imperfecta en la punta de la lengua, le han demostrado que nunca percibía sabor alguno (pero sí sensaciones táctiles bien distintas), cuando hacía pasar una corriente eléctrica por dicho punto.

En los experimentos de Hönigschmied, que goza de una percepción sápida normal en la punta de la lengua, observó que con el polo positivo percibía en muchos casos un sabor metálico en la punta de la lengua, y no raras veces agrillo, y que con el negativo faltaba á menudo toda sensación gustativa; cuando existía, era casi siempre alcalina, y por excepción ácida. Si se interrumpe la corriente, se observa un dejo metálico en la misma dirección de ésta.

Estados patológicos. — Las enfermedades de la lengua, las capas que la cubren y su sequedad, perturban ó abolen la sensación gustativa. Los *sabores subjetivos* se observan en los locos y en los enfermos del sistema nervioso como resultado de una excitación del centro psico-geúsico (§ 380. IV. 3); con la intoxicación por la santonina (Rose), se observa un sabor amargo, y con las inyecciones subcutáneas de morfina un sabor amargo y agrillo (Beigel, Wernich, Eulenburg). Se designan con los nombres de hipergeusia, hipogeusia y ageusia, la exageración, debilitación y pérdida respectivamente de las sensaciones gustativas. Ciertas sensaciones táctiles de la lengua se toman á menudo como gustativas, v. gr., los sabores llamados mordicante, fresco, picante, arenoso, farináceo, gomoso, astringente y acre.

Fisiología comparada.—En el buey corresponden hasta 1760 botones gustativos á cada papila caliciforme. Se describe con el nombre de *papila foliada* á un órgano gustativo grande y rico en pliegues, que está colocado en la parte posterior de la lengua, v. gr., en la del conejo (Rapp 1832, J. F. C. Mayer, 1842), cuyo órgano tiene su análogo en el hombre en las franjas linguales (fimbriae linguae), constituídas por surcos paralelos, que existen en la parte posterior del borde de la lengua (Krause, v. Wyss). En los reptiles y aves no hay botones gustativos; abundan mucho en la cavidad buco-branquial de los renacuajos (F. E. Schultze), pero la lengua de la rana adulta sólo está revestida de un epitelio cuyas células recuerdan las gustativas (Billroth, Axel Key). Los órganos caliciformes de la epidermis de los peces y de los renacuajos (Leydig) tienen la misma estructura de los botones gustativos y quizá función análoga (F. E. Schultze). Se encuentran estos botones en el paladar de la carpa y en la boca de los escualos y de las rayas.

La lengua de los ciclostomos sirve como aparato de succión; la de los demás peces carece de músculos. Las salamandras y la mayor parte de los anuros pueden lanzar la lengua fuera de la boca y volverla á meter rápidamente. En muchos vertebrados inferiores sirve de sostén á la lengua el hueso entogloso, que en los vertebrados superiores es sustituído por el cartílago ó tabique de la lengua. En los insectos asienta el órgano del gusto en las terminaciones nerviosas de la trompa (dípteros), mandíbula y lengua (hormigas), paladar y epifaringe (Forel). También se ha encontrado órgano del gusto en los gasterópodos (Haller).

Reseña histórica.—Bellini considera á las papilas de la base de la lengua como el órgano de la gustación (1711). Baur es quien hace la primera descripción exacta del trayecto y divisiones de los músculos de la lengua. Rudolphi da á conocer el curso de los nervios. Elsässer refiere (1834) que el sabor de todas las substancias se percibe con más intensidad en las papilas caliciformes y en el borde lateral y

posterior de la lengua. Richerand, Foderà y Mayo, creen que el único nervio gustativo es el lingual; pero Magendie demuestra que después de cortado, todavía conserva sensibilidad gustativa la región posterior de la lengua. Panizza (1834) atribuye la función gustativa al nervio gloso-faríngeo, la sensitiva general al lingual y la motora al hipogloso.

SENTIDO DEL TACTO

426. Terminaciones de los nervios sensitivos.

I. Corpúsculos del tacto (Meissner). — Se encuentran en las papilas del dermis (§ 285), siendo más abundantes en la palma de la mano y planta del pie, sobre todo en los dedos, á razón de 21 por mm^2 de piel, ó de 108 por cada 400 papilas vasculares; son menos numerosos en el dorso de la mano y del pie, en el pezón, los labios y la punta de la lengua (Geber); no abundan tanto en el glande del clítoris, y se encuentra alguno que otro en la cara palmar del antebrazo (y también en los monos antropoides y en el coatí). Son elipsoidales, de 40 á 200 μ de largo y 60 á 70 de ancho, y están constituídos exteriormente por una capa de tejido conjuntivo con estriación transversal, é interiormente por un contenido finamente granuloso, con núcleos alargados y estriados transversalmente. Fibras nerviosas mielínicas se dirigen, en número de 1 á 3, al polo inferior del corpúsculo, se enroscan, dando algunas vueltas alrededor del mismo, pierden después su mielina y se dirigen hacia el interior del corpúsculo, dividiéndose en 4 á 6 fibrillas, cuyo modo de terminar se ignora. Hay observadores que hacen provenir toda la estriación transversal de fibrillas nerviosas arrolladas en forma de ovillo (Meissner), de un modo semejante á los ovillos nerviosos descritos por Tomsa en el glande del pene. Para otros autores, está constituída la masa interior por numerosas células planas y sobrepuestas formando capas, entre las que se distribuyen los filamentos terminales pálidos, en forma de botón ó de expansiones discoideas, como las que se han descrito en las células táctiles de Merkel (W. Krause).

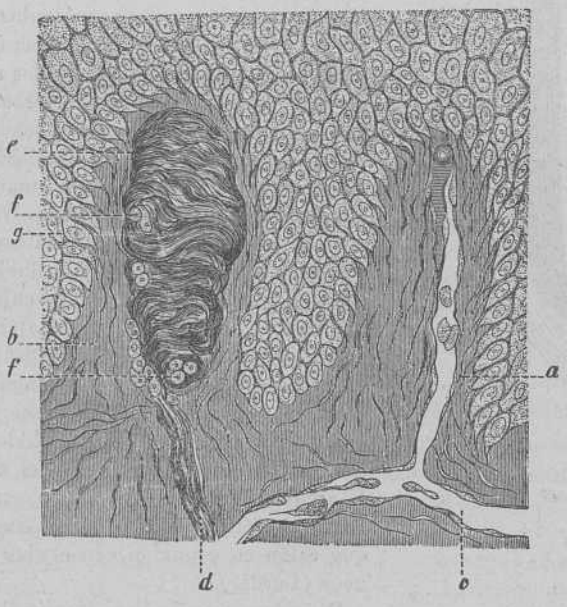
Arth. Kollmann distingue especialmente en la mano tres zonas táctiles principales, á saber: 1.ª Las yemas de los dedos, donde se encuentran 24 corpúsculos del tacto en 10 mm de longitud: 2.ª, las tres eminencias metatarsianas situadas detrás de los espacios interdigitales; aquí corresponden de 5,4 á 2,7 corpúsculos del tacto á cada 10 mm de longitud; y 3.ª, las eminencias tenar é hipotenar en que se hallen en esta misma distancia de 3,1 á 3,5 corpúsculos. Las dos primeras zonas contienen también muchos corpúsculos de Vater; en la última están muy esparcidos. En las demás porciones de la superficie de la mano ya son menos numerosos los aparatos nerviosos terminales.

2.° Los corpúsculos de Vater (1741) ó de Pacini (fig. 309), son de 1 á 2 mm de largo, encontrándose en el tejido conjuntivo subcutáneo, sobre todo en el lado de la flexión de los nervios de los dedos de las manos y pies (de 600 á 1400), en la región del pezón (Hartenstein), en las inmediaciones de las articulaciones y de los músculos, en las membranas interóseas, en el perimisium, junto á los tendones (pág. 13) (Kerschner), en los plexos abdominales del gran simpático, al lado de la aorta abdominal y de la glándula coxígea y en el dorso del pene y del clítoris (así como en el mesocólon del gato). Están constituidos por numerosas cápsulas de tejido conjuntivo nucleado, separadas entre sí por líquido, revestidas en su cara interna de endotelio (Hoyer), y rodeando, como las capas de una cebolla, á la *maza central* interior y homogénea. La fibra nerviosa mielínica, que penetra en el corpúsculo por su pedúnculo conjuntivo, pierde su mielina, su vaina de Schwann se

continua y confunde con las cubiertas del mismo, y el cilindro-eje termina dividiéndose ó no, bajo la forma de un ligero engrosamiento, el botón terminal, en cuyo interior cada fibrilla nerviosa forma un delicadísimo nódulo terminal.

3.° Los corpúsculos de Krause, ó mazas terminales alargadas, existen probablemente como terminación normal de los nervios en la piel y mucosas de todos los mamíferos. Son de 0,075 á 0,14 de largo, y se encuentran en la conjuntiva ocular, en el suelo de la boca, en el borde de los labios, en la mucosa nasal, en la epiglotis, en las papilas fungiformes, en el glande del pene y del clítoris, en la cubierta de los tendones, en el tejido de éstos (Kerschner) y en otros muchos puntos; los hay además en la cara palmar de los dedos de los pies (en el cochinillo de Indias), en el oído y en el tronco (ratón), y en la membrana aliforme del murciélago. La túnica adventicia de las fibras de doble contorno se continua con la cubierta conjun-

Figura 308.



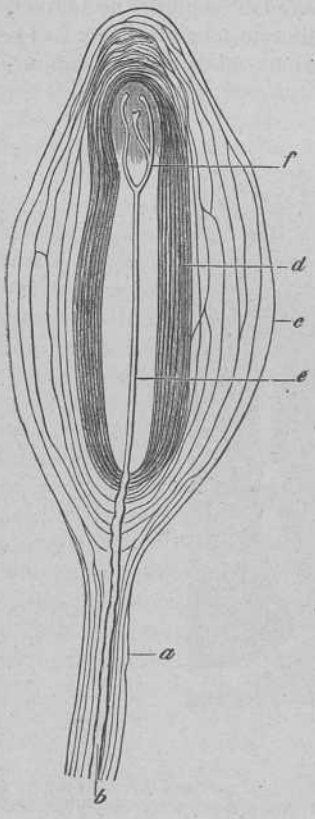
a, papila vascular.—*b*, papila táctil.—*c*, vaso sanguíneo.—*d*, fibra nerviosa dirigiéndose á un corpúsculo del tacto.—*e*, corpúsculo del tacto.—*f*, fibra nerviosa cortada á través.—*g*, células de la capa mucosa de Malpighio (según Biesiadecki).

tiva de la maza del corpúsculo, la vaina de Schwann se engruesa y se convierte en la maza interior central, compuesta de células alargadas (Krause). Las mazas terminales *esféricas*, *del hombre* (mucosa nasal, conjuntiva, cavidad bucal, epiglotis, pliegues mucosos del recto), están formadas, según Longworth y Waldeyer, de una capa conjuntiva esférica, que encierra en su interior numerosas células muy apiñadas, en las que se distribuyen los filamentos terminales del nervio. Waldeyer compara á estas células con las células nerviosas terminales de Merkel. Es indudable que tienen gran parecido con estas formaciones los *corpúsculos genitales* y articulares (Krause); los primeros, que se encuentran en la piel del glande del pene y del clítoris, parecen ser mazas terminales ó corpúsculos de Krause más ó menos fundidos entre sí. Los *corpúsculos articulares* se encuentran en las sinoviales de las articulaciones de los dedos; son mayores que los corpúslos de Krause; presentan

en su periferia numerosos núcleos ovales y en su interior penetran hasta cuatro fibras nerviosas.

4.° Células táctiles de Merkel.—Se encuentran en la llamada membrana cérea que reviste el pico de los ánades y gansos, y en la lengua de estos animales; además en los mamíferos y en el hombre, en la epidermis cutánea y en la vaina externa de la raíz de los *pelos táctiles*. Son células grandes, con núcleo redondo y nucleolos, envueltas por una cubierta conjuntiva, y entre las cuales está colocada una fibra nerviosa sin vaina ni mielina y con un disco protoplasmático, *disco táctil* (Ranvier, Izquierdo). Es frecuente encontrar dos ó más de estas células sobrepuestas como quesos, pero separadas siempre cada dos de ellas por el disco nervioso terminal. Cuando están sobrepuestas y yuxtapuestas muchas células táctiles, se constituyen de este modo unos corpúsculos que parecen establecer cierta transición á los corpúsculos del tacto. En los animales existen todavía otras formas de corpúsculos terminales de los nervios sensitivos, tales son: los corpúsculos de Herbst, de las aves, parecidos, en menor escala, á los de Vater, con estriación periférica longitudinal é interior transversal, pero sin una disposición manifiesta en forma de capas; los corpúsculos de Grandry, en las aves, más pequeños todavía, análogos á las mazas terminales de Krause, con una doble serie de núcleos en su ténue membrana de cubierta; los conos táctiles en el hocico del topo (Eimer) y especies afines (Mojsisovics); las cápsulas terminales en el pene del erizo y en la lengua del elefante (Krause); las mazas táctiles en el pico y la lengua de algunas aves (Krause, Ihlder), y los anillos nerviosos en las orejuelas del ratón (Schöbl). El órgano táctil en los rotíferos, crustáceos é insectos, lo forman esferas ganglionares terminales que están en conexión con cerdas ó pelos cutáneos (Leydig).

Figura 309.



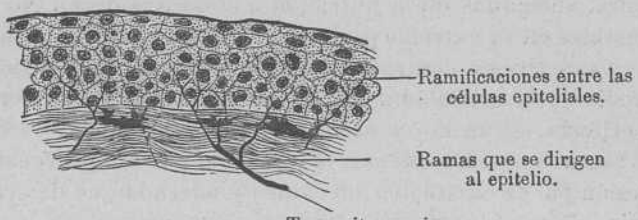
Corpúsculo de Vater ó de Pacini.

a, pedúnculo del corpúsculo. — *b*, fibra nerviosa aferente.—*cd*, cubiertas de tejido conjuntivo.—*e*, cilindro-eje dividido en su extremo *f*.

W. Krause pretende encontrar cierta uniformidad en la estructura de todos los corpúsculos terminales del tacto, oponiéndose con esto, en parte, á los datos que acabamos de exponer. Según él, la maza central, en todos estos corpúsculos, consta de unas células, que llama células de maza, las cuales son aplastadas y nucleadas en su origen, perteneciendo á la vaina de Schwan engrosada, mientras las membranas secundarias están formadas por el perineuro (§ 323. I). Entre las células de maza se esparcen los nervios con fibras terminales que se continuan con expansiones piriformes ó en forma de botoncitos aplastados. Pero dentro de cada uno de estos botoncitos terminan á su vez cada una de las fibrillas nerviosas amielínicas, que constituyen las fibras terminales en uno ó más engrosamientos, también de forma de botón, á los que da Krause el nombre de nódulos terminales. (Tanto las fibras terminales, como las células de maza, tienen una dirección casi paralela á la superficie del cuerpo).

5.° Acerca de la distribución final de los nervios mediante fibrillas finísimas con *botoncitos terminales* (nódulos terminales) entre las células del epitelio de la córnea, ya se ha tratado en el § 386. También se observa un modo de terminación análogo entre las células de la epidermis (Langerhans, Podcopaew, Eberth, Mojsisovics, etcétera), y en el epitelio de los órganos genitales.

Figura 310.



Terminaciones nerviosas en el epitelio de la córnea.

Prus encontró *células ganglionares* en la piel, más abundantes en el tejido celular subcutáneo que en el dermis, y en relación, al parecer, con los vasos y las glándulas sudoríparas.

427. Sensaciones dolorosas y sensaciones táctiles.

En los troncos nerviosos sensitivos existen dos clases de fibras nerviosas diferentes en el concepto funcional, á saber: 1.°, unas que transmiten las *impresiones dolorosas*, y reciben el nombre de nervios sensitivos en el sentido estricto de la palabra; y 2.°, otras que reciben las *impresiones táctiles*, y son designadas con el nombre de fibras táctiles ó nervios del tacto. Entre las sensaciones táctiles se comprenden las de *temperatura* y *presión*. Es sumamente probable que los nervios táctiles y los sensitivos posean distintas fibras y distintos *aparatos terminales*, y que también tengan en el cerebro distintos *centros de percepción;* pero nada se sabe de cierto acerca de este punto. Sin embargo, así lo hace creer: 1.° La circunstancia de que no se puedan producir al mismo tiempo sensaciones dolorosas y táctiles en todas las regiones que gozan de sensibilidad general. Las impresiones táctiles, ó sea de temperatura y de presión, sólo son percibidas por la piel, y las mucosas bucal, de la entrada y del suelo de las fosas nasales, de la faringe, del extremo inferior del recto y del orificio terminal del aparato uro-genital; en el esófago todavía se perciben, de un modo confuso y débil, las sensaciones de temperatura. En cambio, no se perciben las sensaciones táctiles en las vísceras, como lo demuestran los experimentos en el estómago é intestino y en las fístulas vesicales; la única sensación que se puede provocar en estos órganos es la de dolor. 2.° Las vías de conducción de los nervios táctiles y de los sensitivos propiamente dichos, caminan separadas en la médula espinal (§ 356. 1 y 5); este hecho permite suponer que también serán diferentes sus extremos central y periférico. 3.° Los reflejos provocados por las dos clases de nervios (táctiles y páticos) son regulados y reprimidos por órganos centrales

especiales (§ 363). 4.° En circunstancias patológicas, y bajo la acción de narcóticos, puede abolirse una especie de sensaciones, conservándose la otra (§ 366. 5).

Para que los *nervios sensitivos* provoquen sensaciones dolorosas, se necesita siempre que los excitantes sean *relativamente enérgicos*. Estos pueden ser mecánicos, eléctricos, térmicos, químicos ó somáticos (inflamaciones, anomalías de la nutrición ú otros análogos). No solo son impresionables en su extremo periférico, sino que tanto en todo su trayecto como en su extremo central, se puede provocar la aparición del dolor por medio de su excitación. Pero estas excitaciones son referidas siempre á la periferia, según la *ley de la percepción periférica* ó exteriorización de las sensaciones. Los *nervios táctiles* sólo pueden provocar sensaciones de presión por la excitación mecánica moderada que determinan las diferencias de presión, y sensaciones de temperatura por las excitaciones térmicas; estas sensaciones no se provocan más que cuando son excitados los aparatos terminales periféricos. Si actua una presión ó el frío en el trayecto de un tronco nervioso, v. gr., en el cubital, al pasar por el codo, se originan sensaciones dolorosas, jamás táctiles, y estas sensaciones se refieren á las ramas periféricas del nervio. Todos los estímulos muy fuertes alteran por sobrexcitación las sensaciones táctiles normales, y por lo tanto, no ocasionan más que dolor.

La ley de la energía específica hace sospechar la existencia de fibras diferentes con aparatos terminales distintos, entre los nervios cutáneos, los cuales estarán destinados á las diversas especies de sensaciones (presión, temperatura, dolor). Esta hipótesis ha sido confirmada por las investigaciones de Blix y Goldscheider. La excitación eléctrica produce diversas sensaciones, aplicándola á distintas y muy circunscritas regiones de la piel; en unas provoca dolor, en otras sólo sensación de frío; en algunas de calor, y en otros puntos, sensaciones de presión. En los *puntos de temperatura* hay insensibilidad para el dolor y para la presión. Los *puntos de presión* están mucho más apiñados y son más numerosos casi siempre que los de temperatura; también hay *puntos de dolor* y *puntos de cosquilleo*. Estos puntos sensoriales están agrupados en series lineales que parten casi siempre de las papilas pilíferas en dirección radiada. Los *puntos de cosquilleo* coinciden con los de presión y de dolor; correspondiendo las sensaciones de cosquilleo y picazón á los grados más débiles de excitación de las fibras nerviosas, y la de dolor á los más intensos. Los puntos de dolor se pueden buscar por medio de una aguja ó de la electricidad, sobre todo en los surcos de la piel, donde falta la sensibilidad á la presión.

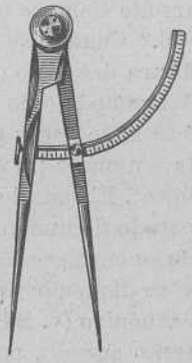
Goldscheider extirpó trocitos de su propia piel, en los que había demostrado previamente la existencia de estos diferentes puntos, y los examinó al microscopio. En cada punto sensorial encontró una riqueza notable de nervios; en los puntos de presión no se halló ningún corpúsculo táctil.

428. Sentido de lugar.

Por medio de los nervios táctiles, no sólo podemos percibir las diferencias de temperatura ó de presión, sino que también somos capaces de indicar el sitio donde se producen esas impresiones; á esta facultad se la da el nombre de *sentido de lugar*.

Procedimiento de investigación.—1.° Se aplican á la zona de la piel que se trata de examinar, las *dos puntas romas de un compás*, separándolas más ó menos y precisando cuál es la separación menor entre ellas con la que se percibe *una sola* impresión en lugar de dos. En vez del compás se puede emplear el *estesiómetro* de Sieveking, que se parece á la medida de los zapateros, y consta de una varilla graduada con una punta fija en un extremo y otra deslizable á lo largo de la varilla. 2.° Se mantienen las puntas del compás separadas á aquella distancia en que se perciben distintas y se van deslizando hacia otra región de la piel, preguntando al mismo tiempo al sujeto que se presta al experimento si siente la impresión de que se aproximan ó de que se separan las puntas del compás. 3.° Se aplican á dos distintas regiones de la piel dos compases con diferente ángulo de abertura, y se averigua cuándo el sujeto cree que los dos compases están igualmente abiertos (*método de los equivalentes*, de Fechner). Así una separación de 4 líneas en la frente parece igual al sujeto observado que otra de 2,4 líneas en el labio superior. En general, observó Camerer que una distancia percibida por una región de la piel de sensibilidad táctil delicada, es equivalente á una distancia mucho mayor en otra de menor sensibilidad táctil. 4.° También se puede tocar con una varilla de extremo romo una zona determinada de la piel, y hacer que el sujeto indique exactamente (teniendo los ojos cerrados) en qué punto se toca con la varilla (E. H. Weber).

Figura 311.



Compás graduado.

Estas investigaciones han dado los siguientes resultados:

El sentido de lugar de una región de la piel, está tanto más desarrollado:

1.° *Cuanto más numerosos son los nervios táctiles* en la región que se examina.

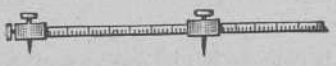
2.° Cuanto mayor sea la *movilidad* de dicha región; y por lo tanto, aumenta en los miembros á medida que nos aproximamos á los dedos. También está muy desarrollado el sentido de lugar en aquellas partes del cuerpo, que se pueden mover con mucha rapidez (Vierordt).

3.° En los miembros es más delicada la sensibilidad en dirección transversal que en la longitudinal (en un $^1/_8$ en el lado de la flexión de las extremidades superiores, y en $^1/_4$ en el de la extensión. También está más favorecido en este concepto el lado de la flexión comparado con el de la extensión (en $^1/_6$ en la extremidad superior).

4.° Tiene su influencia el *modo de aplicar* las puntas del compás: *a*) se pueden apreciar grados menores de separación cuando se aplican una

después de la otra, en vez de hacerlo simultáneamente ó cuando están mucho más calientes ó más frías que la piel (Klug). *b*) Si estando muy abierto el compás, se le va cerrando, se perciben distancias más cortas que cuando se parte de una separación no perceptible para ir pasando poco á poco á un grado mayor de abertura. *c*) Si una punta del compás está fría y la otra caliente, todavía se perciben distintas las dos aunque se acerquen á una distancia menor que la mínima perceptible, pero no se puede precisar su posición recíproca (Czermak).

Figura 312.



Estesiómetro de Sieveking.

5.° Con el *ejercicio* se puede aguzar mucho el sentido de lugar, y de aquí su delicadeza en los ciegos (Czermak, Gärtner); este mayor desarrollo siempre es bilateral (A. W. Wolkmann).

6.° Cuando se *humedece* la piel con líquidos indiferentes, aumenta la finura del tacto ; en cambio, si la piel comprendida entre las dos puntas del compás, que todavía se perciben aisladas, se cosquillea ligeramente ó se hace pasar por ella una corriente eléctrica tan débil que no se sienta, entonces las dos impresiones de contacto se funden en una sola (Suslowa). El sentido de lugar es más delicado en el punto de aplicación del catodo de una corriente constante (Suslowa) (§ 337) ; también lo es cuando se enrojece la piel, bajo la acción de algún excitante (Klinkenberg), si se distiende un poco (Schmey), bajo la influencia de los baños de ácido carbónico (v. Basch y v. Dietl), y de los salados calientes (Santlus); otro tanto sucede, pero de un modo pasajero, con el empleo de la cafeína (Rumpf).

7.° Embotan el sentido de lugar : la *anemia* (elevando los miembros), la *congestión venosa* (producida por la compresión de las venas) y la repetición demasiado frecuente del examen de esta facultad (por el cansancio que origina) (M. Alsberg). El mismo efecto producen : la aplicación de *frío* á la piel (Goltz), la influencia del anodo (Spanke), la distensión excesiva de la piel como se produce v. gr., en la del vientre con el embarazo (Czermak, Teuffel), y las contracciones repetidas de los músculos subyacentes (Schmey), así como ciertos venenos ; atropina, daturina, morfina, estricnina, alcohol (Lichtenfels), bromuro potásico, cannabina (Rumpf), é hidrato de cloral.

En el cuadro siguiente se indican las distancias mínimas en milímetros á que están separadas las puntas del compás, cuando todavía se perciben aisladamente. Las cifras que aparecen entre paréntesis, son las análogas para un niño de doce años.

	Milímetros.
Punta de la lengua.....	1,1 (1,1)
Cara palmar de la 3.ª falange de los dedos de la mano.....	2 — 2,3 (1,7)
Borde mucoso de los labios	4,5 (3,9)
Cara palmar de la 2.ª falange de los dedos de la mano.....	4 — 4,5 (3,9)
Cara palmar de la 1.ª falange de los dedos de la mano.....	5 — 5,5
Cara dorsal de la 3.ª falange de los dedos de la mano.....	6,8 (4,5)
Punta de la nariz.....	6,8 (4,5)
Cara palmar de la cabeza de los metacarpianos..	5 — 5,5 — 6,8 (4,5)
Eminencia tenar.....	6,5 — 7
— hipotenar....	5,5 — 6
Centro de la palma de la mano.....	8 — 9
Borde y medio del dorso de la lengua; borde cutáneo de los labios; memetacarpo del pulgar.	9 (6,8)
Cara plantar de la 3.ª falange del dedo gordo..	11,3 (6,8)
Cara dorsal de la 2.ª falange de los dedos....	11,3 (9)
Mejilla.....	11,3 (9)
Párpado.....	11,3 (9)
Centro de la bóveda palatina.....	13,5 . (11,3)

	Milímetros.
Tercio inferior de la cara palmar del antebrazo.	15
Región malar anterior.	15,8 (11,3)
Cara plantar del metatarso del dedo gordo..	15,8 (9)
Dorso de la 1.ª falange de los dedos de la mano.....	15,8 (9)
Cara dorsal de la cabeza del metacarpo.....	18 (13,5)
Cara interna de los labios	20,3 (13,5)
Región malar posterior.	22,6 (15,8)
Parte inferior de la frente	22,6 (18)
Cara posterior del talón.	22,6 (20,3)
Parte inferior del occipital.....	27,1 (22,6)
Dorso de la mano.....	31,6 (22,6)
Región sub-mentoniana.	33,8 (22,6)
Sincipucio.....	33,8 (22,6)
Rodilla..... ...	36,1 (31,6)
Región sacra y nalgas ..	40,6 (33,8)
Pierna y antebrazo.....	34,6 (36,1)
Dorso del pie cerca de los dedos.....	40,6 (36,1)
Región esternal.....	45,1 (33,8)
Nuca (parte superior)...	54,1 (36,1)
Dorso (5.ª vértebra dorsal), regiones torácica inferior y lumbar.....	54,1
Centro de la nuca.....	67,7
Brazo muslo y centro de la espalda.....	67,7 (31,6 — 40,6)

Si se experimenta según el procedimiento expuesto en el número 4 (pág. 475), se encuentra el máximum de desarrollo del sentido de lugar en la cara y en los surcos articulares de los dedos de la mano ; después en la palma de la mano y dorso del pie (error hasta de 15 milímetros) ; cuello y antebrazo (error hasta de 2 centímetros) ; regiones clavicular, del brazo y del vientre (error hasta de 3 centímetros) ; pecho, dorso del pie y pierna (error hasta de 4 centímetros) ; muslo (error hasta de 7 centímetros). Al tocar un dedo del pie, es fácil equivocarse en cuál de ellos es el tocado. Las embarazadas precisan mal la localizacióu en las cubiertas abdominales (Leubuscher).

Ilusiones del sentido de lugar. — Son frecuentes, y entre ellas las más notables, son las siguientes : 1.° Un movimiento uniforme sobre una zona de la piel, parece ser más rápido en aquellos puntos que poseen el sentido de lugar más delicado. 2.° Si se aplican tan sólo dos puntas de compás á la piel, parecen estar más separadas que no si se las pasea por la superficie cutánea (Fechner). 3.° Una esfera cargada de varillas cortas nos parece mayor que si estas son largas (Tourtual). 4.° Cruzando un dedo por encima de otro y colocando entre ambos un objeto pequeño, éste parece doble (experimento de Aristóteles). 5.° Cuando se transplanta un colgajo cutáneo que tenga pedículo v. gr., de la frente, á la nariz, el ope-

rado siente su nueva nariz á veces durante algunos meses, como si formase parte de la frente, con tal que los nervios frontales hayan conservado sus funciones.

Para explicar los fenómenos del sentido de lugar se han propuesto gran número de teorías (E. H. Weber, Lotze, Meissner, Czermak, Wundt, Bernstein). E. H. Weber parte del supuesto de que una fibra nerviosa que se extienda desde el cerebro hasta la piel sólo puede recibir y transmitir una sola impresión dentro de su zona de distribución. Da el nombre de *círculo de sensación* á cada una de estas zonas cutáneas en que sólo se distribuye una sola fibra nerviosa. Cuando obran dos impresiones simultáneas sobre el órgano del tacto, se originará una sensación doble en el caso de que se encuentren comprendidos uno ó más círculos de sensación entre los dos puntos excitados. Con esta interpretación, fundada en una base anatómica, no se puede comprender cómo se pueden reducir de dimensiones esos círculos de sensación, por medio del ejercicio, y cómo siempre, y sin excepción alguna, se origina una sola sensación aunque las dos puntas del compás, que estén algo más abiertas que el diámetro de un círculo de sensación, se hallen aplicadas tan pronto en dos círculos inmediatos como en otros dos, entre los cuales se encuentre intercalado un tercero. Wundt, siguiendo á Lotze, y partiendo de un punto de vista psico-fisiológico, admite que cada sitio de la piel, á la vez que da á conocer al cerebro la impresión táctil, le informa acerca de la localización de la misma. Según esto, cada zona de la piel da á la impresión táctil un tinte ó *color local* que sirve de signo local. Este color local se irá desvaneciendo por grados desde un punto á otro de la piel, siendo esta disminución más brusca en las regiones en que está más desarrollado el sentido de lugar, y más gradual en aquellas en que este sentido es más obtuso. Las impresiones aisladas se confundirán en una sola mientras sea imperceptible esta gradación del color local. Mas, como por medio del ejercicio y de la atención, se pueden apreciar diferencias que no se perciben de ordinario, así se explica que disminuyan las dimensiones de los círculos de sensación mediante el ejercicio. El círculo de sensación es una zona de la piel en la que varía tan poco el color local de la sensación que se funden en una sola dos impresiones aisladas.

Loeb ha practicado experimentos con el objeto de estudiar el *espacio tangible* de la mano, ó sea la totalidad de puntos á que podemos llegar con el extremo del dedo índice, conservando el cuerpo en una actitud fija. Si, teniendo cerrados los ojos, se mueven ambas manos á lo largo de un hilo tenso en dirección transversal, de tal manera, que se las dirija hacia la derecha ó á la izquierda se observará una asimetría en el trecho recorrido; en los manidiestros suele ser menor el trecho tangible del lado derecho, y en los zurdos el del izquierdo. En los padecimientos del sistema nervioso se observan muchas veces notables anomalías en este sentido. Cuando se tratan de ejecutar voluntariamente movimientos de igual amplitud, resulta el movimiento realizado tanto menos extenso cuanto más contraídos estuviesen ya los músculos. La sensación de la magnitud y dirección de nuestros movimientos voluntarios depende del impulso de la voluntad por cuya virtud se ejecutan (Loeb).

429. Sentido de presión.

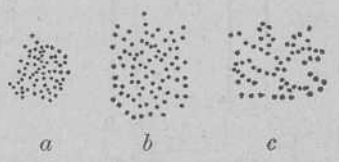
El sentido de presión nos informa acerca de la carga ó peso que soporta la piel en sus diferentes regiones.

Los órganos del sentido de presión son aparatos nerviosos terminales y especiales, dispuestos como puntos. Estos *puntos de presión* (Magnus Blix), están dotados de una impresionabilidad variable; hay zonas como

el dorso y el muslo en donde se observa una sensibilidad consecutiva muy acentuada. La disposición de los puntos de presión corresponde á la de los puntos de temperatura. Las series ó cadenas de puntos de presión siguen casi siempre una dirección distinta que la de los puntos de calor y de frío ; en general están más apiñados que estos. La distancia mínima en que se pueden sentir dobles dos puntos de presión, cuando la excitación que las afecta es simultánea es : en el dorso, de 4 á 6 milímetros ; en el pecho, 0,8 ; en el vientre de 1,5 á 2 ; en el carrillo de 0,4 á 0,6; en el brazo, de 0,6 á 0,8 ; en el antebrazo, de 0,5 á 1 ; en el dorso de la mano, de 0,3 á 0,6 ; en la palma de la mano, de 0,1 á 0,5 ; en la última falange, 0,1 en su cara palmar y 0,3 á 0,5 en la dorsal ; en la pierna, 0,8 á 2 ; en el dorso del pie, 0,8 á 1 ; y en la planta del pie, de 0,8 á 1 milímetro.

Procedimientos de investigación. — 1.° Se aplican á la región de la piel que se trata de examinar, y de un modo sucesivo, pesas diferentes y se pregunta al sujeto qué diferencias de peso es capaz de apreciar. Para evitar en lo posible que puedan influir diferencias de temperatura, de deslizamiento, ó en el modo de aplicar las pesas, se cubre antes la piel con una placa que se deja colocada mientras dure el experimento ; [también hay que eliminar la influencia del sentido muscular (véase § 432)]. 2.° Del extremo del brazo de una balanza, parte un apéndice que toca en la piel ; cargando más ó menos la balanza se establecen diferencias de presión, que habrá de distinguir la persona que se somete al experimento (Dohrn). 3.° Para evitar el cambio de pesas, que es molesto, ha ideado A. Eulenburg, el *barestesiómetro*, que es un instrumento construído según el principio de las balanzas de resorte. Este instrumento lleva hacia su parte inferior una pelota, que es deprimida por la fuerza del resorte. Una aguja indica en el acto el grado de la presión en gramos, que se puede variar con mucha facilidad según se deprima con más fuerza ó se afloje dicho resorte. 4.° Goltz se vale de un tubo elástico en el que se pueden producir ondas pulsátiles, de diversa altura. Se examina cuál debe ser ésta para que la zona de la piel á que está aplicado las perciba como un movimiento pulsátil. 5.° El aparato que mejor satisface á todas las condiciones necesarias para estos experimentos es la *balanza de presión de mercurio*, ideada por mí (fig. 314). Un arbol de balanza W, que descansa sobre dos cuchillos, O O, es sostenido por la rama horizontal *b*, de un soporte pesado T. Uno de los brazos del arbol de la balanza es un tornillo *m*, á cuyo alrededor puede girar hacia uno y otro lado un contrapeso S que sirve para mantener en equilibrio la balanza. El otro brazo *d* se continua con un tubo calibrado R, que se dirige hacia arriba en dirección perpendicular. Por debajo de éste y en dirección descendente, parte un vástago que sostiene la pelota P que se puede cargar con un peso G, y es la que ha de aplicarse á la región de la piel que se va á examinar, H. Desde una bureta adjunta B, sostenida por un soporte A, se puede hacer que pase mercurio en la dirección de las flechas á través de uno de los cuchillos del arbol de la balanza hasta penetrar y subir en el tubo R. (Un tubo de goma muy delgado y fácilmente movible une al cuchillo O, con un tubito fijo de vidrio, y enlaza además este último con el tubo de la bureta, D D). Cuando está cerrada la llave *h*, toda presión que se ejerza en el

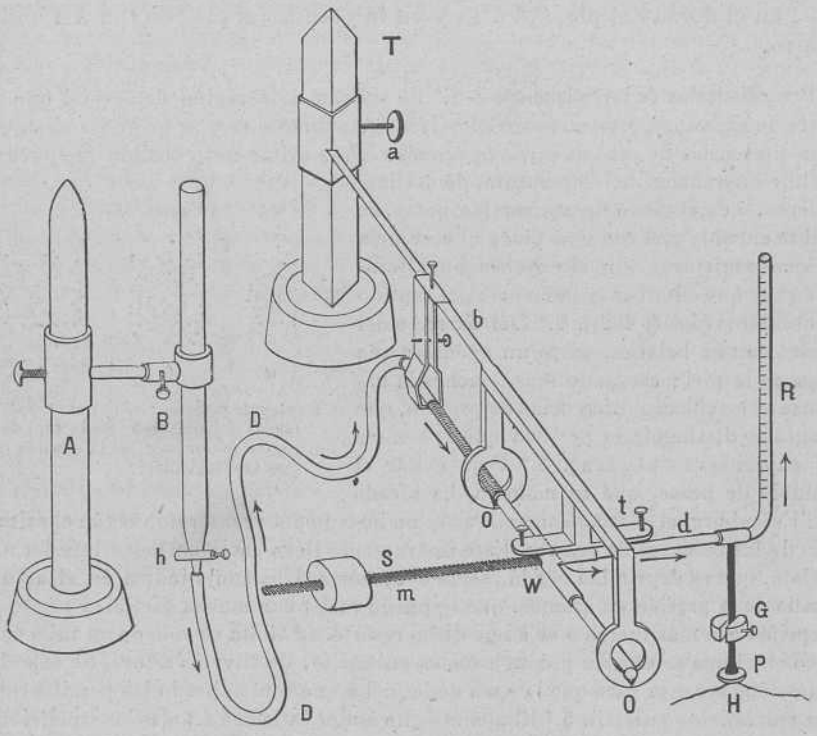
Figura 313.



Puntos de presión : *a*, del centro de la planta del pie. — *b*, de la piel de la región malar. — *c*, de la espalda (según Goldscheider).

tubo D D, hace subir al mercurio por *d* hacia R y aumenta la presión que produce la pelota P. De antemano se habrá medido el aumento de peso que corresponde á cada división del tubo graduado R. Este aparato permite aumentar de un modo rápido ó paulatino y sin ninguna conmoción, la carga inicial elegida en cada experimento y representada por G. (En la figura, *a* representa un tornillo de presión para fijar en la posición conveniente el brazo del soporte *p* ; *t*, es un mecanismo con dos tornillos D D, que impiden que vuelque la balanza). Cuanto más considerable sea la presión ejercida sobre el tubo D D, tanto mayor será, como es natural, todo aumento de presión. También se puede exagerar ésta elevando la bureta B (cuando está abierta la llave *h*).

Figura 314.



Balanza de presión de mercurio, de Landois.

Igualmente se puede, estando P sostenida de antemano, hacer que el mercurio suba en R á alturas considerables (para obtener presiones también diferentes), y después de cerrada la llave *h*, hacer que obre de pronto la presión de la pelota, quitándole rápidamente su apoyo.

En general son preferibles aquellos procedimientos en los que actuan las diferentes presiones en dos momentos de tiempo separados por un intervalo, en vez de emplear una presión inicial que vaya aumentando ó disminuyendo, porque con este último sistema se cansan poco á poco los nervios cutáneos. Tanto el sentido de presión como el de temperatura, de que pronto se tratará, el mejor procedimiento para estudiarlos es el que se funda en el *principio de la diferencia perceptible mínima*, que consiste en hacer que las distintas presiones (ó temperaturas) asciendan ó desciendan gradualmente, á fin de buscar aquel límite en el que, ó bien cuando se

parte de grandes diferencias y van siendo cada vez menores, *todavía* se perciben con claridad, ó por el contrario, si se comienza por las que son imperceptibles, se averigua conforme van aumentando, cuando *ya* se distinguen bien.

Los resultados suministrados por los experimentos relativos al sentido de la presión, son los siguientes:

1.° La *presión mínima* que todavía es perceptible en distintas regiones del cuerpo, varía muchísimo, según el punto que se examine. Las regiones donde esta sensibilidad es más delicada, son: la frontal, la temporal, el dorso de la mano y el antebrazo, donde se percibe una presión de 2 miligramos; los dedos sólo empiezan á sentirla cuando es de 5 á 15 miligramos; en el mentón, el vientre y la nariz, se necesitan 4 á 5 centígramos y en las uñas hasta 1 gramo (Kammler y Aubert).

2.° Esto no obstante, las oscilaciones *intermitentes* en la presión (como son las pulsaciones en el tubo de Goltz), se perciben mejor con las yemas de los dedos que con la piel de la frente.

Cuanto mayor es la sensibilidad de una región cutánea, con tanta más rapidez podrán repetirse los choques ó sacudidas, sin que se dejen de percibir aisladamente. En la cara anterior del muslo todavía se distinguen 52 por segundo, en el dorso de la mano 61 y en las yemas de los dedos hasta 70 (Bloch).

3.° Con las yemas de los dedos se aprecian diferencias de peso á razón de 29 : 30 (con los antebrazos, á razón de 18,2 : 20), con tal que los pesos no sean ni excesivos ni demasiado ligeros. A medida que se va pasando de pesos muy ligeros á otros más pesados, aumenta al principio la delicadeza para distinguir las diferencias entre dos pesos; pero cuando éstos ya son muy pesados, vuelve á disminuir rápidamente esa facultad (E. Hering, Loewit y Biedermann). [Esta observación contradice á la ley psico-física de Fechner (véase § 385)].

4.° A. Eulenburg encontró que la finura del sentido de presión sigue la siguiente escala: con la frente, los labios, el dorso de la lengua, el carrillo y las sienes se aprecian diferencias de presión de $^1/_{40}$ á $^1/_{50}$ (200 : 205 á 300 : 310 gramos). La cara dorsal de la última falange de los dedos, del antebrazo, de la mano y de las falanges primera y segunda y la cara palmar de la mano, del antebrazo y del brazo, perciben diferencias de $^1/_{10}$ á $^1/_{20}$ (200 : 220 hasta 200 : 210 gramos). La cara anterior de la pierna y del muslo tienen una sensibilidad á la presión análoga á la del antebrazo. Después siguen en orden decreciente el dorso del pie y de sus dedos; ya es mucho más débil esta sensibilidad en la cara plantar de los dedos de los pies, de la planta de éstos y en la cara posterior del muslo y de la pierna. Dohrn trató de averiguar el menor aumento de peso, que ya sentía en diversos puntos de la piel, cuando la carga primitiva era de 1 gramo. Este peso adicional, era: en la tercera falange de las dedos, 0,499 gramos; en el dorso del pie, 0,5; en la segunda falange de los dedos, 0,771; en la primera falange, 0,82; en la pierna, 1 gramo; en el dorso de la mano, 1,156; en la palma, 1,018; en la rótula, 1,5; en el antebrazo, 1.99; en el esternón, 3; en la región umbilical, 3,5, y en la es-

palda, 3,8. El vello de la piel tiene una sensibilidad especial para la presión (Blaschko).

5.° Para que se aprecie la diferencia de dos pesos, no ha de transcurrir mucho tiempo entre la aplicación del uno y la del otro; sin embargo, cuando su diferencia está en razón de 4 : 5, puede ser dicho intervalo hasta de cien segundos (E. H. Weber).

6.° Con el sentido de presión se observa muy marcado el fenómeno del efecto consecutivo, sobre todo cuando la presión es considerable y duradera. Pero aunque se sucedan presiones ligeras, tiene que mediar de una á otra un intervalo lo menos de $^1/_{480}$ á $^1/_{610}$ de segundo, para que se perciban cada una de por sí; cuando son más frecuentes, se confunden las impresiones en una sola. Al aplicar Valentín la yema del dedo contra una rueda de dientes romos, percibía la misma sensación que si fuera lisa, cuando los dientes rozaban la piel de manera que de uno á otro mediaba el intervalo antes mencionado; si la rueda giraba con más lentitud, entonces cada diente originaba una impresión aislada. Las vibraciones de las cuerdas todavía se perciben aisladamente, mientras no pasan de 1506 á 1552 por segundo (v. Wittich y Grünhagen).

7.° Es notable que una presión producida por la compresión uniforme de una parte, v. gr., por la inmersión de un brazo en mercurio, no sea percibida como tal, y que cuando se sumerge un dedo en dicho líquido, sólo se sienta la presión en la cara palmar del dedo que toca al límite del mercurio (Meissner).

430. Sentido de temperatura.

El sentido de temperatura nos informa acerca de las variaciones del calor de nuestros tegumentos.

Los órganos del sentido de temperatura son terminaciones nerviosas especiales y dispuestas como puntos.

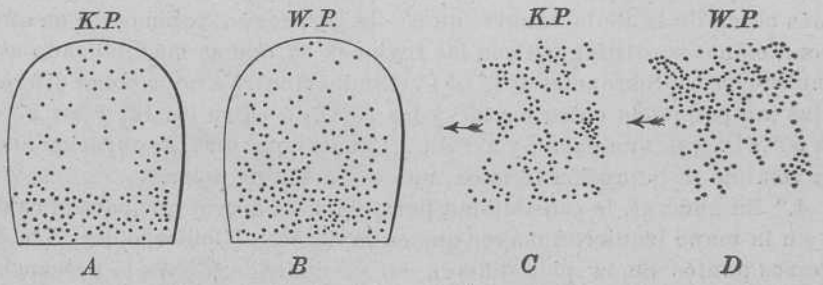
Estos *puntos de temperatura* se agrupan en filas ó líneas casi siempre un poco curvas, y que parten, á manera de radios, desde ciertos puntos de la piel (por lo regular desde los folículos pilosos). Las filas de los *puntos de frío* no coinciden, en general, con las de los *puntos de calor*, pero tienen los mismos centros de irradiación. Es frecuente que no estén completas estas series de puntos, sino indicadas por alguno que otro punto aislado, entre los cuales no es raro que se hallen intercalados los de otras cualidades de sensación. De este modo resultan series mixtas de puntos. Alrededor de los pelos hay casi siempre puntos de temperatura, y es el único sitio donde se encuentran en las regiones de la piel dotadas de escasa sensibilidad térmica.

