

células neuróglícas: 1.º, tipo de la substancia blanca, el cual adopta forma estrellada y exhibe larguísimas expansiones lisas poco ó nada ramificadas y bien coloreables por el método de Weigert (fig. 134); y 2.º, tipo de la substancia gris, constituido por elementos estrellados, alargados ó fusiformes, provistos de expansiones ordinariamente más cortas, erizadas de espinas ó de apéndices verrugosos colaterales, que las prestan aspecto de plumas. Las expansiones de estos corpúsculos atraen poco ó nada el violado de metilo, y representan el armazón que mantiene aisladas las neuronas, las expansiones protoplásmicas y las fibras nerviosas no meduladas (Cajal y Terrazas). (Fig. 135).

**Fibras nerviosas.** — Como ya hemos expuesto anteriormente, las fibras nerviosas representan mera continuación de la expansión de Deiters ó cilindro-eje de las células de los centros.

Llámanse *nervios* ó *cordones nerviosos* los órganos extracentrales contruidos por la asociación de las expansiones nerviosas que llevan un mismo camino. La asociación intra-central (cerebro, médula) de dichos cilindros-ejes, engendra la substancia blanca del eje encefalo-raquídeo.

Dividense los tubos ó fibras nerviosas en dos variedades: *fibras medulares* ó de los nervios cerebro-raquídeos; *fibras amedulares*, de Remak ó del gran simpático. Las primeras han tomado el apelativo de medulares, por ofrecer una cubierta de mielina, especie de barniz grasiento aislador de la corriente nerviosa; y las de Remak ó amedulares designanse así por carecer de dicha envoltura.

Las fibras de Remak son la continuación de los cilindros-ejes de las células de los ganglios del gran simpático (fig. 136), y se encuentran especialmente en los nervios nacidos de este sistema ganglionar; mientras las fibras medulares representan ó la expansión periférica de un corpúsculo sensitivo yacente en los ganglios raquídeos, ó el cilindro-eje de una célula motriz de la médula ó encéfalo, y residen en los nervios ó pares encefalo-raquídeos.

**Fibras amedulares.** — Cuando se disocia un nervio emergido de un ganglio simpático, se reconocen unas fibras pálidas, cilíndricas, de 3 á 5  $\mu$  de espesor, de contorno neto y exento de membrana aparente. De trecho en trecho, presentan estas fibras

ciertos núcleos elipsoides de 20 á 30  $\mu$  de largo, por 3 á 5  $\mu$  de gruesos, los cuales se superponen estrechamente á las mismas; el protoplasma que los rodea es escaso, granuloso, se acumula algo en los polos nucleares y se prolonga bajo la forma de fina membrana, que recubre una buena parte del cilindro-eje. Ignórase si este forro protoplásmico es continuo ó discontinuo, pues no se aprecian bien los límites de cada territorio celular. Tocante á la fibra nerviosa propiamente dicha, exhibe un aspecto pálido y ligeramente estriado á lo largo; su contorno está bien deslindado del forro protoplásmico, como lo prueba la circunstancia de que el método de Golgi tiñe la fibra en negro, dejando absolutamente incoloro el núcleo y su expansión de protoplasma.

Las fibras ameduladas se reúnen en haces longitudinales para formar los nervios de la vida orgánica; entre ellas yace un cemento de unión, así como las expansiones de numerosas células neuróglícas (fig. 137).

**Fibras meduladas.** — Son verdaderos tubos, de composición bastante compleja, que se distinguen fácilmente al microscopio por la obscuridad de sus bordes y presencia de un doble contorno. Estos tubos son cilíndricos y de un diámetro oscilante entre 6 y 10  $\mu$ . Como ha demostrado Ranvier, de trecho en trecho, es decir, á distancias variables entre  $\frac{1}{2}$  á 2 milímetros, el tubo nervioso exhibe ciertos cuellos ó estrecheces (*estrangulaciones* de Ranvier), á cuyo nivel la mielina queda interrumpida, observándose en su lugar un disco transversal de cemento. Este disco se tiñe en negro por el nitrato de plata, y destaca en claro en los



Fig. 137. — Fibras de Remak disociadas de un nervio simpático. — *c*, cilindro-eje; *n*, núcleo; *p*, protoplasma que envuelve un trozo del cilindro-eje.

tubos nerviosos ennegrecidos por el ácido ósmico (fig. 138, *d*). Llámase *segmento inter-anular* el intervalo que existe entre dos estrangulaciones.