La sensación de frío se produce momentáneamente; la de calor va creciendo poco á poco. También se origina una sensación térmica con las excitaciones mecánicas y eléctricas.

Los puntos de temperatura no perciben un contacto ligero; en ellos hasta existe insensibilidad para la presión y el dolor. En general, los puntos que predominan en todo el cuerpo son los de frío, y están más apiña-

dos que los del calor, mientras hay regiones de la piel en donde estos últimos faltan en absoluto. Respecto al grado de sensibilidad, pueden dividirse los puntos en muy sensibles, de sensibilidad moderada, poco sensibles é insensibles en absoluto. No somos capaces de apreciar ni la intensidad del excitante térmico ni su punto de aplicación. Los puntos de calor tienen que estar más separados, por término medio, para que se sientan como dobles, que no los puntos de frío. Las distancias perceptibles mínimas han sido: en la frente, 0,8 milímetros para los puntos de frío, y 4 á 5 milímetros para los de calor; en el pecho, 2 y 4 á 5 milímetros respectivamente; en la espalda, 1,5 á 2 y 4 á 6; en el dorso de la mano, 2 á 3 y 3 á 5; en la palma de la mano, 0,8 y 2; en el muslo y pierna, 2 á 3 y 3 á 4 milímetros.

Figura 315.



A, Puntos de frío, y B, puntos de calor de la cara palmar de la última falange del dedo índice hasta los bordes laterales de la uña (según Goldscheider).

C, Puntos de frío, y D, puntos de calor de la mitad radial de la cara dorsal de la articulación del cuerpo. La flecha indica la dirección de los pelos (según Goldscheider).

Para examinar los puntos de calor y de frío se emplea una varilla de metal, en forma de lápiz, que se calienta á 45 ó 49°, ó se enfría á 15°; cuando se toca ligeramente en los puntos de frío, sólo se siente la varilla enfriada, como objeto frío, y lo mismo sucede respectivamente con los puntos de calor. Ambas clases de puntos son insensibles á todo contacto de objetos que tengan la temperatura de la piel, cuando este contacto se hace con precaución.

Según E. Hering, lo que determina la sensación de temperatura es el grado de ésta que posea el aparato terminal térmico. Siempre que éste tenga en alguna región de la piel una temperatura que exceda de la suya propia, ó sea de su grado neutro, sentiremos calor, y en el caso contrario frío. Así una sensación como la otra serán tanto más distintas ó intensas cuanto más diverja la temperatura actual del aparato térmico de la de su grado ó punto neutro. Pero este mismo punto neutro puede oscilar dentro de ciertos límites, y con bastante rapidez, bajo la acción de las influencias exteriores.

Procedimiento de investigación.—Se toca la región de la piel sucesivamente con objetos de diversa temperatura, pero que tengan la misma dimensión, y cuya conductibilidad para el calórico sea también igual. 1.° Nothnagel emplea con este objeto cajitas de madera con fondo de metal, llenas de agua fría ó caliente, en la que está

sumergido un termómetro para indicar la temperatura. 2.° Para establecer comparación, también se pueden emplear dos termómetros que se aplican directamente á la piel, y cuyos recipientes se calientan á distinta temperatura, v, gr., por medio de la electricidad (A. Eulenburg).

Los resultados suministrados por estas investigaciones son los siguientes:

1.° En general, se origina la sensación de frío cuando el cuerpo que se aplica á la piel substrae calórico á ésta, y de calor cuando se lo cede.

2.° Cuanto mayor sea la conductibilidad para el calor, del cuerpo que toque á la piel, tanto más intensa será la sensación de calor ó de frío que produzca (véase § 219).

3.° Entre las temperaturas de 15°,5 y 35° C., todavía se distinguen bien diferencias de 0°,20 á 0°,25 C., con las yemas de los dedos (E. H. Weber). Las temperaturas que se aprecian con más exactitud son las que están más cerca de la de la sangre (de 33—á 27°, según Nothnagel); en estas condiciones se distinguen con las regiones en que es más delicado este sentido hasta diferencias de 0°,05 C. (Lindemann). Ya no se notan diferencias tan pequeñas entre los 33° y los 39° C., ó entre los 14° y los 27° C. A 52°,6 C., por una parte, y á 2°,8 C. (Donath), por otra, se experimenta á la vez que la impresión térmica, una sensación de dolor.

4.° En general, la sensibilidad para el frío es mayor que para el calor, y en la mano izquierda mayor que en la derecha (Goldscheider). Los diversos puntos de la piel difieren en su delicadeza para la percepción del calor, según la siguiente serie decreciente: punta de la lengua, párpados, carrillos, labios, cuello y tronco. Nothnagel encontró que la diferencia perceptible mínima es: en el pecho, 0°,4; en la espalda, 0°,9; en el dorso de la mano, 0°,3; en la palma de la mano, 0°,4; en el brazo, 0°,2; en el dorso del pie, 0°,4; en el muslo, 0°,5; en la pierna, 0°,6; en el carrillo, 0°,4 á 0,2°; en las sienes, 0°,4 á 0°,3 C. Es notable que la sensibilidad para el calor sea más obtusa en la línea media (v. gr., de la nariz), que en las regiones laterales de la piel (alas de la nariz) (E. H. Weber).

La fig. 316 nos demuestra cómo en una misma región de la piel, es diferente la localización topográfica de la sensibilidad para el calor y para el frío.

Goldscheider admite 12 grados, establecidos de un modo empírico, para la sensibilidad en la percepción del calor y 8 para la de la percepción del frío. Toda región de la piel tiene su grado especial de sensibilidad térmica, que es bastante igual en los individuos sanos. Así la piel del pezón tiene el grado 11° de sensibilidad para el frío y el 8° para la del calor; y el centro de la planta del pie tiene respectivamente los grados 7° y 2°.

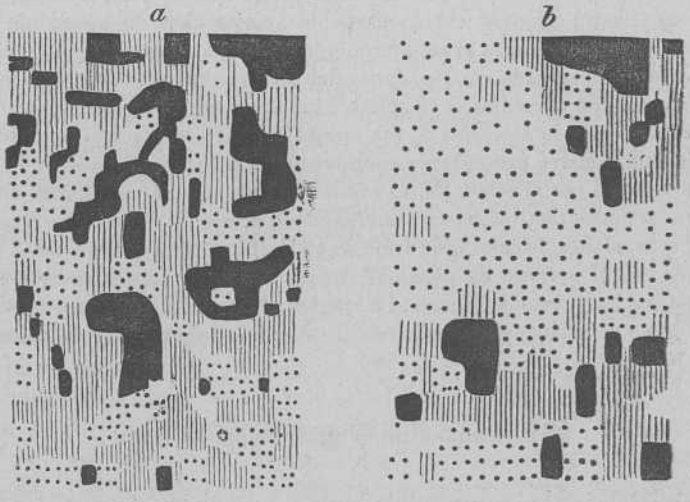
La lengua y la mucosa bucal pierden por completo su sensibilidad térmica cuando se las barniza con una disolución de cocaína al 10 por 100. La sensación de frescura producida por el mentol, proviene de que esta substancia excita las fibras nerviosas del frío; el ácido carbónico en contacto de la piel excita las fibras del calor de ésta (Goldscheider).

5.° Como mejor se aprecian las diferencias de temperatura, es cuando una misma región de la piel es afectada sucesivamente por dos tempera-

turas distintas; en cambio si se hace que éstas actuen al mismo tiempo sobre dos porciones de piel próximas, fácilmente se funden las dos impresiones, sobre todo cuando dichas dos porciones de piel están muy inmediatas.

6.° El ejercicio aguza el sentido de temperatura; produce el mismo efecto la anemia de la piel (M. Alsberg), y en cambio lo embota la congestión venosa de la misma. Las diferencias de temperatura se distinguen mejor cuando afectan á *grandes superficies* de la piel que no en el caso contrario. Además, las oscilaciones térmicas muy rápidas provocan sensaciones más intensas, que las transiciones graduales. El *cansancio* se presenta con facilidad (Goldscheider).

Figura 316.



Topografía de las sensibilidades para el frío y para el calor de una misma zona de la cara anterior del muslo.—*a*, sensibilidad para el frío.—*b*, sensibilidad para el calor. Las porciones obscuras son las muy sensibles, las rayadas las de sensibilidad media, las punteadas las poco sensibles, y las claras las que carecen en absoluto de sensibilidad (según Goldscheider).

También ocurren algunas *ilusiones* en el dominio del sentido de temperatura. 1.° A veces se equivocan de un modo paradógico las sensaciones de calor y de frío; así, cuando se sumerge la piel en agua á 10° C., sentimos frío; si ahora de pronto se la sumerge en agua á 16° C., primero recibimos la impresión de calor y luego volveremos á sentir muy pronto la sensación de frío. 2.° Sometiendo una gran superficie cutánea á una temperatura determinada, se cree que ésta es más alta que no cuando es más pequeña la porción de la piel que experimenta la acción de dicha temperatura. Así, v. gr., introduciendo toda la mano en agua á 29°,5 C., parece ésta más caliente que otra á 32° C., en que sólo se sumerja un dedo. 3.° Los pesos fríos nos parecen más pesados que los calientes.

Patología del sentido del tacto. — Es rara una *exageración* en la agudeza del sentido del tacto (hiperpselafesia). Sin embargo, se ha observado una mayor sensibilidad para las diferencias de temperatura en aquellos sitios de la piel cuya epidermis ha sido adelgazada por vejigatorios ó por erupciones vesiculosas (zoster), y lo mismo en los atáxicos. También se aguza el sentido de lugar en los dos primeros casos y en los de erisipela. Brown-Séquard describe como una anomalía del

sentido de lugar la de sentir el contacto de tres puntas cuando no tocan á la piel más que dos, ó de dos cuando es sólo una la que toca á la piel. Yo he observado en mí mismo como una *localización paradógica* de la sensación táctil, la siguiente: cuando aprieto con el borde de la uña contra el ángulo de Luis, del esternón, siempre siento al mismo tiempo un pinchazo en el mentón. En este caso se transfiere la excitación de una ramita terminal del nervio cervical superficial á otra ramita terminal del mismo nervio. Hay una alteración muy singular del sentido del tacto, que consiste en que, cerrando los ojos, el sujeto siente como si su cuerpo fuese de grandes dimensiones, ó por el contrario como el de un enano, habiendo casos en que la sensación que se experimenta es la de tener dos cuerpos; el primero de estos fenómenos se observa con la intoxicación por la morfina, cuando es de moderada intensidad. Obersteiner observó en los casos de degeneración de los cordones posteriores de la médula espinal, que el enfermo dudaba de si el contacto que había experimentado su piel asentaba en el lado derecho ó en el izquierdo (*aloquiria*). Brown-Séquard vió en casos de hemisección de la médula espinal, que al aplicar un excitante al lado izquierdo se sentía en el derecho, y viceversa. Rara vez se ha observado, en afecciones del cerebro, que sólo se sienta en un lado del cuerpo cuando el excitante se aplica á los dos (Oppenheim, Bruns).

La *debilitación* y la *supresión de las sensaciones táctiles*, ó sea la hipopselafesia y la apselafesia, pueden presentarse acompañando á afecciones análogas de los nervios sensitivos ó por sí solas. Es más raro que sólo se pierdan algunas cualidades de las sensaciones táctiles, v. gr., el sentido de presión ó el de temperatura, ó tan sólo las sensaciones de calor ó de frío (Aug. Hoffmann). A estos estados se los ha designado con el nombre de *parálisis parcial del tacto*. Los miembros *dormidos*, que perciben las presiones ligeras, no sienten el frío (Herzen); pero hasta mucho más tarde no se extingue la función de las fibras de la presión y del calor (Goldscheider).

431. Sensaciones generales. — Dolor.

Entendemos bajo la denominación de sensaciones generales á aquellas impresiones agradables ó desagradables que sentimos en las partes del cuerpo dotadas de sensibilidad, las cuales no se pueden referir á objetos exteriores, como tampoco comparar ni describir sus caracteres peculiares. A este grupo pertenecen: el *dolor*, el *hambre*, la *sed*, el *asco*, el *cansancio*, la *horripilación*, el *vértigo*, el *cosquilleo*, el *deleite*, las *sensaciones de bienestar y malestar y las de respiración franca ó embarazosa*.

El dolor puede presentarse donde quiera que haya nervios sensitivos; su causa consiste siempre en una excitación de éstos, que excede de los límites normales. Pueden provocar el dolor toda clase de excitantes: mecánicos, térmicos, químicos, eléctricos ó somáticos (inflamaciones, trastornos de la nutrición, etc.). Parece, sobre todo, que las lesiones últimamente mencionadas tienen una gran influencia en este concepto, puesto que hay tejidos, como los músculos y huesos, que duelen en un grado extraordinario cuando están inflamados, y, en cambio, son bastante insensibles á los cortes. El dolor puede ser suscitado en todo el trayecto de un nervio sensitivo, desde su centro hasta su periferia, pero siempre se refiere la sensación á su extremo periférico (*ley de la percepción excéntrica*). Tal es la causa de que la irritación de un nervio, ver-

bigracia, en la cicatriz de un muñón de amputación, origine una sensación dolorosa en partes que hace mucho tiempo han sido separadas del cuerpo. Además, cuando la irritación actua muy á menudo en el trayecto de un nervio sensitivo, puede suceder que éste pierda su conductibilidad en la zona irritada. Así es como se origina el fenómeno, paradógico á primera vista, de la *anestesia dolorosa*. Es notable en las sensaciones dolorosas la imposibilidad en que se encuentra el sujeto de localizarlas *con exactitud*. Todavía se verifica esto bastante bien cuando la causa del dolor es periférica y obra en una zona muy circunscrita, verbigracia, un pinchazo; pero si la irritación asienta en el trayecto del nervio, ó en el centro, ó en nervios cuya terminación sea inaccesible (vísceras), entonces se produce un dolor que no se puede localizar (verbigracia, el dolor de vientre). Además, cuando un dolor es muy vehemente, se presenta el fenómeno de la *irradiación* (§ 366, 5), y con esto se hace imposible localizar su asiento. Es raro que un dolor persista de un modo contínuo y con la misma intensidad; lo más común es que esta última tenga variaciones de aumento y disminución y exacerbaciones á manera de accesos.

La *intensidad* del dolor depende en primer término de la excitabilidad de los nervios sensitivos. Bajo este concepto, existen notables diferencias individuales, y por otra parte, hay nervios como el trigémino y el esplácnico, que se distinguen de los demás por su excesiva sensibilidad. Además, cuanto mayor es el número de fibras nerviosas interesadas, tanto más intenso será el dolor. Por fin, también tiene su influencia la duración, puesto que cuando persiste mucho la irritación que origina el dolor puede acentuarse la intensidad de éste hasta hacerse insoportable. Según la clase de sensación, así se suelen designar los dolores con los calificativos de: punzante, agudo, terebrante, quemante, fúlgurante, compresivo, roedor, desgarrador, convulsivo, sordo, etc., ignorándose por completo la causa de estas variedades. Las sensaciones dolorosas se extinguen con los *anestésicos* y los *narcóticos*: éter, cloroformo, morfina, etc. (véase § 366. 5).

El mejor medio para estudiar la sensibilidad cutánea suele ser la corriente eléctrica, constante ó inducida (Duchenne, Leyden). Así se averiguan el *mínimum de sensación* ó sea la intensidad de corriente que provoca el primer indicio de sensación, y el *mínimum de dolor*, ó sea la corriente de la menor fuerza que origina la primera manifestación de dolor perceptible. (Lombroso, Bernhardt). Los dos electrodos estarán separados de 1 á 2 centímetros, y serán metálicos y del grosor como de una aguja de hacer media. En el cuadro siguiente exponemos *el mínimum de sensación* y entre paréntesis el *mínimum de dolor* de distintas regiones del cuerpo en un individuo sano, calculados por la distancia á que hay que separar los carretes del aparato de inducción.

Punta de la lengua	17,5 (14,1)
Paladar	16,7 (13,9).
Punta de la nariz, párpados, encías, dorso de la lengua y borde rojo de los labios	15,7 á 15,1 (13 á 12,5).
Carrillos, labios, frente	14,8 á 14,4 (13 á 12,5).
Acromión, esternón, nuca	13,7 á 13 (11,5 á 11,2).

Espalda, brazo, nalga, occipucio, lomos, cuello, antebrazo, sincipucio, sacro, muslo, dorso de la primera falange y dorso del pie.....	12,8 á 12 (12 á 9,2).
Dorso de la segunda falange, dorso de la cabeza del metacarpo, dorso de la mano, pierna, última falange, rodilla.....	11,7 á 11,3 (10,2 á 8,7).
Cara palmar de la cabeza del metacarpiano, extremo de los dedos de los pies, palma de la mano, cara palmar de la segunda falange, eminencia tenar; cara plantar del primer metatarsiano.....	10,9 á 10,2 (8 á 4).

Estados patológicos. — Cuando está exagerada la sensibilidad de los nervios que transmiten las impresiones dolorosas, basta un ligero contacto de la piel y hasta soplar sobre ella para que se produzcan los dolores más violentos (*hiperalgesia cutánea*), sobre todo en los estados inflamatorios y exantemáticos del tegumento cutáneo. Se da el nombre de *paralgesias cutáneas* á ciertas anomalías de la sensibilidad, desagradables y hasta dolorosas, que suelen localizarse en la piel; prurito, hormigeo, sensaciones de ardor y frialdad. En la meningitis cerebro espinal se ha observado por excepción el hecho notable de que un pinchazo en la planta del pie, provoca una sensación dolorosa doble y una contracción refleja, también doble (Seyffert, Naunyn). Quizá se explique este fenómeno, porque en algunas de las fibras nerviosas excitadas, esté retardada la conducción nerviosa (§ 339. 2). También pertenecen á esta categoría de hechos las *neuralgias* que se desarrollan por virtud de procesos morbosos en el sistema nervioso. Están caracterizadas por dolores que sobrevienen en forma de accesos, con gran violencia é irradiándose en varias direcciones (véase, v. gr., la *neuralgia del trigémino*, pág. 191). Durante los accesos, es muy frecuente observar una sensibilidad dolorosa muy exagerada á la presión más ó menos fuerte, en los puntos donde los troncos nerviosos salen á través de conductos óseos, de agujeros aponeuróticos ó de ranuras (puntos dolorosos de Valleix, 1811). La misma piel á donde se dirige el nervio sensitivo, puede ser asiento de una excesiva sensibilidad, sobre todo al principio del mal, así como cuando éste dura más tiempo, suele observarse en ella una sensibilidad disminuída que llega hasta la analgesia (Türck); en este último caso también se observa á veces una anestesia dolorosa bien caracterizada (pág. 487).

La *disminución* y hasta la *abolición* de las sensaciones dolorosas (hiperalgesia y analgesia) pueden desarrollarse tanto por afecciones de las terminaciones nerviosas, como por las de su trayecto ó de su arranque central.

En las histéricas que padecen hemianestesia se ha observado el fenómeno sumamente notable de que se recobra la sensibilidad del lado enfermo cuando se aplican á la piel del mismo plaquitas de metal ó fomentos (metaloscopia) (Burcq, Charcot), y que mientras reaparece la sensibilidad en este lado del cuerpo, se vuelven anestésicos los sitios homólogos del lado ó de la extremidad sanos. Según esto, se verifica un traspaso de sensibilidad del lado sano del cuerpo al lado enfermo (*transfert* de los autores franceses). Cuando se aplican placas metálicas á la piel, se desarrollan corrientes galvánicas, cuya intensidad varía según el metal empleado; pero estas corrientes no pueden considerarse como la causa del fenómeno en cuestión. Su explicación hay que buscarla en hechos análogos que se observan aún en condiciones completamente fisiológicas. En efecto, en el hombre sano todo aumento de sensibilidad en un lado del cuerpo (mediante la aplicación de placas metálicas ó de fomentos calientes), origina una disminución simultánea de sensibilidad en el otro. Y á la inversa, cuando se hace menos sensible una región del cuerpo por medio de la aplicación de placas metálicas frías, se observa que en el acto se exagera la sensibilidad en la región homóloga del otro lado del cuerpo (Rumpf. M. Rosenthal).

432. Sentido muscular. — Sentido de la fuerza.

Los nervios sensitivos de los músculos (§ 294) nos están informando constantemente acerca del estado de reposo ó de actividad de los mismos, y en el último caso, sobre el grado de contracción (Gruithuisen, 1809; Steinbuch, 1811). Nos dan á conocer la energía de esta contracción, que es necesaria para vencer las resistencias que se la oponen (sentido de la fuerza, E. H. Weber). En su verdadera acepción, pertenecen al sentido muscular las sensaciones que experimentamos de los movimientos activos y pasivos, de la posición de nuestros miembros, y por fin, de la resistencia y del peso de los objetos (Goldscheider). Es evidente que el sentido muscular y el de presión se auxilian mútuamente; sin embargo, ha demostrado E. H. Weber que el primero aventaja en delicadeza al segundo, puesto que puede distinguir diferencias de peso, como 39 : 40, mientras el sentido de presión, sólo percibe diferencias, como 29 : 30. En algunos casos se ha observado, en el hombre, á la vez que una insensibilidad completa de la piel, conservado en absoluto el sentido muscular. Así se explica también cómo una rana cuyas patas se despellejan, puede continuar saltando sin alteración notable. Pero el sentido muscular recibe un gran auxilio con la sensibilidad de las articulaciones, huesos y fascias. De la asociación de varias sensaciones, sobre todo en los músculos y tendones, resulta también aquella sensación que nos informa de la situación de nuestros miembros en un momento determinado (Sternberg). Ciertos músculos, como los respiratorios, poseen una sensibilidad muy escasa, y el corazón y los músculos lisos parecen carecer de ella en el estado fisiológico.

Procedimiento de investigación. — Se colocan pesas en un lienzo, que se anuda y suspende á manera de honda, de la parte que se va á examinar, v. gr., la pierna. El sujeto, alzando y bajando la extremidad, aprecia la magnitud del peso suspendido de la misma, y así se examinan, tanto las diferencias de resistencia apreciables (diferencias de peso), como el mínimum de resistencia perceptible (percepción de la carga más ligera). El segundo objeto de examen puede ser el de la *sensibilidad electro-muscular;* se provoca la contracción por medio de una corriente de inducción, y se invita al sujeto á que manifieste la sensación que experimenta.

También se pueden determinar de este modo el mínumum de sensación y el mínimum de dolor.

Un individuo sano, aprecia con la extremidad superior 1 gramo de carga y el aumento de 1 gramo en 15 de peso inicial, de 2 en 50, y de 3 en 100. El sentido de fuerza, varía en los distintos dedos de la mano. Con la extremidad inferior, cargando en la rodilla, se aprecia un peso de 30 á 40 gramos, y en muchos casos tiene que ser mayor. Es frecuente que se distinga una diferencia de 10 á 20, y de 30 hasta 70 gramos. En general, se vienen á percibir las mismas diferencias, lo mismo cuando el peso inicial es ligero, que cuando es considerable (Chavet).

La sección de los nervios sensitivos, perturba la gradación delicada de los movimientos (véase: ley de Bell). Meynert cree que el centro cerebral de la sensibilidad muscular, se halla en los centros motores corticales.

Los músculos estarían en conexión motora y sensitiva con las células ganglionares que aquí se encuentran. En este sentido, depone la aparición de una ataxia completa, que yo he obtenido mediante la destrucción de aquella zona cortical, donde están situados los centros psico-motores de las extremidades (págs, 301 y 312).

Se observan *ilusiones* en el dominio del sentido muscular. Un peso, sostenido por una extremidad, nos parece más ligero, tan pronto como contraemos otros músculos de la misma, que no intervienen en el sostenimiento de la carga (Charpentier); invirtiendo el experimento, el peso parece más pesado que al principio. En la sensibilidad muscular de la lengua, se observa la ilusión siguiente: si se aprieta la punta de la lengua contra un intersticio que quede entre dos dientes y por debajo de él, y se la mueve entonces de uno á otro lado, se percibe la misma sensación, como si los dientes cedieran á la presión (Landois).

Una actividad muscular excesiva, provoca las sensaciones de *fatiga*, de *quebrantamiento* y de *pesadez* en los miembros, que también se deben atribuir al sentido muscular.

Estados patológicos. — Las exageraciones anormales del sentido muscular (hiperalgesias é hiperestesias), son raras. A esta categoría pertenece aquel molesto desasosiego que se conoce con el nombre de *anxietas tibiarum*, que obliga á estar cambiando constantemente la posición de las piernas, y que no raras veces acomete de noche aun á individuos sanos. Con los *calambres* se presenta un intenso dolor, á causa de la irritación de los nervios sensitivos de los músculos, y lo mismo en las inflamaciones. La disminución de excitabilidad de los nervios sensitivos de los músculos, parece ser en parte la causa de determinados movimientos coréicos y atáxicos (§ 366. 5). En los atáxicos, puede ser normal ó estar debilitado el sentido de la fuerza de los miembros superiores; el de los inferiores, casi siempre está disminuído en grado considerable. A veces está debilitada, ó hasta extinguida, la sensibilidad electro-muscular; en otros casos, está abolida la sensación subjetiva de la actividad muscular (parálisis de la conciencia muscular). Dosis convenientes de cocaína ó de alcohol, exageran el sentido de la fuerza muscular; el nitrito de amilo lo embota (Jacobi).

CAPITULO VI

FISIOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN Y DEL DESARROLLO

433. Modos de reproducción.

I. Abiogénesis (generación equívoca ó espontánea). — Se ha venido admitiendo hasta en estos últimos tiempos que en ciertas circunstancias la materia inanimada procedente de la descomposición de la materia organizada se podría volver á transformar espontaneamente en séres vivos. Mientras Aristóteles creía que la generación espontánea comprendía hasta los insectos (sabandijas), los pocos partidarios modernos de esta teoría no la extienden más que á los séres vivos más inferiores. Después de numerosos experimentos en pro y en contra, se ha llegado por fin á averiguar de un modo indudable que cuando se priva realmente de todo germen vivo á la materia organizada, para lo cual se la somete á una temperatura elevada (hasta 200° C.) en tubos cerrados á la lámpara, no se observa ninguna generación espontánea (§ 222). Por lo tanto, es exacta la proporción de que toda vida procede de un sér vivo [Omme vivum ex ovo (Harvey) ó ex vivo].

Es notable el hecho de que aun entre intervertebrados de organización muy elevada (gordius, anguililla, tardigrados, rotíferos), los hay que pueden mantenerse en un estado de muerte aparente durante mucho tiempo, conservándose secos (aunque en el interior de su cuerpo no podrían estar completamente privados de agua), para volver á la vida en cuanto se los humedece (*anabiosis*). Los *esporos* y las *semillas* pueden quedar en un estado en el que (§ 226) ya no se observa la existencia de ningún cambio nutritivo, y persistir así más de diez años, para germinar de nuevo en cuanto se encuentran en condiciones favorables (Kochs).

II. División, partición ó fisiparidad. — Se observan en muchos protozoos (amibos, infusorios), de tal manera, que el sér se parte en otros dos por un proceso análogo á aquél por virtud del cual se dividen las células, con su formación interior nucleada y su protoplasma. Las estrellas de mar (ophidiaster) se dividen espontáneamente ó se desprende de ellas un brazo, que luego se desarrolla hasta convertirse en un animal completo. Trembley (1774) fue el primero que demostró con la hidra (§ 246) cómo se parten artificialmente algunos animales inferiores y crece después cada trozo hasta formar un nuevo sér.

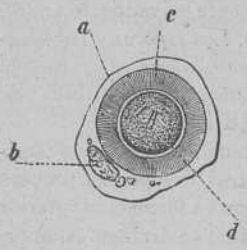
III. Gemmación ó proliferación gemmípara.—Se observa del modo más característico en los pólipos, y también en los infusorios (vorticelas), etc. Del cuerpo matriz brota una formación á manera de yema, la cual cada vez se va asemejando más y más al sér de donde procede. Los nuevos séres ó retoños á veces quedan unidos para siempre á aquel de donde han brotado, con lo cual se van formando colonias (políperos) de animales, cada vez más considerables, en las que los cuerpos de los individuos quedan unidos directamente los unos con los otros (y á veces hasta poseen un sistema nervioso colonial común, como los briozoos); en otros casos llegan á desprenderse y á constituirse en individuos independientes. En algunas

colonias (siphonophoros), cada uno de los distintos séres desempeña un papel diferente, de modo que se los puede clasificar en digestores, motores, sexuados (división del trabajo en las colonias animales). En los rizópodos se ha observado la formación de nuevos séres por gemmación interna, los cuales se separan del primitivo. En animales que se reproducen por división ó por gemmación, se ha hallado en parte una formación de espermatozoos y de huevos (pólipos, infusorios), de tal suerte, que en estos séres existe, al lado de una reproducción asexual, otra sexual.

IV. Conjugación. — Es una forma de reproducción que ya recuerda algo la sexual; se observa, v. gr., en las gregarinas unicelulares. Uno de estos séres se une por su extremo anterior con el posterior de otro, enquistándose ambos para formar un cuerpo redondo que ha de pasar por una fase de reposo. Los dos núcleos se funden y se desprende un corpúsculo director ó polar después de haber formado unos cuerpos fusiformes. La masa constituída por la unión de los cuerpos de los dos séres se resuelve en una masa informe, de la cual proceden numerosas vesículas. En cada una de éstas aparecen muchos cuerpos en forma de barquilla (pseudo-navecillas); de cada uno de estos últimos se origina un sér amiboideo, que vuelve á transformarse en una gregarina mediante la aparición de un núcleo y de una membrana de cubierta. También se ha observado el fenómeno de la conjugación en algunos infusorios.

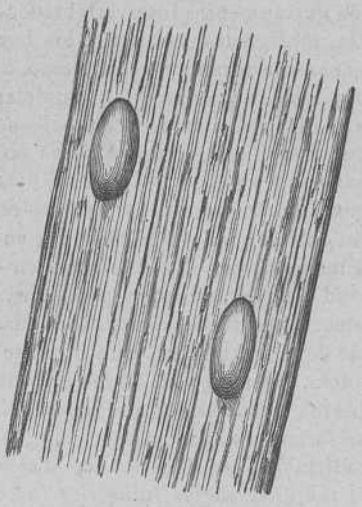
Reproducción sexual. — En ésta es preciso para la formación del nuevo sér que se unan dos elementos sexuales, uno masculino y otro femenino (semen y huevo). Estos dos elementos pueden provenir de dos individuos distintos, macho y hembra, ó de uno solo (hermafroditismo, v. gr., los gusanos cestodos, los gasterópodos, etc.). La reproducción sexual comprende las variedades siguientes:

Figura 317.



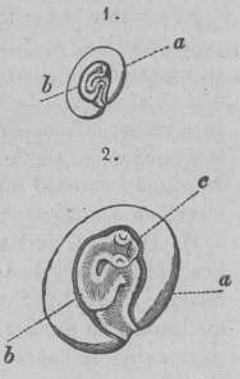
Huevo procedente del útero de un anillo maduro de una tenia. *a*, cubierta de albúmina; *b*, resto del deutoplasma; *c*, cáscara embrionaria; *d*, embrión exacanto.

Figura 318.



Cisticercos de tænia solium enquistados en el músculo sartorio de un hombre. Tamaño natural.

Figura 319.

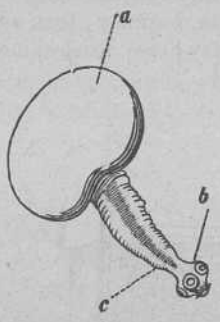


Cisticercos de tænia solium extraidos de su cápsula conjuntiva.—1. Tamaño natural.—2. Mirados con la lente: a, vejiga embrionaria; *b*, botón hueco producido por gemmación de la vejiga embrionaria; c, ventosa y corona de ganchos de la cabeza de la tenia.

V. Metamórfosis.— Se denomina así á aquella forma de reproducción en la que el sér reviste desde la fase de huevo fecundado una serie de formas muy diversas (v. gr., oruga, crisálida), de las cuales ninguna de ellas es capaz de reproducirse.

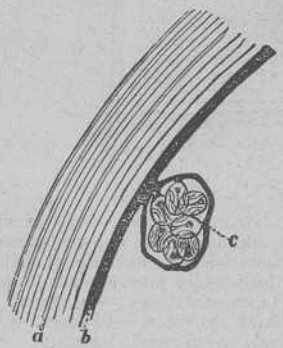
Por fin se forma la última forma sexuada (*imago*, v. gr., la mariposa), de la cual sale, por conjunción del semen y del huevo, el primer miembro fecundado de la serie evolutiva del nuevo sér. La metamórfosis es muy frecuente en los insectos, pudiendo realizarse con muchas gradaciones intermedias (*holometabola*), ó con pocas (*hemimetabola*); también se observa en otros artrópodos y en algunos vermes (v. gr., triquina). Las *triquinas intestinales* son las fases terminales de estos séres; son aptas para la reproducción, de sexos separados, nacen en el mismo intestino

Figura 320.



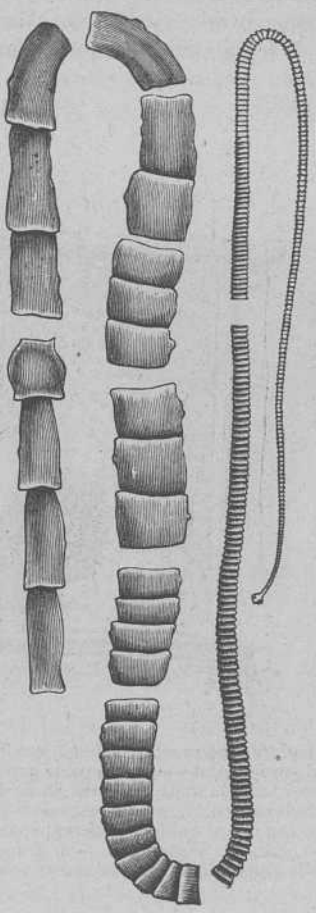
Cisticerco de tænia solium cuyo botón hueco (segmento cefálico), está desinvaginado. — *a*, vesícula caudal (vesícula embrionaria). — *b*, cabeza de tenia con ventosas y corona de dientes (scolex). — *c*, porción cervical (Visto con la lente).

Figura 321.



Trozo de vejiga equinocóquica con vesícula hija. — *a*, cubierta. — *b*, capa parenquimatosa. — *c*, vesícula hija llena de scolex (las figuras 317 y 321 están tomadas de Sommer).

Figura 322.



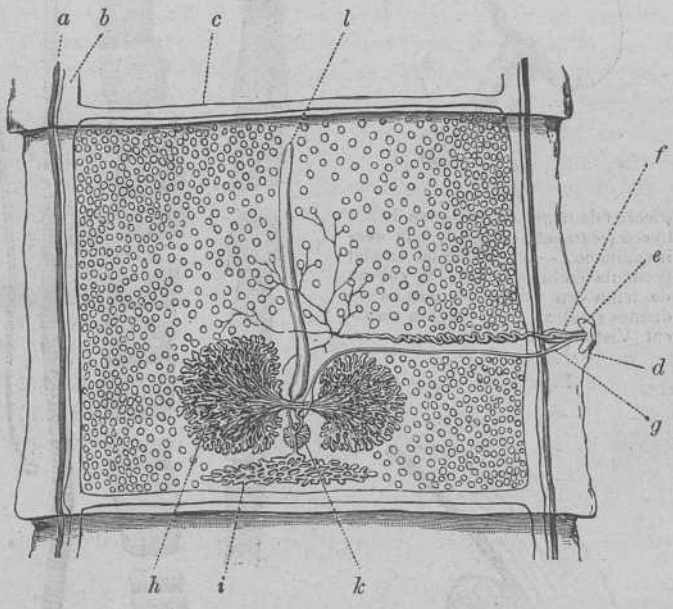
Tenia mediocanellata. Tamaño natural.

por generación vivípara, tienen una vida muy corta y realizan la cópula en el mismo tubo intestinal. Los productos de esta cópula son las *larvas* muy numerosas que invaden los músculos, recibiendo el nombre de crisálida (*pupa*) aquellas que sin tener todavía madurez sexual, se enquistan en dichos músculos, las cuales, cuando se ingieren vivas por otro sér que pueda servirlas de albergue, se convierten en el intestino en individuos con madurez sexual. Entre los vertebrados se observa la

metamórfosis en los anfibios (rana), y de los peces en los ciclostomos (petromyzon) (Aug. Müller).

VI. Generación alternante (metagenesis, Adalberto de Chamisso, 1815, Streenstrup, 1842). — Tiene de común con la metamórfosis el que se observa en el curso de su evolución una serie de formas variadas en extremo; pero se distingue principalmente de ella en que el animal, en una ú otra de sus fases evolutivas, puede reproducirse por vía asexual (nodrizas), observándose la reproducción sexual nada más que en la última fase de su desarrollo. El ejemplo más importante, bajo el aspecto médico, lo suministran los gusanos cestodos (tenia). El individuo hermafrodita, con madurez sexual y provisto de cientos de testículos conducto deferente, pene, ovario, vitelógeno, glándula testácea, vagina y útero, es el *proglottis* (anillo de tenia) (fig. 323), que se expulsa con las heces fecales, moviéndose y á

Figura 323.



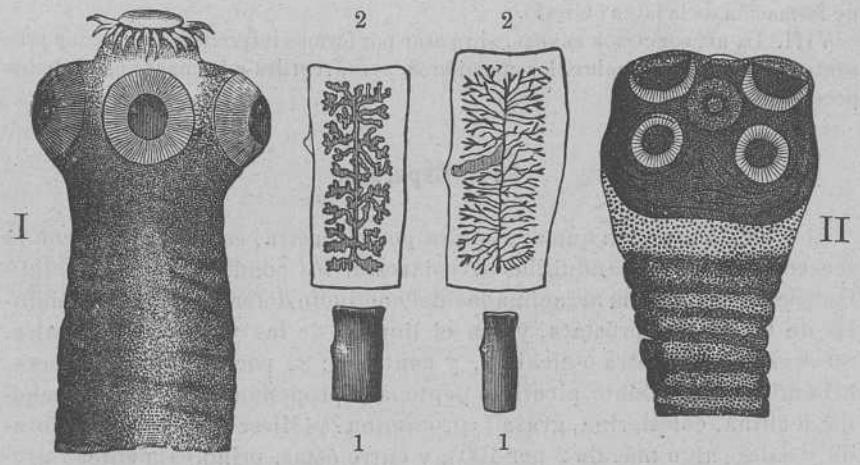
Anillo maduro (intermedio) de tænia mediocanellata (según Sommer). — *d*, eminencia sexual con el poro genital.—*e*. De la parte superior de este último arranca el pene (cirrus, *f*), que se continua hacia la línea media del anillo con el conducto deferente tortuoso, el cual se ramifica para terminar en un gran número de vesículas testiculares (la mayor parte de estas todavía no se unen con el conducto deferente por medio de tubos excretores). — *g*, vagina. — *h*, ovario.—*i*, glándula albuminosa. — *k*, grupo de glándulas testáceas. — *l*, útero. — *b*, conducto excretor longitudinal con una anastomosis transversal, *c*. — *a*, nervio lateral.

veces siendo todavía capaz de crecer. De los huevos capaces ya de germinar por haber sido fecundados en los mismos anillos (fig. 317), se desarrollan unos embriones elípticos provistos de seis ganchos (embrión exacanto), los cuales, cuando son introducidos con el alimento en el intestino de otro animal, penetran en los tejidos de éste para desarrollarse bajo otra tercera forma ó fase de *gusano cístico* (cisticerco, cenuro, equinococo, landrecilla). En el interior de estas vesículas se desarrollan ó una sola cabeza de tenia (cisticerco, fig. 319), ó varias (cenuros) con pedículo corto, ó bien aparecen primero innumerables vesículas hijas, y dentro de estas muchas cabezas de tenia (equinococo, fig. 321). El gusano cístico vivo, para continuar su desarrollo ulterior, tiene que volver á ser ingerido por otro ani-

mal. Entonces la cabeza del gusano cestodo (scolex) se fija con sus ganchos y ventosas en la pared del intestino, y engendra por *gemmacion* una numerosa cadena de anillos (fig. 322), en la que cada miembro ó anillo adulto es el individuo de la tenia con madurez sexual.

Los gusanos cestodes más importantes son: la tænia solium en el intestino humano, cuyo gusano cístico, el cisticercus cellalosæ se encuentra en el cerdo (rara vez en el hombre) (fig. 318); la tænia mediocanellata en el intestino humano (fig. 322), con su gusano cístico en el buey; la tænia cœnurus en el intestino del perro, con su landrecilla en el cerebro de la oveja (cœnurus cerebralis, causa de la enfermedad de estos animales llamada modorra); la tænia echinococcus, que sólo tiene dos ó tres anillos y pocos milímetros de largo, abunda muchísimo en el intestino del perro, y en el hombre reviste la forma vesicular ó de equinococo, alcanzando á veces las dimensiones de la cabeza de un niño (acefalocisto con vesículas hijas), interesa al hígado y más rara vez á otros tejidos, y en muchos casos

Figura 324.



Cabeza de tænia solium (I) y mediocanellata (II), y anillos de los mismos vermes (1. 2).

pone la vida en peligro (también se encuentra en las reses de carnicería); y el botriocephalus latus, en el intestino del hombre, cuya landrecilla se encuentra en el sollo (Braun), (pág. 447). De los animales inferiores también existe generación alternante en las medusas; entre los insectos, en ciertos mosquitos (cecidomyos, con multiplicación endógena de las larvas) y en los pulgones. Los últimos se desarrollan como séres no sexuados en la primavera, de huevos fecundados que han resistido el invierno. De estos séres se engendran, sin necesidad de fecundación, varias generaciones sucesivas de otros que tampoco tienen órganos sexuales, hasta la caida del otoño, en cuya época los últimos se distinguen en machos y hembras, los cuales con su cópula engendran los huevos fecundados.

VII. Partenogénesis (Owen, v. Siebold) ó reproducción virginal, se caracteriza en que á la vez que por reproducción sexual se puede producir la propagación de la especie sin unión de sexos. La cria engendrada de este último modo siempre es de un solo sexo. Un ejemplo de este género de reproducción nos lo suministran las abejas. Se sabe que en una colmena hay: la *reina* (hembra con madurez sexual, y apta para la cópula), las *obreras* (hembras con órganos sexuales atrofiados), y los *zánganos* (machos). Al salir de la colmena en enjambre, es fecundada la reina por

uno de los zánganos; el semen (que conserva durante tres ó cuatro años su aptitud fecundante), queda guardado en el receptáculo seminal, y, según parece, puede la reina hacer que se ponga en contacto de los huevos, fecundándolos, ó que se mantenga separado de ellos. También es posible que la fecundación ó no fecundación de los huevos, dependa de las dimensiones de la celda del panal, donde son depositados. De todos los huevos fecundados, sólo nacen abejas hembras, y de los no fecundados nada más que machos (!). Si la reina tiene paralizadas las alas, ó por cualquiera otra causa no puede ser fecundada, no pone más que huevos de zánganos. Cuando la larva del huevo fecundado recibe una alimentación muy copiosa (ó quizá á causa de la magnitud de su celda), se convierte en hembra bien desarrollada (reina); en cambio, con una alimentación escasa nacen las obreras, ó hembras incompletas (Dzierzon).

Los huevos de muchos animales superiores recorren las primeras fases de su desarrollo, sin necesidad de fecundación: v. gr., en la gallina (Oellacher), cerdo (Bischoff), conejo, (Herzen) y salpas (Kupffer), hasta la fase de segmentación. Los huevos no fecundados de estrella de mar, llegan en su evolución hasta la fase de formación de la larva (Greef).

VIII. La REPRODUCCIÓN SEXUAL, sin pasar por formas intermedias, es la que presentan, además del hombre, los mamíferos, aves, reptiles y la mayor parte de los peces.

434. Esperma.

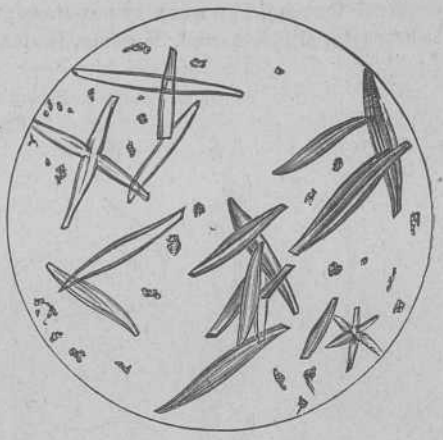
El semen ó esperma que se expulsa por la uretra, está mezclado con la secreción de unas glandulillas alveolares de los conductillos del epididimo (Schaffer), de las arracimadas del conducto deferente, de las glándulas de Cowper y próstata, y con el líquido de las vesículas seminales. Su *reacción* es neutra ó alcalina, y contiene: 82 por 100 de agua, seroalbúmina, albuminato alcalino, peptona y propeptona (Posner), nucleína, lecitina, colesterina, grasa (¿protamina?) (Miescher), grasa fosforada y sales (algo más de 2 por 100), y entre éstas, principalmente, *fosfatos* alcalinos y térreos, á la vez que sulfatos, carbonatos y cloruros.

El líquido espermático, espeso, pegajoso, de color blanco amarillento, y constituído en su mayor parte por el producto de secreción de las glándulas antes mencionadas, se vuelve en parte más fluído al contacto del aire, y al añadirle agua, se pone gelatinoso, separándose entonces unos copos blanquecinos y transparentes. Cuando se le deja en reposo mucho tiempo, se depositan unos cristales romboédricos, alargados y casi siempre adelgazados en sus extremos (Schreiner), los cuales están constituídos por fosfato dicálcico unido á una base orgánica, la *espermina* ($C^5H^{14}N^2$) (Pochl). Estos cristales (fig. 325), provienen en parte del líquido prostático, y son idénticos á los llamados de Charcot, que se encuentran en los esputos (§ 143, *e*). El *líquido prostático* es muy poco espeso, lechoso, de reacción anfótera ó ligeramente ácida, y tiene el olor del esperma, que debe á la base de Schreiner, disuelta en él (P. Fürbringer); el esperma es el que suministra el ácido fosfórico necesario para que se formen los cristales. Quizá el líquido prostático proporcione á los filamentos espermáticos ó espermatozoos la incitación motora necesaria para que éstos puedan cumplir su actividad fecundante (P. Fürbringer). La *cadaverina* de Brieger ó pentametildiamina de Ladenburg, que es un alcaloide cadavérico no venenoso, tiene un olor semejante al del esperma. Acaso sea debido á ese

cuerpo el olor que despide el serrín de los huesos macerados, y á veces los huevos ó los sollos cuando no están muy frescos. En la secreción de las *vesículas seminales* (cochinillo de Indias), se encuentra mucho fibrinógeno (Hensen y Landwehr).

Los *espermatozoos*, descubiertos en 1677 por Ludwig, v. Hammen, discípulo de v. Leeuwenhoek, tienen una longitud de 50 μ, y constan de una *cabeza* aplanada y piriforme (fig. 326. 1 y 2 *k*), una *porción intermedia* (*m*) (Schweiger-Seidel) en forma de punzón, que se inserta en el extremo más ancho de la cabeza, y la *cola* ó látigo (*f*), prolongación caudal y filiforme de la porción intermedia. Los movimientos ondulatorios de la cola, que á menudo gira alrededor de su eje, hacen que cada espermatozoo recorra en un minuto una distancia igual á 400 veces el largo de los mismos (Henle), ó sea 0,5 á 0,15 milímetros en un segundo. Inmediatamente después de la eyaculación, es cuando son más rápidos estos movimientos; después se van haciendo poco á poco más lentos.

Figura 325.



Cristales del esperma.

La *cabeza* (mamíferos) consta de un segmento anterior y otro posterior. Desde este último, avanza en el interior del primero una prolongación esférica. Una telilla muy fina cubre, á manera de capuchón, el segmento anterior de la cabeza (Ballowitz). En la porción intermedia se observan á veces estrías transversales (Eimer), que provienen de una estructura espiral de la misma (Ballowitz).

G. Retzius describe además, en el espermatozoo, un *segmento terminal*, particular y bien limitado, de la cola, que representa su porción más extrema (fig. 326. 1, *e*). A lo largo de la porción intermedia y de la cola, corre un *filamento axil*, rodeado de una capa de protoplasma (Eimer); este último, sólo falta en la punta de la cola (v. Brunn). El filamento axil consta de otros dos, cada uno de los cuales está compuesto á su vez de un gran número de fibrillas primitivas. También la porción terminal se puede desdoblar hasta en cuatro fibrillas (Ballowitz).

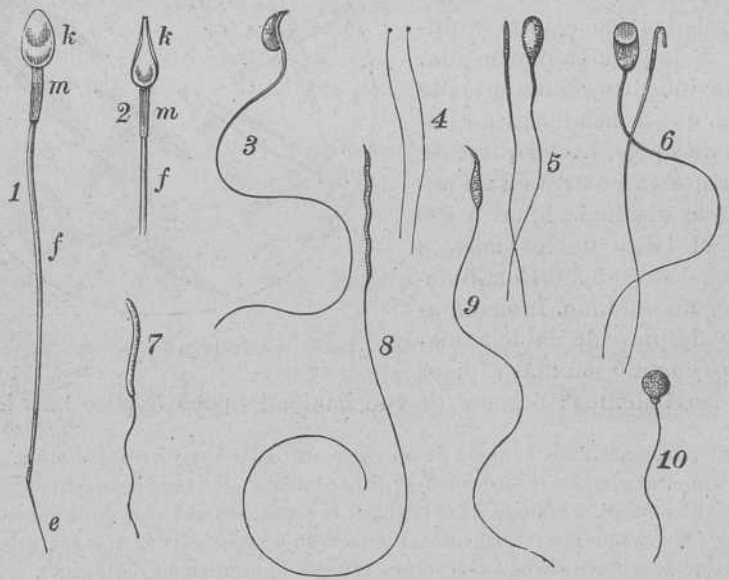
En los insectos y en los anfibios, el armazón del espermatozoo lo constituye el filamento axil, no fibrilar. En ciertos séres, la estructura es más complicada. *Sólo los filamentos axiles con estructura fibrilar son los que presentan fenómenos de movimiento*; los no fibrilares son inmóviles (Ballowitz).

El *número* de espermatozoos llega á ser, en el hombre, de 60.900 por milímetro cúbico, aumentando después de las excitaciones sexuales. Por cada óvulo humano maduro, existen cerca de 850 millones de espermatozoos (Lode).

El MOVIMIENTO DE LOS ESPERMATOZOOS se verifica por virtud de la ondulación de la cola que se agita describiendo círculos, á manera de un látigo, y es causa al mismo tiempo de que el espermatozoo gire alrededor de su eje longitudinal; este movimiento parte del protoplasma de la porción intermedia y de la cola (ésta es capaz de moverse aunque esté separada del resto) (Eimer). Las *células vibrátiles*,

cada una de cuyas pestañas está compuesta de un gran número de filamentitos muy juntos (Engelmann), los *zoosporos* de los vegetales, y las mismas células amiboideas, presentan movimientos análogos á los descritos (Eimer), puesto que hasta se han observado transiciones entre el movimiento vibrátil y el amiboideo (en las moneras, Haeckel). Cuando los espermatozoos están sin diluir, en el testículo, no se mueven; en cambio, se agitan de un modo notable en la secreción normal del órgano sexual femenino (Bischoff), y también se mueven por bastante tiempo en todas las secreciones normales (pero no en la saliva). Si se les añade agua, en el acto se enroscan formando un asa y se paralizan; también los paraliza el alcohol, el éter, la creosota, el cloroformo, la goma, la dextrina, el mucílago vegetal, la disolución

Figura 326.



Espermatozoos.

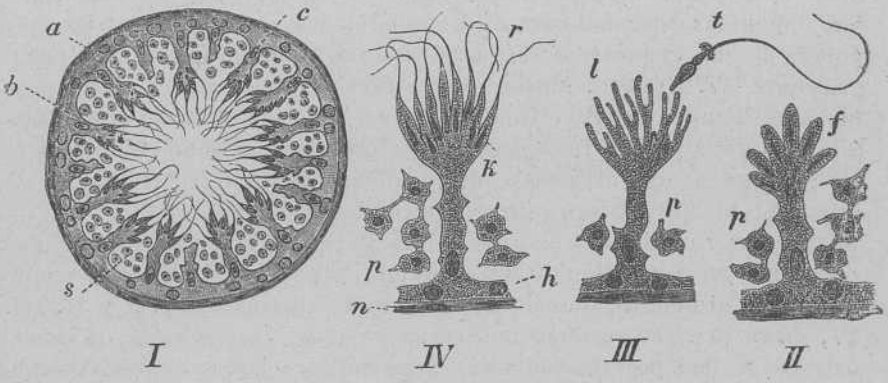
1, Espermatozoo humano (aumento: 600 diámetros), cuya cabeza se ve de frente. — 2, el mismo viéndose la cabeza de canto.— *k*, cabeza.—*m*, porción intermedia.—*f*, cola.—*e*, filamento terminal (según Retzius).—3, espermatozoo del ratón.— 3, espermatozoo del botriocephalus latus.—5, espermatozoo del corzo.—6, espermatozoo del topo.—7, espermatozoo del pico-verde. — 8, espermatozoo del mirlo. — 9, Espermatozoo del híbrido de jilguero y canaria.—10, espermatozoo del misgorno (cobitis) (según A. Ecker).

concentrada de glicosa, el moco uterino demasiado alcalino y el vaginal demasiado ácido (Donné), los ácidos y las sales metálicas y las temperaturas muy elevadas ó muy bajas. Entre las substancias *indiferentes* ó que no influyen en los movimientos de los espermatozoos, se cuentan los narcóticos (en tanto que no obran por su acción química) y las disoluciones *medianamente concentradas* de urea, azúcar, albúmina, sal común, glicerina, amigdalina, etc. Pero si estas disoluciones están muy atenuadas obran como el agua, y cuando están muy concentradas paralizan á los espermatozoos deshidratándolos. Es notable que el reposo que se presenta bajo la influencia del agua, ó cuando se va calmando poco á poco el movimiento de los espermatozoos, cese, reanudándose este último, bajo la acción de los álcalis diluídos (Virchow), á la manera de lo que sucede con los epitelios vibrátiles. Quizá los álcalis neutralicen la acidez del protoplasma, resultado de su cansancio (§ 306)

(Roth); sin embargo, Engelmann atribuye esta misma acción revivificadora á los ácidos, al alcohol ó al éter cuando se aplican en cortas cantidades. Los espermatozoos de la rana pueden ser congelados hasta cuatro veces seguidas, sin menoscabo alguno en su vitalidad; soportan un calor hasta de 43°,75 C., y viven hasta setenta días en el testículo cuando éste se ingerta en la cavidad abdominal de otra rana (Mantegazza).

Como los espermatozoos contienen gran cantidad de principios térreos pueden ser calcinados en un cristal porta-objetos sin perder su forma (Valentin), á la manera de lo que sucede con ciertos vegetales muy ricos en cenizas, v. gr., las equisetáceas. Tampoco se destruye su forma con los ácidos nítrico, sulfúrico, clorhídrico y acético hirviente, ni con los álcalis cáusticos. Las disoluciones de sal común ó de salitre al 10 á 15 por 100 transforman los espermatozoos en grumos amorfos. Su substancia orgánica es como el principio albuminoideo semi-blando de las células epiteliales.

Figura 327.



Espermatogenesis (semi-esquemático).

Corte transversal de un conductillo seminífero; *a*, cubierta del mismo; *b*, capa interna protoplasmática, *c*, espermatoblasto; *s*, células espermáticas.—II. Espermatoblasto no maduro; *f*, lóbulos superiores y redondeados del mismo; *p*, células seminales.—IV. Espermatoblastos con las cabezas (*k*) y colas *r*, de los espermatozoos, completamente desarrolladas; *n*, pared del conductillo seminífero; *h*, capa protoplasmática del mismo; *p*. células seminales.—III. Espermatoblasto cuyos espermatozoos se han desprendido por completo; *t*, un espermatozoo; *p*, células seminales.

En el esperma se encuentran, además de los espermatozoos: *células seminales*, células epiteliales de los conductos que recorre el esperma (algunas de ellas en degeneración coloide), numerosos granitos de lecitina; corpúsculos estratificados de substancia amiloide (inconstantes), pigmento amarillo, en forma de gránulos ó de grumos, sobre todo en los ancianos, leucocitos y cristales espermáticos (Fürbringer).

El desarrollo de los espermatozoos (fig. 327), no se ha dilucidado bien hasta estos últimos tiempos gracias á investigaciones repetidas (Letzerich, Neumann, de la Valette St. George, Merkel), sobre todo á las de v. Ebner (1871), cuyos resultados son los que yo también he obtenido al mismo tiempo y con independencia de los de dicho investigador. En la superficie interna de la pared de los conductillos seminíferos (fig. 327. I, *a* y IV, *n*) revestida de células fusiformes, se encuentra una capa pro-

toplasmática nucleada (I, *b* y IV, *h*), de la cual se dirigen hacia el interior del conductillo unas prolongaciones á manera de columnas, de 0,053 milímetros de largo (I, *c* y II. III. IV) que, en su extremo libre, se dividen como espigas en varios lóbulos ovoideos (II) llamados *espermatoblastos* (v. Ebner) ó *espigas seminales* (Landois). Estos están constituídos por un protoplasma blando y finamente granuloso, y casi todos llevan un núcleo oval en su porción inferior. A medida que se van desarrollando se prolonga cada lóbulo de la espiga seminal en una pestaña larga, á la manera de las barbas de una espiga (IV, *r*) y en cambio en la profundidad de los mismos se condensa el protoplasma para formar la cabeza y la porción intermedia del espermatozoo (IV, *k*). La espiga seminal se asemeja, en esta fase, á una célula cilíndrica vibrátil voluminosa y de forma irregular. Terminado el desarrollo del espermatozoo, se desprenden de su fondo matriz (III, *t*) la cabeza y la porción intermedia, y el espermatoblasto que queda se parece ahora, con su forma de cáliz y los huecos que han dejado los espermatozoos al desprenderse, á una espiga de trigo despojada de sus granos (III, 1); más tarde desaparece por degeneración grasienta (W. Krause). Muchas veces persiste en el espermatozoo, por bastante tiempo, un grumo de protoplasma adherido al límite que separa á la cola de la porción intermedia, cuyo protoplasma es un resíduo de la espiga seminal que arrastró consigo el espermatozoo (III, *t*). Entre los espermatoblastos existen numerosas células redondas, amiboideas, sin membrana y unidas entre sí por medio de prolongaciones; estas células parecen segregar el líquido del esperma, y podrían designarse, por lo tanto, con el nombre de células del humor espermático (I. S y II. III. IV, *p*). De lo dicho resulta que, por su modo de desarrollarse, el espermatozoo es una pestaña movible, independiente y desprendida de una gran célula de epitelio vibrátil. Hagamos constar, sin embargo, que algunos investigadores no admiten esta génesis (de la Valette St. George, Merkel, etc.), y se inclinan en parte á una opinión más antigua, según la que los espermatozoos se producirían de un modo endógeno en el interior de las células redondas.

Según Benda, á cuya opinión se adhiere v. Ebner, el espermatoblasto se origina por la fusión (copulación) de un grupo de células seminales con la parte inferior de los espermatoblastos, constituídos por un pedículo y una lámina básica. Cada célula seminal produce de su núcleo la cabeza, y de su protoplasma la cola de un espermatozoo. Pero para que estas partes se desarrollen por completo, se requiere una copulación á manera de ingerto de las células seminales con las de pie.

En la mayor parte de los animales tienen los espermatozoos la forma de filamento, con una cabeza más ó menos grande. Esta última puede ser elíptica (mamíferos), piriforme (mamíferos), cilíndrica (aves, anfibios, peces), de saca-corchos (aves cantoras, escualos, paludinas), ó simplemente fiiliforme (insectos, etc.) (fig. 326). En los miriápodos y en las ostras, las células seminales son inmóviles y su forma difiere por completo de la filamentosa.

435. El huevo.

El huevo humano (C. E. v. Baer, 1827), es un corpúsculo parecido á una célula, esférico, de 0,18 á 0,2 milímetros de diámetro, en el cual se distinguen una *membrana de cubierta* gruesa, resistente, elástica, de estriación radiada muy fina (zona pelúcida), un contenido protoplasmático granuloso y contráctil (yema, *vitellus*), el *núcleo* encerrado en su interior, claro y vesiculoso y de 40 á 50 μ de diámetro (vesícula germinativa, Purkinje, 1825, Coste, 1834), que contiene el *nucleolo*, con movimientos amiboideos, y cuyo diámetro es de 5 á 7 μ (mancha germinativa, R. Wagner, 1835). Respecto á la *composición química* del huevo, ya se ha tratado en el § 234.

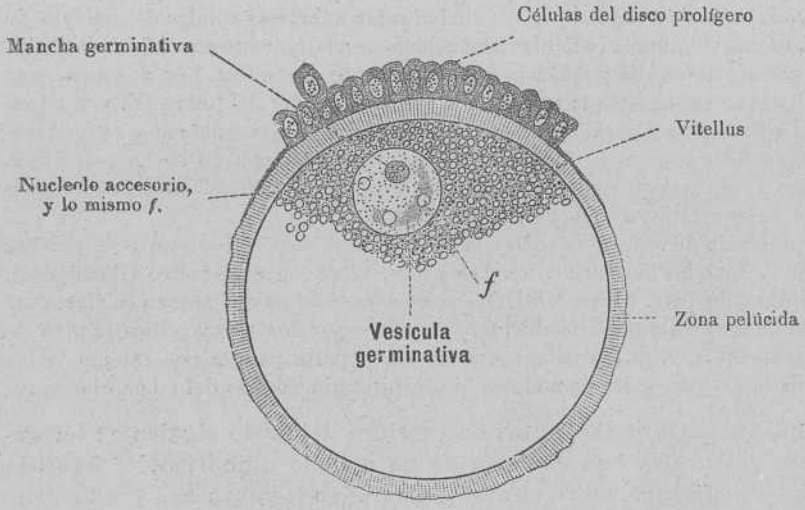
La *zona pelúcida* á cuya superficie suelen estar adheridas células del folículo de Graaf, es una membrana cuticular producida secundariamente por el folículo (Pflüger); por dentro de ella y aplicada inmediatamente al vitellus, hay una *membrana* muy fina, que es sin duda la primitiva membrana celular del huevo (E. van Beneden). La fina estriación radiada de la zona se atribuye á la existencia de numerosos *conductillos porosos* (Kölliker, v. Sehlen): pero todavía no se ha resuelto la cuestión de si existe además un orificio especial, el *micropilo*, destinado á la penetración del espermatozoo (Keber, Holl).

La presencia de semejante *micropilo* se ha comprobado en los huevos de muchos animales, como las holoturias, muchos peces, v. gr., el gasterosteo (Buchholtz), lamelibranquios, etc. (Juan Müller). Además hay huevos que poseen en cierta extensión de su membrana de cubierta, conductos porosos permanentes (en los de muchos insectos, v. gr., la pulga), que sirven en parte para la penetración de los espermatozoos y en parte para el cambio respiratorio gaseoso del mismo huevo.

El DESARROLLO DE LOS HUEVOS se verifica del modo siguiente: La superficie del ovario está cubierta de un epitelio cilíndrico, el llamado *epitelio germinativo*, entre cuyas células se encuentran acá y allá otras células redondas, los *huevos primordiales* ó células de huevo (fig. 329. I, *a*, *a*); en algunos puntos se hunde la capa epitelial en la superficie del ovario, á manera de prolongaciones tubuliformes (II) (Waldeyer). Estos tubos (que según Waldeyer, provienen del rudimento embrionario del ovario), penetran cada vez más profundamente y al mismo tiempo se observan en su interior unas células grandes, esféricas, con núcleos y nucleolos, y otras menores, más numerosas y formando una especie de pared ó envoltura. Estos tubos son los *tubos ovulares* ú ováricos (Valentin, Pflüger), y en ellos las células mayores y redondas son los huevos primordiales y las más pequeñas las epiteliales (I). Más tarde desaparecen los orificios abiertos de los tubos ovulares, y estos se estrangulan, convirtiéndose en segmentos redondeados, gracias al estroma del ovario, que se introduce en su interior y los divide en varias porciones (I. *c*). Cada uno de estos segmentos ó divisiones, contiene casi siempre un huevo, á veces dos (IV. *o*, *o*) y se convierte en una vesícula de Graaf. Estas vesículas aumentan de diámetro, reuniéndose líquido en su interior; sus células parietales se transforman en el epitelio del folículo, formando la llamada membrana

granulosa que rodea al huevo en un punto determinado (IV), constituyendo el llamado *disco prolígero*. Las células de este disco forman varias capas, son fusiformes ó cilíndricas; producen la zona pelúcida, y según algunos investigadores, el vitellus sería en parte segregado por estas células en el óvulo y algunas hasta penetrarían en el huevo mismo (His, Lindgren, H. Virchow). Los folículos, que al principio sólo tienen 0,03 milímetros de diámetro, no adquieren su completo desarrollo hasta la época de la pubertad. Los que van madurando (IV) se hunden más en el estroma del ovario, se dilatan, llenándose de líquido (liquor folliculi), se revisten de una membrana muy vascular, que adquiere cierta independencia (theca folliculi), y su epitelio (IV. *g*) (membrana granulosa) también aumenta de espesor, convirtiéndose en una capa estratificada de

Figura 328.



Huevo maduro de conejo (segun Waldeyer).

células pequeñas. En la última fase de su evolución vuelven á acercarse á la superficie del ovario, alcanzando un diámetro hasta de 1 á 1,5 milímetros y se hallan entonces en estado de madurez sexual, hasta que revienta el folículo. De los folículos de Graaf sólo una minoría alcanza el término normal de su desarrollo; la mayor parte se atrofian antes de llegar á este punto.

El ovario posee numerosos *nervios*, sin mielina en su mayor parte; casi todos terminan en la pared de los vasos (incluso los capilares); otros caminan por entre las células de la capa granulosa de los folículos de mayor tamaño y se aplican á dichas células (Riese).

Según Paladino, en el ovario de la mujer se están realizando constantemente regresión y nueva formación de folículos, producida esta última por invaginación del epitelio germinativo.

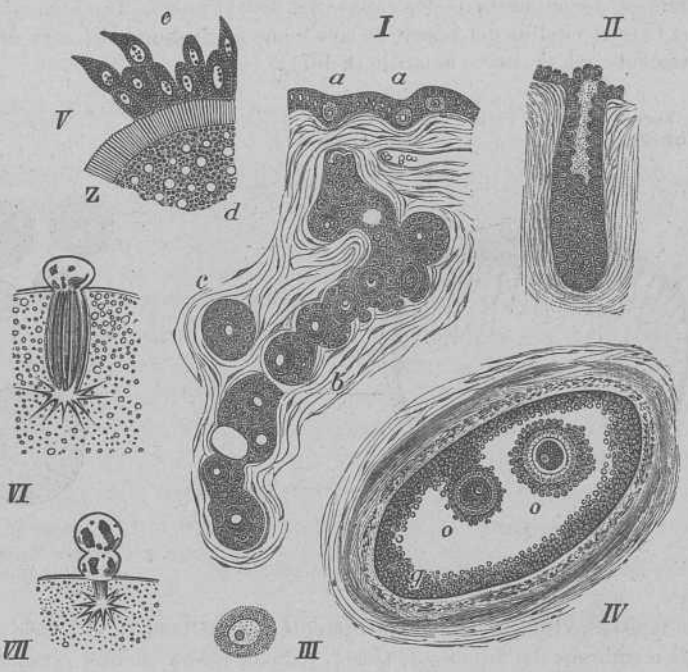
Para Waldeyer, el huevo de los mamíferos no es *una simple célula*, sino un elemento anatómico complejo. Según este autor, la célula ovular primitiva sólo es-

c/ Lancia núm. 12 - 3.º
Teléfono 20 85 19
LEON

tará formada por la vesícula germinativa con la mancha germinativa y la porción circunyacente del vitellus, clara y sin membrana (fig. 329. III). El resto del vitellus procede de células de la granulosa, que también forman la zona pelúcida.

Huevos holoblásticos y meroblásticos. —Los huevos de los batracios y de los ciclostomos, están constituídos con arreglo al mismo tipo que el huevo de los mamíferos; se los llama *holoblásticos*, porque *todo* su contenido se transforma en células formativas destinadas á la construcción del embrión. En cambio se denominan *huevos meroblásticos* (Reichert) á los de las aves, los monotremas (entre los mamíferos), los reptiles y los demás peces. En efecto, los huevos de estos animales contienen además del *vitellus formativo* (blanco), que corresponde al de los huevos

Figura 329.

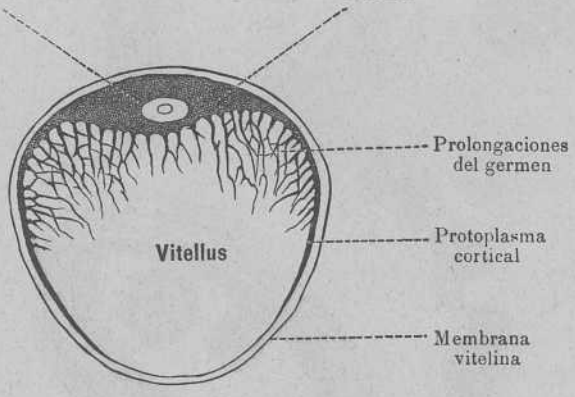


I. Tubo ovárico largo, en el que se están formando folículos de Graaf (niña recién nacida): *a*, *a*, células ovulares situadas entre las células epiteliales de la superficie ovárica; *b*, tubo ovárico con huevos y células epiteliales; *c*, folículo pequeño, ya aislado, con un huevo.—II. Tubo ovárico abierto, de una perra de seis meses. —III. Huevo primordial humano, aislado.—IV. Folículo de alguna edad, con dos huevos (*o*, *o*) y las células granulosas (*g*) (perra).—V. Parte de la superficie de un huevo maduro de coneja; *z*, zona pelúcida; *d*, vitellus; *e*, células granulosas adherentes (según Waldeyer). — VI. Expulsión del primer glóbulo polar.—VII. Expulsión de dos glóbulos polares (según Fol).

holoblásticos y suministra las células embrionarias, el llamado *vitellus nutritivo* (la yema del huevo de las aves), que sirve de reserva alimenticia para el embrión durante el desarrollo de éste. Este material nutritivo ha penetrado en la célula ovular, pequeña y simple al principio, y esta es la causa de que el huevo aumente de volumen de un modo tan considerable. La historia del desarrollo del *huevo de ave* ha demostrado que la pequeña capa germinativa protoplasmática (*galladura*, cicatrícula), de 2,5 á 3,5 mm de ancho y 0,28 á 0,37 mm de grueso, blanca, redonda y que se encuentra en el centro de la superficie de la esfera vitelina, es la única parte que corresponde al contenido del huevo de los mamíferos, ó sea al *vitellus formati-*

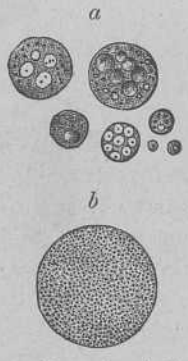
vo. En su interior se encuentran la vesícula germinativa y la mancha germinativa (figura 330). Desde la galladura ó disco germinativo, donde también están contenidos los elementos característicos del vitellus blanco (fig. 331, *a*), parten prolongaciones que se extienden al vitellus amarillo (fig. 330). Además, desde aquí se dirige una masa de vitellus blanco, en forma de botella, hasta llegar al centro mismo del vitellus amarillo (*latebra* de Purkinje), y una capa finísima, también del vitellus blanco, envuelve al amarillo (corteza de vitellus blanco, *protoplasma cortical*). El *vitellus amarillo* (*vitellus nutritivo*) consta de unos elementos celulares blandos, amarillos, de 23 á 100 μ de diámetro, sin núcleo, y que en muchos casos adoptan una forma algo poliédrica por su compresión mútua (fig. 331, *b*). Estos elementos son producidos por proliferación de las células de la granulosa del folículo de Graaf, las cuales también producen últimamente la *membrana vitelina* fibro-granulosa, y compuesta de dos capas (fig. 330) (Eimer). [También se ha considerado á todo el vitellus del huevo de ave como equivalente al huevo de mamífero, juntamente con el cuerpo amarillo (§ 437)].

Figura 330.



Esquema de un huevo meroblástico (según Waldeyer).

Figura 331.



a, esferas de vitellus blanco; *b*, esferas del vitellus amarillo.

Cuando la esfera vitelina está completamente desarrollada en el ovario del ave, se rasga la membrana del folículo de Graaf, y dicha esfera camina girando por el oviducto, cuyos pliegues mucosos, dirigidos como las estrías de un cañón rayado, son causa de que ese movimiento giratorio se efectue siempre en el mismo sentido. Numerosas glándulas que existen en el oviducto, segregan la albúmina de la clara del huevo, la cual se va arrollando, por lo tanto, en forma de capas alrededor de la yema, formando con esto las *chalazas* en los dos polos anterior y posterior del huevo. [Como las capas consistentes de albúmina tienden á desarrollarse de nuevo, de ahí que en el huevo de ave gire la clara alrededor de la yema, y cuando los huevos recién puestos se colocan á flotar en una disolución concentrada de sal común giran todos en el mismo sentido (H. Landois). La clara del huevo de las aves que no pueden abandonar su nido al nacer, es transparente y vítrea cuando se cuece, pero se convierte con la incubación en una substancia igual á la clara del huevo de las gallináceas que pueden abandonar su sitio en cuanto nacen. Por el contrario, la clara de huevo de estas últimas, tratada por una disolución sódica ténue, se vuelve transparente y vítrea (Tarchanoff)]. Las fibras de la *membrana testácea* ó conchífera son filamentos, como de queratina, que se han coagulado espontáneamente, y se han arrollado en espiral alrededor de la clara (Lindval y Hamarstén),

y sobre los cuales se ha depositado en la porción inferior del oviducto un mortero muy poroso (*testa*, *concha*), formado de una mezcla de cal y de albúmina. En algunas aves es producida la capa más externa de la cáscara por una *cutícula* anhista, porosa, mucosa, y á veces de substancia grasa. La cáscara caliza del huevo de las aves se emplea en parte en la formación de los huesos (Prout, Gruwe), aunque este hecho lo niegan Pott y Preyer. Los *pigmentos* que á menudo existen, formando varias capas en la superficie del huevo, parecen ser derivados de la hemoglobina y de la biliverdina.

El vitellus, es de reacción alcalina y está teñido de amarillo por la luteína que contiene hierro. En su composición entran diversas substancias albuminoideas, un cuerpo parecido á la nucleína, la lecitina, la vitelina (producto conjugado de albúmina y lecitina), el ácido fosfo-glicérico, la colesterina, la oleína, la palmitina y la dextrosa ; cloruros alcalinos, hierro, fosfatos térreos y ácidos fluorhídrico y silícico. Es insegura la existencia de cerebrina, glicógeno y almidón (§ 234).

436. Pubertad.

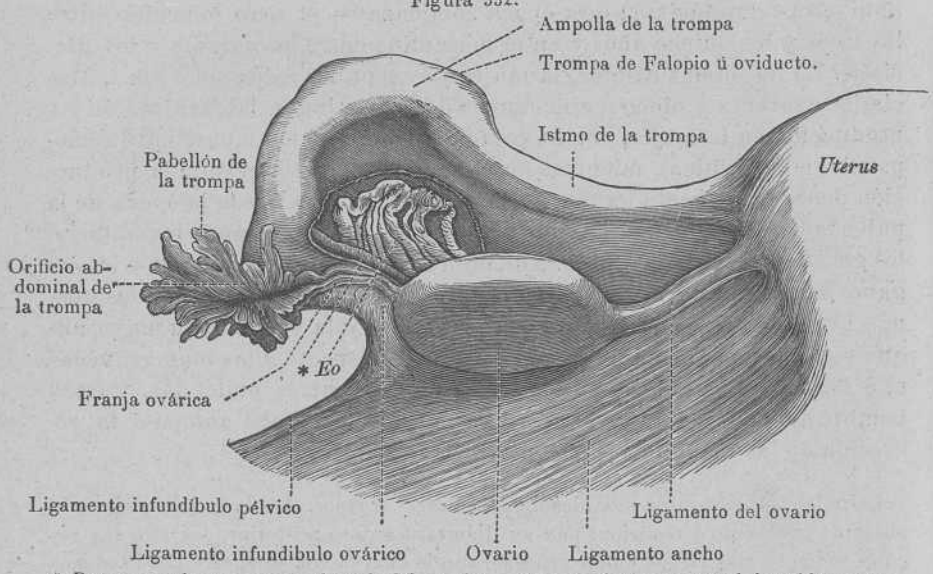
Se llama pubertad á aquella edad del hombre en que empieza á ser apto para reproducirse ; esta época comienza en el sexo femenino entre los trece y los quince años y en el masculino entre los catorce y los dieciséis. En los climas cálidos, la mujer ya es puber á los ocho años. Hacia los cuarenta y cinco á cincuenta años se extingue la facultad de reproducción en la mujer, con la cesación de su función menstrual (menopausia, edad crítica), mientras en el hombre se ha observado la producción de esperma hasta en una edad muy avanzada. Desde la época de la pubertad se despierta el instinto sexual y se van expulsando los materiales germinativos ya maduros. Aumentan las dimensiones de todos los órganos sexuales internos y externos y de las partes accesorias de los mismos ; también se vuelven más ricos en sangre y la pelvis de la mujer adquiere su forma femenina característica. (Respecto á las mamas, véase el § 232). Se cubren de pelo las axilas y las partes pudendas, y en el hombre además la región de la barba ; al mismo tiempo aumenta la secreción de las glándulas sebáceas.

La pubertad determina modificaciones en *otros órganos*. Así la laringe del varón aumenta mucho de dimensiones en su diámetro antero-posterior, las cuerdas vocales se hacen más largas y más gruesas, con lo cual la voz se vuelve por lo menos una octava más baja (muda de la voz). En la mujer se hace la laringe más larga en su conjunto, y también aumenta la extensión de la voz. La capacidad vital (§ 114. 5) crece en grado considerable en armonía con el aumento que experimentan las dimensiones del tórax ; la conformación general del cuerpo y la fisonomía adquieren el aspecto y caracteres propios del sexo respectivo, y también la pubertad imprime su sello característico en la dirección de las funciones psíquicas. Ya está terminado el desarrollo vegetativo en lo que concierne al individuo y la corriente del crecimiento de la fuerza orgánica se dirige en el sentido de una nueva producción, ó sea en el de la reproducción de la especie (Juan Müller).

437. Menstruación.

A intervalos regulares de veintisiete días y medio á veintiocho (mes lunar), se produce en la mujer puber la rotura de uno ó más folículos de Graaf ya maduros, evacuándose al mismo tiempo cierta cantidad de sangre por los órganos genitales externos. A este fenómeno se le da el nombre de *menstruación* (mes, regla, ménstruo, flujo catamenial). La mayor parte de las mujeres menstruan en el primer cuarto de la luna; pocas son las que lo hacen en las épocas de la luna llena ó de la luna nueva (Strohl). El fenómeno análogo que se observa en los mamíferos se le llama *celo* (Aristóteles, Bischoff, 1844); se observa sobre todo en los carnívoros, yeguas y vacas un flujo sanguíneo por sus órganos genitales (Aristóteles), y las monas del antiguo continente presentan una hemorragia menstrual bien marcada (Neubert).

Figura 332.

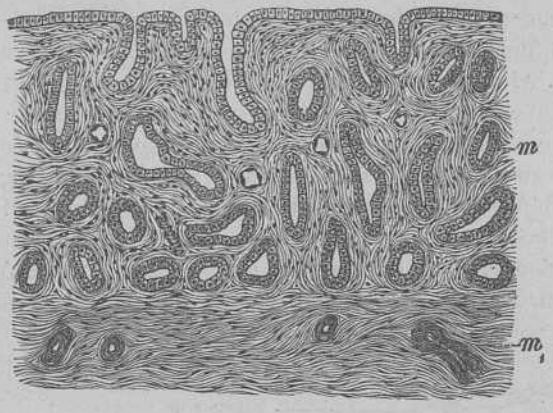


* Rama vascular que costea el borde del ovario. — *Eo*, epoophoron puesto al descubierto por haberse quitado una parte de la hoja posterior del ligamento ancho (según Henle).

La aparición del flujo menstrual suele ir precedida de ciertos signos, que indican un aumento en la fluxión sanguínea hacia los órganos sexuales internos, tales son: sensación de tirantez en el sacro y en los lomos, así como en la región del útero y de los ovarios, que también están sensibles á la presión; cansancio en las piernas, congestión, variaciones de calor y hasta un ligero aumento de temperatura (Korsch-Reinl) en los tegumentos. A veces se retarda la digestión gástrica (Kretschy, Fleischer) y experimentan alteración la evacuación de orina y heces fecales y las excreciones cutáneas. El *flujo menstrual* que aparece después, es primero mucoso y luego sanguíneo; dura tres á cuatro días (rara vez de un día á dos semanas); la sangre tiene el carácter de la venosa y presenta poca tendencia á

coagularse cuando está mezclada con una gran cantidad de secreción alcalina de los órganos genitales; sin embargo, cuando el flujo es muy abundante, pueden formarse coágulos á manera de grumos. La cantidad de sangre evacuada es de unos 100 á 200 gramos. Luego de terminada la hemorragia propiamente dicha, todavía sigue una excreción mucosa moderada; después de esto, casi siempre está exagerado el instinto sexual.

Figura 333.

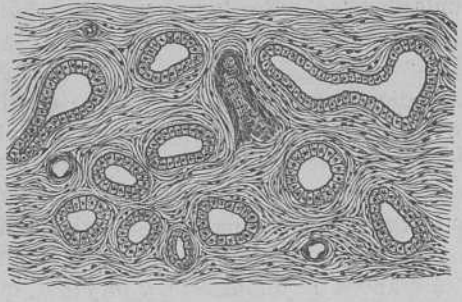


Corte á través del espesor de la mucosa uterina normal m, con una parte de la capa muscular limítrofe m_1.

Los fenómenos internos propios y característicos de la menstruación, consisten en: 1.° Modificaciones en la mucosa uterina, y 2.°, rotura del folículo ovárico.

La mucosa uterina es el verdadero origen de la hemorragia. El epitelio vibrátil de la mucosa que está enrojecida, muy hinchada y relajada,

Figura 334.



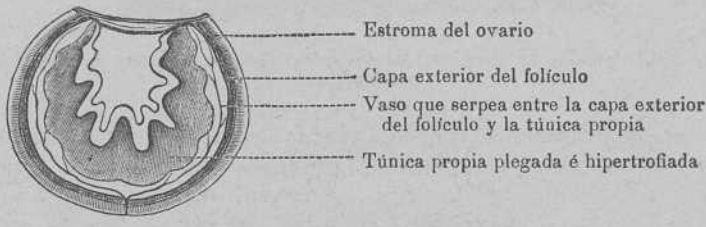
Corte de la mucosa normal del útero, paralelo á su superficie (según Orthmann).

blanda y que tiene de 3 á 6 milímetros de grueso, es eliminado. Aparecen muy manifiestos los orificios de las numerosas glándulas tortuosas de la mucosa uterina; pero sus células se hallan en estado de *degeneración grasienta* y lo mismo el tejido intra-glandular, en las células y en los va-

sos sanguíneos. Pero esta degeneración grasienta y el desprendimiento del tejido degenerado, después de su destrucción, sólo se verifican en las capas superficiales de la mucosa, cuyos vasos desgarrados son los que producen la hemorragia ; las capas más profundas se conservan intactas, y desde ellas parte la reconstrucción de toda la mucosa después de terminado el período menstrual (Kundrat y G. J. Engelmann).

El segundo fenómeno interno, importante, la *ovulación*, se realiza en el ovario ; este se congestiona en alto grado, el folículo más maduro se llena hasta ponerse muy tenso, sobresale de la superficie del ovario, y al fin revientan, desgarrándose con hemorragia, su membrana y la pared que le cubre. Al mismo tiempo el pabellón de la trompa, turgente y en erección por el estado de congestión en que se halla, se aplica de tal modo al ovario, que el huevo arrastrado con el líquido del folículo y con las células de la granulosa que le rodean, puede caminar á lo largo de las franjas del pabellón para penetrar en la trompa. Las células vibrátiles de la trompa y de las franjas, que se mueven en dirección del útero, determinan una corriente, la cual arrastra al huevo hacia el pabellón, llevándole á la trompa. Ducalliez y Küss han conseguido imitar artificialmente la

Figura 335.



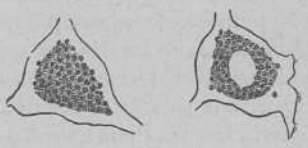
Cuerpo amarillo reciente (según Balbiani).

ingurgitación y aplicación del orificio externo de la trompa al ovario, inyectando los vasos hasta la turgencia. Rouget llama la atención acerca de las fibras musculares lisas de los ligamentos anchos, las cuales, estrechando los vasos al contraerse, habrán de determinar la turgencia de los de la trompa.

Respecto á las relaciones que pueda haber entre la expulsión del huevo y la hemorragia de la mucosa uterina, hay en la actualidad dos opiniones distintas. Pflüger considera al desprendimiento cruento de las capas más superficiales de la mucosa uterina como un *refrescamiento* del tejido (en el concepto quirúrgico) que se realiza fisiológicamente para preparar al útero, á fin de que cuando llegue á él el huevo, se adhiera y fije bien en dicha mucosa, á manera de un ingerto, y pueda después crecer y desarrollarse en el nuevo terreno que se ha implantado. Enfrente de esta opinión hay otra diametralmente opuesta (Reichert, Sigismund, Kundrat y G. J. Engelmann, Williams, Gusserow), según la cual, en condiciones normales, se produce como fenómeno simpático, y antes que se desprenda el huevo del folículo (Reichert), una notable hiperemia, relajación y tumefacción de la mucosa uterina, que recibe, cuando se halla en

este estado, el nombre de *caduca* (decidua) *menstrual*. Según esta opinión, la mucosa uterina se halla entonces en las condiciones convenientes para servir de incubadora á un huevo fecundado que se deposite en ella. Pero si el óvulo no es fecundado y se pierde, por lo tanto, después de pasar á lo largo del aparato sexual, entonces se destruye la mucosa uterina, produciéndose la hemorragia que hemos descrito poco há. Según esto, la hemorragia de la mucosa uterina sería un signo de que no se ha producido preñez; la mucosa se destruye porque no ha podido ser utilizada, y la menstruación sería una señal exterior de que el huevo desprendido no ha sido fecundado. Por consiguiente, la preñez, ó sea el desarrollo del embrión en el útero, datarían, no de la última menstruación, sino de la que no se ha presentado.

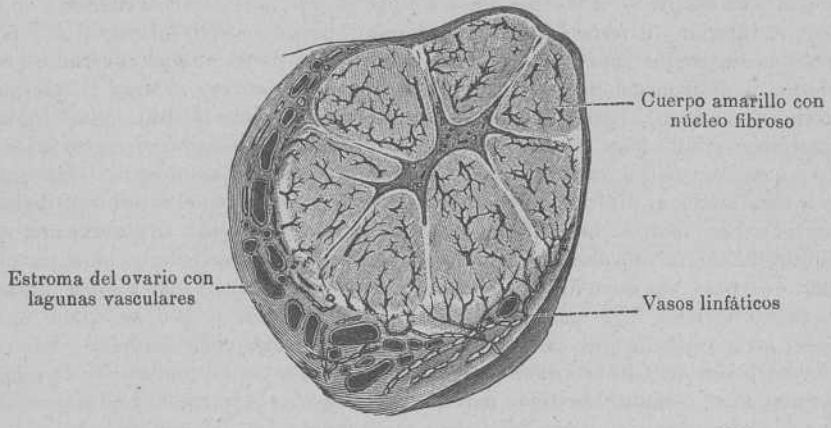
Figura 336.



Células con luteína, procedentes del cuerpo amarillo de la vaca (según His).

En algunos casos pueden presentarse aisladamente la ovulación, por una parte, y la formación de la caduca menstrual por otra. Pero aunque hay motivos para sostener esta nueva opinión, subsiste una dificultad, y es la de explicar cómo en algunos animales, v. gr., la vaca, que tienen placentas con varios cotiledones, se presenta una trasudación sanguínea en el sitio correspondiente á ellos durante la época del celo.

Figura 337.



Cuerpo amarillo de la vaca, aumentado de tamaño vez y media (según His).

Formación del cuerpo amarillo.—El folículo cuyo contenido se ha evacuado se aplasta, quedando en su interior el revestimiento de células de la granulosa y un pequeño derrame sanguíneo, que se coagula muy pronto. Después de absorbido el suero, cicatriza la rasgadura del folículo. Ahora la pared de éste se hace más vascular, se hincha y produce hacia el interior granulaciones á manera de vellosidades constituídas por un tejido conjuntivo joven (fig. 337), rico en capilares y en células; al mismo tiempo penetran leucocitos en la cavidad del folículo. Pero además proliferan las células de la granulosa, formando capas concéntricas, hasta que por fin, después de haberse obliterado un gran número de vasos, se llenan dichas

células, como signo de degeneración grasienta, de *luteína* (fig. 336) y de *grasa* (*cuerpo amarillo*). La cápsula del folículo se va confundiendo poco á poco con el estroma del ovario. Si después de la menstruación no ha sobrevenido preñez, pronto se absorbe la grasa formada y se transforma el coágulo sanguíneo (§ 25) en hematoidina y en otros derivados pigmentarios, reduciéndose uniformemente el cuerpo amarillo en el espacio de cuatro semanas, hasta no quedar de él más que un residuo insignificante. A este cuerpo amarillo que queda cuando no sobreviene embarazo, se le llama *cuerpo amarillo falso*. Pero cuando hay preñez, sucede que, en armonía con el mayor incremento que adquieren los procesos formativos, aumenta mucho el tamaño del cuerpo amarillo (sobre todo en los meses tercero y cuarto); se engruesa la pared y se acentua el color del mismo de tal manera, que en la época del parto todavía tiene unos 6 á 10 milímetros de diámetro, y sus restos se pueden reconocer hasta después de algunos años. El cuerpo amarillo que queda después de un embarazo se le llama *cuerpo amarillo verdadero* (Bischoff) (fig. 337).

438. Erección.

Los conocimientos que poseemos acerca de la distribución de la sangre en el interior del pene, los debemos principalmente á los trabajos de C. Langer. La albugínea de los cuerpos cavernosos consta de tejido conjuntivo tendinoso, tejido elástico de mallas apretadas y *fibras musculares lisas*, formando una cubierta *fibrosa* y fuerte, de la cual se dirigen al interior del pene innumerables trabéculas de la misma estructura, por virtud de las cuales el tejido de los cuerpos cavernosos se parece al de una esponja. Las lagunas ó cavidades formadas de este modo, y que se anastomosan entre sí, constituyen un laberinto de senos venosos, que están revestidos de endotelio. De estos senos ó espacios, los mayores se encuentran en la porción inferior y externa del cuerpo cavernoso, para disminuir en magnitud y número en su porción superior. Las *arterias* pequeñas de un cuerpo cavernoso provienen de un tronco de la *arteria profunda del pene* que corre á lo largo del tabique medio y caminan, siguiendo un curso muy tortuoso, sobre las trabéculas. De las ramitas arteriales finas, algunas *comunican directamente con los grandes senos venosos* en la porción cortical de los cuerpos cavernosos; también se observan esta clase de comunicaciones directas entre arterias y senos venosos en el interior de dichos cuerpos. Pero tanto en la periferia, como en el interior de éstos, se observa una ramificación capilar que desemboca en los espacios venosos. [Las arterias helicinas del pene descritas por Juan Müller no son más que ramas encorvadas y sobrepuestas de asas arteriales inyectadas de un modo más ó menos completo, las cuales aparecen así á causa de que las trabéculas están dispuestas como cordones]. Las *venas profundas del pene* se forman en el interior de éste por la confluencia de ramitas muy finas. Además, también parten de los espacios cavernosos ramas venosas que se dirigen hacia el dorso del pene y que terminan en la *vena dorsal* de éste. Como quiera que estas ramas venosas tienen que atravesar por las mallas de la red vascular que hay en la porción periférica de los cuerpos cavernosos, es evidente que cuando se estrechen estas mallas por estar muy llenas de sangre las redes que las forman, habrán de comprimir á las ramitas venosas que pasan por dichas mallas. El cuerpo esponjoso de la uretra consta en su mayor parte de una capa externa de venas muy juntas, anastomosadas entre sí, y que rodean á los vasos de la uretra, cuya dirección es más longitudinal.

En el perro, todas las arterias del pene se dirigen desde luego á su superficie, donde se dividen en forma de penacho. De las asas capilares de las papilas parten las venas que llevan la sangre á los espacios cavernosos. Es muy poca la sangre

que se dirige á estos espacios por los capilares y las venas internas, y nunca se vierte la sangre arterial directamente en dichos espacios (M. v. Frey).

La *erección* del pene proviene de un mayor aflujo de sangre á sus vasos, con lo cual aumenta su volumen cuatro ó cinco veces, se eleva su temperatura y sube la presión sanguínea en dichos vasos hasta llegar á un sexto de la carótida (Eckard), marcándose al principio un movimiento pulsátil; además, el pene adquiere una dirección cóncava hacia arriba correspondiente á la de la vagina.

Ya Regner de Graaf consiguió poner en erección completa el pene de un cadáver inyectando sus vasos sanguíneos (1668).

El *fenómeno inicial* consiste en un aumento considerable del aflujo de sangre arterial, por virtud del cual las arterias se dilatan y laten con más fuerza. Este fenómeno es producido por los nervios erectores que provienen, sobre todo, del segundo nervio sacro (rara vez del tercero) (perro) y presentan en su trayecto células ganglionares (Nikolsky). Estos nervios vasculares, que pertenecen á la categoría de los vaso-dilatadores, pueden ser estimulados en parte *por vía refleja* por la excitación de los nervios sensitivos del pene; en este caso la excitación es transmitida al centro erector de la médula espinal (Comp. § 364. 4). También puede ser provocado este acto reflejo por las excitaciones sensitivas que determinan en el aparato genital los movimientos voluntarios; basta para ello la idea de que dichas excitaciones se produzcan en el pene. [Los nervios erectores inervan también las fibras longitudinales del recto (Fellner)].

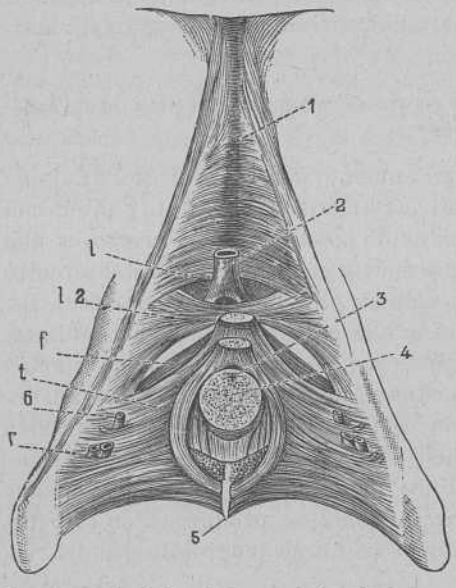
Pero el centro erector de la médula (§ 364. 4) está subordinado, como es natural, al centro vaso-dilatador superior que hay en el bulbo raquídeo (§ 374), y desde el que parten en dirección descendente fibras que le unen á dicho centro erector. De ahí que toda excitación de la médula en un punto situado por encima de dicho centro, produzca la erección (§ 364. 4); v. gr., la originada por la sangre asfíxica ó por la muscarina (Nikolsky), observándose también este hecho en las enfermedades de la médula.

Finalmente, la *actividad psíquica del cerebro* ejerce una influencia positiva en los vaso-dilatadores del aparato genital. Del mismo modo que la ira y el rubor producen dilatación de los vasos de la cabeza por excitación psíquica de los vaso-dilatadores respectivos, así también cuando la imaginación se dirige á la esfera sexual, actua sobre los nervios erectores. Esta acción del cerebro ya se nos ha hecho más comprensible desde que conocemos la influencia que ejerce la corteza cerebral (§ 379) sobre las dilataciones locales de los vasos. Las fibras nerviosas, con cuya irritación observó Eckhard que se producía la erección del pene (§ 364. 4), se dirigen probablemente desde la substancia cortical del cerebro por los pedúnculos y el puente de Varolio.

Una vez iniciada la erección por la fluxión arterial, ya puede alcanzar su completo desarrollo, gracias á la contracción de los siguientes músculos estriados: 1.° El músculo *isquio-cavernoso* (fig 96. tomo I, pág. 330),

que, insertándose en la tuberosidad isquiática, rodea en forma de asa á la raiz del pene con su unión tendinosa ; al contraerse comprime dicha raiz desde arriba y lateralmente, de tal manera que impide el reflujo de la sangre venosa del mismo (Varolio, 1573). Pero no puede actuar sobre la vena dorsal del pene porque ésta se halla alojada en el surco dorsal del mismo, y está protegida de este modo contra la compresión ejercida por el tendón de dicho músculo. 2.° El *músculo transversal profundo del periné* está atravesado por las venas profundas del pene que vienen de los cuerpos cavernosos, y que se dirigen después á las venas pudendas internas y al plexo de Santorini. Así que, cuando se contrae este músculo, tiene que comprimir á las venas entre sus fibras, tensas en dirección horizontal (fig. 338. 6) (Henle). 3.° Por fin, también contribuye á dar rigidez al cuerpo esponjoso de la uretra el músculo *bulbo-cavernoso*, porque comprime el bulbo de la uretra (fig. 332. 5 y fig. 96, tomo I, pág. 330). Todos estos músculos pueden contraerse en parte voluntariamente, con lo cual se pronuncia más la erección ; pero en circunstancias normales se produce su contracción por excitación refleja que parte de los nervios sensitivos del pene (§ 364. 4).

Figura 338.



Pared anterior de la pelvis, con el elevador del ano (vistos por delante) (según Henle). El cuerpo esponjoso de la uretra, 4, con este conducto, 3, están cortados á través después de salir de la pelvis : 1. Sínfisis pubiana. — 2. Vena dorsal del pene.— 5. Porción del músculo bulbo-cavernoso que sobresale del tabique perineal.—*t*, Músculo transversal profundo del periné con su fascia. — 6. Vena profunda del pene. — 7. Arteria y vena bulbo-cavernosas.

La estancación venosa en el pene, no es completa, pues de lo contrario, debiera sobrevenir gangrena del mismo en los casos patológicos de erección permanente (priapismo, satiriasis). Dicha estancación es favorecida por la circunstancia de que el origen de las venas del pene se encuentra en los mismos cuerpos cavernosos, de manera que al endurecerse éstos, las habrán de comprimir. Además, en las gruesas venas del plexo de Santorini, se encuentran fibras musculares lisas, á manera de trabéculas, las cuales al contraerse, sobresalen en el interior de las venas como travesaños que dificultan en parte la circulación de la sangre en dichos vasos.

El hecho de que la erección, como acto motor complicado, depende del sistema nervioso, lo demuestra el experimento de Hausmann, quien observó que no se producía en los caballos después de haber cortado los nervios del pene. La erección que se produce *en la mujer* es incompleta y afecta á los cuerpos cavernosos del clítoris y á los bulbos de la vagina. Durante la erección está interrumpida la comu-

nicación entre la uretra y la vejiga, parte á causa de la tumefacción del verumontanum, y parte por la contracción del músculo esfínter de la uretra que está en conexión con el músculo transversal profundo del periné.

439. Eyaculación.

En la emisión del esperma hay que distinguir dos tiempos: 1.°, su paso desde el testículo hasta las vesículas seminales, y 2.°, la eyaculación propiamente dicha. En el primer tiempo camina el esperma, en parte, de un modo contínuo á causa de la producción de nuevas cantidades de esta secreción, por los movimientos del epitelio vibrátil (desde el epidídimo hasta el principio del conducto deferente), y por el movimiento peristáltico y paulatino del mismo conducto deferente provisto de una robusta capa muscular.

Sin embargo, para que se inicie la eyaculación, es necesario un movimiento peristáltico más enérgico de los conductos deferentes y de las paredes musculosas de las vesículas seminales. Este movimiento es provocado de un modo reflejo por la excitación del centro eyaculador que hay en la médula espinal (§ 364. 5). Tan pronto como penetra el esperma en la uretra, gracias á este movimiento, la excitación mecánica producida por la distensión de este conducto, provoca una contracción rítmica del músculo bulbo-cavernoso, que lanza enérgicamente al esperma fuera de la uretra. No siempre vierten su contenido en la uretra al mismo tiempo las dos vesículas seminales y los dos conductos deferentes; cuando la excitación es moderada, sólo se vacía uno de estos receptáculos. A la vez que el músculo bulbo-cavernoso, se contraen también el isquio-cavernoso y el transversal profundo del periné; pero estos músculos no influyen en la eyaculación propiamente dicha.

También en la mujer se produce en circunstancias normales un fenómeno motor de origen reflejo, que corresponde á la eyaculación, en el momento más álgido de la excitación sexual (Herófilo). Este fenómeno está constituído por movimientos análogos á los del hombre. En primer lugar, y como acto reflejo provocado por la excitación de los nervios genitales, se produce un movimiento peristáltico de las trompas y del útero, desde el pabellón de las primeras, hasta la porción vaginal del segundo. [También Dembo vió presentarse en los animales contracciones generales del útero cuando irritaba la porción anterior y superior de la vagina]. Con este movimiento, que corresponde al peristáltico de los conductos deferentes del hombre, cierta cantidad de la secreción mucosa que humedece normalmente la cara interna del útero, es expulsada á la vagina. A este movimiento sigue la contracción rítmica del constrictor de la vagina (análogo al bulbo-cavernoso), cuya contracción va acompañada de la de los insignificantes músculos, isquio-cavernoso y transversal profundo del periné. Con la enérgica contracción de la matriz, rica en fibras musculares, y de sus musculosos ligamentos redondos, se endereza el órgano y se hunde y desciende en la vagina, con lo cual, al mismo tiempo que es expulsado el moco uterino, cada vez se reduce más en sus dimen-

siones la cavidad de la matriz. Cuando después de pasada la excitación sexual, vuelve el útero poco á poco á su estado de relajación y de reposo, aspira hacia su cavidad el esperma que ha sido proyectado hacia su orificio (Aristóteles, Bischoff, Litzmann, Eichstedt).

Por lo demás, de ningún modo es preciso que el útero se enderece de este modo en el momento de la excitación sexual, para dar entrada al esperma y facilitar la fecundación (Aristóteles). En efecto, los espermatozoos pueden penetrar también, gracias á sus movimientos propios, y desde el hocico de tenca, por el filamento de moco transparente que cuelga generalmente desde la cavidad uterina por el conducto cervical (Kristeller). Más aún; los hechos observados de preñez sin intromisión del pene, por existir obstáculos patológicos que la impedían (Guillemeau, 1589), tales como adherencias parciales de la vulva ó de la vagina, demuestran que los espermatozoos pueden llegar hasta el interior del útero, después de haber recorrido toda la vagina.

440. Fecundación del huevo.

La fecundación del huevo es debida á la penetración de *un* espermatozoo en su interior.

Desde Swammerdam (muerto en 1685) se sabe que para la fecundación es necesario el contacto del huevo con el semen, ó sea con los *filamentos espermáticos* (Spallanzani, 1768), que penetran en el huevo, según Hartsoecker (1730). Barry vió (1850) cómo se introducían los espermatozoos en el huevo del conejo. Este fenómeno se realiza con una rapidez bastante grande, y el espermatozoo, al penetrar por la cubierta del huevo, la perfora como una barrena (Leuckart). Esta penetración se efectua á veces por *conductitos porosos* que acaso existan ó por el *micropilo* (Keber) (pág. 501).

La superficie pegajosa del huevo, facilita por de pronto la adherencia á éste del espermatozoo. Enfrente del punto donde la cabeza del espermatozoo se pone en contacto del vitellus, se forma una eminencia á manera de cono. Tan pronto como ha penetrado un espermatozoo en el vitellus, parece que se trata de evitar la entrada de otros, puesto que de la superficie del vitellus se levanta una membrana resistente, la *membrana vitelina*, que detiene el paso á nuevos invasores, á manera de pared de defensa (Selenka). Sin embargo de esto, en los huevos meroblásticos (selacios, reptiles, insectos y otros), es normal la penetración de varios espermatozoos para la fecundación del huevo : *polispermia* (Rückert, etc.).

La fecundación se realiza : ó en el *ovario*, como lo demuestran los casos de preñez abdominal, ó en la *trompa*, donde existen numerosas anfractuosidades de la mucosa, que ofrecen á los espermatozoos residencia adecuada (la existencia de preñeces tubarias, demuestra que aquí se puede también realizar la fecundación). Según esto, el esperma puede caminar desde el útero por las trompas hasta el ovario; recorrido que se verifica probablemente, gracias á los movimientos de los mismos espermatozoos. No está averiguado si contribuyen á este acto los movimientos peristálticos del útero y de las trompas; pero desde luego no pueden influir las pestañas vibrátiles, puesto que su movimiento se dirige hacia el exterior. Si el huevo llega sin fecundar á la matriz, ya no puede ser fe-

cundado en este punto. Se cree que el huevo expulsado del ovario tarda dos á tres semanas en llegar al útero (en la perra, de ocho á catorce días).

FECUNDACIONES MÚLTIPLES.—Se observan: una fecundación doble por 87 sencillas (la proporción es mayor en los países cálidos); 1 triple por 7600; 1 cuádruple por 330.000. No se sabe de ningún caso en que hayan nacido más de seis gemelos en la especie humana. El término medio de embarazos por cada mujer es de cuatro y medio.

SUPERFECUNDACIÓN. — Se entiende con este nombre á la fecundación de dos huevos procedentes de la misma menstruación, en dos cópulas diferentes. Así, una yegua puede parir de una vez un potro y un mulo, si ha sido cubierta sucesivamente por un caballo y un asno. Así también, se han visto á algunas negras tener dos gemelos, uno negro y otro blanco. Pero si la nueva fecundación se verifica en una época más adelantada de la preñez, como en el segundo ó el tercer mes (de lo cual ya el Talmud refiere un ejemplo), entonces se trata de un caso raro de SUPERFETACIÓN. Mas esto sólo es posible cuando el útero sea doble y persista la menstruación hasta la época de la segunda fecundación. Ya Hipócrates explicaba la superfetación por la existencia de dos cuernos uterinos, cada uno de los cuales alberga un feto, y según Aristóteles, este caso sería frecuente en la hembra de la liebre. Con un útero sencillo no es posible la superfetación, porque durante la preñez, está obstruído el conducto cervical con un tapón de moco, como ya lo sabía Herófilo; esto aparte de que generalmente cesa la menstruación.

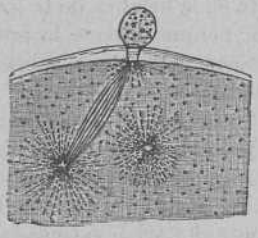
HIBRIDISMO. — La *fecundación* es posible aún entre *especies próximas*: caballo, asno, cebra; perro, chacal, lobo; cabra, rebeco; especies diversas de llama; camello, dromedario; tigre, león; especies diversas de faisanes; especies diversas de pinzones; ganso, cisne; carpa, carasino; diversas especies de gusanos de seda. La mayor parte de los híbridos son estériles sobre todo porque el macho no tiene espermatozoos bien desarrollados; en cambio, las hembras híbridas pueden ser fecundadas por machos de las dos especies de que proceden; así sucede, v. gr., con la mula (Aristóteles), pero la descendencia vuelve á ser de la misma especie que alguno de los padres. Pocos son los híbridos que, como los del perro, pueden procrear entre sí. En diversas especies de ranas, la causa de que fracasen á menudo las tentativas de este género, consiste en obstáculos mecánicos que se oponen á la penetración del espermatozoo en el huevo. Este sólo puede ser fecundado por aquellos espermatozoos que son más delgados y más vigorosos en sus movimientos que no los de otra especie. Por eso es casi siempre unilateral la posibilidad de obtener descendientes de dos especies distintas (Pflüger y Smith). En algunos anfibios se consigue la fecundación para formar híbridos, pero el desarrollo de estos no pasa de los primeros períodos. Semejante fenómeno parece provenir de que sólo llega á actuar parte de un espermatozoo que ha penetrado en el huevo de un modo incompleto (Pflüger). Según O. y R. Hertwig, en los equinodermos se obtienen los híbridos con tanta más facilidad, cuanto más vivos son los espermatozoos y más debilitados se encuentran los huevos.

El huevo que proviene del folículo reventado de un ovario, puede pasar, por excepción, á la trompa del *otro lado*, como así lo demuestran los casos de preñez tubaria y de embarazo dentro de un cuerno rudimentario que existía como un hecho anormal, mientras el cuerpo amarillo verdadero se encontraba en el ovario del *lado opuesto* (*emigración exterior*) (Kussmaul, Leopold). De acuerdo con estos hechos, se ha observado tam-

bién que, cuando se inyectan en la cavidad abdominal líquidos cargados de granulaciones, tales como la tinta de China, penetran hasta la matriz por las *dos* trompas gracias al movimiento vibrátil (Pinner). En los animales pueden pasar también los huevos de un cuerno uterino al otro, saliendo por uno de los dos orificios del hocico de tenca y volviendo á entrar por el otro (*emigración interna*).

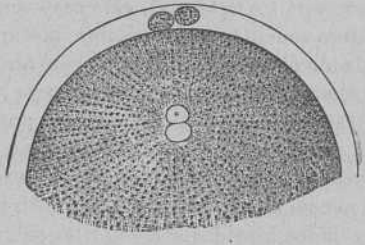
La primera modificación particular que se realiza en el huevo maduro, afecta á la *vesícula germinativa;* ésta se acerca á la superficie del huevo, experimenta una metamórfosis regresiva, y de sus restos, sobre todo de la mancha germinativa, se forma un cuerpo alargado, el *huso nuclear*. Alrededor de cada polo de este huso se agrupan los elementos granulosos del vitellus protoplasmático, adoptando en cada uno de ellos una forma radiada particular (*doble estrella*, *amphiaster*, Fold). Después de esto, el *polo periférico* del núcleo ovular, así modificado, emerge de la superficie del ovario juntamente con un poco de substancia celular del huevo, se estrangula en su unión con el huevo y se desprende de éste como

Figura 339.



Huevo de scorpaena scrofa. La vesícula germinativa expulsa un glóbulo polar y se vuelve como núcleo ovular hacia el centro del huevo; el núcleo espermático se acerca á ella.

Figura 340.



Huevo de una estrella de mar (asteracanthion) con dos glóbulos polares ya desprendidos por completo, el núcleo espermático y el ovular están en contacto.

un cuerpecito que es expulsado á la manera de un producto de desecho (fig. 329. VI y VII). Esta eliminación se repite después por segunda vez, y los dos cuerpos desprendidos de este modo, que ya no pueden ser utilizados para el desarrollo y crecimiento del huevo, reciben el nombre de *corpúsculos de dirección* ó *glóbulos polares* (figs. 339 y 340). La porción de la vesícula germinativa que ha quedado en el vitellus, permanece en éste, dirigiéndose otra vez hacia el centro del huevo, y formando así el *núcleo ovular* (O. Hertwig, Fol, Selenka) ó *pronúcleo femenino* (F. van Beneden).

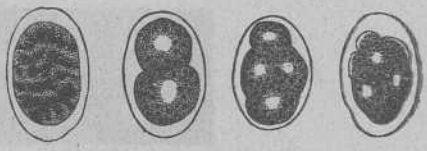
El espermatozoo que ya ha penetrado en el huevo se mueve en dirección del núcleo ovular; su cabeza se rodea entonces de una corona radiada, desapare ce su pestaña, y la cabeza, única parte que queda, se hincha hasta co nvertirse en un segundo núcleo llamado *núcleo espermático* (O. Hertwig) ó *pronúcleo masculino* (Fol, Selenka). Ahora se funden los dos núcleos, ovular y espermático, para constituir el *nuevo núcleo del huevo fecundado*. Con esto, el vitellus adquiere un aspecto radiado (figura 340).

O. Hertwig y Fol observaron (en equinodermos) el hecho notable de que se forman varios séres en un solo huevo cuando, como fenómeno anormal, penetran varios espermatozoos en el mismo. Entonces el pronúcleo masculino, correspondiente á cada uno de los espermatozoos, se funde con un fragmento del pronúcleo femenino que se ha segmentado. En los batracios se ha observado en estas condiciones una segmentación anormal no seguida de desarrollo ulterior (Born).

441. Segmentación.—Morula.—Blastula.—Gastrula.—Formación de las hojas del blastodermo.—Primer esbozo del embrión.

En el huevo así fecundado se retrae un poco la masa de vitellus, agrupándose en derredor del núcleo recién formado, y separándose algo de la membrana vitelina; á esta fase siguen: primero la división del núcleo y después la del vitellus en dos esferas nucleadas. Este proceso, llamado *segmentación total*, se repite en estas dos esferas, según el tipo de la división celular, de tal manera, que se forman 4 esferas, luego 8, después 16, 32, etc. La división no termina hasta que todo el vitellus se ha fragmentado en numerosas esferitas nucleadas, las *esferas de segmentación* ó *células primordiales* protoplasmáticas y sin membrana, cuyo diámetro es de 20 á 25 μ. El vitellus está compuesto, por lo tanto, en esta fase de un montón de células primordiales apelotonadas, y recibe entonces el nombre de *morula* ó esfera muriforme (Häckel).

Figura 341.



Primeras fases de segmentación del huevo del anquilostomo duodenal.

Dedúcese de las observaciones de van Beneden que á cada esfera de segmentación pasan elementos de ambos pronúcleos, masculino y femenino, de tal manera, que *todas las células del cuerpo proceden de ambos materiales generadores, del macho y de la hembra*, con lo cual se explica el hecho de la *herencia* de los caracteres de los dos organismos, paterno y materno.

Según Roux, el primer surco de segmentación (rana) tiene la misma dirección, en condiciones normales, que el sistema nervioso central; el segundo corta perpendicularmente al anterior, dividiendo la masa ovular en dos mitades desiguales, de las que la mayor es la que sirve para formar la porción cefálica del embrión.

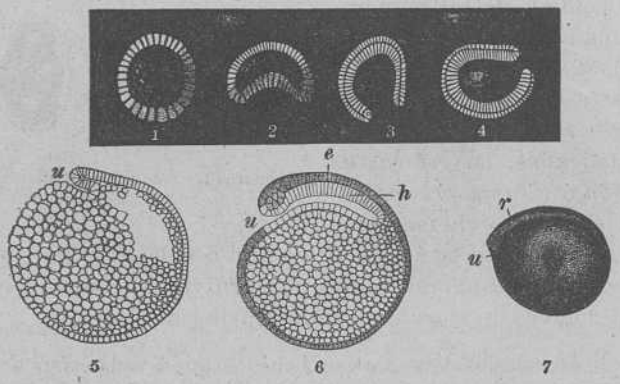
A todo esto el huevo ha aumentado de tamaño, porque se ha ido reuniendo líquido en su interior; las células se aplican unas contra otras, adquiriendo una forma poliédrica y formando una vesícula, la *vesícula blastodérmica*, que está envuelta por la zona pelúcida (Reg. de Graaf, v. Baer, Bischoff, Coste).

Este estado, que Reichert llama *fase vesicular*, lo alcanza el huevo humano hacia el día décimo á décimosegundo; el del conejo, el cuarto; el del cochinillo de Indias, á los tres y medio; el gato, el séptimo; el perro, el décimoprimero; el zorro, el décimocuarto; los rumiantes y paquidermos, el décimo á décimosegundo, y el corzo á los sesenta. En algunos animales, como el conejo, se rodea además la zona de una capa de albúmina (Bischoff).

La *vesícula blastodérmica*, que también recibe el nombre de *blástula* (Haeckel), como una fase típica que es en la marcha evolutiva de un gran número de especies animales, aparece, según hemos dicho, como una vesícula compuesta de una sola capa de células, tal como está representada en un corte ideal en la fig. 342. 1 (amphioxus).

El proceso formativo que sigue á la fase anterior, es muy importante y consiste en el desarrollo de una formación hueca, procedente de la blástula, y cuya pared consta de una *capa celular doble*. Donde mejor se estudia esta transformación es en el huevo del acanturo (amphioxus). En efecto, se observa en este caso que la pared de la blástula se deprime en un punto hacia la cavidad de la vesícula (fig. 342. 2), hundiéndose cada vez más hasta que la capa celular invaginada hacia adentro toca á la del lado opuesto (3). Al mismo tiempo se va estrechando más y más el orificio de invaginación.

Figura 342.



1 á 4, Formación del hipoblasto por invaginación de la blastula engendrándose de este modo la gastrula en el amphioxus.— 5, Comienzo, y 6, ulterior desarrollo del hipoblasto por invaginación en el petromyzon: *u*, blastoporo (boca primitiva). — *e*, epiblasto. — *h*, hipoblasto (corte vertical). — 7, Vista lateral del huevo en esta fase evolutiva: *u*, blastoporo. — *r*, surco dorsal ó medular (según Kupffer).

A esta fase del desarrollo se la denomina *gastrula* (Haeckel); la capa celular externa es el *estodermo ó epiblasto;* la interna el *entodermo ó hipoblasto*; la abertura recibe el nombre de *blastoporo* ó boca primitiva y la cavidad interior el de *intestino primitivo*. En los vertebrados llega á cerrarse por completo el blastoporo en las fases ulteriores del desarrollo.

En ciertos radiados y gusanos se encuentran larvas con una forma completamente análoga á la gastrula, las cuales se mueven con toda independencia en el agua y se alimentan por la boca primitiva lo mismo que los celenterados (tomo I, pág. 404).

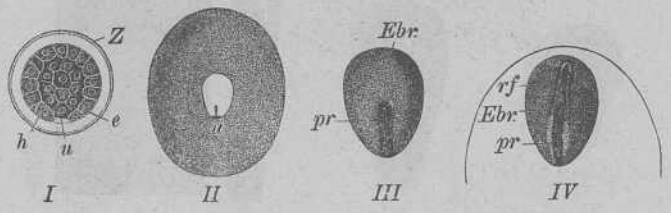
También se estudia muy bien la formación del hipoblasto (*h*) por invaginación de la zona del blastoporo de un modo análogo al descrito, en ciertos peces, como las lampreas (petromyzon). Las figuras 342, 5 y 6 dan una idea de este proceso evolutivo en un corte transversal ideal, según Kupffer. En ellas se ve cómo se efectua la invaginación á partir del blas-

DR. PEREZ ARAPILES
c/ Lancia núm. 12, 2.º
Teléfono 20 85 19
LEON

toporo (*u*) y cómo de este modo se sobreponen en forma de capas el epiblasto *e* y el hipoblasto *h*, apareciendo colocada debajo de este último la cavidad intestinal primitiva. (También en los bactracios se verifican estos procesos de un modo bastante parecido al expuesto).

Parece justificado interpretar del mismo modo las primeras fases evolutivas análogas del huevo de los mamíferos. Según van Beneden, el óvulo, en cuanto se segmenta por completo, también presenta *dos capas celulares*, á saber: el epiblasto (fig. 443. I. *e*), que está aplicado inmediatamente á la zona pelúcida Z, y el hipoblasto *h*. También en este caso conduce el blastoporo *u* á la cavidad interior del huevo. Cuando el huevo de conejo adquiere un diámetro de 2 milímetros, aparece en un punto del mismo una mancha larga y oval llamada *mancha germinativa* (*área germinativa* ó *embrionaria*) (Coste, Kölliker). Un examen más detenido permite apreciar en el borde de la misma un puntito alargado (II. *u*), del que parte la duplicación de la capa celular de la vesícula germinativa, y al que, por lo tanto, bien puede dársele el nombre de blastoporo, La capa celular inferior (hipoblasto) se extiende por de pronto á

Figura 343.



I, Huevo de conejo, según van Beneden: Z, zona pelúcida. — *e*, epiblasto. — *h*, hipoblasto. — *u*, blastoporo.—II, Huevo de conejo con el area embrionaria (transparente); en *u* se reconoce la primera formación de la línea primitiva ó blastoporo. — III, *Ebr*, área embrionaria de un huevo de conejo un poco más viejo. — *pr*, línea primitiva con el surco primitivo. — IV, Fase algo más adelantada del desarrollo (siete días); en el área embrionaria (*Ebr*) ya se encuentra por encima de la línea primitiva, el primer esbozo del surco dorsal ó medular (según Kölliker).

la zona de la mancha embrionaria; pero el crecimiento de la misma continua sin interrupción avanzando en todas direcciones, hasta que por fin se duplica toda la vesícula blastodérmica. El sitio del blastoporo (II. *u*) se va modificando hasta convertirse en la llamada *línea primitiva* (III. *pr*), la cual aparece al principio como un engrosamiento redondo y alargado (Hensen) y después como una línea ó lista con un surco longitudinal.

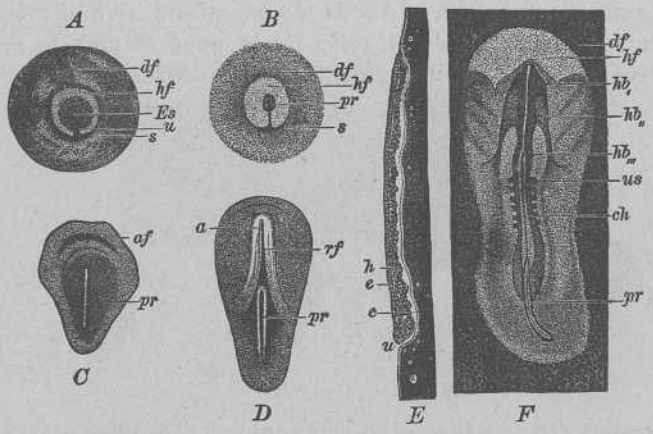
La línea primitiva es una formación transitoria, como también lo es, en general, el blastoporo en los vertebrados. Verdad es que todavía existe cuando ya aparece por delante de ella el surco medular en el epiblasto (IV. *rf.*), pero luego ya va desapareciendo poco á poco como veremos después.

La mancha ó área embrionaria va cambiando de forma y en vez de la *piriforme* que tiene al principio, adopta la de un *bizcocho*. Las partes de la vesícula blastodérmica que rodean al esbozo del embrión se hacen más transparentes, de tal manera que forman en su derredor una *área*

transparente rodeada á su vez de una *área opaca*. En esta época la *zona pelúcida* presenta en su superficie numerosas *vellosidades* pequeñas, sin estructura, huecas y no ramificadas al principio (fig. 346. I y VII) convirtiéndose de este modo en el llamado *corion primitivo*.

Más tarde, se interpone entre el epiblasto y el hipoblasto, y á partir de la línea primitiva una nueva capa de células, el *meroblasto*, ó mesodermo (fig. 346. I) que no tarda mucho en ocupar la zona del área embrionaria, y se extiende después por la vesícula blastodérmica. Con el tiempo se forman en el interior del mesoblasto, vasos cuya zona de distribución en la vesícula blastodérmica recibe el nombre de *área vascular*.

Figura 344.



A, Disco blastodérmico del huevo de gallina en las primeras horas de la incubación (según Koller): *df*, área ópaca.—*hf*, área transparente.—Es, área embrionaria.—*u*, punto desde donde se forma el hipoblasto por invaginación, ó sea el blastoporo (boca primitiva) que aparece debajo en forma de hoz ó media luna (*s*).—B, Fase más avanzada de desarrollo.—*pr*, línea primitiva — E, Corte longitudinal del disco blastodérmico de un huevo de ruiseñor, en esta fase del desarrollo (según Duval). — *u*, blastoporo. — *e*, epiblasto. — *h*, hipoblasto, y debajo de él la cavidad del intestino primitivo, *c*. — C, Línea primitiva bien desarrollada con el surco primitivo *pr*, y delante de ella el primer esbozo del repliegue amniótico *af*. — D, Por delante de la línea primitiva *pr*, se forma el surco medular *rf*, (dieciocho horas, según Balfour). — F, Embrión de pollo de treinta y tres horas (según Duval), en el cual ya se halla en regresión la línea primitiva, *pr*.—*df*, área opaca.—*hf*, área transparente.—hb_{I} hb_{II} hb_{III} las tres vesículas cerebrales primarias. — *us*, proto-vértebras. — *ch*, cuerda dorsal.

No pocas dificultades ha costado encontrar formaciones análogas á las que acabamos de describir, en los huevos *meroblásticos*, v. gr., en los de ave.

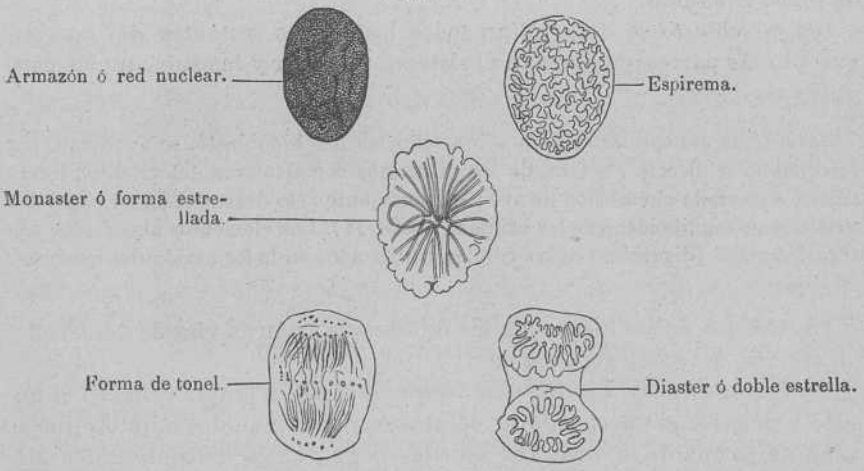
En efecto, en estos huevos comienza por no verificarse más que una *segmentación parcial*, puesto que sólo el vitellus blanco, en la zona de la galladura ó cicatrícula, es el que se divide en numerosas células primitivas por un proceso de segmentación, análogo, fuera de esto, al de los huevos de mamíferos (Coste, 1848, Kölliker). Las células así engendradas forman en la superficie del vitellus el *blastodermo*, y más tarde se agrupan también en *dos* capas superpuestas, delgadas y circulares, las llamadas *hojas del blastodermo*. De estas dos capas, la superior, ó *epi-*

blasto, es la mayor y contiene células pálidas y pequeñas, mientras la inferior ó *hipoblasto* es menor, al principio no forma un todo continuo (His) y sus células son mayores y con granulaciones obscuras.

El examen del disco germinativo en las primeras horas de la incubación, permite apreciar ciertas particularidades que revelan la existencia de procesos análogos para la formación del hipoblasto á los que se observan en los huevos holoblásticos.

En efecto, también se ha encontrado en el disco germinativo del huevo de las aves una formación que corresponde al blastoporo (fig. 344, A. *u*), el cual al principio es muy pequeño y aparece en forma de hoz en la zona inferior. Este blastoporo se va alargando poco á poco, hasta convertirse en la línea primitiva (B, C, *pr*), que indudablemente corresponde á la línea análoga del huevo de los mamíferos. El examen de un

Figura 345.



Fases de la división indirecta del núcleo, según Flemming. En la figura sólo están representados los núcleos.

corte longitudinal de las dos hojas del blastodermo, en este primer período, demuestra que también en el huevo del ave debe considerarse formado el hipoblasto de resultas de la invaginación del blastoporo. La figura 344 E, representa semejante corte antero-posterior del disco germinativo de un huevo de ruiseñor : se ve como la hoja inferior del blastodermo *h*, parece como si hubiese sido deslizada por debajo del epiblasto, á partir del blastoporo, *u*. Ambas hojas descansan sobre la cavidad del intestino primitivo, *c*, llena de líquido.

El *mesoblasto* se forma, por lo tanto, entre el epiblasto y el hipoblasto, á partir de la línea primitiva y como un producto de la proliferación celular del ectodermo (Kölliker), que se desliza, creciendo en sentido periférico, por entre dichas dos hojas blastodérmicas. Estas tres hojas se colocan por su magnitud en el crecimiento de tal manera, que la superior es la mayor, la media es la segunda por sus dimensiones, y la inferior la menor. Todas tres continuan creciendo por su periferia. Como en la hoja

media se desarrollan vasos, siempre se distingue su borde fácilmente por el *seno* que en él se encuentra y que más tarde será la *vena terminal*. El borde de la hoja superior encierra el área vitelina blanco-amarillenta y ondulosa; y el de la media, el área vascular; el embrión se encuentra en un punto claro, transparente y en forma de bizcocho del área pelúcida. Como al fin las tres hojas crecen hasta rodear todo el vitellus, se ponen en contacto sus bordes en el polo del huevo opuesto á aquel donde se encuentra el embrión.

Según esto, en todos los vertebrados se desarrollan las tres hojas del blastodermo.

Del *epiblasto* derivan el sistema nervioso central y las formaciones epidérmicas, así como los epitelios de los órganos de los sentidos.

Del *hipoblasto* se forma el revestimiento epitelial del conducto intestinal, comprendiendo además las células de las glándulas que provienen de dicho conducto.

Del *mesoblasto* se desarrollan todos los tejidos restantes del cuerpo, excepto las partes que forman el sistema vascular y las substancias conjuntivas.

Las células del epiblasto, pero sobre todo las del hipoblasto, se apoderan, por incorporación directa y activa, de los principios constitutivos del vitellus, mientras se desarrolla el embrión de ave; en semejante acto desempeñan su papel los movimientos amiboideos de las células (§ 193. II). Los elementos absorbidos son transformados (digeridos) en las células y utilizados en la formación del nuevo sér (Kollmann).

La *división de las células* de los tejidos que están en vías de desarrollo, se verifica del modo siguiente:

Se distinguen: 1.° La *división celular directa* en la que primero el núcleo y después el cuerpo de la célula, se dividen en dos mitades que se separan la una de la otra. Tal sucede, v. gr., en la división de los glóbulos rojos embrionarios. 2.° *División celular indirecta*, ó división mitósica (carioquinesis). En este proceso, la red delicada de filamentos finos (*red ó armazón nuclear*) que existe en el núcleo, se convierte al principio en un filamento apelotonado, formando muchas vueltas (*espirema*), mientras desaparecen el nucleolo y la membrana del núcleo. Después se parte el filamento en muchos trozos, los cuales se doblan todos ellos formando asas y concurriendo hacia el centro del núcleo (*monaster*). Luego se divide á lo largo cada una de estas asas, y con esto se duplica su número. Ahora se agrupan las asas en otro orden (*metaquinesis*), puesto que una mitad de ellas se dirige á un polo del núcleo y la otra al otro (*forma de tonel*), para disponerse cada uno de estos dos grupos en forma de estrella (*diaster*). Por fin se estrangula el protoplasma celular entre los dos grupos de asas nucleares, y de este modo se divide al fin el mismo cuerpo de la célula. Esta división se realiza en el hombre en media hora (Flemming, etc.).

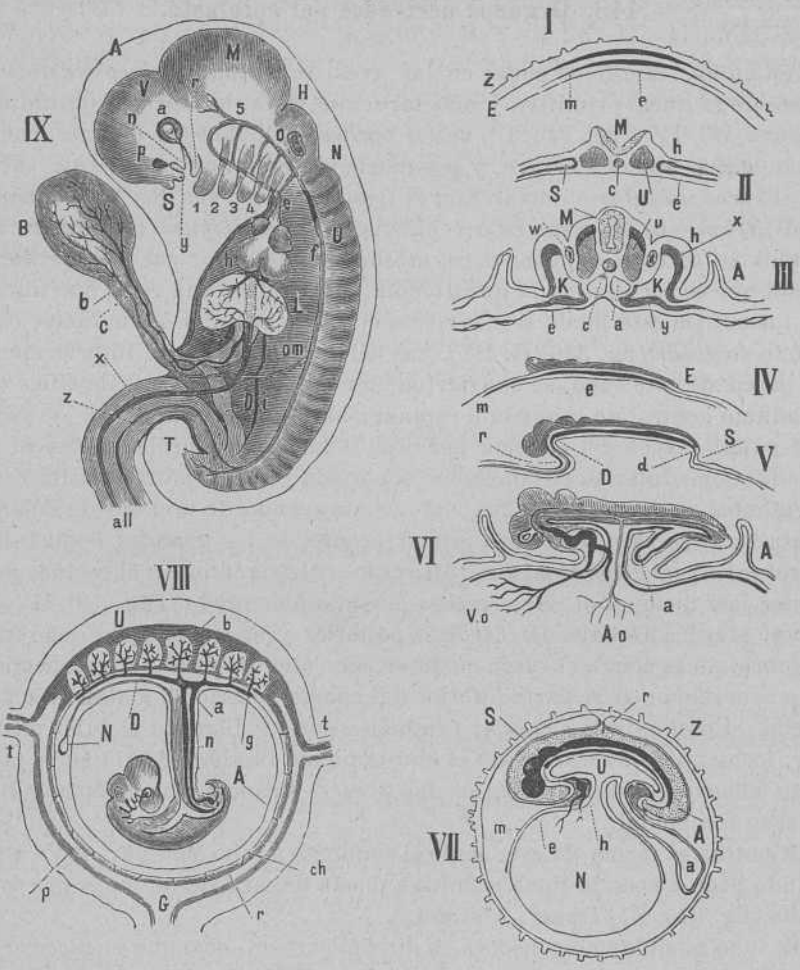
442. Organos derivados del epiblasto.

Así en los mamíferos como en las aves, se forma *en el epiblasto, delante* de la línea primitiva y más tarde que ésta, un *surco* longitudinal (figura 343, IV y fig. 343, D), cuyos bordes se doblan por delante, continuándose el uno con el otro, y por detrás divergen un poco; este surco es el *surco medular* ó dorsal. Con el tiempo crecen sus dos bordes hasta convertirse en dos listones ó repliegues, los *repliegues medulares*, los cuales se dirigen á ponerse en mútuo contacto por sus bordes libres hasta que se sueldan en la línea media, formándose una raya que indica su fusión. De este modo se convierte el surco en tubo ó conducto, *conducto medular* (fig. 346. II, III). Las células que revisten interiormente la pared de este tubo, se convierten en células cilíndricas vibrátiles del conducto central de la médula espinal; las demás suministran las células ganglionares del sistema nervioso central y sus prolongaciones. El conducto medular se ensancha en la porción cefálica para constituir los siguientes abultamientos, que van disminuyendo de tamaño de delante á atrás: el *cerebro anterior* (primer esbozo de los grandes hemisferios cerebrales); el *cerebro medio* (tubérculos cuadrigéminos); el *cerebro posterior* (cerebelo) y el *retro-cerebro* (médula oblongada) (fig. 346, IV y V y fig. 344, F). Debajo del cerebro posterior y en el dominio del retro-cerebro, no se cierra el surco medular, sino que queda aquí una abertura que comunica con la parte inferior del cuarto ventrículo (calamus scriptorius). En el extremo caudal también aparece dilatado el tubo medular, formándose de este modo el abultamiento lumbar. Aquí queda también abierto constantemente en las aves el surco medular, formándose el seno romboidal.

Mientras se forma de este modo el conducto ó tubo medular, se va atrofiando poco á poco la línea primitiva, hasta llegar á *desaparecer por completo* (fig. 345, F) (Dursy, Kölliker).

El tubo medular no conserva su dirección recta, sino que *se encorva* en varios puntos: en el límite de la médula y del bulbo raquídeo (*corvadura de la nuca*), en el que separa al cerebro posterior del retro-cerebro (*corvadura del puente*) (Kölliker), y por fin, en ángulo casi recto, entre el cerebro medio y el anterior (*corvadura del sincipucio*). Al principio, no hay señal de surcos ni de circunvoluciones en ninguna de las vesículas cerebrales. De cada lado de la vesícula cerebral anterior, crece otra vesícula hueca y pediculada (fig. 346, VI), la *vesícula ocular primaria*. La porción restante del epiblasto suministra la capa epidérmica del cuerpo, y recibe el nombre de *hoja córnea*. Ya en una época muy temprana, se distinguen la capa córnea y la red de Malpighio (§ 285); de la primera se derivan los pelos, las uñas, las plumas, etc.

Figura 346.



I, Las tres hojas blastodérmicas del huevo de mamífero. —Z, Zona pelúcida. —E, Epiblasto.— *m*, mesoblasto.—*e*, hipoblasto.—II, Corte transversal de un embrión de pollo (con 6 vértebras primitivas ó proto-vértebras), de un día. — M, Surco medular. — *h*, hoja córnea. — U, Proto-vértebra.—*c*, cuerda dorsal.—S, Láminas laterales divididas en dos laminillas.—*e*, hipoblasto. III, Corte transversal de un embrión de pollo de dos días, practicado por detrás del corazón.— M, Tubo medular.—*h*, lámina córnea.—*u*, proto-vértebra.—*c*, cuerda dorsal.—*w*, conducto de Wolff. —K, Coeloma. —*x*, lámina cutánea. —*y*, lámina fibro-intestinal. —A, Repliegue amniótico.—*a*, aorta. — *e*, hipoblasto. —IV, Esquema del primer esbozo del embrión en corte longitudinal. —V, Esquema de la fase inicial del proceso de formación del embrión. —*r*, Repliegue cefálico. —D. Intestino cefálico. —S, Repliegue caudal. —*d*, primer rudimento del intestino caudal. — VI, Corte longitudinal esquemático del embrión después de bien distinto del resto del blastodermo.—Ao, arteria ómfalo-mesentérica.—Vo, vena ómfalo-mesentérica.— *a*, esbozo de la alantoides. —A, Repliegue amniótico. — VII, Corte longitudinal esquemático de un huevo humano. — Z, Zona pelúcida. —S, Membrana serosa. —*r*, punto de reunión de los repliegues amnióticos. —A, Cavidad amniótica. —*a*, alantoides. —N, Vesícula umbilical. —*m*, mesoblasto. —*h*, corazón. —U, Intestino primitivo.— VIII, Corte esquemático del útero grávido en la época de la formación de la placenta. —U, Pared muscular del útero. —*p*, mucosa uterina ó caduca verdadera.—*b*, placenta materna ó caduca serotina.—*r*, caduca refleja.— *ch*, corion.—A, Amnios. —*n*, cordón umbilical.—*a*, vesícula alantoides y uraco.—N, Vesícula umbilical con D, el conducto ómfalo-mesentérico.—*tt*, orificios de las trompas.—G, Conducto cervical.—IX, Embrión humano en la época de la formación de las hendiduras branquiales (en esquema).—A, Amnios.—V, Cerebro anterior.—M, Cerebro medio.—H, Cerebro posterior.—

N, retro-cerebro.—U, Proto-vértebra.—*a*, ojo.—*p*, fosa olfatoria.—S, Proceso frontal.—*y*, proceso nasal interno.—*n*, proceso nasal externo.—*r*, proceso maxilar superior del primer arco branquial.—1, 2, 3 y 4, arcos branquiales con las hendiduras que los separan.—*o*, vesícula auditiva—*h*, corazón con *e* la aorta primitiva, que se divide en cinco arcos aórticos.—*f*, aorta descendente.—*om*, arteria ómfalo-mesentérica.—*b*, la misma arteria en la vesícula umbilical, B.—*c*, Vena ómfalo-mesentérica.—L, Hígado con sus venas aferentes y eferentes.—D, Intestino.—*i*, vena cava inferior.—T, Extremo caudal.—*all*, alantoides con *z* una arteria umbilical y *v*, la vena umbilical.

443. Organos derivados del hipoblasto y del mesoblasto.

Del hipoblasto se forma hacia arriba un cordón de células, situado á lo largo y por debajo del surco medular, más grueso en su extremo caudal que en el cefálico, y que recibe el nombre de *cuerda dorsal* (v. Baer) (fig. 346. II, III, *c*). [No sólo existe en todos los vertebrados, sino también en las ascidias durante su desarrollo (Kowalewsky); pero en estos séres vuelve á desaparecer muy pronto]. En el hombre es delgada relativamente. Constituye el primer rudimento de la médula espinal, en cuyo derredor se va colocando más tarde la substancia de los cuerpos de las vértebras, corriendo á todo lo largo de éstas, como un cordón en una sarta de perlas. Apenas formada la cuerda dorsal, ya se rodea de una doble cubierta (Gegenbauer, Kölliker).

Por esta época no se origina ninguna otra formación á expensas del hipoblasto, el cual aparece como una capa delgada, constituída por un solo plano de células, y aplicada inmediatamente á la lámina fibro-intestinal (vease más adelante).

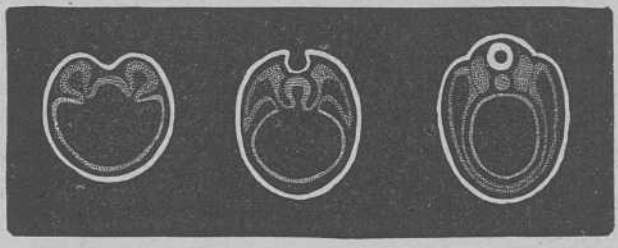
Mientras los antiguos observadores se inclinaban á hacer derivar la cuerda dorsal del mesoblasto, la mayoría de los modernos admite más bien que se forma á expensas del hipoblasto.

Las células del mesoblasto se agrupan á ambos lados de la cuerda dorsal, formando unas masas cúbicas, colocadas siempre por pares, unas detrás de otras: las *proto-vértebras* (*segmentos primitivos* ó *somitas*) (fig. 346. U y *u*, y fig. 344. F, *us*). El primer par corresponde al atlas. Mas tarde, se distinguen en cada vértebra una capa cortical celular y otra nuclear. La porción del mesoblasto situada por fuera de las proto-vértebras, ó sea las *láminas laterales* (fig. 346. II. S), suministra, por la separación de sus capas celulares, *dos laminillas* (Casp. Fr. Wolff, 1768), las cuales quedan, sin embargo, unidas hacia las proto-vértebtas, por medio de la *lámina media*. El espacio que se origina de ese modo entre las láminas laterales, se llama cavidad pleuro-peritoneal ó *cœloma* (III. *k*) (Haeckel). La hoja superior de la lámina lateral así doblada, se aplica íntimamente al ectodermo, y recibe el nombre de lámina *músculo-cutánea* (fig. 346. III, *x*); la inferior ó más interna, se acerca al hipoblasto, y se convierte así en la lámina *fibro-intestinal* (III, *y*) (Remak). En las superficies de estas dos láminas, que están aplicadas la una contra la otra, se forma el epitelio plano de la gran cavidad pleuro-peritoneal. En la superficie de la hoja ó lámina media, que está vuelta hacia el cœloma, persisten las células cilíndricas, ó sea el *epitelio germinativo* de Waldeyer, á cuyas expensas se forman los tubos ovulares y los óvulos (§ 435).

De la lámina músculo-cutánea provienen, según Remak, el dermis y los músculos del tronco, así como los vasos; para His, sólo se forman los músculos del tronco. Según ambos autores, la lámina fibro-intestinal forma las fibras musculares lisas del tubo digestivo.

Es digna de especial mención la opinión de His, relativa al origen de los *vasos*. Según él, tanto éstos como la sangre y las substancias conjuntivas que aparecen en el mesoblasto, no se desarrollan aquí de un modo autóctono, sino que las células destinadas á este objeto, vienen por emigración desde el borde de las hojas blastodérmicas, para penetrar entre el epiblasto y el hipoblasto. Provienen de los elementos del vitellus blanco, que se hallan fuera del esbozo embrionario, y primitivamente deben haber penetrado en el huevo como derivados del epitelio del folículo de Graaf. His, denomina *parablásticas* á estas formaciones, en contraposición á las *arquiblásticas*, que pertenecen á las tres hojas blastodérmicas del esbozo del embrión. También Waldeyer considera como de formación

Figura 347.



I II III

Esquema de la formación de la cuerda dorsal y del coeloma por invaginación del hipoblasto, según la teoría de los hermanos Hertwig.

parablástica la sangre, el endotelio vascular y la substancia conjuntiva; sin embargo, cree que el material de donde procede esta última, está en conexión con los elementos del blastodermo, y que, como protoplasmo vivo, es homólogo de éstos.

El origen de la hoja media del blastodermo y el modo de formarse los órganos que de él provienen, es un problema de los más difíciles de resolver. Los trabajos de los investigadores modernos y sobre todo, los de los hermanos Hertwig, han demostrado que en los vertebrados inferiores (amphioxus, triton), la cuerda dorsal y las dos paredes de la cavidad del cœloma, se producen por invaginación á expensas del hipoblasto, como aparece de un modo esquemático en la figura 347. En I, se ve el comienzo de la invaginación, en la línea media (para formar la cuerda), y de las dos invaginaciones laterales (para las paredes del cœloma), todavía en muy amplia comunicación con el hipoblasto. En II, se estrecha el punto de las invaginaciones; en III, la cuerda (que desde ahora se encuentra por debajo del conducto medular ya también aislado por completo), aparece del todo separada y su corte transversal tiene la forma de un círculo. Del mismo modo se han separado también las paredes de la cavidad del cœloma y aparecen sus dos láminas, músculo-cutánea

y fibro-intestinal, y entre ellas se extiende la gran cavidad pleuro-peritoneal. De este modo han adquirido su pared independiente, el tubo intestinal y dicha cavidad.

444. Desarrollo de la forma exterior del embrión. — Formación del corazón y de la primera circulación.

Hasta este momento se hallaba el embrión con sus tres hojas blastodérmicas en el mismo plano de estas. Ahora (fig. 346, V), se eleva por encima de este plano comenzando por su porción cefálica, la cual á la vez que asciende, va creciendo cada vez más hacia adelante, produciéndose de este modo una depresión en las hojas blastodérmicas por delante y por debajo de la cabeza, llamada *repliegue cefálico* (V, *r*). La porción cefálica, que de este modo se ha elevado, está hueca en su interior, y en ella se puede penetrar desde la cavidad interior de la vesícula blastodérmica. Dicha cavidad cefálica recibe el nombre de *intestino cefálico* (V, D), y el orificio de entrada en ella, el de orificio intestinal anterior. La formación del intestino cefálico por virtud de la elevación de la cabeza por encima del plano de las tres hojas blastodérmicas, ya se verifica en el pollo al segundo día (en el perro el día vigésimosegundo). De un modo enteramente análogo, aunque algo más tarde (en el pollo al tercer día, en el perro el día vigésimocuarto), se realiza el mismo proceso en la porción caudal del embrión, la cual también se eleva, formándose un *repliegue caudal*, S, con su cavidad el *intestino caudal*, *d*, á la cual conduce el orificio intestinal posterior. El cuerpo del embrión está en conexión por lo tanto, con la vesícula blastodérmica, mediante un pedículo que al principio tiene un calibre interior muy ancho y recibe el nombre de conducto ómfalo-mesentérico ó vitelo-intestinal. La vesícula blastodérmica que pende de este conducto á manera de saquito, se llama en los mamíferos, *vesícula umbilical* (VII, N); en cambio, recibe el nombre de *saco vitelino*, la vesícula análoga del huevo de ave, la cual es mucho mayor y contiene el material nutritivo constituído por el vitellus amarillo. El conducto ómfalo-mesentérico, se va haciendo después cada vez más estrecho hasta que al fin se oblitera (en el embrión del pollo al quinto día); en el punto de la pared abdominal en que se insertaba, se forma entonces el *ombligo abdominal*; y en el de inserción en el intestino primitivo, el *ombligo intestinal*.

Aun antes de desarrollarse este proceso de aislamiento del embrión, se forma en aquella parte de la lámina fibro-intestinal que limita por abajo el intestino cefálico, el *esbozo del corazón*. Este aparece en el embrión del pollo al terminar el primer día, como un puntito que se mueve de un modo rítmico (στίγμη κινουμένη de Aristóteles, punctum saliens); en los mamíferos, se presenta mucho más tarde.

El corazón aparece (fig. 346. VI), como un botón vesiculoso, hueco y formado de células, que se desarrolla en la lámina fibro-intestinal y que sería primitivamente doble (His, Dareste). Pronto se ensancha su cavidad y, suspendido de un repliegue á manera de mesenterio (mesocardio),

crece en el cœloma, cuya porción más inmediata al corazón, recibe desde ahora el nombre de *cavidad cardíaca* (fovea cardíaca). El corazón adquiere luego una forma alargada y tubular, dirigiéndose su porción aórtica hacia adelante y la venosa hacia atrás; después se encorva un poco á manera de una S, (fig. 353. 1). Desde la mitad del segundo día late el corazón del embrión de pollo, de un modo regular y con una frecuencia de unas cuarenta veces por minuto.

Del extremo anterior (aórtico) del corazón, y desde su bulbo aórtico, parte la aorta, la cual, dirigiéndose hacia adelante, se divide en dos arcos (*aortas primitivas*); luego se encorva por debajo de las vesículas cerebrales para descender por delante de las proto-vértebras. Las dos aortas primitivas terminan al principio en fondo de saco junto al extremo caudal del embrión. En el embrión de pollo emite cada una de las arterias aortas primitivas, al nivel del conducto ómfalo-mesentérico, varias (en el perro de 4 á 5) arterias ómfalo-mesentéricas (fig. 326. VI. A *o*), que se distribuyen en el interior del mesoblasto en el saco vitelino (ó en la vesícula umbilical), formando una rica red vascular. Desde esta red (y en las aves del seno terminal de la vena terminal que más tarde se forma en el área vascular) se dirigen en sentido retrógrado las venas ómfalo-mesentéricas (V. *o*), que vuelven por el conducto ómfalo-mesentérico y terminan con dos troncos en las dos ramas venosas del corazón. Con esto se completa la *primera circulación*, la cual tiene por objeto proveer al embrión de material nutritivo para su crecimiento, y de oxígeno. En el embrión del ave proviene este último del aire atmosférico que penetra á través de la cáscara porosa del huevo; y el primero es suministrado, hasta que termina la incubación, por la yema contenida en el saco vitelino. En los mamíferos son suministrados ambos elementos por los vasos de la mucosa uterina que se dirigen al huevo. En el ave, como quiera que se va consumiendo el contenido del saco vitelino, se va reduciendo constantemente el terreno de la circulación; por fin, al terminar la incubación, el saquito embrionario, muy reducido en sus dimensiones, se introduce en la cavidad abdominal. En los mamíferos suele desaparecer muy pronto la circulación menor de la vesícula umbilical, la cual se convierte en un apéndice insignificante mientras se desarrolla la *segunda circulación* en la alantoides para sustituir á la de la vesícula umbilical. Los primeros *vasos* ya se forman en el embrión del ave en las seis últimas horas del primer día, fuera del cuerpo embrionario, en el área vascular y antes de que se observe la menor señal de la existencia del corazón. Los vasos se originan de células vaso-formadoras por un procedimiento no bien dilucidado todavía; al principio son sólidos y más tarde se vuelven huecos (Kölliker, His) (comp. § 13. A).

En el interior del área vascular del embrión de pollo se desarrolla un sistema de conductillos *linfáticos* que constituyen una red de mallas muy pequeñas (His), el cual está en conexión con la cavidad amniótica (A. Budge).

445. Desarrollo ulterior del cuerpo del embrión.

Los procesos de formación que todavía tiene que recorrer el embrión hasta que el cuerpo del mismo adquiere su forma típica, son los siguientes:

1.° El *cœloma* adquiere una extensión cada vez mayor, y se marca de un modo más manifiesto la diferenciación entre la pared del cuerpo y la del tubo digestivo. Este último se va separando de las proto-vértebras, puesto que las láminas medias se alargan, comenzando á tomar la forma de mesenterio. La pared del cuerpo, que al principio está constituída todavía por la hoja córnea y por la laminilla externa de la hoja lateral (lámina cutánea), se engruesa, porque por entre estas dos hojas crecen, desde la lámina muscular (véase más abajo) el esbozo de los músculos, y desde las proto-vértebras el de los huesos con los nervios espinales (Remak).

2.° De las proto-vértebras se desprende una porción situada del lado dorsal, y llamada *lámina muscular* (Remak); el resto, ó proto-vértebra propiamente dicha (Kölliker), se reune con el del otro lado, para lo cual rodean por completo á la cuerda dorsal (*membrana unitiva inferior*, Reichert; en el embrión de pollo, al tercer día; en el de conejo, al décimo día), y también al tubo medular (*membrana unitiva superior*, Rathke, Reichert; en el pollo al cuarto día). De este modo se realiza por delante del conducto medular una fusión de las masas de las proto-vértebras que abraza á la cuerda dorsal y comprende el eje fundamental de todos los *cuerpos vertebrales*; en cambio, la membrana unitiva superior que se interpone entre las láminas musculares con la hoja cutánea por una parte, y el tubo medular por otra, representa el esbozo de todos los *arcos vertebrales* juntamente con los ligamentos que unen á estos entre sí.

[La columna vertebral en esta fase membranosa es la copia de la de los ciclostomos (lampreas)]. De la membrana unitiva superior se forman además las meninges medulares y los ganglios y nervios espinales.

Hay casos raros en que deja de formarse la membrana unitiva superior; entonces el conducto medular sólo está cubierto por detrás por la hoja córnea (epidermis), ya en toda su longitud, ó sólo en un trecho de la misma. A este defecto de desarrollo se le da el nombre de *espina bífida* (y en el cráneo hemicefalia).

Es rarísimo que deje de formarse la membrana unitiva inferior. Este defecto de desarrollo da origen á una *división permanente de los cuerpos vertebrales* en dos mitades laterales.

Por fin también crecen las *láminas cutáneas* hacia la línea media del dorso, interponiéndose entre las láminas musculares y la hoja córnea; así es como se forma la piel de la espalda (Remak).

Más adelante se desarrollan en la columna vertebral membranosa las *vértebras cartilaginosas* unas detrás de otras (en el hombre de la sexta á la séptima semana). Al principio no constituyen arcos vertebrales completos; en el hombre se cierran en el cuarto mes. Pero las vértebras cartila-

ginosas no se desarrollan de las proto-vértebras, de tal manera, que la sexta vértebra cervical, v. gr., proceda de la sexta proto-vértebra correspondiente, sino que se verifica una nueva partición de la columna vertebral (Remak) de tal suerte, que cada vértebra definitiva se forma de la mitad inferior de la proto-vértebra que la antecede y de la mitad superior de la que la sigue. A medida que se desarrolla el cartílago en los cuerpos vertebrales ya se reducen las dimensiones de la cuerda dorsal, pero se conservan más en los discos intervertebrales. El cuerpo de la primera vértebra se suelda con el de la segunda para formar su apófisis odontoides (Rathke); constituye además el arco anterior del atlas y el ligamento transverso (Hasse). La cuerda dorsal se puede seguir por el ligamento superior de la apófisis odontoides en dirección ascendente hasta el cuerpo del esfenoides posterior.

La formación histogenésica del cartílago á expensas de células indiferentes, se realiza por multiplicación y crecimiento de estas células, que al fin se convierten en vesículas claras y nucleadas. La substancia intermedia se forma probablemente por crecimiento periférico de las células y convirtiéndose la zona exterior de estas (substancia parietal) en substancia intercelular. Mientras unos afirman que en esta última existen conductitos muy finos que unen las cavidades del cartílago, otros lo niegan. Según los datos de algunos observadores, sometiendo la substancia fundamental á la acción de ciertos reactivos, aparece compuesta de fibrillas finas.

3.° A cada lado de la región cervical se forman cuatro aberturas alargadas: son las *aberturas ó hendiduras branquiales* (Rathke). Encima de cada hendidura está engrosada la pared lateral formando los llamados *arcos branquiales*, que, en el embrión de pollo, están desarrollados al tercer día. Las hendiduras se forman rompiéndose la pared del intestino anterior de dentro afuera, aunque en el pollo, el hombre y los mamíferos, quizá no se produzca siempre esta rotura (His), y revistiéndose cada una de las hendiduras con células del endoblasto. Sobre los arcos branquiales, por encima y por debajo de cada hendidura, caminan á cada lado los arcos aórticos, cuyo número llega á ser de cinco (figura 346, IX), los cuales sólo en los peces se conservan por toda la vida. En el hombre se cierran todas las hendiduras menos la superior, de la que derivan el conducto auditivo, la trompa de Eustaquio y la caja del tambor (Huschke, Rathke y Reichert).

Los cuatro arcos branquiales se transforman después en su mayor parte en otros órganos (pág. 542).

En la línea media y debajo del cerebro anterior, hay un punto de la pared del cuerpo que está más adelgazado, en donde primero se forma una depresión y después una abertura, la *abertura bucal primitiva*, que al principio comprende á la boca y á la nariz juntas. Más tarde se forma en el extremo caudal otra fosita que se abre en el intestino terminal: es el *ano*. Cuando no llega á establecerse esta última comunicación queda un defecto de desarrollo que recibe el nombre de *atresia del ano*. Se forman como invaginaciones del intestino primitivo y constituídas todas ellas por el entodermo y la lámina fibro-intestinal que le está aplicado: los

C/ Lancia núm. 12 - 3.º
Teléfono 20 85 19
L E O N

pulmones, el hígado, el páncreas, los intestinos ciegos (en las aves) y la alantoides de que luego hablaremos. Los *miembros* aparecen como muñones pequeños que sobresalen en la superficie del cuerpo, desprovista de ellos en un principio.

446. Formación del amnios y de la alantoides.

Mientras el embrión se separa del resto de la vesícula blastodérmica, se forma, al principio delante de la cabeza (al fin del segundo día en el pollo) una eminencia á manera de repliegue, constituída por el epiblasto y la laminilla externa del mesoblasto, la cual avanza á manera de capuchón sobre la porción cefálica del embrión: *capuchón cefálico* (fig. 346. VI, A). Más adelante y con mayor lentitud, se forman el *capuchón caudal* que se desarrolla de atrás á adelante y por fin los *capuchones laterales* que crecen como repliegues (fig. 346. III, A) entre el cefálico y el caudal. Como todos estos repliegues van avanzando hacia el dorso del embrión, llegan á soldarse en la llamada *sutura amniótica* (al tercer día en el pollo. Así se forma alrededor del embrión una cavidad que se llena de líquido). También en los mamíferos se desarrolla el amnios muy pronto y de un modo semejante al de las aves (fig. 346. VII, A). Desde mediados del embarazo se aplica inmediatamente al corion, uniéndose á éste por medio de una capa de tejido gelatinoso (túnica media, Bischoff).

El amnios, lo mismo que la alantoides, no se forman más que en los mamíferos, aves y reptiles, que reciben por esto el nombre de *amniotos*, en contraposición á los vertebrados inferiores, que se llaman *anamniotos* por carecer de amnios.

El *líquido amniótico* es transparente, seroso, alcalino, de un peso específico de 1007 á 1011, y contiene además de células epiteliales y pelos de vello, de $^1/_2$ á 2 por 100 de principios fijos. Entre estos hay un poco de albúmina ($^1/_{10}$ á $^1/_5$ por 100), moco, globulina, un cuerpo análogo á la vitelina, algo de glicosa, urea, carbonato amónico (producto de transformación de la urea), á veces ácido láctico y creatinina, sulfato y fosfato cálcicos y cloruro sódico. La cantidad de este líquido á mediados del embarazo es de 1 á 1,5 kilos, y al final de 0,5 kilos.

El líquido amniótico es de *origen fetal*, como lo demuestra su existencia en las aves, y debe ser un producto de trasudación de las membranas del huevo. En los mamíferos contribuye á su formación la orina, desde la segunda mitad del embarazo (Guserow). [En la vaca, donde permanecen siempre separados el líquido de la alantoides y el agua del amnios, debe considerarse al primero como orina del feto y al segundo como un producto de trasudación (Doederlein)]. En los casos patológicos de *hidramnios*, también segregan líquido los vasos de la mucosa uterina, sobre todo cuando hay éxtasis venosos en el dominio de la vena umbilical, en la placenta. El líquido amniótico protege al feto contra los traumatismos exteriores, y lo mismo á los vasos de las membranas, permite que se muevan libremente los miembros del feto, y evita que se establezcan adherencias entre ellos; por fin tiene su importancia en el acto del parto, contribuyendo á la dilatación del cuello uterino. El amnios es contráctil (en el pollo desde el séptimo día), gracias á las fibras musculares lisas, que se desarrollan en la lámina cutánea (porción mesodérmica) (Remak). No se han encontrado nervios.

En la superficie terminal anterior del intestino caudal se forma un saquito vesiculoso (fig. 346. VI, *a*), que al principio aparece como un tuberculito doble y luego se hace hueco. Esta vesícula que sobresale en la cavidad del cœloma, es la *alantoides*, que en el pollo se presenta antes del quinto día y en el hombre en la segunda semana. Como la alantoides es una verdadera invaginación del intestino terminal, tiene dos capas: una del entodermo y otra de la capa fibro-intestinal. Desde la arteria hipogástrica se dirige por cada lado del saco alantoideo una arteria llamada alantoidea ó umbilical, que se ramifica en la superficie de dicho saco. La alantoides crece, como una vejiga urinaria que se está llenando constantemente, por delante del intestino terminal, en el interior de la cavidad del cuerpo y dirigiéndose hacia el ombligo. Después sale á través de éste, al lado del conducto ómfalo-mesentérico, y juntamente con sus vasos (VII, *a*), variando luego su disposición según se trate de las aves ó de los mamíferos.

En las *aves*, después de salir la alantoides por el ombligo, adquiere un desarrollo extraordinario, puesto que en muy poco tiempo reviste toda la cara interior de la cáscara del huevo como un saco vascular. Sus arterias, que al principio son ramas de la aorta primitiva, se convierten en ramas de la hipogástrica al desarrollarse las extremidades posteriores. De los capilares numerosos de la alantoides vuelven dos venas, llamadas alantoideas ó umbilicales, las cuales entran en el cuerpo por el ombligo, unidas al principio con las venas ómfalo-mesentéricas para dirigirse al extremo venoso del corazón. Esta circulación alantoidea ó segunda circulación tiene, en las aves, un fin respiratorio, puesto que sus vasos sostienen el cambio gaseoso á través de la cáscara porosa del huevo. De este modo va encargándose esta circulación poco á poco de la función respiratoria que hasta entonces venía desempeñando la circulación del vitellus; sustitución que se hace necesaria porque, como el saco vitelino va disminuyendo constatemente de tamaño, ya no puede suministrar una superficie respiratoria bastante extensa. Al terminar la época de la incubación, ya puede el ave respirar y piar dentro de la cáscara (Aristóteles); señal de que la función respiratoria de la alantoides ha pasado á ser desempeñada, en parte al menos, por los pulmones.

Además, la alantoides es el órgano excretor de los principios de la orina; en efecto, en su cavidad desembocan, en los mamíferos, los conductos excretores de los *riñones primitivos*, ó sea los conductos de Wolff ó de Oken (en las aves y serpientes, que poseen cloaca, desembocan en la pared posterior de ésta). El riñón primitivo, constituído por muchos glomérulos, vierte su secreción en la alantoides (en las aves en la cloaca) por el conducto de Wolff; esta secreción pasa con la alantoides por el ombligo hasta la parte periférica de la misma. Remak encontró en el contenido de la alantoides urato amónico y sódico, urea, alantoína, glicosa y sales. Desde el día octavo es contráctil la alantoides del polluelo (Vulpian), gracias á las fibras lisas que en ella existen como procedentes de la lámina fibro-intestinal. Las ramificaciones arteriales van acompañadas de *vasos linfáticos* (A. Budge).

En los mamíferos y en el hombre es algo diferente la disposición de la alantoides. De su porción inicial se forma la *vejiga urinaria*, de cuyo vértice se dirige hacia el ombligo un conducto hueco, el uraco, que al principio todavía está abierto (fig. 346. VIII, *a*). El fondo de saco de la alantoides que se encuentra por fuera del abdomen, está lleno en algu-

nos animales de un poco de líquido urinoso. *Pero en el hombre desaparece este saquito en el curso del segundo mes*, no quedando más que los vasos que provienen indudablemente de la lámina fibro-intestinal de la alantoides. [Hay, con todo, ciertos animales en los que la alantoides no se atrofia, sigue creciendo y contiene entonces un líquido que le llega desde la vejiga por el uraco, cuyo líquido es alcalino, turbio, y tiene entre sus principios algo de albúmina, azúcar, urea, y alantoína]. La disposición de los vasos alantoideos será descrita al tratar de las membranas del huevo.

El hecho de que en el embrión del hombre, existe en una época muy temprana una vesícula alantoides que sobresale fuera del cuerpo (W. Krause), hemos tenido ocasión de confirmarlo v. Preuschen y yo en un embrión humano que tuvimos ocasión de examinar. Todavía no había en él ningún indicio de hendiduras branquiales, ni de vesícula ocular; y la alantoides formaba una vejiguita alargada que pendía libremente cerca del extremo caudal.

Hay autores, sin embargo (His, etc.), que niegan la existencia de una alantoides libre.

447. Membranas del feto humano. — Placenta. — Circulación fetal.

Cuando llega el huevo fecundado al útero, es envuelto aquí por una cubierta especial, que Will. Hunter (1775) describe con el nombre de *membrana caduca* (decidua), porque es desprendida y eliminada en el parto. Se distingue desde luego la *caduca verdadera* (fig. 346. VIII, *p*)' la cual no es otra cosa que la mucosa uterina engrosada, muy vascular, relajada y muy poco adherida á la pared del útero. Esta caduca verdadera forma en derredor del óvulo un revestimiento especial para envolverle á manera de un nido de golondrina; esta membrana envolvente es más delgada y recibe el nombre de *caduca refleja* (VIII, *r*). Hasta el segundo ó tercer mes, todavía hay espacio libre en el útero por fuera de la refleja; en el cuarto mes, toda la cavidad uterina está ocupada por el huevo, juntamente con la caduca refleja. Según lo dicho, hay un punto en el que está aplicado el huevo directamente á la mucosa uterina (*caduca serotina*); en la mayor parte de su extensión lo está á la refleja. En el primer punto es donde se forma más tarde la *placenta*.

La *caduca verdadera* se continua con la mucosa de las trompas y del conducto cervical; en el tercer mes es de 4 á 7 milímetros de espesor y en el cuarto sólo de 1 á 3 milímetros. Ya no tiene epitelio, es rica en vasos, posee espacios linfáticos alrededor de las glándulas y de los vasos (Leopold), y tiene en su tejido laxo grandes células redondeadas (células de la caduca, Kölliker), que en las capas más profundas se transforman en células fusiformes y en fibro-células; hay también células hepáticas (Friedländer). Las glándulas uterinas, que al principio del embarazo adquieren un desarrollo muy considerable, se transforman del tercero al cuarto mes en tubos anchos, abollonados y sin células, los cuales en los últimos meses se hacen indistintos, desapareciendo poco á poco su epitelio de la superficie á la profundidad. Dicho epitelio, según Friedländer, Lott y Hennig, es vibrátil primitivamente. La *caduca refleja*, mucho más delgada que la verdadera, ya no tiene nada

de epitelio desde la mitad de la preñez, y carece de vasos y de glándulas. Al fin de la gestación, se adhieren y funden por completo entre sí las dos caducas.

La verdadera y lo mismo la placenta uterina, están constituídas de una capa más compacta que se desprende en el parto (pars caduca) y de otra más profunda y esponjosa, en la que se produce un proceso de desprendimiento, quedando una parte adherida á la superficie de la capa muscular (pars fixa). Desde esta última se produce la regeneración de la mucosa uterina después del parto.

También se observa hiperplasia de la mucosa y de la capa muscular en las *trompas* durante el embarazo (Thomson).

El huevo está al principio revestido de pequeñas vellosidades huecas y envuelto por la caduca. La formación del amnios trae consigo que, después de haberse cerrado éste por completo, tanto el embrión con el amnios como la vesícula umbilical vayan siendo envueltos por una vesícula completamente cerrada, la cual procede del epiblasto. Esta membrana es la *membrana serosa* (v. Baer) (fig. 346. VII, S), está aplicada inmediatamente al corion primitivo y penetra hasta en las mismas vellosidades huecas. La *alantoides* vascularizada que sale por el ombligo, se aplica después directamente á la membrana del huevo; su vesícula desaparece en el hombre en el curso del segundo mes, pero su capa vascular reviste, creciendo rápidamente, toda la cavidad interior del huevo, donde se la encuentra el día décimooctavo (Coste). Desde la cuarta semana, penetran los vasos con el armazón conjuntivo en las vellosidades huecas y muy ramificadas y las ocupan por completo. Ahora es cuando se atrofia y desaparece la primitiva cubierta del huevo (corion primitivo). Hay, por lo tanto, una época de vascularización general del corion; el puesto de los tejidos derivados de la zona pelúcida está ocupado por la capa vascular y vellosa de la alantoides que hace de membrana fetal, la cual está revestida por las células de la membrana serosa, procedentes del epiblasto. Pero esta fase sólo dura hasta el tercer mes; luego se atrofia y desaparece la vegetación de las vellosidades vasculares en toda aquella extensión de la membrana del huevo, que está aplicada á la caduca refleja. En cambio aumentan de volumen y se ramifican más las vellosidades de dicha membrana fetal en aquella porción de la misma que está aplicada directamente á la caduca verdadera, originándose de este modo un gran contraste entre el *corion liso* y el *corion frondoso*.

El corion liso, constituído por tejido conjuntivo y revestido exteriormente por una capa epitelial doble, todavía posee vellosidades muy rudimentarias y muy separadas, que se dirigen á la caduca refleja. Entre el corion y el amnios, se encuentra una capa gelatinosa (membrana intermedia) de substancia conjuntiva no completamente desarrollada (B. Schultze, Robin).

Las grandes vellosidades del corion frondoso (fig. 348) penetran en el tejido de la mucosa uterina, introduciéndose por de pronto en los conductos glandulares como las raíces vegetales en un terreno muy flojo. Según Selenka, esta invasión de las vellosidades ya se efectuaría desde la primera semana. A medida que van penetrando por los conductos glandulares, perforan la pared de los grandes vasos sanguíneos inmedia-

tos, cuya estructura es semejante á la de los capilares, de tal suerte, que las vellosidades en estos colosales capilares de la caduca, están bañadas por la sangre de la madre (vasos uterinos) (fig. 346. VIII, *b*). Estas vellosidades que se encuentran dentro de los espacios venosos, están revestidas además por el endotelio de estos (Waldeyer).

Algunas vellosidades que carecen de epitelio, se fijan con sus extremos en forma de botón en el tejido de la placenta uterina, constituyendo de este modo, como *vellosidades adherentes*, un medio de unión muy resistente (Friedländer, Winkler). Así es como se forma la *placenta*, en la que se distinguen la placenta fetal, que comprende la totalidad de las vellosidades, y la placenta uterina ó materna, ó sea la porción de la mucosa uterina que está aplicada al huevo, y que aquí es sumamente vascular. Pero estas dos partes no se pueden separar ni aun al tiempo de nacer la criatura. A lo largo del borde de la placenta existen vasos venosos muy gruesos, de la circulación materna, constituyendo el *seno*

Figura 348.

Tronquito aislado de las vellosidades de una placenta humana.

marginal de la placenta. Esta última es el órgano de la respiración y de la nutrición (§ 370) del feto, el cual recibe el material necesario por endosmosis, desde los senos sanguíneos de la circulación materna, á través de las membranas y de las paredes vasculares de las vellosidades en que circula la sangre fetal.

Entre las vellosidades de la placenta se encuentra un líquido claro, que contiene numerosos glóbulos pequeños de substancia albuminoidea. Este líquido que recibe el nombre de leche uterina, es más abundante en la ternera ; provendría de la destrucción de las células de la caduca y se le atribuye lo mismo que á la sangre, cierto papel en la nutrición del nuevo sér (G. v. Hoffmann).

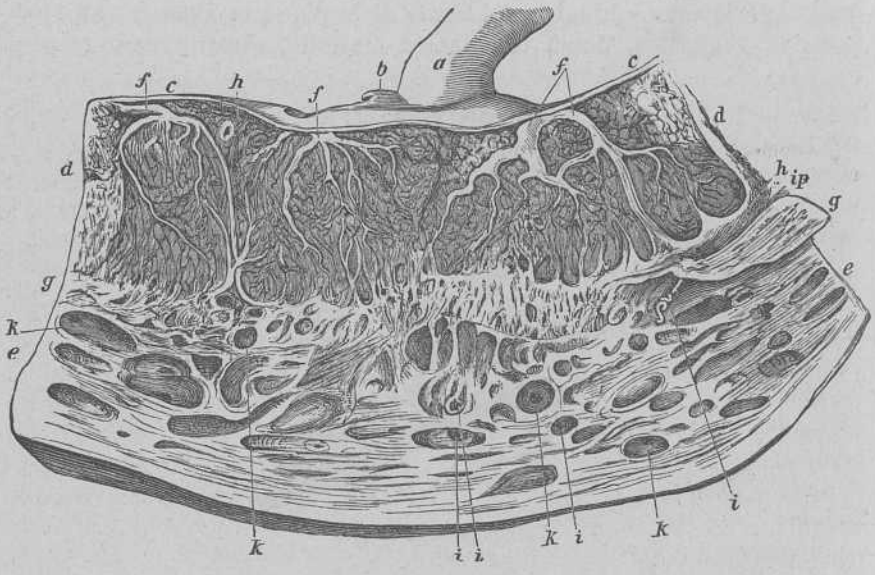
Las investigaciones de Walter, han demostrado que después de la intoxicación de hembras preñadas, con estricnina, morfina, veratrina, curare y ergotina, no se

pudo comprobar en el feto la presencia de estas substancias; en cambio pasan otros principios químicos.

El examen de una placenta, revela que sus vellosidades están distribuídas en grupos aislados, como territorios separados por depresiones á manera de surcos. Cada una de estas zonas ó territorios se puede comparar á los *cotiledones* de los animales.

Situación de la placenta. — La placenta asienta por lo regular en las paredes anterior ó posterior de la matriz, más rara vez en su fondo, ó lateralmente por delante de un orificio tubario ó por debajo de él (placenta lateral), ó bien delante del orificio interno del cuello uterino (placenta previa). Este último caso es gravísimo, porque al desgarrarse los vasos en el acto del parto, puede sobrevenir la muerte de la madre por hemorragia.

Figura 349.



Corte transversal del útero y de la placenta inserta en él, en la trigésima semana (según Ecker). *a*, raiz é inserción del cordón umbilical. — *b*, cubierta amniótica del cordón umbilical. — *c*, corion — *dd*, porción fetal de la placenta. — *ee*, pared uterina. — *ff*, vellosidades ramificadas constituyendo el armazón de la placenta fetal. — *gg*, caduca. — *hh*, prolongaciones de la caduca que penetran en la placenta fetal. — *ii*, ramitas de una arteria uterina. — *ip*, una arteria que penetra en la placenta. — *k*, *k*, *k*, *k*, venas del útero.

El *cordón umbilical* se inserta ó en el centro de la placenta (inserción central) ó más cerca del borde (inserción marginal) ó en el corion liso, en cuyo caso tienen que recorrer los vasos cierto trecho por éste antes de llegar á la placenta (inserción velamentosa). Es raro que exista al lado de la placenta principal alguna que otra placenta accesoria más ó menos separada (placenta succenturiata, Hyrtl). Kölliker llama placenta marginata á aquella que sólo tiene vellosidades en su centro. Cuando la placenta consta de dos mitades, como sucede siempre en los monos del antiguo continente (Hyrtl) se denomina doble (duplex ó bipartita).

El cordón umbilical, que en el término de su desarrollo tiene de 48 á 60 centímetros de largo y 11 á 18 milímetros de grueso, está cubierto por una vaina amniótica. Los vasos describen hasta 40 vueltas de hélice (que

empiezan á manifestarse á mediados del segundo mes), las cuales partiendo del embrión se dirigen de izquierda á derecha hacia la placenta. Estos vasos son : una vena y dos arterias umbilicales ; las últimas, muy musculosas y contráctiles, se anastomosan en la placenta (Hyrtl). Contiene además el cordón umbilical la prolongación del uraco, porción entodérmica de la alantoides (fig. 346. VIII, *a*) que se conserva hasta el segundo mes, pero que más tarde suele estar atrofiada. El conducto ómfalomesentérico, todavía se puede preparar en la época del parto como un pedúnculo filiforme (VIII, D) de la vesícula umbilical (N) que se encuentra por esta época cerca de dicha vesícula, y por lo regular, por fuera del borde de la placenta (Mayer, B. Schultze). La vesícula contiene en su interior vellosidades pequeñas, epitelio pavimentoso y los vasos obliterados de la primera circulación. [Es muy raro que persistan vasos ómfalomesentéricos, y de ser así, nunca quedan más que vestigios insignificantes de ellos (Hartmann, Hecker)]. La *gelatina de* Warthon es un tejido conjuntivo de consistencia de jalea que envuelve á todas estas partes y contiene fibrillas y células de tejido conjuntivo, células linfáticas y hasta fibras elásticas. La substancia gelatinosa contiene mucina. La gelatina de Warthon está atravesada por gran número de conductos plasmáticos revestidos de endotelio (Köster), pero carece de vasos sanguíneos y linfáticos. Se encuentran nervios hasta una distancia del ombligo que varía de 3 á 8 y 11 centímetros (Schott, Valentin).

La CIRCULACIÓN FETAL que existe después del desarrollo de la alantoides, presenta la siguiente disposición. Por las dos arterias umbilicales, ramas de las hipogástricas, circula la sangre del feto, pasando por el cordón umbilical á la placenta, donde se ramifican en los capilares de las vellosidades placentarias. Por las venas umbilicales vuelve la sangre que procede de estas vellosidades, con un color muy poco más claro que el de la sangre venosa que circula por las arterias umbilicales. La vena umbilical (fig. 356, 3, u_1) se dirige desde el ombligo hacia arriba, camina por debajo del hígado, emite una anastomosis á la vena porta (*a*) y sigue después, como conducto venoso de Arancio, para terminar en la vena cava inferior que lleva la sangre á la aurícula derecha. Aquí, tanto la válvula de Eustaquio como el tubérculo de Lower (fig. 353. 6, *t*, L), hacen que esta sangre pase en su mayor parte por el agujero de Botal á la aurícula izquierda ; la válvula que hay en este agujero impide que la sangre refluya otra vez á la aurícula derecha. De la aurícula izquierda pasa la sangre al ventrículo del mismo lado, á la aorta, á la hipogástrica, y por fin, otra vez á la arteria umbilical. En el feto, la sangre que viene por la vena cava superior, se vierte en la aurícula derecha por un orificio especial, de tal manera, que pasa de esta aurícula al ventrículo correspondiente (fig. 353. 6, C *s*) y de aquí á la arteria pulmonar (figura 353. 7, *p*). Desde esta última se dirige la mayor parte de la sangre por el conducto arterioso ó de Botal (B) que se encuentra en su prolongación y que la conduce á la aorta ; siendo muy poca la que continua á los pulmones por las ramas de la arteria pulmonar muy poco desarrolladas todavía (1, 2). De la descripción que se acaba de hacer, resulta con toda evi-

dencia que la cabeza y las extremidades superiores están abastecidas por una sangre más purificada que el resto del cuerpo, puesto que á esta última todavía se mezcla la que viene por la vena cava superior. Después del nacimiento se obliteran las arterias umbilicales, convirtiéndose en los ligamentos laterales de la vejiga, excepto su porción inferior que queda como arterias vesicales superiores. Se obliteran además, la vena umbilical que queda haciendo de ligamento redondo del hígado, y el conducto venoso de Arancio. Por fin se cierra el agujero de Botal y el conducto arterioso que se transforma en el llamado ligamento arterioso.

La disposición de las membranas en las preñeces múltiples es la siguiente: 1.° A veces, en los gemelos hay dos huevos completamente separados, con dos placentas y dos caducas reflejas. 2.° En otros casos están también separados los huevos pero tienen una sola caduca refleja; las placentas están soldadas, pero sus vasos son distintos. 3.° En este caso no hay más que una sola refleja, un corion, una placenta, dos cordones y dos amnios. Los vasos se anastomosan en la placenta, por cuyo motivo siempre se debe ligar el extremo central del cordón del gemelo que haya nacido el primero. En este caso, ó se trataba de un huevo con vitellus doble ó con dos esbozos embrionarios en un solo vitellus, ó bien se debe admitir que dos huevos primitivamente diferentes se han adherido después entre sí de tal manera, que se han llegado á reabsorber las porciones del corion que estaban en mútuo contacto. 4.° Este caso es como el anterior, pero no hay más que un amnios; se han formado dos embriones en la misma área embrionaria de una sola vesícula blastodérmica.

No estará demás decir algunas palabras acerca de la formación de las membranas fetales de los animales, la cual ha servido de base para la clasificación de los mamíferos, desde Home (1882), Blainville, H. Milne-Ewards, Owen, etc. 1.° Los mamíferos más antiguos no tienen ni placenta, ni vasos alantoideos: son los *mamíferos implacentarios* (mammalia implacentalia) (Owen) ó sea los marsupiales y monotremas (ornitorinco y equidnas). Estos animales, además de la membrana serosa sin vellosidades y del amnios, sólo tienen un gran saco vitelino provisto de vasos, pero sin que jamás se forme placenta. En los monotremas ovíparos (¡!) se desarrolla el huevo fuera del cuerpo materno. 2.° El segundo grupo comprende los *mamíferos placentarios* (mammalia placenta) (Owen). Entre estos los hay: *a*) Mamíferos sin caduca (*mammalia non deciduata*), en los que las vellosidades coriales sólo abastecidas por los vasos alantoideos, están introducidas en depresiones de la mucosa uterina, y se salen de ellas en el acto del parto (placenta difusa: paquidermos, cetáceos, solípedos, camélidos). En los *rumiantes* las vellosidades son grandes, están formando grupos, y penetran en unas eminencias de la mucosa que corresponden á las glándulas uterinas muy hipertrofiadas (cotiledones), de las que son extraídas en el momento del parto. El huevo es alargado y fusiforme. *b*) Mamíferos con caduca (*mammalia deciduata*). En éstos, las vellosidades coriales se unen de un modo tan íntimo con la mucosa uterina que llevan consigo el trozo correspondiente de ésta al desprenderse en el acto del parto. En este grupo de animales, los hay en los que la placenta es *zoniforme* (placenta zonaria), como en los carnívoros, pinnípedos, elefantes, hyrax (en este caso no está averiguado si las vellosidades penetran en las glándulas); ó es *discoidea*, como se ve en los monos, insectívoros, roedores, quirópteros y desdentados. En el conejo está también muy extendida la vesícula umbilical y los grandes vasos ómfalo-mesentéricos intervienen en la formación de la placenta, formando una placenta del saco vitelino. También en el conejillo de Indias toman una gran parte los vasos ómfalo-mesentéricos

en la formación de la placenta. En este animal se observa además el fenómeno singular, de que las tres hojas blastodérmicas están dispuestas en un orden inverso, de tal manera, que al aislarse el embrión, como el epiblasto es la hoja más interna, se hunde en el interior de la vesícula umbilical. Digamos, para terminar, que en un escualo (mustela lævis) vivíparo, el saco vitelino forma una verdadera placenta (Aristóteles, Juan Müller).

448. Cronología del desarrollo del feto humano. — Movimientos del feto.

Desarrollo en el primer mes. — Del día duodécimo al décimotercero: *estado vesicular* del huevo (5,5 y 3,3 milímetros de diámetro); vesícula blastodérmica sencilla, con la mancha embrionaria en un punto de la misma, formada por dos capas celulares; huevo provisto de vellosidades pequeñas en la zona marginal (Reichert).

Los huevos de quince á dieciséis días tienen de 5 á 6 millmetros de diámetro, con vellosidades cilíndricas simples; ó bien están provistos de eminencias en forma de maza, desde la base al vértice. El huevo de menos tiempo, recogido por Allen Thomson, cree este autor que tenía quince días: era ovoideo, de 13,2 milímetros de diámetro; estaba cubierto de vellosidades; la vesícula embrionaria (de pequeñez anormal), tenía 2,2 milímetros de diámetro, y el esbozo embrionario de 2,2 milímetros de largo con *surco* y *rebordes medulares*, sobresalía un poco de la vesícula por sus dos extremos. Había un esbozo del corazón (¿y de amnios?). Otro huevo algo más viejo, recogido por el mismo autor, tenía un diámetro de 6,6 milímetros, vellosidades cortas y delgadas, una vesícula blastodérmica grande de la cual se empezaba á separar el embrión, de 2,2 milímetros de largo, y cuyo *conducto medular estaba cerrado.*

Ahora sigue el período en que aparece la primera formación de la alantoides. Todavía se discute en la actualidad, si existe ó no en el hombre una vesícula alantoides *libre* y saliendo por el ombligo. El embrión más joven, dentro de esta época, ha sido estudiado por v. Preuschen y por mí. Fresco, tenía 3,78 milímetros de largo; se dividió en varios cortes y se examinó con gran detenimiento. Se indicaban las vesículas cerebrales; faltaban los órganos de los sentidos y se veían ganglios en la región cefálica. Los arcos branquiales aparecían como engrosamientos en el corte transversal, pero aún no estaban aislados; no había hendiduras branquiales, boca ni ano. La bolsa de la hipófisis empezaba á indicarse como una invaginación. El corazón, los pulmones y el hígado en el estado de esbozo primitivo. La vesícula umbilical (arrancada por desgarro), todavía aparecía con una amplia abertura. *La alantoides se veía con toda claridad como una vesícula libre y situada fuera del cuerpo;* su laminilla mesodérmica aún carecía de vasos. Faltaban en absoluto las extremidades. Estaba indicada la cuerda dorsal y á ambos lados de ella, las masas de las proto-vértebras (W. Krause y Bruch, también describen una vesícula alantoides sobresaliendo del cuerpo, no obstante tratarse de embriones de más edad).

De quince á dieciocho días tenía un huevo recogido por Coste. Diámetro, 13,2 milímetros; vellosidades pequeñas y poco ramificadas; longitud del embrión, 4,4 milímetros; su forma era encorvada, con la porción cefálica algo abultada. Completamente formados el amnios, la vesícula umbilical (con conducto ómfalo-mesentérico ancho) y la alantoides; esta última ya estaba adherida á la membrana serosa. El corazón, de forma de S, se encontraba en la cavidad cardíaca; era hueco y tenía bulbo aórtico, pero nada de aurículas ni de ventrículos. Estaban indicados los arcos branquiales y las hendiduras, pero éstas no se habían roto todavía. En la vesícula umbilical ya estaba desarrollada la primera circulación de las dos arterias óm-

falo-mesentéricas; el desprendimiento del embrión no estaba muy avanzado; el conducto ómfalo-mesentérico bastante abierto-todavía; dos aortas primitivas corrían á lo largo de las proto-vértebras. La alantoides, ya con sus vasos, estaba adherida al corion. Las dos venas ómfalo-mesentéricas se dirigían, unidas á las dos venas umbilicales, al extremo inferior ó venoso del corazón. La boca estaba en vías de formación; faltaban las extremidades y los órganos de los sentidos, y existían probablemente los cuerpos de Wolff. His ha dado recientemente descripciones análogas, pero era menor la longitud del embrión.

Ahora sigue una época en la que *están en esbozo todos los arcos branquiales* y abiertas las hendiduras respectivas. El cerebro medio es el punto más culminante del encéfalo, y en el corazón aparecen las dos aurículas. La abertura de comunicación con la vesícula umbilical es todavía bastante amplia. El embrión tiene de largo 2,6 milímetros, 3,3 ó 4. La cabeza gira en sentido lateral (His). En una época más avanzada, se marcan en el encéfalo las corvaduras del sincipucio y de la nuca, aparecen más distintos los hemisferios, se estrecha la comunicación con la vesícula umbilical, se percibe el esbozo del hígado, y todavía faltan las extremidades (His). A esta época pertenecen el embrión de His y el que describe Juan Müller, de veinte días. El huevo tenía 15,2 y 17,6 milímetros de diámetro; el embrión 5,6 de largo; el cordón umbilical, 1,3 de grueso; y la vesícula umbilical estaba en amplia comunicación con el intestino. El amnios envuelve al embrión y forma una vaina al cordón umbilical. Existen los arcos y las hendiduras branquiales, y por detrás de ellos sobresale el tubo cardíaco. Faltan las extremidades.

Tercera semana (R. Wagner). — Diámetro del huevo, 13 milímetros; longitud del embrión, de 4 á 4,5 milímetros; longitud de la vesícula umbilical, 2,2 milímetros; intestino cerrado casi por completo. Tres hendiduras branquiales; cuerpos de Wolff; *primer esbozo de las extremidades;* tres vesículas cerebrales; ya existe la vesícula auditiva. A esta época pertenece un embrión parecido de Hensen. En uno de veintiun días, de Coste, se distinguen en especial las fosas nasales, los ojos, las vesículas auditivas, cuatro arcos branquiales, la abertura bucal (hacia la que van creciendo los dos procesos frontal y maxilar), el corazón con dos aurículas y dos ventrículos y los vasos de la vesícula umbilical.

Fin del primer mes. — Los embriones de veinticinco á veintiocho días se caracterizan porque está bien marcado el pedículo de la vesícula umbilical y el desarrollo de las extremidades. El tamaño del huevo es 17,6 milímetros; el del embrión, 8 á 11; y el de la vesícula umbilical con sus vasos, 4,5 milímetros.

Segundo mes. — Los embriones de veintiocho á treinta y cinco días ya son más alargados; todas las hendiduras branquiales se han vuelto á cerrar, menos la primera. La alantoides no tiene más que tres vasos, porque se ha obliterado la vena umbilical derecha. En la quinta semana el tronco tiene de 0,85 á 1,28 centímetros de largo; las fosas olfatorias están unidas á los ángulos de la boca por medio de surcos que se cierran, convirtiéndose en conductos, en la sexta semana (Toldt). Los embriones de treinta y cinco á cuarenta y dos días tienen un tronco de 1,3 á 1,1 centímetros de largo; las aberturas bucal y nasal están separadas; la cara es plana; en las extremidades hay tres segmentos; en el pie no están los dedos tan desarrollados como en la mano. La oreja aparece por primera vez en la séptima semana como un reborde bajo (Told). El cuerpo de Wolff está muy reducido. La longitud del tronco entre las semanas séptima y octava es de 1,6 á 2,1 centímetros.

Fin del segundo mes. — El huevo tiene 6 $^{1}/_{2}$ centímetros de largo; las vellosidades, 1,3 milímetros. *En la vesícula umbilical ha desaparecido la vascularización.* El embrión tiene 26 milímetros de largo y pesa hasta 4 gramos. Ya existen la nariz y los párpados. El cordón umbilical tiene 8 centímetros de largo; está cerrada la cavidad abdominal y se inicia la osificación en la mandíbula inferior, clavícula,

costillas y cuerpos vertebrales. Aparece el esbozo del riñón ; el sexo no se marca todavía.

Tercer mes.— El huevo tiene el tamaño del de una gansa ; comienza á formarse la placenta. El embrión recibe desde esta época el nombre de *feto*, siendo su longitud total de 6 á 11 centímetros ; la del tronco, de 2,1 á 6,8, y el peso 11 gramos. Está desarrollada la oreja ; el cordón umbilical tiene 7 centímetros de largo. Comienza á manifestarse exteriormente la diferencia de sexo ; el ombligo se halla en el cuarto inferior de la línea blanca.

Cuarto mes.— Longitud total del feto, 10 á 17 centímetros ; longitud del tronco, 6,9 á 9 centímetros ; peso, 57 gramos ; el sexo bien marcado ; empiezan á formarse las uñas y los pelos. La placenta pesa 80 gramos ; el cordón umbilical tiene 19 centímetros ; el ombligo cae por encima del tercio inferior de la línea blanca ; aparecen movimientos en las extremidades y meconio en el intestino ; á través de la piel se ven por transparencia los vasos ; los párpados cerrados.

Quinto mes. — Largo del tronco del feto, 9,7 á 14,7 centímetros ; longitud total del mismo, 18 á 28 centímetros ; peso, hasta 284 gramos. Se distinguen claramente los cabellos y el *lanugo;* la piel todavía es delgada y de un color rojo-claro, aparece cubierta de unto sebáceo (vernix caseosa) (§ 289. 2) y es poco transparente. Peso de la placenta, 178 gramos. Longitud del cordón, 31 centímetros.

Sexto mes. — Largo del tronco, 15 á 18,7 centímetros ; largo total del feto, 26 á 37 centímetros ; peso del mismo, 634 gramos. La cara tiene más tejido adiposo y un aspecto menos aviejado ; el *lanugo* es más velloso y más tupido, y el unto sebáceo más abundante. Los testículos están en el abdomen ; hay membrana pupilar y pestañas ; el meconio llega hasta el intestino grueso.

Séptimo mes. — Largo del feto, 35 á 38 centímetros ; longitud del tronco, 18 á 22,8 ; peso del feto, 1218 gramos. El intestino grueso tiene la misma longitud del cuerpo (antes era más corto y después es más largo, Severi). Comienza el descenso de los testículos y *uno* de estos se encuentra en el conducto inguinal. Se abren los ojos ; la membrana pupilar suele haber desaparecido en su centro en la semana vigésimaoctava ; en el cerebro, además de las circunvoluciones primitivas, empiezan á formarse otros surcos. El feto es viable. Al principio de este mes aparece un núcleo de osificación en el calcáneo (Toldt).

Octavo mes. — Longitud del tronco, 24 á 27,5 centímetros ; longitud del feto, 41 á 42 centímetros ; peso, 1569 gramos. Cabello espeso y de 1,3 centímetros de largo ; las uñas con un pequeño borde libre. El ombligo corresponde por debajo del centro de la línea blanca ; un testículo ya se encuentra en el escroto.

Noveno mes. — Longitud del tronco, 27 á 30 centímetros ; longitud total del feto, 42 á 65 centímetros. Peso, 1971 gramos. En nada se distingue de un feto de todo tiempo.

Décimo mes. — Longitud del tronco, 30 á 37 centímetros ; longitud total, 45 á 67 centímetros ; peso, 2334 gramos.

Feto de término. — Longitud del cuerpo, 51 centímetros ; peso, 3 ¼ de kilos ; el *lanugo* ya no existe más que en los hombros ; la piel es blanca, los cartílagos de la nariz y de la oreja se sienten duros al tacto. Las uñas de los dedos de la mano sobresalen de las yemas ; el ombligo viene á estar un poco por debajo del medio de la línea blanca. Como signo característico de un feto de término se considera al núcleo de osificación en la epífisis inferior del fémur, con un diámetro transversal de 4 á 8 milímetros (empieza á aparecer al principio ó á mediados del noveno mes y á fines de este mismo tiene de 2 á 5 milímetros de ancho) (Toldt). Es frecuente encontrar á fines del décimo mes un núcleo de osificación en la epífisis superior de la tibia.

Duración del desarrollo embrionario en algunos animales. — Esta es: en el

colibrí, de doce días; en el pollo y en el pato, veintiuno; en el gamo, veintinueve; en la cigüeña, cuarenta y dos; en el casoar, sesenta y cinco; en el ratón, tres semanas; en el conejo y en la liebre, cuatro; en la rata, cinco; en el erizo, siete; en el gato y la marta, ocho; en el perro, el zorro y la garduña, nueve; en el tejón y el lobo, diez; en el león, catorce; en el cerdo, diecisiete; en el carnero, veintiuno; en la cabra, veintidos; en el corzo, veinticuatro; en el oso y monos de pequeña talla, treinta; en el ciervo, treinta y seis á cuarenta; [en el hombre, cuarenta]; en el caballo y camello, trece meses; en el rinoceronte, dieciocho; en el elefante, veinticuatro (Schenk). Según Maggiorani, aplicando un iman á un huevo de ave en incubación, se retardan las primeras fases de su desarrollo. Disminuyendo el aflujo de oxígeno á un huevo de ave en incubación, se obtienen seres *enanos* (H. Koch).

A traves de las cubiertas abdominales se pueden percibir varios *movimientos* que ejecuta el feto dentro del útero, tales como movimientos de extensión del tronco, movimientos de las extremidades, y en los últimos tiempos de la preñez (y durante el parto), contracciones regulares y rítmicas de los *músculos respiratorios*, las cuales sobrevienen casi siempre de cuando en cuando y persisten entonces durante cierto tiempo (Ahlfeld y H. Weber). Además, el feto ejecuta *movimientos de succión y de deglución.*

449. Formación del sistema óseo.

Columna vertebral. — La osificación de las *vértebras* comienza de la octava á la novena semana; primero *aparece en cada mitad de los arcos vertebrales un punto de osificación y después otro en el cuerpo de cada vértebra, detrás de la cuerda dorsal* (Robin), el cual está constituído por dos muy juntos. En el quinto mes llega la substancia ósea hasta la superficie, quedando englobada la cuerda en el cuerpo de las vértebras; en el primer año se sueldan los tres segmentos óseos. En el *atlas* aparece un punto óseo en el arco anterior y dos en el posterior, reuniéndose los tres en el tercer año. En el *axis* aparece un núcleo de osificación durante el primer año. Los tres núcleos de las vértebras sacras se reunen del año segundo al sexto, y todas estas vértebras se funden las unas con las otras entre el año décimooctavo y el vigésimoquinto. En las cuatro vértebras coccígeas aparece un punto de osificación para cada una entre los años primero y décimo. Además, en las vértebras aparecen más tarde: de uno á dos puntos de osificación en cada apófisis espinosa; de uno á dos en cada apófisis transversa; un punto en cada apófisis mamilar de las vértebras lumbares y otro en cada apófisis articular (entre los ocho y los quince años, Schwegel). También se desarrolla en las caras superior é inferior de los cuerpos de las vértebras una lámina ósea delgada, á manera de epífisis, que todavía se distingue del resto á los veinte años. En el adulto aún se encuentran grupos de células de la cuerda dorsal en los discos intervertebrales. Asimismo se conservan restos de dicha cuerda en las vértebras coccígeas, en la apófisis odontoides y en la base del cráneo, mientras siguen siendo cartilaginosos estos puntos (H. Müller). Las vértebras coccígeas constituyen la *cola*, continuándose como prolongación de ellas un *filamento caudal*, desprovisto de vértebras (Braun). El *coccix* existe primitivamente en el hombre como un apéndice caudal libre (fig. 346, IX, T), que más tarde es cubierto y ocultado por las partes blandas que crecen por encima de él. Es muy raro que quede fuera una cola libre; si ésta está constituída por el filamento caudal, forma la llamada *cola blanda* (His).

El número de los esbozos de vértebras es corto al principio; luego llega á ser mayor que en el mismo adulto y después vuelve á disminuir. En los últimos tiempos posee el embrión veinticinco vértebras verdaderas, porque el hueso ilíaco se

DR. PEREZ ARAPILES
C/ Lancia núm. 12, 2.º
Teléfono 20 05 18
L E O N

une á la vértebra vigésimasexta. Más adelante avanza tanto el hueso ilíaco, que la vértebra vigésimaquinta se convierte en primera vértebra sacra. Según esto la persistencia de veinticinco vértebras verdaderas debe considerarse como una detención de desarrollo (Rosenberg).

Las costillas provienen de las proto-vértebras, y en su esbozo primitivo corresponde una de ellas á cada una de las últimas. Las costillas torácicas se vuelven cartilaginosas en el segundo mes, y al crecer avanzan por la pared del pecho, con lo cual las siete primeras de cada lado se unen por medio de una tira cartilaginosa (Rathke) que constituye la mitad respectiva del *esbozo del esternón*. Estas dos mitades se unen después en la línea media, formando de este modo el esternón. (La *fisura del esternón* es una detención de desarrollo; en algunos monos parleros el mango del esternón está dividida por toda la vida. Las costillas falsas inferiores presentan en cierto modo una fisura esternal normal; los agujeros en el esternón son frecuentes, como resíduo de la fisura embrionaria). En el sexto mes aparece un punto de osificación en el mango del esternón; por debajo de él de 4 á 13, por pares, en el cuerpo, y uno en el apéndice xifoides. En el segundo mes aparece un núcleo óseo en el cuerpo de cada costilla, y entre los ocho y los catorce años uno en la tuberosidad y otro en la cabeza de cada uno de estos huesos. La reunión de todos estos centros de osificación se realiza entre los años catorce y veinticinco. En el *cuello*, los esbozos de las costillas, que están situados por delante de las apófisis transversas, se convierten en las ramas anteriores de éstas. Es raro que en las vértebras cervicales sexta y séptima queden sin soldarse, haciendo de costillas cervicales, cortas (en las aves, estas costillas cervicales adquieren un desarrollo mayor). En la *región lumbar* los esbozos cartilaginosos de las costillas se convierten ulteriormente en los procesos costales (ó apófisis transversas de los autores). A veces se forma una costilla décimatercera. [El proceso accesorio de las vértebras lumbares ó apófisis transversa accesoria, es el verdadero proceso transverso ó apófisis transversa, como se demuestra claramente en el esqueleto del mono]. Las *vértebras sacras* tienen también de tres á cuatro esbozos costales que, después del sexto año, se funden para formar las superficies auriculares del sacro. En las vértebras coccígeas todavía no se ha encontrado el segmento costal.

El cráneo, ó extremo cerrado del conducto vertebral, posee, en la porción axial de su base, la cuerda dorsal que llega hasta el cuerpo del esfenoides anterior. El cráneo es, *al principio completamente membranoso* (cráneo primordial membranoso); en el segundo mes se hace *cartilaginoso* en su porción *básica*, en una sola pieza, como si se hubiese vaciado en un molde, formada por el hueso occipital (excepto la mitad superior de su escama), el esfenoides anterior y el posterior con sus alas, la pirámide y la apófisis mastoides del temporal, el etmoides con el tabique nasal y los cartílagos exteriores de la nariz, poco desarrollados. Las demás partes del cráneo quedan *membranosas*. De ahí que se hayan distinguido un *cráneo primordial membranoso* y un *cráneo primordial cartilaginoso* (Jacobson, 1844). [En los animales (cerdo) se vuelve también cartilaginoso todo el occipital y parte de la región parietal (Spondli)].

La osificación de cada uno de los huesos del cráneo se realiza del modo siguiente:

I. En el *hueso occipital* aparece, al tercer mes, un núcleo óseo en la porción basilar, uno para cada región condiloidea y otro para cada mitad de la porción inferior de la escama. Además se desarrollan otros dos núcleos en la porción superior de la misma (membranosa). Los cuatro puntos de la escama ya se sueldan en la vida intrauterina, pero todavía queda á cada lado una fisura que, á partir del borde, separa á las porciones superior é inferior de la escama. Del primero al segundo año se unen entre sí los demás puntos de osificación. Es muy raro que persista sin

soldarse la mitad superior de la escama, á la manera del hueso interparietal, de forma semilunar, que es constante en muchos animales. Yo poseo un ejemplar hermoso de esta anomalía; á veces queda sin soldarse una mitad de dicha porción. Conviene llamar la atención acerca del hecho importante (y que también lo es para el desarrollo del cerebro) de que en el hombre la mitad superior de la escama del occipital crece á medida que se desarrolla, y en cambio disminuye de extensión en el mono (Joseph, Waldeyer). En algunos cráneos se notan diferencias de desarrollo entre las mitades superior é inferior de la escama occipital. [Según Albrecht, la parte anterior de la porción basilar forma una pieza ósea especial, el basioticum].

II. En el *esfenoides posterior* se observan, á partir del tercer mes, los siguientes puntos de osificación: dos en la silla turca, dos en el surco carotídeo, dos en las alas mayores, los cuales también forman la lámina externa de la apófisis pterigoides (en cambio la interna, que no pasa por la fase cartilaginosa, proviene del proceso maxilar superior del primer arco branquial). En la segunda mitad de la vida fetal se unen estos puntos, menos las alas mayores, conservándose cartilaginosos todavía la silla turca y el clivus, hasta la sincondrosis esfeno-occipital, que se osifica á partir del año décimotercero.

III. El *esfenoides anterior* tiene, desde el octavo mes, dos puntos óseos en las alas menores, y después dos en el cuerpo. Estos puntos se sueldan en el sexto mes, pero todavía se encuentra en su interior cartílago (Virchow), cuyos restos aún persisten á los trece años.

IV. El *etmoides* presenta al quinto mes un núcleo óseo en el laberinto ó masas laterales, con la lámina papirácea, los cornetes y la lámina cribosa; después aparece, en el primer año, un núcleo para la lámina perpendicular con la apófisis crista galli. Estos puntos se unen á los cinco ó seis años.

V. A los huesos que pasan por la fase membranosa pertenecen: la lámina de la apófisis pterigoides (un núcleo); la mitad superior de la escama del occipital (dos núcleos); el parietal (un núcleo en su tuberosidad); el frontal (un núcleo doble en la tuberosidad frontal) y además otros tres más pequeños en la espina nasal, en el sitio de la polea del oblícuo mayor y en la apófisis zigomática (Rambaut y Renault); el hueso propio de la nariz (un núcleo); la escama del temporal (un núcleo); el anillo timpánico (un núcleo), y los huesos unguis, vómer é inter-maxilar. Todos estos huesos se los llama de cubierta ó de revestimiento; se forman á expensas de una membrana particular que está aplicada exteriormente al cráneo primordial. O. Hertwig considera á estos huesos como resultado de la osificación de la piel ó de una mucosa.

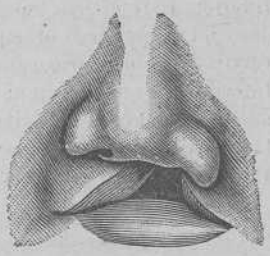
El cráneo representa con sus segmentos, según una teoría ya antigua, tres *vértebras* grandes y ensanchadas (Goethe 1792, Oken 1807); la *vértebra craneana* posterior la forma el occipital; la media, el esfenoides posterior con las alas mayores y los parietales; la anterior, el esfenoides anterior con el frontal. En los peces cartilaginosos el número de las vértebras craneanas es mayor (Gegenbaur).

Todavía se discute hasta dónde llega el cráneo por delante. Kölliker entiende que se debe considerar como extremo anterior de la columna vertebral craneana al etmoides con su lámina perpendicular y el tabique de la nariz.

La formación de los huesos de la cara está en íntima conexión con la *transformación de los arcos y hendiduras branquiales*. Del *primer arco branquial* de cada lado sobresale hacia la línea media, y en dirección de la gran abertura bucal su extremo interno, el cual presenta dos eminencias ó procesos: el *proceso maxilar superior* (fig. 351. A, 3) que crece más en dirección de la parte lateral de dicha abertura bucal, y el *proceso maxilar inferior*, *u*, que sigue á lo largo del borde inferior de la boca. Desde el borde superior desciende, como prolongación de la base del cráneo, el *proceso frontal*, *f*, ancho y con una prolongación en su ángulo inferior y externo

(1, proceso nasal interno). El proceso frontal y el maxilar superior (3) se funden, al ir creciendo, de tal manera que el primero, *f*, se introduce entre los dos procesos maxilares superiores de ambos lados. Al mismo tiempo una pequeña prolongación de la parte lateral del cráneo, el *proceso nasal externo* (2) que se encuentra encima del proceso maxilar superior, se suelda con éste al desarrollarse. Entre este último y el proceso nasal externo había una fisura que llegaba hasta el ojo, *a*, la cual se oblitera, á excepción del *conducto lagrimal* (B, O). De este modo queda separada la abertura bucal de las aberturas nasales que están encima. Pero esta separación se continua en la profundidad de la boca; el proceso maxilar superior produce el paladar; y el proceso frontal, el *hueso intermaxilar* (fig. 351. B, Z.) que también existe en el hombre (Göethe) y que más tarde se une con el maxilar superior. El hueso intermaxilar, que en muchos animales es de carácter permanente (hueso incisivo) es el que lleva los dientes incisivos. La bóveda del paladar ya está cerrada en la novena semana, y sobre ella se apoya perpendicularmente el tabique de la nariz que proviene del proceso frontal. El *hueso maxilar inferior* se desarrolla á expensas del proceso del mismo nombre (B, U). En los bordes que limitan la cavidad bucal se forman los labios y el borde alveolar. La lengua, *z*, se desarrolla detrás del punto de unión de los pares branquiales segundo y tercero (His); y, según Born, de una pieza intercalada entre los procesos maxilares inferiores; y su raiz, del segundo arco branquial.

Figura 350.



Labio leporino del lado izquierdo.

En esta marcha evolutiva pueden sobrevenir ciertas *detenciones de desarrollo*.

1.° El *labio leporino* (fisura oro-nasal, fig. 351, C), se origina por la falta de unión entre el proceso nasal interno, por una parte, y los procesos maxilar superior y nasal externo por otra. La fisura sigue hasta la ventana de la nariz; se encuentra, por lo regular, entre los incisivos, rara vez por delante del canino. Cuando hay fisura en el maxilar, es frecuente que existan incisivos supernumerarios. El hueso intermaxilar tiene dos núcleos de osificación: uno, en el proceso nasal interno, y otro en el dominio del proceso maxilar superior. De proceso nasal externo, que no llega hasta abajo, no se forma ningún hueso especial. La falta de separación entre la boca y la nariz, sólo afecta á veces á las partes blandas (*labio leporino*, fig. 350), ó interesa tambien á la bóveda del paladar (*boca de lobo*); ambas deformidades pueden ser unilaterales ó bilaterales. La boca de lobo puede provenir de que los procesos maxilar superior y frontal no se desarrollen, ó de que lo hagan de un modo insuficiente, con lo cual no pueden llegarse á poner en contacto; ó bien de que el proceso frontal se desarrolle hacia afuera, siendo muchas veces tan estrecho al mismo tiempo, que el proceso maxilar superior no es posible que se ponga en contacto con él.

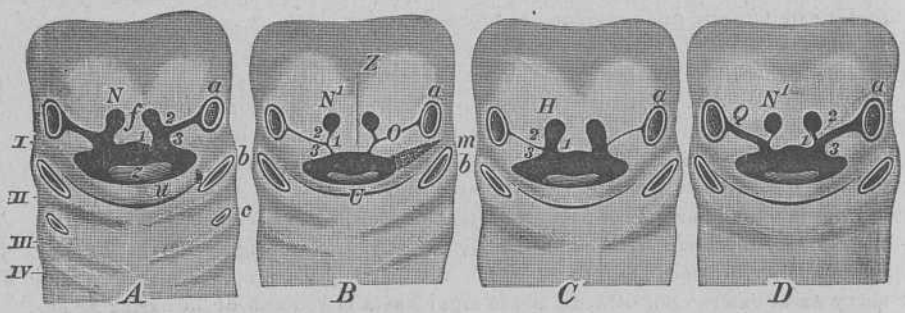
2.° La falta de reunión entre los procesos nasales interno y externo por una parte y el maxilar superior por otra, origina la *boca de león* (fisura oro-orbitaria ó facial oblícua, fig. 351, D). En esta deformidad está cerrada la ventana de la nariz (Albrecht, Kraske).

3.° La *fisura bucal* ó *macrostomia* es la prolongación excesiva de la abertura de la boca en dirección lateral entre los procesos maxilares superior é inferior (Birndi), pudiendo llegar hasta la misma oreja (fig. 351. B. *m*).

4.° Es rarísimo que se presente una *fistula en el labio inferior*, la cual se interpreta como resto de una fisura fetal, existente entre las porciones media y lateral del labio inferior en vías de desarrollo (Rose, Madelung).

De la parte posterior del *primer arco branquial*, se forman el yunque, el martillo (que se osifican en el cuarto mes) y el cartílago de Meckel (Reichert, 1837), el cual es una prolongación cartilaginosa que arranca del martillo, por detrás del anillo timpánico, y que se dirige hacia adelante por la cara interna del maxilar inferior, casi hasta la línea media. Este cartílago se empieza á atrofiar desde el sexto mes; pero su extremo posterior todavía forma el ligamento lateral interno de la articulación temporo-maxilar. Al lado del punto en que se continua con el martillo, se forma la apófisis larga de este huesecillo (Baumüller) ó proceso de Folius. Una parte del extremo central del cartílago de Meckel se funde, osificándose, con el maxilar inferior. Este último hueso es muy común que se desarrolle como un revestimiento óseo del primer arco branquial; el ángulo y el cóndilo del mismo, se originan de un cartílago embrionario especial. La sutura mentoniana que une á los dos maxilares inferiores, se osifica en el primer año. Del proceso maxilar superior se originan, además del hueso del mismo nombre, la lámina interna de la apófisis pterigoides, la apófisis palatina del maxilar superior, y el hueso palatino al fin del segundo mes. Por fin, también se forma á sus expensas el hueso zigomático ó malar.

Figura 351.



Formación de la cara y detenciones de desarrollo de la misma: A, Primer esbozo fetal. —I, II, III, IV, Los cuatro arcos branquiales.—*f*, proceso frontal. — 1 y 2, procesos nasales interno y externo.—3, proceso maxilar superior.—*u*, proceso maxilar inferior.—*b* y c, hendiduras branquiales primera y segunda.—*a*, ojo.— *z*, lengua. — B, Soldadura normal de las partes embrionarias.—Z, Hueso inter-maxilar.—N¹, Agujero nasal.—O, Conducto naso-lagrimal.—U, Maxilar inferior.— [*m*, alargamiento anormal de la fisura bucal ó *macrostomia*] —C, Detención del desarrollo de la fisura oro-nasal (labio leporino y boca de lobo). — D, Detención del desarrollo de la fisura oro-orbitaria (Q).

El *segundo arco branquial*, que arranca del peñasco y es paralelo al primer arco branquial, forma en el orden siguiente: el estribo (aunque, según Salensky, este huesecillo procedería de una masa cartilaginosa, que está en conexión con el primer arco branquial), la eminencia piramidal con el músculo del estribo, la apófisis estiloides, el ligamento estilo-hiodeo (cartilaginoso al principio), el asta menor del hioides (yo he visto la apófisis estiloides convertida, en los dos lados, en un hueso que se extendía hasta la misma asta menor inclusive), y, por fin, el pilar anterior del velo del paladar (His).

Del *tercer arco branquial*, se forman el asta mayor del hioides, el cuerpo de este hueso, y, en fin, el pilar posterior del velo del paladar (His).

El *cuarto arco branquial*, contiene el esbozo del cartílago tiroides (His).

De las *hendiduras branquiales*, sólo queda la primera, que se transforma en conducto auditivo externo, caja del tambor y trompa de Eustaquio; las demás se obliteran. Si queda abierta alguna de ellas (defecto de desarrollo que es hereditario en algunas familias), se produce la *fístula congénita del cuello*, que probablemente sólo se puede formar á expensas de la segunda hendidura branquial (v. Kostanecki y

v. Milecki). Estas hendiduras ó trayectos, sólo quedan abiertos, en algunos casos, en sus extremos externo ó interno; entonces se forman trayectos ciegos ó divertículos, que pueden designarse todos ellos con el título de fístulas incompletas del cuello. También hay tumores y quistes *branquiógenos*, llamados así porque tienen su origen en formaciones branquiales (Roser). La duplicación de la mandíbula inferior, que es un fenómeno rarísimo, hay que atribuirla á un aumento en el número de arcos branquiales.

El *timo* y el *cuerpo tiroides* se forman como invaginaciones ó engrosamientos del epitelio que reviste los arcos branquiales. El cuerpo ó glándula tiroides, se forma (en el cerdo) de un esbozo medio y otros dos laterales, que más tarde se funden entre sí (Stieda, Zorn, Fischeles). El epitelio de las dos últimas hendiduras branquiales, no desaparece (en el cerdo), sino que prolifera, emitiendo hacia adentro prolongaciones cilíndricas, y convirtiéndose, en su desarrollo ulterior, en dos vesículas epiteliales (esbozos pares de la glándula tiroides). Estas vesículas tienen una fisura central, que al principio todavía comunica con la cavidad esofágica (Wölffer). El esbozo par de la glándula tiroides emite, desde su primitiva cavidad, brotes ó excrecencias que al principio son sólidas, y más tarde se vuelven huecas; con el tiempo se sueldan en la línea media los dos esbozos laterales. Según His, la glándula tiroides se encuentra en el hombre, en la cuarta semana, en el dominio del segundo par branquial, como una vesícula epitelial situada delante de la lengua. De la porción epitelial que corresponde al *timo*, la cual, según Born y Fischeles, procede de la tercera hendidura epitelial, no persisten más que los llamados cuerpos concéntricos. His cree que el esbozo del timo son unos divertículos epiteliales que aparecen en el hombre á la cuarta semana, á la parte lateral de los arcos aórticos cuarto y quinto. También la *glándula carotídea* es de procedencia epitelial, y como una variedad de la tiroides (Stieda).

Miembros. — El trayecto y procedencia de los nervios del plexo branquial, demuestran que la extremidad superior está al principio junto á la columna vertebral, y más cerca del cráneo (última vértebra cervical y primera dorsal). El esbozo de la extremidad abdominal, corresponde á la última vértebra lumbar hasta la tercera ó cuarta sacras (His).

La clavícula que no empieza siendo de tejido conjuntivo (Bruch), sino de tejido cartilaginoso, como la horquilla de las aves (Gegenbaur), adquiere un desarrollo muy considerable, tanto que, en el segundo mes, es cuatro veces mayor que el fémur; es el primero de los huesos que se osifica (séptima semana). En la época de la pubertad, aparece una epífisis esternal. [Las *formaciones episternales* provienen de la clavícula (Götte); Ruge interpreta las piezas cartilaginosas que hay entre la clavícula y el esternón, como análogas al *episternon* de los animales]. La clavícula falta en muchos mamíferos (carniceros, ungulados); en los quirópteros, es muy grande, y en los conejos, semicartilaginosa. La horquilla de las aves, representa las dos clavículas reunidas.

El omóplato está unido, en su primer esbozo, á la clavícula (Rathke, Götte), y presenta al fin del segundo mes un núcleo medio que se extiende rápidamente. De los núcleos accesorios, el más interesante en el concepto morfológico es el de la apófisis coracoides, que forma al mismo tiempo la parte superior de la cavidad articular. En las aves crece este núcleo, como *hueso coracóideo* hasta el esternón, mientras en el hombre sólo hay una masa ligamentosa que se dirige desde el proceso coracóideo al esternón. La tira ósea larga *basilar* corresponde al hueso supraescapular de ciertos animales. Todavía hay más núcleos óseos, á saber: uno en el ángulo inferior, dos ó tres en el acromion, uno en la superficie articular, y otro, inconstante, en la espina. La consolidación de todos estos núcleos se completa en la época de la pubertad.

El HÚMERO se osifica en su diáfisis de la octava á la novena semana. Los demás núcleos óseos son: uno en la epífisis superior y otro en el cóndilo (primer año); uno en el troquiter y otro en el troquín (segundo año); uno en el epicóndilo y otro en la epitróclea (del quinto al décimo año), y uno en la tróclea (á los doce años). La diáfisis se suelda con las epífisis de los dieciséis á los veinte años.

RADIO. — La diáfisis se osifica al tercer mes. Además aparecen: un núcleo en la epífisis inferior (quinto año) y otro en la superior (sexto año); son inconstantes otros dos núcleos, uno en la tuberosidad bicipital y otro en la apófisis estiloides. La osificación es completa en la época de la pubertad.

CÚBITO. — Su diáfisis también se osifica al tercer mes. Además aparecen: un núcleo en el extremo inferior (sexto año), dos en el olécranon (año undécimo á décimocuarto) (Uffelmann); son inconstantes, un punto en la apófisis coronoides (Schwegel) y otro en la estiloides. La consolidación del hueso se realiza en la época de la pubertad. [En el galgo queda el olécranon como un hueso especial (rótula cubital)].

LOS HUESOS DEL CARPO están dispuestos en dos filas, en los vertebrados. En la primera hay tres huesos: el radial, el intermedio y el cubital, que en el hombre están representados por el escafoides, semilunar y piramidal (el pisiforme no es más que un hueso sesamóideo en el tendón del cubital anterior). La segunda fila contiene en realidad (v. gr., en las salamandras) tantos huesos como dedos hay; en el hombre corresponde á los dedos cuarto y quinto el esbozo común del hueso ganchoso.

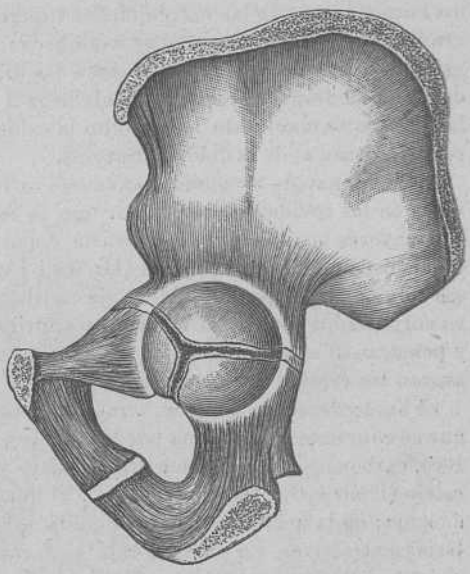
Es notable desde el punto de vista morfológico, que al principio se forme entre las dos filas de huesos otro central, que corresponde al hueso central del carpo, de los reptiles, anfibios y algunos mamíferos; pero hacia el tercer mes desaparece (Henke, Reyher, Rosenberg) ó se funde con el escafoides, siendo rarísimo que persista (Gegenbaur); [así sucede en el orangután]. En la época del nacimiento todavía se conservan cartilaginosos todos los huesos del carpo. Después se osifican: el hueso mayor y el ganchoso, en el primer año; el piramidal, al tercer año; el trapecio y el semilunar, al quinto año; el escafoides, al sexto; el trapezoides, al séptimo, y el pisiforme al duodécimo.

LOS HUESOS DEL METACARPO presentan un núcleo óseo en la diáfisis al tercer mes, y lo mismo las *falanges*. En éstas y en el primer hueso del pulgar, se encuentra la epífisis cartilaginosa en el extremo central; en los demás huesos del metacarpo, en el extremo periférico (Uffelmann). Por esto se considera como una falange al primer hueso del pulgar (Galeno, Vesalio). Las epífisis del metacarpo se osifican en el segundo año; las de las falanges en el tercero; la soldadura de las mismas con las diáfisis se efectua en la época de la pubertad. Es notable el dato recogido por Schenk, de que en el primer esbozo de la mano hay un número mayor de dedos (hasta nueve), que luego se reducen hasta no ser más que cinco. Según esto, la *polidactilia* sería un vicio de conformación originado por detención de desarrollo. Fuera de esto, se encuentra en muchos mamíferos el esbozo rudimentario de un sexto dedo, en la extremidad anterior (lado radial) y de otro sexto dedo en la posterior (lado tibial), que K. Bardeleben denomina *præpollex* y *præhalux*, verbigracia, en el topo [en el hombre se observa rara vez, estableciendo un parecido al de los animales (Plinio)].

EL HUESO ILÍACO Ó INNOMINADO consta en su esbozo cartilaginoso de dos partes: una pubiana y otra ileo-isquiática (Rosenberg). La osificación empieza por tres núcleos: uno en el íleon (tercero á cuarto mes); otro en la rama descendente del isquión (cuarto á quinto mes), y otro en la rama horizontal del pubis (quinto á séptimo mes). Entre los seis y los catorce años aparecen otros núcleos; uno allí donde los cuerpos de los tres huesos se reunen en la cavidad cotiloidea; además, otro en

la superficie auricular y otro en la sínfisis. Todavía surgen otros puntos accesorios, á saber: en la espina ilíaca anterior é inferior, en la cresta ilíaca, en la tuberosidad isquiática, en la espina ciática, en la espina del pubis, en la eminencia ileopectínea y en el fondo de la cavidad cotiloidea. Primero se reunen las ramas descendentes del pubis y ascendente del isquión entre los años séptimo y octavo; el cartílago en forma de Y que hay en la cavidad cotiloidea persiste hasta la época de la pubertad. Hacia los doce años aparece como hueso del acetabulum un núcleo especial del borde de la cavidad cotiloidea que se une al resto del hueso á los dieciocho años (W. Krause).

Figura 352.



Osificación del hueso ilíaco.

En el FEMUR aparece un núcleo central á fines del segundo mes. En la época del nacimiento se ve un núcleo en la apófisis inferior (¡!), y algo más tarde otro en la cabeza. Además, se van presentando: uno en el trocánter mayor (de los tres á los once años), otro en el menor (de los trece años á los catorce), y dos en los cóndilos (de los cuatro á los ocho años). Todos estos núcleos se sueldan al resto del hueso hacia la época de la pubertad. La rótula es un hueso sesamoideo alojado en el tendón del triceps femoral. [En algunos marsupiales se une con el peroné, haciendo de olécranon peroneo]. La rótula es cartilaginosa en el segundo mes, y se osifica de los dos á los tres años.

La TIBIA Y EL PERONÉ se osifican en la diáfisis al principio del tercer mes; luego aparece un núcleo en la epífisis superior (del primero al tercer año), y después en la inferior. Surgen núcleos accesorios en la tuberosidad anterior de la tibia y en los maléolos. La consolidación de todos estos núcleos se efectua en la época de la pubertad.

LOS HUESOS DEL TARSO se forman de un modo análogo á los del carpo. En la primera fila corresponde al lado tibial el astrágalo y al peroneo el calcáneo. Como tercer hueso de esta fila, merece especial mención un huesecito unido al astrágalo en la inserción del ligamento peroneo-astragaliano posterior, el cual corresponde al hueso semilunar del carpo, aparece en el segundo mes como una pieza cartilaginosa independiente y queda en los urodelos y en los marsupiales como un hueso intermedio típico; pero en el hombre no llega á desarrollarse como tal (K. Bardeleben).

En la segunda fila se encuentran, como en el carpo, unidos los esbozos de los huesos cuarto y quinto, formando el cuboides. Los huesos del tarso se osifican en el siguiente orden: calcáneo (principio del séptimo mes); astrágalo (principio del octavo mes); cuboides (fines del décimo mes); escafoides ó hueso central (del primero al quinto año); cuneiformes primero y segundo (en el tercer año); tercer cuneiforme (en el cuarto año). En la parte posterior del calcáneo ó talón aparece del quinto al décimo año un núcleo accesorio, que se suelda después de la pubertad.

Los huesos del metatarso se forman de un modo semejante á los del metacarpo.

Después de haber practicado numerosas mediciones en las *diáfisis de los huesos largos*, en fetos y embriones, puedo establecer las siguientes conclusiones: 1.ª Hasta la novena á décima semana, las diáfisis osificadas mayores son las de los huesos largos de la parte superior del cuerpo, según el orden siguiente: mandíbula, clavícula, húmero, radio, cúbito, femur, tibia, peroné. 2.ª Pero desde el sexto mes se agrupan, bajo este concepto, en el mismo orden que en el adulto. 3.ª Las diáfisis de los huesos largos de las extremidades superiores son, en todas las épocas del desarrollo fetal, relativamente mayores que en las extremidades inferiores. 4.ª En la primera mitad de la vida fetal crecen las diáfisis de los huesos largos mucho más deprisa que después; esta diferencia llega á ser del doble ó mayor todavía. Entre las epífisis se manifiesta más pronto la osificación en aquellas cuyo peso es mayor relativamente al de la diáfisis (Sutton).

En la formación de hueso á expensas de cartílago aumentan las células contenidas en las cavidades del último, que se ensanchan y se convierten en otras mucho mayores por su mútua confluencia, depositándose en sus paredes capas de substancia ósea de nueva formación (H. Müller). Todavía está en litigio si las numerosas células hijas derivadas de las de cartílago, por división de éstas, se convierten en corpúsculos óseos, ó si vienen estos últimos de los vasos sanguíneos que crecen y penetran al mismo tiempo en el cartílago en vías de osificación (mientras se destruyen las células cartilaginosas) (Stieda).

El hueso desecado posee un tercio de substancia fundamental orgánica (oseína, que se convierte en gelatina por la cocción), además fosfato cálcico neutro (57 por 100), carbonato cálcico (7 por 100), fosfato magnésico (1 á 2 por 100), fluoruro de calcio (1 por 100) é indicios de cloro. El hueso fresco contiene: como un 23 por 100 de agua; en la médula hay grasa líquida, albúmina, hipoxantina, colesterina y materias extractivas. La médula roja contiene mayor cantidad de hierro que la que corresponde á su proporción de hemoglobina (Nasse).

El hueso crece en espesor (v. gr., un hueso largo) *por depósitos formados por el periostio*, convirtiéndose las células de éste, como *osteoblastos*, en corpúsculos óseos. La porción periférica (capa parietal) de los osteoblastos apiñados á manera de membrana epitelial, se transforma en parte en la substancia fundamental del hueso que se ha de ir endureciendo; al mismo tiempo, las células se reducen de tamaño y se vuelven estrelladas, ó sea corpúsculos óseos. Pero algunos de éstos provienen también de células protoplasmáticas estrelladas que están diseminadas en el periostio; se acumula entre ellas un blastema, que después se endurece, aprisionando las fibras del periostio, que se convierten en las fibras de Sarphey, de la substancia ósea. A la par que crece la substancia cortical del hueso se va haciendo mayor, por absorción, su cavidad medular. Anillos colocados rodeando al hueso, en animales jóvenes, acaban por quedar dentro de dicha cavidad (Duhamel). El *crecimiento en longitud*, de los huesos, se verifica (Hunter), osificándose la faja de cartílago epifisario que está aplicada á la diáfisis, mientras se forma nuevo tejido cartilaginoso en la faja periférica de dicho cartílago. Cuando se termina el crecimiento del hueso se osifica en totalidad el cartílago epifisario. Respecto á saber si, además del crecimiento de los huesos por yuxtaposición, existe otro por intussuscepción ó expansión intersticial (Wolff), es un punto que todavía no han dilucidado los experimentos en que se ha tratado de ver si se separan ó no en un hueso, en vías de desarrollo, vástagos clavados en ellos (§ 246, 9).

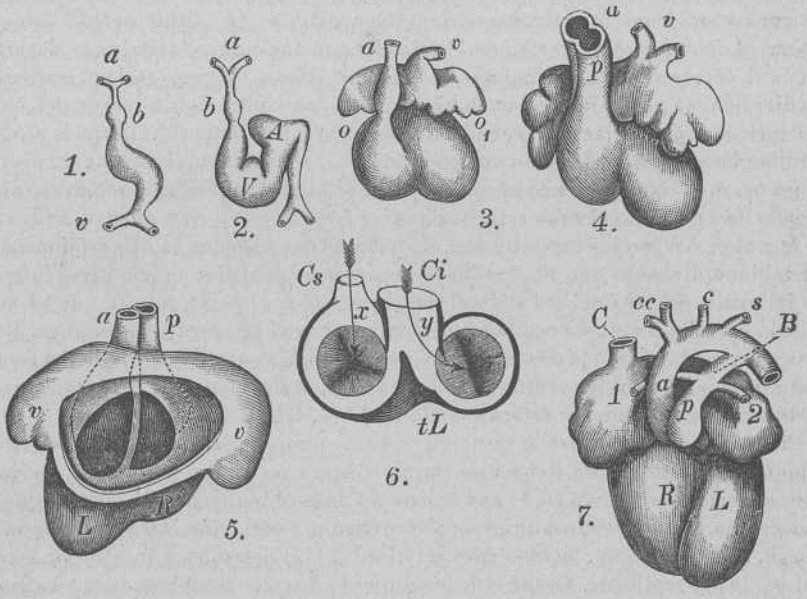
En el desarrollo de la *forma de los huesos* influyen además otras causas externas. Así se observa que este desarrollo es tanto más enérgico cuanto mayor es la actividad de los músculos que actuan sobre ellos. Cuando desaparece una presión que obra sobre un hueso, en el estado normal, éste se desarrolla más en el sentido de

la resistencia menor, y aumenta de espesor en este lado. Además el hueso crece con más lentitud en el lado donde experimenta una presión exterior más fuerte, y se encorva cuando esta presión es unilateral (Lesshaft).

450. Formación del sistema vascular.

Corazón. — El esbozo de esta víscera que aparece bajo la forma de un tubo sencillo, adquiere una curvatura poco acentuada á manera de S (fig. 353, 1), distinguiéndose muy pronto la porción superior, aórtica (*a*) y el bulbo (*b*), de las porciones media ó ventricular, é inferior ó venosa (*v*). Después se dobla á manera de estómago (2) la porción ventricular, con lo cual la porción venosa, A, queda más alta y viene á colocarse ulteriormente un poco por detrás de la porción arterial. Desde la porción venosa se forman dos sacos ciegos, uno á la derecha y otro á la izquierda, los cuales son los esbozos de las orejuelas, muy grandes en esta época (3, *o*, o_1). La inflexión del cuerpo del corazón que corresponde á la gran corvadura (2, V), se divide en dos grandes segmentos por un surco que se marca muy poco al exte-

Figura 353.



Desarrollo del corazón.

1, primer esbozo del corazón. — *a*, porción aórtica con el bulbo *b* — *v*, porción venosa, —2, inflexión del corazón, en forma de estómago.—*a*, porción aórtica con el bulbo *b*.—*V*, ventrículo.—*A*, porción auricular. — 3, formación de las orejuelas oo_1 y del surco exterior en el ventrículo.—4, comienzo del desdoblamiento de la aorta *p*, en dos tubos alargados, *a*. — 5, vista posterior de los ventrículos izquierdo *L*, y derecho *R*, por la aurícula *vv* ampliamente abierta; se distingue entre ellos un tabique de separación y en cada uno de ellos abriéndose los dos grandes vasos arteriales, aórtico (*a*) y pulmonar (*p*). — 6, relación entre las terminaciones de las dos venas cavas, superior (*Cs*) é inferior (*Ci*) en la aurícula (vista esquemática tomada por arriba) —*x*, dirección de la corriente sanguínea de la vena cava superior en el ventrículo derecho y dirección de la corriente sanguínea de la vena cava inferior en el ventrículo izquierdo —*t L*, tubérculo de Lower. — 7, corazón del feto de término. —*R* y *L*, ventrículos derecho é izquierdo.—*a*, aorta con el tronco braquio-cefálico (*cc*), la carótida (*c*), y la subclavia (*s*), izquierdas.— *B*, conducto arterioso ó de Botal.— *p*, arteria pulmonar con sus ramas 1 y 2 muy delgadas todavía.

rior (3). El gran tronco venoso (4, *v*), que penetra en el medio de la pared posterior de la porción auricular, está constituído por las venas cavas superior é inferior. Más tarde se confunde ese tronco común con la pared de las aurículas, que se van ensanchando, y así es, cómo quedan separadas las terminaciones de las dos venas cavas. En el hombre ya se forma muy pronto una cavidad especial para alojar al corazón ; una parte del esbozo del diafragma limita á esta cavidad (His). De la cuarta á la quinta semana, empieza á dividirse el corazón en derecho é izquierdo. Al principio va creciendo de abajo arriba en dirección vertical y correspondiendo al surco interventricular externo, un tabique (5) que divide la porción ventricular en dos, derecha é izquierda (5, R, L). Entre las porciones auricular y ventricular, se encuentra una estrangulación que recibe el nombre de *canalis auricularis*. Esta estrangulación contiene una comunicación entre la aurícula y los dos ventrículos, limitada por dos labios endoteliales, uno anterior y otro posterior, de los cuales provienen las válvulas auriculo-ventriculares (F. Schmidt). El tabique interventricular continua creciendo hacia el canal auricular, y termina su desarrollo en la octava semana. De aquí se deduce que, desde la gran cavidad auricular no dividida, se puede llegar á cualquiera de los dos ventrículos á través del orificio auriculo-ventricular correspondiente, derecho é izquierdo (5). Después se desarrollan en el interior del gran tronco arterial (4, *p*) dos tabiques á manera de listones (4, *p*, *a*), que creciendo el uno en dirección del otro, llegan á reunirse, dividiendo de este modo el tubo arterial en otros dos (5, *a*, *p*), que quedan aplicados el uno al otro como los tubos de una escopeta de dos cañones (aorta y pulmonar). El tabique divisorio que produce esta separación, se dirige en su parte inferior de tal modo, que se une con el interventricular (5). De esto resulta que el ventrículo derecho comunica con la arteria pulmonar y el izquierdo con la aorta. Pero esta separación entre las dos arterias no es completa, puesto que por arriba terminan ambas en un tronco común, que las hace comunicar entre sí, cuyo tronco recibe el nombre de conducto arterioso ó de *Botal* (7, B).

En la *aurícula* se desarrolla tanto en su cara anterior como en la posterior, un tabique cuyo borde libre tiene una forma cóncava en ambas porciones. La vena cava superior desemboca (6, C *s*) á la *derecha* de este repliegue, de manera que la sangre que vierte, tiende á dirigirse al ventrículo derecho [en la dirección de la flecha (6, *x*)]. En cambio, la vena cava inferior (6, C *i*) desemboca frente por frente del borde del repliegue. Desde el lado izquierdo de esta desembocadura y enfrente del repliegue auricular, se forma la válvula del agujero oval ó de Botal que obliga á la corriente sanguínea á tomar la dirección de la flecha ó sea hacia el lado *izquierdo*. A la derecha del orificio de la vena cava y enfrente del repliegue, aparece la válvula de Eustaquio, la cual, en unión del tubérculo de Lower (*t* L) desvía la corriente sanguínea de la vena cava inferior hacia la aurícula izquierda (véase *circulación fetal*). Después del nacimiento, la válvula del agujero de Botal, cierra á este por completo. Además se oblitera el conducto arterioso ; así que la sangre de la arteria pulmonar se ve forzada á seguir por las ramas de la misma, que se ensanchan. La subsistencia del agujero de Botal es una deformidad por detención de desarrollo que ocasiona graves perturbaciones circulatorias. Kergeradek fue el primero que escuchó los sonidos del corazón fetal.

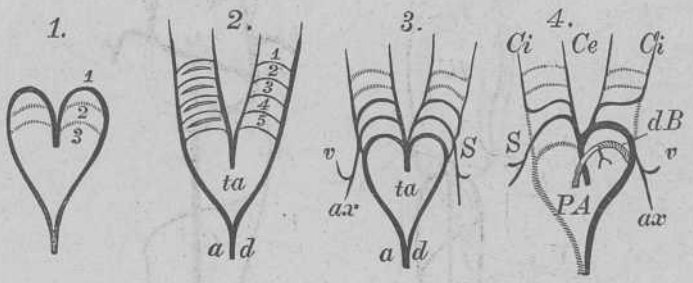
Arterias. — Al formarse los arcos y hendiduras branquiales aumenta el número de los arcos aórticos, de los que al principio no hay más que uno en cada lado (fig. 354), llegando á ser de cinco pares, cada uno de los cuales camina por encima y por debajo de una hendidura branquial para volverse á unir todos ellos en un tronco descendente común (2, *a*, *d*) (Rathke). (Estos arcos aórticos sólo persisten en los animales que respiran por branquias; fig. 66). En el hombre, los primeros que desaparecen son los superiores de cada lado (3). Al dividirse el tronco arte-

rial en la pulmonar y la aorta (4, P A), se convierte el arco inferior de cada lado con su segmento inicial en la arteria pulmonar (4), comunicando de este modo con el corazón derecho. De los dos arcos inferiores, el *izquierdo* forma el conducto anterior (*d* B) ó de Botal, partiendo de su origen las ramas de la arteria pulmonar. De los demás arcos que comunican con la aorta, el medio del lado izquierdo queda de arco aórtico permanente (desembocando en él el conducto arterioso), y el derecho se convierte en la subclavia derecha (S). El arco superior se convierte en cada lado en el origen de la carótida (C*i*, C*e*).

[Según Zimmermann, así en el hombre como en el conejo existe en cada lado, entre el arco aórtico inferior y el superior inmediato, otro arco de duración mucho más fugaz y que por eso ha pasado inadvertido].

De las arterias de la primera y segunda circulación ya se ha tratado anteriormente. Con la desaparición de la circulación umbilical sólo queda *una* arteria ómfalo-mesentérica, que emite muy pronto una rama intestinal. Más tarde desaparece la arteria umbilical; así que la arteria mesentérica superior (la más gruesa de todas) proviene primitivamente en su tronco de una arteria umbilical.

Figura 354.



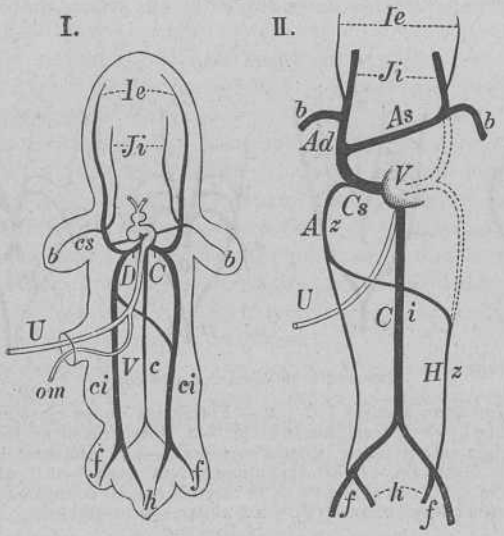
Desarrollo de los arcos aórticos.

1, primer esbozo de los arcos aórticos 1, 2 y 3. — Formación de los cinco arcos aórticos. — *t a*, tronco aórtico comun. — *a d*, aorta descendente. — 3, desaparición de los arcos primeros de cada lado.—*S*, arteria subclavia.—*v*, arteria vertebral.—*a x*, arteria axilar.—4, transición á la fase definitiva de desarrollo.—*P*, arteria pulmonar.—*A*, aorta.—*d B*, conducto arterioso.—*S*, subclavia derecha unida con el cuerpo de la carótida común del mismo lado el cual se divide en carótida interna (*Ci*) y externa (*Ce*).—*ax*, axilar.—*v*. vertebral.

Venas del cuerpo. — Las venas que aparecen primero en el cuerpo mismo del embrión son las venas cardinales. A cada lado hay dos, una anterior (fig. 355, I, *c s*) y otra posterior (*c i*) (Rathke), las cuales dirigiéndose hacia el corazón se unen á cada lado en un tronco grueso llamado conducto de Cuvier (D C), que se continua con la porción venosa del corazón. Las venas cardinales anteriores se dividen en venas subclavias (*b b*) y venas yugulares comunes, las cuales se desdoblan á su vez en internas (J *i*) y externas (I *e*). Hay además una anastomosis transversal que se dirige oblícuamente desde la izquierda (en el punto donde ésta se bifurca) á la derecha á un nivel un poco más bajo. En la fase definitiva del desarrollo (II) esta anastomosis es muy gruesa (A *s*), convirtiéndose en tronco braquiocefálico venoso izquierdo; además, á medida que van creciendo las extremidades aumentan de calibre las venas subclavias (*b b*), y por fin se invierte la relación entre las dos venas yugulares interna y externa, puesto que la primera (J *i*) adquiere un gran calibre, mientras la externa se vuelve más delgada (I, *c*). [En muchos animales, como el perro y el conejo, se conserva la relación embrionaria entre estos dos calibres]. Se atrofia y desaparece el trozo de la vena cardíaca superior izquierda que se extiende desde por debajo de la anastomosis hasta el conducto izquier-

do de Cuvier. Las venas cardinales posteriores se dividen en la pelvis en hipogástrica (I *h*) é ilíaca externa (*ff*). La vena cava inferior es al principio muy delgada (I, V*c*),) se bifurca á la entrada de la pelvis y se continua de cada lado con el punto de división de las venas cardinales. Además, entre las venas cardinales derecha é izquierda existe una anastomosis que asciende en dirección transversal. Para constituirse el estado definitivo se ensancha la vena cava inferior (II, C*i*), y con ella las venas hipogástrica é ilíaca externa de cada lado. La vena cardinal derecha se conserva delgada (vena azigos, A*z*), y de la izquierda, el trozo inferior hasta la anastomosis transversal; esta última también queda de corto calibre (vena hemiazigos, H*z*). En cambio, desaparece la porción situada por encima de la anastomosis hasta el conducto izquierdo de Cuvier. (El punto de terminación de la vena magna cordis, es el resto de este conducto). Por fin, la rama venosa, resultado de esta unión, de tal modo es atraída á la pared auricular anterior (V), que las dos

Figura 355.



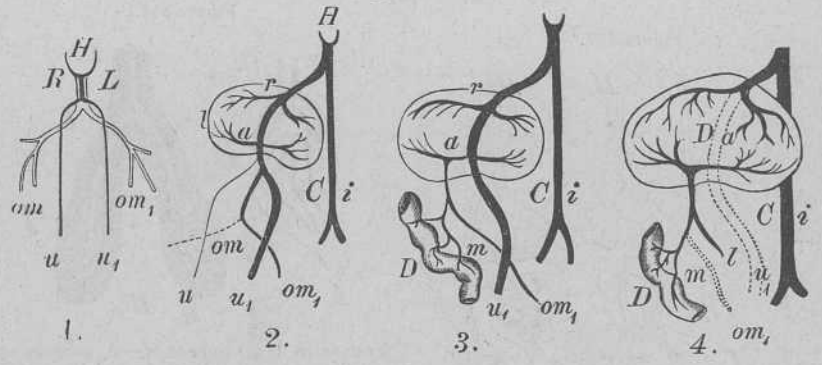
I. Esbozo de las venas del embrión. — *II*. Transformación de las mismas en su estado de fase definitiva. (La explicación véase en el texto).

venas cavas vienen á tener distinta terminación (pág. 552). Todos los vertebrados tienen el mismo esbozo venoso en el estado embrionario; pero sólo persiste así en los peces (fig. 66, I).

VENAS DE LA PRIMERA Y DE LA SEGUNDA CIRCULACIÓN.—FORMACIÓN DEL SISTEMA DE LA VENA PORTA. — En el tronco venoso del primer esbozo, tubuloso, del corazón (fig. 356. 1, H) desembocan al principio ambas venas ómfalo-mesentéricas (*om*, om_1). Pero de estas dos, la derecha desaparece muy pronto. En cuanto se ha formado la alantoides se continuan también con el tronco venoso (1. *u* u_1) las dos venas alantoideas ó umbilicales. Al principio son más gruesas las venas ómfalo-mesentéricas que las umbilicales; pero más tarde se cambia esta relación y también desaparece la vena umbilical derecha. Tan pronto como se han formado las venas propias del cuerpo del embrión, la vena cava inferior desemboca igualmente en el troco venoso (2. C *i*). Pero poco á poco se va convirtiendo en el tronco principal la vena umbilical (2. u_1), y ya acarrea muy poca sangre la venita ómfalo-mesentérica (2, om_1).

La vena umbilical, con la ómfalo-mesentérica, se dirigen en parte directamente al corazón por debajo del hígado; pero en parte emiten también ramas que llevan sangre arterial al hígado, el cual envuelve estos vasos por arriba; son las vesículas hepáticas aferentes (2 y 3, *a*). Esta sangre vuelve después por otras venas (venas eferentes, 2 y 3, *r*) que se unen junto al borde posterior del hígado, con el tronco principal de la umbilical. En el hígado se anastomosan la vena umbilical (3, u_1) y la ómfalo-mesentérica (3, om_1). Al desarrollarse el intestino (3, D) desemboca también la vena mesentérica (*m*) en la ómfalo-mesentérica, y lo mismo sucede respecto á la vena esplénica (4, *l*) cuando se desarrolla el bazo. Más tarde desaparece la vena ómfalo-mesentérica (4, om_1) y entonces la vena mesentérica se convierte en el tronco común y único de todos estos vasos. Es, por lo tanto, el que se une en el hígado con la vena umbilical, representando el tronco de la vena porta. Por fin, cuando con el nacimiento se atrofia y desaparece la vena umbilical (4, u_1) sólo queda, como

Figura 356.



Desarrollo de las venas de la primera y de la seguuda circulación, y del sistema de la vena porta.

H, corazon.—*R* y *L*, lados derecho é izquierdo del cuerpo.—*om*, vena ómfalo-mesentérica derecha —o m_1, vena ómfalo-mesentérica izquierda.—*u*, vena umbilical derecha.—u_1, vena umbilical izquierda.—*Ci*, vena cava inferior.—*a*, venas aferentes.—*r*, venas eferentes.—*D*, intestino.—*m*, vena mesentérica.—4, *l*, vena esplénica.—2, *l*, hígado.

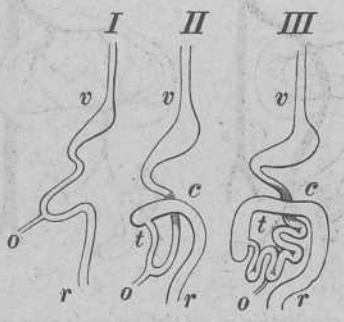
vena porta la vena mesentérica. Mas, como quiera que también se oblitera el conducto venoso de Arancio (4, D *a*), tiene que circular por el hígado toda la sangre que viene por dicha vena. Así es como termina por completo el desarrollo de la circulación de la vena porta.

451. Formación del tubo digestivo.

El intestino primitivo es, en un principio, un tubo recto y extendido, desde la cabeza al extremo caudal. El conducto ómfalo-mesentérico se inserta en aquel punto, que más tarde corresponderá á la porción inferior del ileon. En este mismo punto experimenta el tubo intestinal una ligera inflexión angular dirigida hacia el ombligo, en la cuarta semana del desarrollo embrionario (fig. 357. I). Ya se ha dicho que el conducto ómfalo-mesentérico se oblitera más tarde (*ombligo intestinal*) y al fin se desprende del tubo digestivo como un filamento que todavía es visible en el tercer mes. Hay casos raros, sin embargo, en que se conserva como resto del conducto no obliterado un tubo corto y terminado en fondo de saco, y en comunicación con el intestino. Este tubo recibe el nombre de *divertículo intestinal verdadero;* á veces parte del mismo un cordón (vasos ómfalo-mesentéricos obliterados) que se

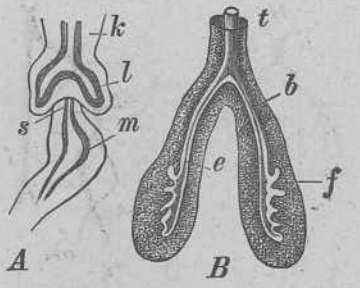
dirige al *ombligo;* y, en casos rarísimos existe, en la misma época del nacimiento, un conducto que llega hasta el mismo ombligo y que permanece abierto en este punto, ó sea una fístula congénita del ileon. Finalmente, del divertículo en cuestión pueden formarse quistes (M. Roth). En el embrión humano de cuatro semanas, estudiado por His, ya se distinguían cavidad bucal, faringe, esófago, estómago, duodeno, intestino mesentérico, intestino terminal y cloaca. Mas adelante forma el intestino su *primera asa ó circunvolución* (fig. 357. II), para lo cual gira en el puesto correspondiente al ombligo, de tal manera, que la porción inferior del intestino inmediatamente adyacente al trozo acodado del mismo, gira hacia arriba y la superior hacia abajo. Las asas del *intestino delgado* provienen de la rama inferior de esta primera, que sigue creciendo y alargándose (III, *t*). La rama ascendente, que también se alarga, se convierte en intestino grueso, formándose primero el colon descendente, luego, por alargamiento, el colon transverso, y por fin, y del mismo modo, el colon ascendente.

Figura 357.



Desarrollo del intestino. — *v*, estómago. — *o*, inserción del conducto ómfalo-mesentérico. — *t*, intestino delgado.—*c*, colon — *r*, intestino grueso.

Figura 358.



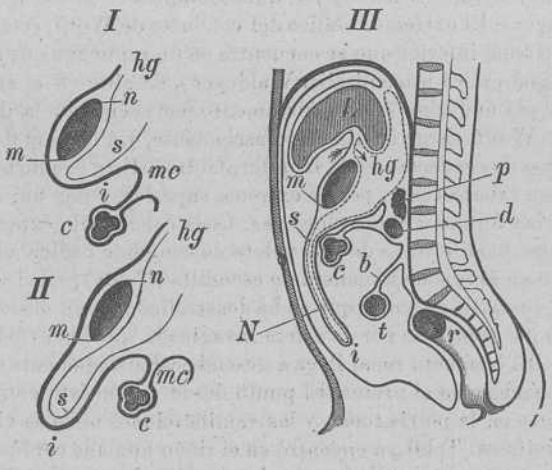
Formacion de los pulmones.—*A*, primera aparicion de los pulmones como dos saquitos formados por invaginacion. — *k*, capa mesoblástica — *l*, capa entoblástica. — *m*, estómago. — *s*, esófago. — *B*, fase ulterior del desarrollo de los pulmones. —*t*, tráquea.—*be*, bronquios. — *f*, vesículas glandulares formándose en los bronquios.

El conducto intestinal produce de sí varias glándulas por *invaginación;* en la formación de ellas intervienen las células del hipoblasto, de donde provienen las secretoras ó glandulares, y la lámina fibro-intestinal que suministra la membrana propia á la que deben su forma las glándulas. Estas invaginaciones son por su orden : 1.° Las *glándulas salivares*, sólidas al principio, que ya aparecen muy pronto como retoños ó brotes en el intestino bucal, ramificándose mucho hasta convertirse en cuerpos glandulares. 2.° Los *pulmones* aparecen como dos vesículas huecas y separadas (fig. 458. A, 1) (C. E. v. Baer), como invaginaciones del esófago, que más tarde se unen en su origen en un tubo único. La parte superior de este tubo traqueal único se convierte en laringe. La epiglotis y el cartílago tiroides provienen del esbozo lingual (Ganghofner). Las dos vesículas crecen, según el tipo de una glándula tubuliforme que se ramifica con brotes ó retoños huecos (B, *f*). En las primeras épocas del desarrollo no existe ninguna diferencia esencial entre el epitelio de los bronquios y el de las vesículas pulmonares primitivas que se forman en las paredes de éstos (Stieda). [Con todo, el bazo y las cápsulas supra-renales no se forman de este modo; el primero surge como un repliegue del mesogastrio (His) en el segundo mes; las últimas son mayores, al principio, que los riñones]. 3.° El *páncreas* se desarrolla de un modo semejante á las glándulas salivares; su esbozo es

doble, al principio (Hamburger), pero todavía no es visible en la cuarta semana (His). 4.° El *hígado* aparece muy temprano, como una invaginación de dos *tubos hepáticos primitivos* que se ramifican produciendo conductos biliares. Esto no obstante, en la periferia de los conductos aparecen masas celulares sólidas, las células hepáticas que provienen también, por lo tanto, del hipoblasto. En el segundo mes ya es voluminoso el hígado, y en el tercero ya segrega (§ 184). 5.° En las aves se forman, además, en el intestino posterior dos intestinos ciegos muy pequeños. 6.° Respecto al órgano respiratorio fetal, ó sea la alantoides, ya se ha tratado anteriormente (§ 446).

La superficie interna del cœloma y la externa del intestino y del mesenterio, se revisten de una membrana serosa, que es el *peritoneo*. Cuando todavía existe el intestino primitivo, está contenido en una duplicatura ó repliegue del peritoneo. En el estómago, que al principio aparece como un ensanchamiento fusiforme y

Figura 359.



Desarrollo del gran epiploón.

I y *II*. — *hg*, ligamenzo gastro-hepático. — *m* y *n*, corvaduras mayor y menor del estómago. — *s* é *i*, hojas posterior y anterior del epiploon.—*mc*, mesocolon.—*c*, colon.—*III* (además de las mismas designaciones de *I* y *II*).—*L*, hígado —*t*, intestino delgado.—*b*, mesenterio.—*p*, páncreas.—*d*, duodeno —*r*, recto.—*N*, gran epiploon.

vertical del tubo digestivo, recibe dicho repliegue el nombre de mesogastrio. Más tarde, el estómago se echa hacia un lado, de tal manera, que su cara izquierda se vuelve anterior y la derecha posterior. De este modo, la inserción del mesogastrio, que al principio estaba vuelta hacia atrás (á la columna vertebral), se dirige ahora hacia la izquierda; dicha línea de inserción, la forma la región de la corvadura mayor. Esta corvadura se acentua cada vez más, y desde ella se prolonga el mesogastrio, como un apéndice bursiforme (fig. 359. I y II, *s i*), la bolsa omental, la cual llega tan abajo, que pasa por delante del colon transverso y de las asas del intestino delgado (III, N). Como el mesogastrio consta en su origen de dos hojas, la duplicatura ó repliegue formada por él, estará formado por cuatro. En el cuarto mes, se funde la cara posterior de la bolsa omental con la anterior del colon transverso (Juan Müller).

452. Desarrollo de los órganos genito-urinarios.

Organos urinarios. — El primer representante de los órganos urinarios que aparece en la vida fetal (en el polluelo al segundo día, y en el conejo al noveno), es el *conducto renal primitivo* ó *conducto de Wolff* (fig. 360. I, W), que al principio es sólido; está constituído por células del ectodermo (Spee, Flemming, Martin, Bonnet), y se halla situado al lado y un poco por detrás de las proto-vértebras, extendiéndose desde la quinta hasta la última. Asientan en la parte interna de estos conductos, desde el nivel del hígado para abajo, una serie de tubitos [que en el embrión del pollo desembocarían libremente por el otro extremo en la cavidad peritoneal (Kölliker)], los cuales se convierten en formaciones análogas al glomérulo renal, gracias á la penetración de un ovillo vascular en su extremo. Estos tubos se alargan, se apelotonan, formando circunvoluciones, y aumenta su número por la formación de nuevos tubitos accesorios que comunican con los primeros (Bornhaupt, Fürbringer). El extremo cefálico del conducto de Wolff, está cerrado en un principio; el extremo inferior que se encuentra en un repliegue que sobresale en la cavidad abdominal (plica urogenitalis, Waldeyer), se abre en el seno urogenital (en el conejo el día undécimo). Inmediatamente por encima de la desembocadura del conducto de Wolff, surge en dirección ascendente, y á manera de retoño, el riñón bajo la forma de *conducto renal* (Kupffer, Götte). Este conducto se alarga, se ramifica en forma arborescente, por su extremo superior, y por fin, estas ramificaciones secundarias forman circunvoluciones. Cada conductillo experimenta en su extremo la misma modificación de una pelota de cautchuc pediculada, que se hubiese invaginado en sí misma á manera de escudilla (Toldt); en el hueco de la escudilla penetra un ovillo vascular que se ha desarrollado de un modo independiente, y es rodeado por completo por la esfera invaginada que le envuelve, y á la que queda adherido. El conducto renal llega á desembocar aisladamente en el seno urogenital, convirtiéndose en el ureter. El punto desde donde éste empieza á ramificarse, se convierte en la pelvis renal, y las ramificaciones mismas vienen á ser los conductillos uriníferos. Toldt ya encontró en el riñón humano corpúsculos de Malpighio, completamente desarrollados en el segundo mes, y asas de Henle en el cuarto. El primer rudimento de la *vejiga urinaria*, ya aparece hacia la cuarta semana (His), y con más claridad en el segundo mes, formándose de la primera porción de la alantoides (fig. 360. 4, *a*). La porción superior de ésta se convierte, como uraco obliterado, en el ligamento medio de la vejiga, que muchas veces puede sondarse hasta cierta distancia desde esta última (Wutz). Sin embargo, es frecuente que, aun en el mismo adulto se conserven, en el tercio inferior del uraco (Wutz), puntos permeables que pueden ser punto de partida de la formación de quistes (v. Luschka).

Según Keibel, la formación de la vejiga se produce apareciendo en la cavidad común de la cloaca, dos repliegues laterales que la dividen en otras dos cavidades, una anterior (esbozo de la vejiga urinaria), y otra posterior, que vendrá á ser el intestino recto. Según esto, la comunicación congénita entre la vejiga y el recto, se explica fácilmente como una detención de desarrollo (Retterer). La extrofia congénita de la vejiga, ó fisura vesico-abdominal, proviene de una persistencia de la abertura del blastoporo (Keibel).

Organos genitales internos — Por delante y por dentro del cuerpo de Wolff, aparece en el mesoblasto la *glándula genital*, que sobresale como un cuerpo alargado (fig. 360. I, D.), idéntico primitivamente en ambos sexos (fase hermafrodita). Además se forma, en dirección paralela al cuerpo de Wolff, un conducto, W, que

también termina, por su extremo inferior, en el seno urogenital: es el conducto de Müller, ó sexual, M. La glándula genital se presenta al principio como una eminencia alargada, y está revestida del epitelio cilíndrico de la lámina media, ó sea el *epitelio germinativo* de Waldeyer. El conducto de Müller, que, según His, no existe todavía en la cuarta semana, aparece al principio como un surco lineal en el epitelio germinativo, que se va haciendo más profundo y se estrangula y aisla como un cordón sólido, que más tarde se hace hueco (Waldeyer). El extremo superior del conducto se abre libremente en la cavidad abdominal; los inferiores de los dos conductos se sueldan entre sí, durante cierto trecho. Al desarrollarse el *sexo femenino*, aparecen en el epitelio germinativo *células ovulares* que se hunden en los tubos abiertos de la glándula genital; en el hombre no se efectua este hecho, hasta la época del nacimiento (§ 435). En la mujer, el conducto de Müller se convierte en la *trompa* (II, T), y el extremo inferior del mismo, unido al de su congénere, se convierte en el *útero*.

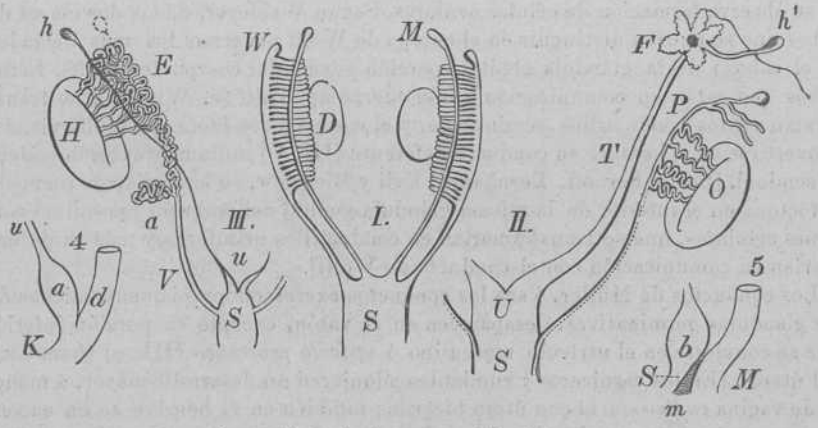
En el sexo masculino, el epitelio germinativo es más bajo; pero al principio hasta se observa formación de células ovulares. Según Waldeyer, de las dos clases de tubos que se pueden distinguir en el cuerpo de Wolff penetran los más delgados en el esbozo de la glándula genital (porción sexual del cuerpo de Wolff). Estos tubos que están en comunicación con el cuerpo de Wolff (v. Wittich), se transforman en los conductillos seminíferos, y el cuerpo ó conducto de Wolff viene á convertirse en el hombre en conducto deferente (III, V) juntamente con la vesícula seminal. [Según Sernoff, Bornhaupt, Egli y Biegelow, se formarían de un modo autóctono en el interior de la misma glándula genital del embrión masculino cordones celulares, que se transformarían en conductillos uriníferos y más tarde entrarían en comunicación con el conducto de Wolff].

Los conductos de Müller, ó sea los conductos excretores propiamente dichos de las glándulas germinativas, desaparecen en el varón, excepto su porción inferior que se convierte en el utrículo masculino ó *utrículo prostático* (III. *u*) (homólogo del útero). [En los carniceros y rumiantes adquieren un desarrollo mayor, á manera de vagina *rudimentaria* con útero bicorne; también en el hombre se ha encontrado como hecho excepcional un verdadero útero de pequeñas dimensiones]. Los conductitos superiores del cuerpo de Wolff se unen en el tercer mes con la glándula genital y se convierten en los conos vasculares del epididímo E, provisto de epitelio vibrátil (Kölliker); el resto del riñón primitivo se atrofia y desaparece. Algunos conductillos algo separados se convierten en los vasa aberrantia, *a*, del testículo (Kobell). [La hidátide no pediculada de Morgagni, *h*, que se encuentra en la cabeza del epidídimo, es, según v. Luschka, Becker y M. Roth, una vesícula del mismo producida por estrangulación, que contiene á veces esperma y está revestida interiormente de epitelio vibrátil; según Waldeyer, es un homólogo del pabellón de la trompa; en cambio Toldt la hace provenir también del extremo abdominal del conducto de Müller]. El órgano de Giraldés (conductos tortuosos con epitelio vibrátil, M. Roth) que existe en el extremo superior del testículo, también es un resto del cuerpo de Wolff (Kölliker). El conducto de Wolff mismo se convierte en conducto deferente, V, con la vesícula seminal (á manera de excrecencia). Los conductos de Wolff y de Müller de ambos lados, al penetrar en la pelvis, se aplican íntimamente los unos á los otros para formar un cordón (*cordón genital*, Thiersch). Más tarde, cuando desaparecen los conductos de Müller, los conductos deferentes, formados á expensas de los de Wolff, se separan el uno del otro.

En el *sexo femenino* desaparecen los tubos del riñón primitivo menos algunos conductillos que quedan revestidos en su interior de epitelio vibrátil [para-ovario (Kobelt) ú órgano de Rosenmüller, y además, otro órgano que se encuentra en el ligamento ancho y es análogo al de Giraldes (Waldeyer)] (II, P) y lo mismo los

conductos de Wolff, pero todavía se ven en fetos de cinco meses, aunque sólo llegan por abajo hasta la región de la bóveda vaginal; por debajo de ésta y hasta el orificio uretral desaparecen por completo (Dohrn). A menudo se encuentran restos insignificantes de estos conductos en las capas musculares del útero y de la vagina, por delante y á los lados, sobre todo en el derecho (Rieder). [Con todo persisten toda la vida en los rumiantes, el caballo, el cerdo (Gartner), el gato y el zorro (v. Preuschen) como conductos de Gartner; en el hombre pueden ser punto de partida de formaciones quísticas patológicas (v. Preuschen)]. El conducto de Müller se frunce en su abertura superior á manera de franjas, F, sobre las cuales se encuentra á menudo una hidátide, h^1. Según Thiersch y Leuckart, los dos conductos de Müller y los dos de Wolff, se reunen abajo para formar el *cordón genital* (á fines del segundo mes, Dohrn); en la porción en que están soldados, formando una sola cavidad, constituyen la vagina y el útero, U, mientras la porción superior,

Figura 360.



Desarrollo de los órganos genitales internos.

I, Estado de indiferencia sexual. — *D*, glándula germinativa, aplicada á los tubos del cuerpo de Wolff. — *W*, conducto de Wolff — *M*, conducto de Müller. — *S*, seno uro-genital. — *II*, transformacion en el tipo femenino. — *F*, franjas con la hidátide h_1 — *T*, trompa. — *U*, útero. — *S*, seno uro-genital — *O*, ovario. — *P*, paraovario. — *III*, transformacion en el tipo masculino — *H*, testículo. — *E*, epidídimo con la hidátide *h*. — *a*, vas aberrans. — *V*, conducto deferente. — *S*, seno uro-genital. — *u*, utrículo prostático. — *4*, *d*, intestino terminal. — *a*, alantoides. — *u*, uraco. — *k*, cloaca — 5, *M*, intestino grueso. — *m*, periné. — *b*, esbozo de la vejiga. — *S*, seno uro-genital.

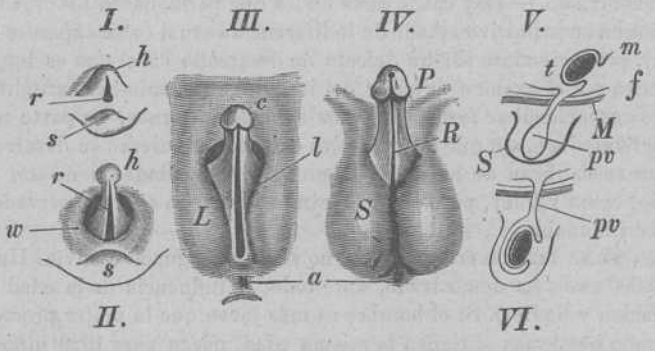
que se conserva doble y libre, se convierte en las trompas de Falopio, T. (De este modo se explican la vagina y el útero dobles, como un defecto de desarrollo producido por no haberse soldado los conductos mencionados). La vagina está obliterada en un principio por adherencia epitelial (Geigl), (la atresia vaginal proviene, por lo tanto, de una detención de desarrollo). Los conductos de Müller desembocaban primitivamente en la parte posterior y más inferior de la vejiga urinaria, por debajo de los uréteres [seno uro-genital, S]; más tarde se alarga tanto hacia atrás esta porción de la vejiga, que la vagina (conductos de Müller unidos) y la uretra no se unen hasta un punto situado muy abajo, en el vestíbulo de la vagina. Hasta el cuarto mes no se distingue bien el útero de la vagina (v. Ackeren); del quinto al sexto mes, se limita el útero con su forma característica. El himen aparece al quinto mes.

El *testículo* está situado al principio en la región lumbar del abdomen (figura 361. V *t*), sostenido por un repliegue peritoneal (mesorchium, *m*). Desde el hilo

DR. PEREZ ARAPILES
C/ Lencia nº 12 - 3.º
Teléfono 20 85 19
LEON

del testículo parte un cordón, el *gubernaculum* de Hunter, que pasa por el conducto inguinal, llega hasta el fondo del escroto (según Weil, sólo hasta la raiz del pene). Al mismo tiempo se forma con completa independencia una prolongación vaginiforme del peritoneo que llega hasta el fondo del saco escrotal (*p v*). Bien porque el gubernaculum se retrase en su desarrollo ó porque se atrofie y retraiga, es lo cierto que el testículo es llevado por el conducto inguinal hasta descender al escroto. Al mismo tiempo arrastra consigo como procedente de la aponeurosis abdominal superficial ó de la transversa, la túnica vaginal común que lo envuelve; también arrastra asas de fibras musculares procedentes de los músculos oblícuo menor y transverso, las cuales constituyen el cremaster. La cubierta peritoneal del testículo se convierte en el doble saco de su túnica vaginal propia; la prolongación vaginal del peritoneo se oblitera por lo general, y sus restos atrofiados quedan como ligamento vaginal. Cuando esta prolongación vaginal queda comunicando con la cavidad del peritoneo, entonces está franco el camino para que se establezca una hernia inguinal externa, congénita.

Figura 361.



Desarrollo de los órganos genitales externos.

I y *II*, *h*, tubérculo genital.—*r*, surco genital.—*s*, region coxígea.—w, reborde cutáneo.—*IV P*, Pene.—*R*, rafe del pene.—*S*, escroto.—*III*, *c*, clítoris.—*l*, labios menores.—*L*, labios mayores. —*a*, ano.—V y *VI*, Descenso del testículo.—*t*, testículo. —*m*, mesorchium.—*p v*, prolongacion vaginal del peritoneo.—*M*, pared abdominal.—*S*, escroto.

También los *ovarios* descienden un poco. Un cordón fibroso, parecido al gubernaculum de Hunter, que pasa por el conducto inguinal, se convierte más tarde en el ligamento redondo, que contiene fibras musculares; y también en la mujer emite el peritoneo una prolongación vaginal á través del conducto inguinal (conducto de Nuck). Es raro que los ovarios desciendan hasta los labios mayores; en cambio la permanencia de los testículos en la cavidad abdominal (criptorquidia), debe considerarse como resultado de una detención de desarrollo.

Organos genitales externos. — Al principio no se distinguen los dos sexos (fig. 361. I). En la cuarta semana se encuentra en el extremo inferior del cuerpo un simple orificio, que representa á la vez el ano y la abertura del uraco, ó sea la abertura de la *cloaca* (fig. 360. 4, K). En la sexta semana parece por delante de este orificio un tubérculo (fig. 361. I, *h*), el *tubérculo genital*, y después, de cada lado del orificio, un gran reborde cutáneo (II, *w*). A fines del tercer mes aparece un surco, que se dirige desde la parte inferior del tubérculo genital á la cloaca, y en los lados del surco sobresalen rebordes bien marcados (II, *r*). A mediados del tercer mes se divide la abertura de la cloaca, porque tanto de ambos lados como desde la parte superior, van avanzando tabiques entre el uraco (que desde ahora se convier-

te en vejiga) (fig. 360. 5, *b*) y el intestino recto M, constituyéndose así el periné *m*.

En el *varón* (IV) aumenta de dimensiones el tubérculo genital y su surco se cierra desde la abertura vesical (abertura del uraco de la primitiva cloaca) hasta el extremo del tubérculo, en la décima semana. De este modo se traslada á este extremo el orificio de entrada á la vejiga. Si esta oclusión del surco ó conversión del mismo en conducto, no se lleva á efecto en parte ó por completo, se produce el defecto de desarrollo, que recibe el nombre de *hipospadias*. En el cuarto mes se forma el glande ; en el sexto el prepucio ; estas dos partes están al principio soldadas entre sí (Bokai). Los rebordes cutáneos al unirse en el rafe forman el escroto.

En la *mujer* queda en cierto modo como permanente el estado de indiferencia del esbozo primitivo de los órganos genitales ; el tuberculito genital se convierte en clítoris, los bordes de su surco vendrán á ser las ninfas ó labios menores y los rebordes cutáneos quedan separados como labios mayores. El seno uro-genital permanece siendo corto, como ya lo era, convirtiéndose en el vestíbulo de la vagina, mientras en el varon adquiere un largo apéndice tubular con la oclusión del surco genital.

Hermafroditismo. — Hay casos raros en los que permanecen los órgados genitales externos en su primitivo estado de indiferencia sexual (como aparece en la figura 361. II), produciéndose así un defecto de desarrollo en el que es imposible calificar el sexo por el examen exterior del individuo (pseudo-hermafroditismo). En algún caso excepcional se forman órganos sexuales internos, en parte masculinos y en parte femeninos, sin que los genitales externos adquieran su desarrollo típico. Estos casos se califican de hermafroditismo lateral verdadero ; no son muy raros en el cerdo, cabra y buey, pero en el hombre todavía no se ha observado uno solo auténtico é indudable.

La causa de la diferencia de sexos, no se ha averiguado todavía. Una estadística de 80.000 casos ha demostrado, ante todo, la influencia de la edad de los padres (Hofacker y Sadler). Si el hombre es más joven que la mujer procrean tantos varones como hembras ; si tienen la misma edad, nacen para 1029 niños, 1000 niñas ; si el hombre es el de más edad, la proporción es hasta de 1057 de los primeros por 1000 de las segundas. Los embriones con placentas soldadas, ó sea aquellas en que los vasos fetales comunican entre sí, siempre son del mismo sexo. Un gemelo acardíaco que recibe sangre que ya ha nutrido al gemelo normal, siempre es del mismo sexo que este último. [Estos hechos encuentran cierta explicación en el fenómeno notable observado por Ihering en los armadillos. En estos mamíferos los hijuelos de una misma ventrada, los cuales normalmente se desarrollan siempre todos juntos dentro de un sólo corion, son siempre del mismo sexo]. En los insectos desempeña un gran papel la alimentación, puesto que los embriones muy bien alimentados forman de preferencia hembras (H. Landois). Según Düsing, en general, cuando es fecundado un huevo joven por un esperma viejo y está bien nutrida la madre, es más frecuente que se procreen hembras ; y por el contrario, la fecundación de un huevo viejo por un esperma joven, produce más á menudo descendencia masculina, sobre todo si es algo deficiente la nutrición de la madre. Thury creía que las hembras (vacas) que eran cubiertas poco después del celo procrearían con más fácilidad embriones hembras. Fürst cree que lo contrario es la regla en la especie humana. Fiquet afirma que se pueden obtener terneras haciendo que la vaca esté muchas semanas mal nutrida y que el toro se encuentre muy bien alimentado antes de cubrirla. Otros fisiólogos sostienen que el sexo ya se determina de un modo invariable en el momento de la concepción (K. Mayrhofer). También las investigaciones de Pflüger (en ranas) han demostrado que ninguna causa externa influye en la formación del sexo durante el desarrollo, y que por lo

tanto, la diferencia sexual ya está determinada antes de la fecundación. Entre los renacuajos todavía hay muchos hermafroditas, que más tarde serán machos ó hembras.

453. Desarrollo del sistema nervioso central.

A cada lado de la *vesícula cerebral anterior*, que está revestida exteriormente por el epiblasto, é interiormente por el epéndimo, crece otra gran vesícula pediculada, que constituye el esbozo del *hemisferio cerebral*. La abertura relativamente estrecha que hay en el pedículo es el futuro agujero de Monro. La porción media comprendida entre ambos hemisferios, y que por su tamaño ha quedado retrasada en su desarrollo, es el *cerebro intermedio*, en cuyo interior se encuentra el tercer ventrículo, que en el segundo mes se alarga hacia la base del cerebro en forma de embudo, convirtiéndose en el tuber cinereum con el infundibulum. Los tálamos ópticos que surgen á ambos lados del suelo del cerebro intermedio estrechan el agujero de Monro hasta convertirle en una hendidura semilunar. En el segundo mes aparecen además en la base los tubérculos mamilares, y en el tercer mes el quiasma. En el interior del tercer ventrículo se forman las comisuras. La hipófisis, que pertenece al cerebro medio, es una invaginación de la mucosa faríngea á través de la base del cráneo, hacia el infundibulum hueco que se dirige á su encuentro (Rathke, Dursy, Mihalkowitsch), y que más tarde se separa de su punto de origen. [Se ve aquí, por lo tanto, una tendencia á unirse la cavidad del intestino anterior con el tubo medular. Recordaremos con tal motivo el hecho notable de que este tubo comunica primitivamente, por medio de un conducto (canalis myelo-entericus) con el esbozo del intestino posterior en el amphioxus (Kowalewsky), en el ánade (Gasser), el papagayo ondulado (v. Braun) y el lagarto (Strahl)]. El plexo coroides, que crece y penetra en la cavidad de los hemisferios por el agujero de Monro, es una proliferación vascular del epéndimo. En el cuarto mes aparece la glándula perineal, y por esta época los hemisferios ya cubren á los tubérculos cuadrigéminos. En el interior de la cavidad de los hemisferios aparecen los *cuerpos estriados* en el segundo mes, y el *asta de Ammon* en el cuarto. En el tercer mes se marca la cisura de Sylvio, formándose en el fondo de ésta y como una parte del tronco primitivo del cerebro, la *ínsula*, sobre la cual viene á colocarse el opérculo al fin del período fetal. Desde el séptimo mes se forman las circunvoluciones permanentes del cerebro.

La *vesícula cerebral media* va siendo cubierta poco á poco por los hemisferios que van creciendo por encima de ella y hacia atrás; su cavidad se reduce hasta convertirse en el acueducto de Sylvio. En la superficie de la vesícula se marca una división en cuatro segmentos, los cuerpos cuadrigéminos, puesto que en el tercer mes aparece un surco antero-posterior y en el séptimo otro transversal. En la base de la vesícula se forman unos engrosamientos que serán los pedúnculos cerebrales. En el *cerebro posterior* se desarrollan aparte los hemisferios del cerebelo, los cuales, creciendo hacia atrás, se unen en la línea media. En el sexto mes adquieren mayor desarrollo estos hemisferios y se forma el vermis. El cerebelo cubre á la porción del tubo medular subyacente, que no se ha cerrado, y que se extiende hasta el calamus. [La abertura del tubo medular en el calamus y la tendencia del tercer ventrículo á comunicar con la faringe, nos hacen comprender mejor la disposición que se observa en los articulados, en los que el esófago atraviesa al sistema nervioso central, y este último corre á lo largo del lado ventral del cuerpo]. El puente se forma en el tercer mes, en el fondo del cerebro posterior. El *retro-cerebro*, que se estrecha hacia abajo, tomando un aspecto fusiforme, se convierte en bulbo raquídeo, y en su parte superior aparece abierta la cavidad medular.

Desde el tubo medular hacia abajo, á partir del retro-cerebro, se forma la *médula espinal:* la substancia gris es la que limita la cavidad de la médula; más tarde se reviste exteriormente de substancia blanca. Las células ganglionares (anfibios) aumentan de número por división (Lominsky). Al principio llega la médula hasta el coccix, y como en el adulto sólo alcanza el extremo de la misma hasta la primera ó segunda vértebras lumbares, resulta que la médula crece menos que la columna vertebral, y por lo tanto, habrán de alargarse los nervios inferiores. [Cabe pensar que cuando haya desarmonía en esta relación de crecimiento de continente y contenido, de tal manera que la columna vertebral crezca demasiado deprisa, ó la médula con excesiva lentitud, podrán sobrevenir trastornos en la sensibilidad ó parálisis de las extremidades inferiores en los niños]. Los nervios táctiles del feto son capaces de provocar movimientos reflejos, v. gr., cuando se comprimen partes del mismo que se sienten á través de la piel de la madre. El primer esbozo de músculos aparece en la espalda al segundo mes; en el cuarto tienen color rojizo; á mediados del embarazo se observan los primeros movimientos perceptibles del feto, los cuales son de carácter reflejo, puesto que también los presentan los fetos acéfalos. Los ganglios espinales se desarrollan de una faja especial situada á cada lado del tubo medular y entre éste y la hoja córnea que forma su prolongación directa (His). Los ganglios espinales representan el núcleo de origen de los nervios sensitivos; desde ellos se forman fibrillas que los unen á la médula espinal y otras dirigidas hacia la periferia, que vienen á ser los nervios sensitivos. Las raíces motoras de la médula crecen desde los esbozos de células nerviosas que hay en la misma (neuroblastos) á la periferia (His). Al principio carecen de mielina los nervios. En los embriones humanos de cuatro semanas se encuentran ganglios espinales, raíces anteriores y en parte los troncos de los nervios raquídeos; en cambio, todavía faltan las raíces posteriores. Existen ya los ganglios de los pares craneales quinto, séptimo, octavo, noveno y décimo, y en parte sus núcleos de origen; en cambio, His echó de menos los nervios craneales primero, segundo, tercero y duodécimo, así como el gran simpático.

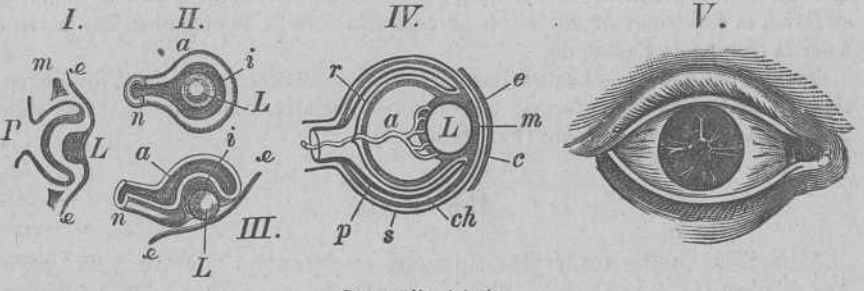
454. Formación de los órganos de los sentidos.

Ojo. — La *vesícula ocular primitiva* crece hasta casi tocar la cubierta exterior de la cabeza (epiblasto), y luego se invagina hacia atrás sobre sí misma [como ya se observa en los embriones humanos de cuatro semanas (His)], de tal manera, que dicha vesícula con su pedículo adquiere la forma de una huevera (fig. 362. I), cuya cavidad, ó sea la futura cavidad del globo ocular, recibe ahora el nombre de *vesícula ocular secundaria*. Aquella parte anterior de la vesícula ocular primitiva que se ha invaginado, convirtiéndose de convexa que era en cóncava, vendrá á ser la retina (IV, *r*); en cambio, la parte posterior de dicha vesícula se transforma en el epitelio pigmentado de la coroides (retiniano) (IV, *p*). La invaginación de la vesícula ocular no se realiza exactamente según el sencillo esquema que acabamos de exponer, sino que desde la parte inferior de la cúpula ú huevera se forma una fisura que permite penetrar en la cavidad ocular á ciertas partes del mesoblasto. Esta fisura, que se extiende desde el pedículo de la vesícula ocular hasta el borde de la misma, ya invaginada (II), recibe el nombre de *coloboma*, y se marca por delante como una hendidura no pigmentada. Esta fisura continua por el pedículo de la vesícula ocular como un surco que llega hasta la base de la vesícula del cerebro; en este surco se aloja la arteria central de la retina. Los bordes del coloboma llegan á soldar entre sí por completo; pero si en algún caso deja de realizarse esta unión, faltará una faja ó lista en la retina y en el pigmento coroideo, produciéndo-

dose entonces una deformidad congénita ó detención de desarrollo, llamada coloboma de la coroides y de la retina. [En las aves no se cierra la fisura del coloboma embrionario, sino que penetra á través de ella y en la cavidad interior del ojo una prolongación vascular del mesodermo, que será más adelante el *peine* (pecten, § 407) (Lieberkühn). Lo mismo sucede en los peces, en los que dicha prolongación es grande, está constituida por partes del mesoblasto y del epiblasto y persiste como proceso ó ligamento falciforme (§ 407).

Se invagina en forma de cúpula ó huevera la vesícula ocular primitiva, para que se introduzca en ella un saquito (II) procedente del ectodermo [que en la cuarta semana aún está pediculado (Bambecke)]. De este saquito se forma la lente cristalina, que todavía en la edad adulta revela su origen epitelial (del epiblasto) por su modo de crecer (§ 246, *e*). La cápsula del cristalino es una formación cuticular de las células ectodérmicas (Kessler, Bambecke). Aquella parte del ectodermo que cubre á la vesícula ocular por delante del cristalino, vendrá á ser más tarde el epitelio estratificado y anterior de la córnea. La *córnea* ya existe en la sexta semana

Figura 362.



Desarrollo del ojo.

I, invaginacion del saquito cristaliniano (*L*), en la vesícula ocular primitiva (*P*). —*e*, epidermis. —*m*, mesoblasto —*II*, Vesícula ocular primitiva invaginada y vista por abajo.—*n*, nervio óptico.—*a* é *i*, capas externa é interna de la vesícula invaginada. — *L*, cristalino. — *III*, Corte longitudinal de la misma. — *IV*, desarrollo ulterior. — *e*, epitelio corneal. —*c*, cornea. —*m*, membrana capsulo-pupilar.—*L*, cristalino.—*a*, arteria central de la retina.—*s*, esclerótica.—*ch*, coroides. —*p*, epitelio pigmentado de la retina. — *r*, retina. — *V*, resto persistente de la membrana pupilar.

(Kölliker). La capa pigmentaria de la vesícula ocular invaginada se continua desde el fondo de la huevera por el cuerpo ciliar y por la cara posterior del iris que se forma más tarde. Es claro que un coloboma persistente también habrá de producir una faja no pigmentada, ó hasta una fisura en el iris, ó sea el coloboma del iris. Los tejidos de la coroides, de la esclerótica y de la córnea, se forman á expensas del mesoblasto, rodeando al esbozo del ojo, *m*. La cápsula del cristalino está al principio completamente envuelta en una membrana vascular, llamada membrana cápsulo-papilar. Más tarde, el cristalino se hunde más hacia atrás en el interior del ojo, pero la parte anterior de la membrana cápsulo-pupilar se queda en la porción anterior del globo ocular, acercándose á ella, al irse desarrollando el borde del iris (séptima semana); con esto queda cerrada la pupila por esa parte de la cápsula vascular (membrana pupilar) (J. Müller, Henle). Los vasos del iris se continuan con los de la membrana pupilar; los de la cápsula posterior del cristalino son suministrados por la arteria hialoidea, que es una prolongación de la central de la retina; sus venas se dirigen á las de la coroides y del iris. El primer esbozo del cuerpo vitreo ya aparece en la cuarta semana como una masa muy rica en células y situada entre el cristalino y la retina (Kölliker). En el séptimo mes des-

aparece la membrana pupilar, que puede subsistir á veces por toda la vida como un defecto de desarrollo (V).

Organo olfatorio. — El epiblasto forma en el límite inferior y lateral del cerebro anterior una fosita revestida de epitelio, la cual se hunde hacia el encéfalo, pero conservándose siempre como tal fosita; es la *fosita olfatoria*. El nervio olfatorio se forma en el epitelio de la misma y crece, avanzando en sentido centrípeto hasta unirse con el lóbulo olfatorio (His, Kölliker). Para el desarrollo de las fosas nasales, véase la pág. 540.

Organo auditivo. — De cada lado del retro-cerebro, y á expensas del epiblasto, se forma una fosita invaginada que se va hundiendo en el encéfalo y recibe el nombre de *fosita laberíntica* ó *auditiva* (Huschke, Reissner). Esta fosita se llega á separar por completo del ectodermo (lo mismo que el cristalino), y entonces se llama *vesícula laberíntica*, ó auditiva. Representa evidentemente á la vesícula del vestíbulo, y de ella se forman por brotes de la misma, en el segundo mes, los conductos semicirculares y el caracol. Así es como también se une más tarde el laberinto al cerebro por medio del nervio auditivo desarrollado hacia él. La primera hendidura branquial se convierte en un trayecto estrecho y de forma irregular. Exteriormente aparece la *oreja* en la séptima semana; en el fondo del conducto auditivo externo se forma la *membrana del tambor;* la porción más interna de dicha hendidura viene á ser la trompa de Eustaquio.

Organo del gusto. — Las papilas gustativas no se desarrollan hasta los últimos tiempos de la vida intrauterina, y los botones gustativos no aparecen hasta algunos días antes del nacimiento (Fr. Hermann).

455. Parto.

A medida que se desarrolla el huevo, se ensancha el útero, y sus paredes se vuelven más ricas en fibras musculares y en vasos. En la última época se borra también el cuello del útero, y después de diez períodos menstruales, ó sea á los doscientos ochenta días poco más ó menos de preñez, se inician los *dolores* ó contracciones del útero para expulsar su contenido. Estos dolores sobrevienen con ciertos intervalos; cada uno empieza poco á poco hasta que adquiere el máximum de intensidad, y luego vuelve ésta á disminuir paulatinamente. En cada dolor aumenta el calor en el útero (§ 304), y los latidos cardíacos del feto son menos frecuentes y más débiles; este fenómeno proviene de una excitación del pneumogástrico del feto, producida en su médula oblongada (§ 371. 3).

Las contracciones uterinas siguen una marcha peristáltica desde las trompas hasta el orificio del útero, en veinte á treinta segundos. La gráfica de estas contracciones es á menudo de rama ascendente muy vertical y descendente prolongada, mas rara vez del tipo opuesto; hay casos en que son iguales las dos ramas (Schatz). La curva sube lentamente, persiste por término medio unos ocho segundos á una misma altura, y luego desciende en cinco á veinticinco segundos. La frecuencia de los dolores aumenta hasta el fin del parto (Westermark).

Polaillon aprecia la presión que el útero ejerce sobre el huevo en los dolores de parto, en 154 kilogramos, de tal manera, que el útero realizaría en cada dolor un trabajo de 8820 kilogrametros (Comp. § 302). La presión intrauterina aumenta hasta el momento de la rotura de la bolsa de las aguas; después disminuye, para volver á alcanzar su máximum al terminar el parto (se eleva hasta 400 milímetros de mercurio) (Westermark).

Una vez expulsado el feto, todavía queda la placenta, á la que se aplica el útero más íntimamente por virtud de nuevas contracciones. Con esto pasa á la circulación del feto una cantidad no pequeña de la sangre de la placenta. De ahí que se aconseje no ligar el cordón inmediatamente después que nace el niño (Schücking) (Comp. § 46). Pasado cierto tiempo se expulsan también las *secundinas*, constituídas por la placenta, las membranas y la caduca.

Respecto á las relaciones entre los movimientos del útero y el sistema nervioso, se han averiguado los datos siguientes: 1.° La excitación del plexo hipogástrico determina lo contracción de la matriz. Las fibras nerviosas respectivas proceden de la médula espinal (última vértebra dorsal y tres á cuatro lumbares), pasan al cordón del gran simpático, y de aquí al plexo mencionado (Frankenhäuser). 2.° También produce un efecto motor la excitación de los nervios erectores que provienen del plexo sacro (v. Basch y Hoffmann). 3.° La excitación de las porciones lumbar y sacra de la médula espinal, ocasiona fuertes contracciones (Spiegelberg, Schiff). Se encuentra desde luego en la médula un *centro del parto* (§ 364, 6). 4.° El útero posee probablemente, lo mismo que el intestino, centros parenquimatosos propios (Körner) que pueden ser excitados hasta provocar contracciones (Oser y Schlesinger) por la suspensión de la respiración ó por la anemia [por compresión de la aorta (Spiegelberg) ó por hemorragia rápida]. La disminución de la temperatura del cuerpo disminuye las contracciones; su elevación las aumenta, pero una fiebre muy alta las suspende (Fromme). Los experimentos llevados á cabo por Rein en perras preñadas, á las que había seccionado todos los nervios que se dirigen al útero, han dado á conocer el hecho notable de que, en una matriz aislada de todas sus conexiones con los centros cerebro-espinales, son posibles la concepción, la preñez y el parto. Debe, por lo tanto, el útero poseer *ganglios automáticos* propios, bajo cuya dirección se realicen dichos fenómenos. Según Dembo, existe un centro en la parte superior de la pared vaginal anterior (coneja). Según Jastreboff, la vagina de la coneja ejecuta contracciones rítmicas propias. El ácido esclerotínico excita enérgicamente estas contracciones (v. Swiecicki), y lo mismo la anemia (Kronecker y Jastreboff). 5.° V. Basch y Hoffmann vieron presentarse contracciones reflejas después de las excitaciones del nervio ciático; Schlesinger, después de la excitación central del plexo braquial; y Scanzoni, con la irritación de los pezones en la mujer. 6.° Los vasos del útero están sometidos á la influencia de nervios, tanto vaso-constrictores, que caminan por el plexo hipogástrico y proceden del esplácnico, como vaso-dilatadores, que van por los nervios erectores. También se pueden excitar de un modo reflejo los nervios vaso-motores, irritando el ciático (v. Basch y Hoffmaun) (Comp. § 379).

Después del parto queda todo el útero despojado de mucosa (caduca, página 553); su superficie interna es igual entonces según esto á la de una herida; en ella se forma una nueva mucosa, segregándose mientras tanto un líquido parecido al principio al agua de lavar carne, y que después se hace más rico en células, hasta convertirse en una secreción mucosa (loquios). La gruesa capa muscular del útero experimenta una reducción gradual, degenerando en grasa al mismo tiempo parte de sus fibras. En la túnica interna de los grandes vasos del útero, se inicia una proliferación de tejido conjuntivo que tiende á obliterarlos, reduciendo su calibre en el transcurso de algunos meses ú obstruyéndolo por completo. Las fibras musculares lisas de la túnica media, experimentan la degeneración grasienta. Las cavidades sanguíneas relativamente amplias de la zona placentaria, quedan obstruídas por masas coaguladas,

que después son invadidas por tejido conjuntivo procedente de su pared.

Después del parto se inicia la secreción láctea (§ 232) en medio de una acción particular sobre el sistema nervioso vaso-motor (¿fiebre láctea?), produciéndose al segundo ó tercer día una fluxión sanguínea más considerable hacia las glándulas mamarias. Respecto á la provocación de los primeros movimientos respiratorios del recién nacido ya se ha tratado en el § 370.

456. Fisiología comparada. — Reseña histórica.

La historia del desarrollo no podría terminar sin dedicar algunas palabras al estudio del mismo en todo el reino animal. La cuestión de cómo se han formado las innumerables especies animales que viven en la actualidad, se ha resuelto por algunos en el sentido de que todas ellas han sido creadas tales como son desde un principio, y que cada especie es una idea creadora encarnada en un cuerpo, la cual se conserva siempre sin modificarse. A esta doctrina se la llama la de la *permanencia de las especies*, y cuenta entre sus partidarios á Linneo, Cuvier, Agassiz y otros. En frente de ella, ya Juan Lamarck en 1809 sostuvo la doctrina de la *unidad del reino animal*, defendida antiguamente por Empedocles; según ella, todas las especies se han desarrollado de un corto número de tipos primitivos por modificación de estos últimos, y por lo tanto, en un principio sólo existía un corto número de especies de organización muy inferior, de las cuales se han ido formando otras nuevas y de organización más perfecta. Esta opinión también la han sostenido Geoffroy St. Hilaire y Goethe. Mucho tiempo después de esto desarrolló y amplió esta doctrina Carlos Darwin (1859) de un modo más brillante y fecundo, apoyando sobre todo su *concepción monista* del reino animal en la explicación que da de cómo se pueden ir formando poco á poco las distintas especies. Entre todos los séres creados existe una lucha mútua para la conservación de su existencia, y de esta *lucha por la existencia* sólo pueden resultar victoriosos aquellos que se hallen en posesión de ciertas propiedades que les concedan superioridad. Pero estas propiedades que son la fuerza, la velocidad, el tamaño, el color, la fecundidad, etc., son transmisibles por herencia y así se comprende muy bien que de este modo se vaya realizando una modificación gradual de las especies, en cierto modo por una como *selección natural*, por virtud de la cual se van perfeccionando constantemente. Sucede además que los séres creados gozan de la aptitud de adaptarse en ciertos límites al medio ambiente y á la influencia obligada de los agentes exteriores. De este modo pueden experimentar algunos órganos una transformación adecuada, mientras aquellos que quedan inactivos, llegan á atrofiarse y á pasar á un estado rudimentario. La selección natural ó modificación gradual de las especies animales que se va realizando por este medio, se repite en la cría ó *selección artificial* de los animales y de las plantas. Es sabido que los encastadores ó criadores de animales consiguen obtener en un plazo relativamente corto, variedades de una misma especie, cuyas diferencias de forma son mucho más considerables que las que hay entre dos especies animales bien caracterizadas. Así hay una diferencia anatómica mucho mayor entre la cabeza de un perro dogo y la de un galgo, que entre la de un zorro y la de otra raza canina que se le parezca. Pero así como en la cría artificial se observa á veces un *salto atrás*, ó sea un retorno al tipo de algún ascendiente, así también puede manifestarse el atavismo en la evolución natural de las especies. Por fin, es evidente que cuando una especie está diseminada en una gran extensión del globo terráqueo y en diferentes climas, es más fácil que experimente modificaciones por virtud de la variedad de influencias á que se encuentra some-

tida. Así también la emigración de los organismos puede influir de un modo gradual en la modificación de las especies (ley de las emigraciones de M. Wagner).

Sin entrar en el examen detallado del desarrollo de las distintas formas animales, vamos á exponer, sin embargo, algunas nociones, respecto á la *ley biogenésica fundamental* (Haeckel), que se formula en los siguientes términos: «*la evolución embrionaria ú ontogenia es una reproducción abreviada de la evolución de su progenie ó filogenia*». Aplicando esta ley á la especie humana, quiere decir que cada fase de las que se observan en el desarrollo del embrión, v. gr., de huevo unicelular, de grupo de células después de terminada la segmentación, de vesícula celular (vesícula germinativa), de vesícula constituída por dos capas, de embrión sin cœloma, etc., que todas estas fases, repetimos, del desarrollo embrionario, representan á otras tantas formas animales porque ha tenido que pasar la especie humana en el curso de un período incalculable de tiempo, hasta convertirse poco á poco en el tipo actual. Cada uno de los escalones que ha tenido que recorrer la estirpe humana en esta marcha evolutiva, están recapitulados brevemente en su desarrollo embrionario. De todos modos, es muy importante comparar la formación de cada uno de los óganos del hombre con estos mismos órganos completamente desarrollados de los vertebrados inferiores. Así se observa que el mamífero en la evolución embrionaria de sus órganos presenta un corazón sencillo, hendiduras branquiales, esbozo incompleto del encéfalo, cuerda dorsal cartilaginosa y muchos detalles en el sistema vascular, etc., que se encuentran con carácter permanente en los vertebrados de organización más sencilla. En cambio, á medida que se pasa á especies más elevadas, se van perfeccionando poco á poco estos órganos que en las más inferiores se hallan en un estado rudimentario. Sin embargo, es lo cierto que todavía se encuentran dificultades para considerar como sólidamente establecidas, tanto la teoría de Darwin como la ley biogenésica.

Reseña histórica. — Aunque las adquisiciones en el estudio de la historia del desarrollo pertenecen, más que las de ninguna otra ciencia biológica, á los tiempos más modernos, no deja de tener su interés exponer las ideas de los antiguos respecto á ciertos puntos de la misma. Pitágoras (550 años antes de J. C.) rechaza la generación espontánea; todos los séres provienen de una semilla. Según Alkmeon (580 años antes de J. C.), en la procreación suministran los dos sexos la materia germinativa; la descendencia tendrá el sexo de aquel de los dos séres que haya contribuído con mayor cantidad de semen. En el desarrollo lo primero que se forma es la cabeza. Anaxágoras (500 años antes de J. C.) opina que los varones provienen de la glándula sexual derecha y las hembras de la izquierda. Empedocles (473 años antes de J. C.) sabe que el embrión se nutre por el ombligo, y es el primero que da nombre al corion y al amnios. La organización del embrión ya está completa á los treinta y seis días. Enseña además que los primeros séres creados han sido los más imperfectos. Hipócrates admite que á los setenta días es la primera época en que aparece el movimiento y á los doscientos diez aquella en que el desarrollo es completo. Enseña, con Demócrito, que la materia sexual proviene de todas las partes del cuerpo (pangénesis de Darwin), explicándose de este modo el parecido á los ascendientes. Observó día por día los huevos incubados, viendo cómo salía de ellos la alantoides por el ombligo, y cómo el polluelo abandonaba el cascarón al día vigésimo. Dice que el niño sietemesino es viable; explica la posibilidad de la superfetación por la existencia de los cuernos uterinos, y describe el litopedion. Según Platón (430 años de J. C.), primero se forma la médula espinal, apareciendo hacia adelante el encéfalo á manera de apéndice. Son muy copiosos en datos los escritos de Aristóteles (que nació 384 años antes de J. C.), de los cuales ya se ha hecho mérito en el texto. Enseña que, del mismo modo que un árbol chupa la humedad por sus raíces, así el embrión recibe su nutrición sanguínea del

útero por medio de los vasos del cordón y de la placenta. Distingue placentas de varios cotiledones y placentas difusas, y dice que las primeras se encuentran en aquellos animales que no tienen serie completa de dientes en ambas mandíbulas. Distingue en el huevo incubado del ave los vasos de la alantoides y los del saco vitelino; estos últimos recogen el alimento para la nutrición del embrión. También es exacto el dato que menciona de que el polluelo descansa con la cabeza sobre la pata derecha y de que el saco vitelino acaba por introducirse en el vientre. Cuando nace un mamífero no respira aunque ya tenga fuera la cabeza. Atribuye la formación de los mónstruos dobles á una adherencia de dos gérmenes ó de dos embriones muy próximos. En la reproducción de la especie, la hembra suministra la materia, y el varón el principio que le da forma y movimiento. Respecto á la reproducción de los animales inferiores, recordaremos que hace mención del brazo copulador de los cefalópodos, del saco vitelino de los calamares, de la placenta vitelina de la mustela levis, de la cópula de las serpientes, y de la falta del amnios y de la alantoides en los peces y en los anfibios. Dioklés, contemporáneo de Teofrasto (nació 371 años antes de J. C.) parece haber visto el óvulo ya en la segunda semana como una vesícula membranosa cubierta de puntitos sanguinolentos (¿las vellosidades?). Erasistrato (304 años antes de J. C.) enseña que el embrión se forma por un proceso de nueva formación en el huevo (epigenesis) y atribuye la esterilidad á cicatrices existentes en el útero. Su contemporáneo Herófilo vió que el útero grávido está cerrado; conoce la naturaleza glandular de la próstata y da nombre á las vesículas seminales y al epidídimo. Areteo (81 años después de J. C.) ya conoce la caduca; y Galeno (131 á 203 años después de J. C.) el agujero oval y el curso de la sangre en el feto á través de este agujero y del conducto arterioso. Le son conocidas las relaciones fisiológicas entre los vasos de las mamas y de la matriz, y describe cómo ésta se contrae con la presión. En el *Talmud* se encuentran los datos de que un animal puede vivir aunque se le extirpe el útero y de que los pubis se separan en el acto del parto y se hace mención de una operación cesárea realizada con éxito y con extracción de un niño vivo, ordenada, al parecer, por Cleopatra. Sylvio (1555), describe la válvula del agujero oval; Vesalio (1540), las vesículas del ovario; Eustaquio (muerto en 1570), el conducto arterioso ó de Botal y las ramas de la vena umbilical que se dirigen al hígado. Arancio, examina el conducto que lleva su nombre y refiere que las arterias umbilicales no se anastomosan en la placenta con los vasos de la madre. En Libavio (1597), ya se encuentra el dato de que un feto ha gritado dentro del útero. Riolano (1618), conoce el cuerpo de Higmoro. Pavius (1657), examina la situacion de los testículos en la región lumbar del feto. Harvey (1633), sienta la proposición: omne vivum ex ovo. Fabricio de Aquapendente (1600), expone la marcha evolutiva del embrión del ave. Regner de Graaf, describe con más exactitud los folículos del ovario que llevan su nombre, y encontró el huevo en la trompa de un mamífero. Swammerdam (muerto en 1685), describió la metamórfosis, disecó delante del gran duque de Toscana, una oruga, demostrando que contenía la mariposa y describe la segmentación del huevo de la rana. Malpighio (muerto en 1694), publica una buena descripción del desarrollo del polluelo, con láminas. La primera mitad del siglo XVIII se pasó discutiendo cuál era más importante para el desarrollo del nuevo sér, si el huevo ó el semen (ovistas y animalculistas); y si el embrión se forma de nuevo en el huevo (epigenesis) ó si no hace más que desarrollarse y crecer, porque ya estuviera formado previamente (evolución). Los antiguos atribuyen el olor del esperma á su virtud fecundante (aura seminalis). Desde Needham (1745), es cuando se ha empezado á tratar de resolver por medio de la experimentación el problema de la generación espontánea que ha seguido siendo objeto de numerosos estudios hasta nuestros dias.

Se inicia una nueva época con Gaspar Fried Wolff (1759), que es el primero que demuestra que el embrión se forma á expensas de unas hojas llamadas blastodérmicas, y es también quien manifiesta por primera vez que los tejidos están compuestos de partes pequeñísimas (células de los autores modernos). Además publica una monografía sobre la formación del intestino que es un modelo de estudio del desarrollo embrionario en particular. Will. Hunter (1775), describe las membranas del huevo y el útero grávido ; Sömmering (1799), el desarrollo de la forma exterior del cuerpo humano, y Oken y Kieser, el del intestino. Oken y Goethe (1807), exponen cómo el cráneo está compuesto de vértebras ; Tiedemann (1816), describe el desarrollo del cerebro, y Meckel el de los mónstruos. Los trabajos de Pander (1817), Carlos Ernesto v. Baer (1828 á 1834), Roberto Remak y otros muchos autores que viven todavía, tienen una importancia fundamental por lo que han contribuído al conocimiento del desarrollo de cada uno de los órganos á expensas de las tres hojas blastodérmicas. Teodoro Schwann fue el primero (1839) que siguió el desarrollo de todos los tejidos desde las primeras células germinativas hasta su completo desarrollo.

FIN DEL TOMO SEGUNDO

INDICE DE MATERIAS

CAPÍTULO PRIMERO

Fisiología del aparato locomotor.

294. Estructura y disposición de los músculos 5
1.° Músculos estriados (voluntarios) 5
Músculos rojos y músculos pálidos 10
Desarrollo 10
2.° Músculos lisos (involuntarios) 11
295. Propiedades físicas y químicas de la substancia muscular 13
296. Nutrición del músculo. — Orígenes de la fuerza muscular 16
297. Rigidez muscular ó cadavérica (Rigor mortis) 19
Experimento de Stenson 21
298. Excitabilidad y excitación del músculo 24
299. Modificaciones en el músculo durante su contracción 27
300. Marcha de la contracción muscular. — Miografía. — Sacudida simple. — Tétanos 30
Causas que influyen en la duración del período latente 32
Acción de los venenos 34
301. Velocidad con que se propaga la contracción en el músculo 39
302. Trabajo del músculo 41
303. Elasticidad del músculo, activo y en reposo 44
304. Producción de calor en el músculo activo 47
305. Ruido muscular 49
306. Fatiga del músculo 50
307. Mecánica del esqueleto 53
308. Colocación y uso de los músculos 57
A. Músculos sin origen ni terminación determinados 57
B. Músculos de origen y terminación bien determinados 57
309. Gimnasia. — Trastornos patológicos en las funciones motoras 61

FISIOLOGÍA DEL MOVIMIENTO EN ESPECIAL

310. Bipedestación 64
311. Actitud sentada 67
312. Marcha. — Carrera. — Salto 68
313. Fisiología comparada de la locomoción 72
Invertebrados 75

VOZ Y PALABRA

314. Voz. — Prenociones físicas sobre la producción del sonido en los instrumentos de lengüeta 76
315. Anatomía de la laringe 77
I. Cartílagos y ligamentos de la laringe 77
II. Acción de los músculos de la laringe 80
316. Examen del órgano de la voz. — Laringoscopia. — Examen de la laringe extraída del cuerpo 83
317 Condiciones que influyen en los sonidos producidos por el aparato de la fonación 88
318. Extensión de la voz 90
319. Palabra. — Vocales 91
320. Consonantes 95
A. Consonantes de la primera región de articulación 96
B. Consonantes de la segunda región de articulación 97
C. Consonantes de la tercera región de articulación 97
D. Consonantes de la cuarta región de articulación 98
321. Alteraciones patológicas de la voz y de la palabra 98
322. Fisiología comparada. — Reseña histórica 100

CAPÍTULO II

Fisiología general de los nervios y electro-fisiología.

323. Estructura y disposición de los elementos nerviosos 103
324. Composición química de la substancia nerviosa.—Propiedades mecánicas de los nervios 109
325. Nutrición de los nervios 111
326. Excitabilidad de los nervios. — Excitantes 112
1.° Excitantes mecánicos 112
2.° Excitantes térmicos 113
3.° Excitantes químicos 114
4.° Excitante fisiológico 115
5.° Excitantes eléctricos 115
327. Depresión de la excitabilidad. — Muerte, degeneración y regeneración de los nervios 118

ELECTRO-FISIOLOGÍA

328. Prenociones físicas. — Corriente galvánica. — Cuerpos electro-motores. — Resistencia á la conductibilidad eléctrica. — Ley de Ohm. — Conductibilidad de los tejidos animales. — Reocordio 123
329. Acción de la corriente galvánica sobre la aguja imantada. — Galvanómetro 127
330. Electrolisis. — Resistencia al paso de la corriente. — Polarización galvánica. — Pilas de corriente constante y electrodos impolarizables. — Polarización interna de los conductores húmedos. — Acción catafórica de la corriente galvánica. — Resistencia secundaria 129

331. Inducción. — Extracorriente. — Imantación del hierro por la corriente galvánica. — Inducción voltáica. — Acciones de inducción unipolar. — Induccion magnética 132
332. Aparato de inducción de Du Bois-Reymond. — Máquina magneto-farádica de Pixii-Saxton 134
333. Corrientes eléctricas del músculo y del nervio en estado de reposo. — Corrientes cutáneas. — Corriente glandular 136
334. Corrientes del músculo y del nervio excitado. — Corrientes de los órganos de secreción 140
335. Corriente del nervio y del músculo en el estado electrotónico 145
336. Teorías de las corrientes muscular y nerviosa 147
337. Modificaciones en la excitabilidad del nervio y del músculo en el electrótono 151
I. Demostración del electrótono en los nervios motores 152
II. Demostración del electrótono en los nervios sensitivos 154
III. Demostración del electrótono en los nervios de freno ó inhibitorios 154
338. Aparición y desaparición del electrótono. — Ley de las sacudidas 154
339. Velocidad de la transmisión nerviosa 159
340. Conductibilidad de los nervios en ambas direcciones 162
341. Electroterapia. — Reacción de degeneración 163
342. Carga eléctrica del cuerpo en totalidad y de sus diferentes partes 169
343. Fisiología comparada. — Reseña histórica 169

CAPÍTULO III

Fisiología de los nervios periféricos.

344. División de las fibras nerviosas, según sus funciones 172
I. Nervios centrífugos 172
II. Nervios centrípetos 173
III. Nervios intercentrales 173

NERVIOS ENCEFÁLICOS Ó CRANEALES

345. I. — Nervio olfatorio 174
346. II. — Nervio óptico 175
347. III. — Nervio motor-ocular común 176
348. IV. — Nervio patético 178
349. V. — Nervio trigémino 179
I. Primera rama; nervio oftálmico 179
II. Segunda rama; nervio maxilar superior 184
III. Tercera rama; nervio maxilar inferior 187
350. VI. — Nervio motor-ocular externo 191
351. VII. — Nervio facial 192
352. VIII. — Nervio auditivo 198
Patología de la audición 199
Conductos semicirculares del laberinto 200
353. IX. — Nervio gloso-faríngeo 202
354. X. — Nervio pneumogástrico 203
355. XI. — Nervio espinal 214

356. XII. — Nervio hipogloso 215
357. Nervios raquídeos ó espinales 216
358. Nervio gran simpático 221
A. Porción cervical del gran simpático 222
B. Porciones torácica y abdominal del gran simpático 223
359. Fisiología comparada. — Reseña histórica 225

CAPÍTULO IV

Fisiología de los centros nerviosos.

360. Generalidades 226

MÉDULA ESPINAL

361. Estructura de la médula espinal 226
362. Reflejos medulares 232
Provocación de reflejos 233
Propagación de los reflejos 233
363. Inhibición de los reflejos 236
364. Centros reflejos en la médula espinal 239
365. Excitabilidad de la médula espinal 242
366. Vías de conducción en la médula espinal 245

ENCÉFALO

367. Esquema general de la estructura y disposición del encéfalo. — Trayecto de las vías motoras y sensitivas 248
Trayecto de las fibras de los movimientos voluntarios: vías de conducción psico-motoras ó cortico-musculares 252
Trayecto de las vías de conducción de la sensibilidad cutánea 254
368. Médula oblongada 256
369. Centros reflejos de la médula oblongada 256
370. Centro respiratorio é inervación del aparato respiratorio 259
Influencia del pneumogástrico 264
Origen del primer movimiento respiratorio 265
Respiración artificial en los casos de asfixia 267
371. Centro de los nervios inhibitorios del corazón y fibras moderadoras del pneumogástrico 268
372. Centro de los nervios aceleradores del corazón y fibras nerviosas aceleradoras 271
373. Centro de los vaso-motores y nervios vaso-constrictores 273
I. Excitación directa del centro vaso-motor 273
II. Excitación refleja del centro vaso-motor 275
374. Centro de los vaso-dilatadores. — Nervios vaso-dilatadores 284
375. Centro convulsivo. — Centro sudorífico 286
376. Funciones psíquicas del cerebro 288
Velocidad de los procesos psíquicos 292
377. Centros motores de la corteza del cerebro 295
Tiempo invertido en la excitación de los centros motores 297
378. Centros corticales sensoriales 302

379. Centro térmico cortical. — Opiniones contradictorias sobre las localizaciones cerebrales. — Otras funciones de la corteza del cerebro 306
380. Topografía fisiológica de la superficie del cerebro en el hombre 310
Topografía craneo-cerebral 321
381. Ganglios de la base del cerebro. — Cerebro medio ó mesocéfalo. — Movimientos forzados. — Otras funciones del cerebro 321
Tubérculos cuadrigéminos, cerebro medio ó meso-céfalo 325
Movimientos forzados 326
382. Funciones del cerebelo 328
383. Organos de protección y de sostén del cerebro 330
384. Fisiología comparada. — Reseña histórica 333

DR. PEREZ ARAPILES
c/ Lagasca núm. 12 - 3.º
Teléfono 20 85 39
L E O N

CAPÍTULO V

Fisiología de los órganos de los sentidos.

385. Nociones previas 336

SENTIDO DE LA VISTA

386. Prenociones anatómicas é histológicas. — Presión intra-ocular 338
387. Dióptrica del ojo 348
Construcción del rayo refractado 352
Construcción de la imagen de un punto con un sistema de varios medios refringentes 352
388. Aplicación de las leyes dióptricas al ojo. — Construcción de la imagen retiniana. — Oftalmómetro. — Visión derecha 354
389. Acomodación del ojo 357
390. Refracción en el ojo normal. — Sus anomalías 363
391. Medida del poder de acomodación 365
392. Anteojos 367
393. Aberraciones de refrangibilidad y de esfericidad. — Alineación imperfecta de los centros de las superficies refringentes. — Astigmatismo 369
1.° Aberración de refrangibilidad ó aberración cromática del ojo 369
2.° Aberración de esfericidad ó aberración monocromática 369
3.° Alineación imperfecta de los centros de las superficies refringentes ... 370
4.° Astigmatismo regular 370
5.° Astigmatismo irregular 370
394. Iris 371
395. Fenómenos entópticos. — Percepción de partes interiores del ojo á consecuencia de excitaciones retinianas 374
1.° Sombras proyectadas en la retina por diversos cuerpos opacos 374
2.° Sombras vasculares ó imágenes de Purkinge 375
3.° Observación del movimiento de los glóbulos sanguíneos en los capilares de la retina 376
4.° Fenómenos del pulso entóptico 376
5.° Fosfenos por presión 376
6.° Papila del nervio óptico 376
7.° Mancha de acomodación 377
8.° Fosfeno de acomodación 377
9.° Excitación mecánica del nervio óptico 377

10. Fenómenos eléctricos 377
11. Mancha amarilla 377
396. Iluminación del fondo del ojo. — Oftalmoscopio 378
397. Actividad de la retina en el acto de la visión 382
Perimetría 385
398. Percepción de los colores 388
Nociones físicas 388
Procedimientos para mezclar los colores 390
399. Ceguera para los colores; su importancia práctica 395
400. Duración de las excitaciones retinianas. — Imágenes consecutivas, positivas y negativas. — Irradiación. — Contraste 397
Experimentos y aparatos para estudiar las imágenes consecutivas positivas 398
Ejemplos de imágenes consecutivas negativas 399
Irradiación 399
401. Movimientos y músculos del ojo 402
402. Visión binocular 408
403. Visión monocular.—Puntos retinianos idénticos.—Horóptero.—Omisión de la imagen duplicada 408
404. Percepción de la tercera dimensión de los cuerpos. — Estereoscopia 411
405. Percepción del tamaño de los objetos. — Apreciación de la distancia. — Ilusiones relativas á la magnitud y á la dirección 416
Ilusiones respecto á la magnitud y distancia de los objetos 418
406. Organos protectores del ojo 419
I. Párpados 419
II. Aparato lagrimal 420
407. Fisiología comparada. — Reseña histórica 422

SENTIDO DEL OÍDO

408. Esquema de la estructura del órgano auditivo 425
409. Nociones físicas acerca del sonido 427
410. Oreja. — Conducto auditivo externo 428
Músculos del oído externo 429
411. Membrana del tambor 430
412. Los huesecitos del oído y sus músculos 432
413. Trompa de Eustaquio. — Caja del tambor 438
414. Transmisión de las ondas sonoras en el laberinto 440
415. Estructura del laberinto. — Terminaciones del nervio auditivo 441
Caracol 443
416. Cualidades de las sensaciones auditivas. — Percepción de la altura é intensidad de los sonidos 444
I. Percepción de la altura de los sonidos 445
II. Percepción de la intensidad de los sonidos 448
417. Percepción del timbre. — Análisis de las vocales 449
418. Papel del laberinto en la audición 454
419. Acción de dos sonidos simultáneos. — Armonía ó consonancia. — Pulsaciones.—Desarmonía ó disonancia.—Sonidos diferenciales y adicionales. 456
420. Percepción auditiva. — Cansancio del oído.—Sensaciones auditivas, objetivas y subjetivas. — Sensaciones asociadas. — Sensaciones auditivas consecutivas 458
421. Fisiología comparada. — Reseña histórica 460

SENTIDO DEL OLFATO

422. Estructura del órgano olfatorio 462
423. Sensación olfatoria 463
Fisiología comparada 465
Reseña histórica 465

SENTIDO DEL GUSTO

424. Situación y estructura de los órganos del gusto 466
425. Sensaciones gustativas 467

SENTIDO DEL TACTO

426. Terminaciones de los nervios sensitivos 470
427. Sensaciones dolorosas y sensaciones táctiles 473
428. Sentido de lugar 475
429. Sentido de presión 478
430. Sentido de temperatura 482
Patología del sentido del tacto 485
431. Sensaciones generales. — Dolor 486
432. Sentido muscular. — Sentido de la fuerza 489

CAPITULO VI

Fisiología de la reproducción y del desarrollo.

433. Modos de reproducción 491
434. Esperma 496
435. El huevo 501
Huevos horoblásticos y meroblásticos 503
436. Pubertad 505
437. Menstruación 506
Formación del cuerpo amarillo 509
438. Erección 510
439. Eyaculación 513
440. Fecundación del huevo 514
Fecundaciones múltiples 515
Superfecundación 515
441. Segmentación. — Morula. — Blastula. — Gastrula. — Formación de las hojas del blastodermo. — Primer esbozo del embrión 517
442. Organos derivados del epiblasto 523
443. Organos derivados del hipoblasto y del mesoblasto 525
444. Desarrollo de la forma exterior del embrión. — Formación del corazón y de la primera circulación 527
445. Desarrollo ulterior del cuerpo del embrión 529
446. Formación del amnios y de la alantoides 531
447. Membranas del feto humano. — Placenta. — Circulación fetal 533
Situación de la placenta 536
448. Cronología del desarrollo del feto humano. — Movimientos del feto 539

449. Formación del sistema óseo 542
Columna vertebral 542
450. Formación del sistema vascular 551
Corazón 551
Arterias 552
Venas del cuerpo 553
Venas de la primera y de la segunda circulación 554
451. Formación del tubo digestivo 555
452. Desarrollo de los órganos genito-urinarios 558
Organos genitales internos 558
Organos genitales externos 561
Hermafroditismo 562
453. Desarrollo del sistema nervioso central 563
454. Formación de los órganos de los sentidos 564
Ojo 564
455. Parto 566
456. Fisiología comparada. Reseña histórica 568