De fuera á adentro, los tubos nerviosos tienen que estudiar : la *membrana de Schwan*, los *núcleos*, la *mielina*, la *vaina de Mauthner* y el *cilindro-eje*.

*a) Membrana de Schwan.*—Es una cubierta hialina, elástica, que rodea el tubo nervioso, moldeándose exactamente á la mielina. Al nivel de las estrangulaciones, recibe la inserción de los discos de cemento, y se continúa por fuera de éstos para pasar á otro segmento inter-anular. Resiste esta membrana á la potasa, y no se tiñe por los reactivos colorantes.

*b) Núcleos.*—Cada segmento inter-anular posee un sólo núcleo alargado, adherido exteriormente á la membrana de Schwan, y emplazado por dentro en una foseta ofrecida por un segmento de mielina (fig. 138, *n*). En torno del núcleo se ve un acúmulo de protoplasma extendido por debajo de la vaina de Schwan hasta una distancia que no es fácil precisar. Lo que puede asegurarse es que este protoplasma se adhiere íntimamente á la membrana citada, de la que, al parecer, representa una dependencia, mientras que del lado de la mielina sus vínculos son mucho más flojos. Es imposible confirmar la opinión de Ranvier, á saber : que la capa de protoplasma envuelve los segmentos de mielina, constituyendo un forro para todos los órganos constitutivos de cada segmento inter-anular.

*c) Mielina.*—Es una materia oleaginosa, sumamente refringente, dispuesta en espesa cubierta en torno del cilindro-eje. En los tubos nerviosos vivos, la capa de mielina es homogénea y de bordes correctos; mas después de la muerte, esta materia se coagula, afectando la forma de grumos irregulares (anillos, hilos, redes, etc.), que prestan al tubo nervioso aspecto tortuoso y moniliforme.

La mielina ofrece dos clases de interrupciones : interrupciones grandes, transversales, que corresponden á los discos transversales de cemento (fig. 138, *d*), y discontinuidades finas, oblicuas, muy numerosas, que han sido designadas *cisuras de Schmidt* ó de *Lanterman*. (Fig. 138, *c*).

Las *cisuras* de *Lanterman* son circulares y fragmentan la mielina de cada segmento inter-anular en una serie de cilindro-conos superpuestos é imbricados. La materia de estas estrias es clara en las preparaciones tratadas por el ácido ósmico; pero, en ciertas condiciones, se tiñe en negro por el nitrato de plata, por lo que algunos autores (*Koch*, *Schiefferdecker*, etc.), la consideran como un cemento de unión permeable á los líquidos nutritivos, y análogo al de los discos transversales. En el espesor de este cemento residiría, según *Golgi* y *Rezzonico*, un aparato infundibuliforme constituido por un hilo elástico espiróideo. *Geddoelst*, en cambio, niega la existencia de esta espira, y admite unos puentes verticales que, pasando á través de la *cisura*, pondrían en comunicación ciertas redes que, según este autor, constituirían la trama de la vaina de mielina. Estas y otras disposiciones descritas por ciertos autores, nos parecen productos artificiales debidos á la acción de los reactivos (fig. 140, *f*).

*d) Vaina de Mauthner.*—En torno del cilindro-eje, y debajo de la mielina, existe una capa de líquido transparente, en el cual los reactivos producen precipitaciones protéicas. Este líquido representa un plasma de nutrición del cilindro-eje, y se comunica con el interior de un modo indirecto, á través de las *cisuras de Lanterman* y de los discos transversales (fig. 140, *d*).

*e) Cilindro-eje.*—Así se designa la expansión celular nerviosa que ocupa el centro del tubo medular y sirve como de hilo de collar para los segmentos inter-anulares. Su forma es cilíndrica y uniforme; su superficie es lisa y su con-



Fig. 138. — Tubo nervioso tratado por el ácido ósmico. — *d*, disco de soldadura y estrangulación de *Ranvier*; *c*, *cisuras de Lanterman*; *n*, núcleo del segmento inter-anular; *p*, protoplasma que le rodea.

sistencia semiblanda, como lo prueban las deformaciones que dicha fibra sufre tras la menor presión ó estiramiento. Al nivel de las estrangulaciones de Ranvier, el cilindro-eje atraviesa por el centro del disco transversal de cemento, disco cuyo objeto

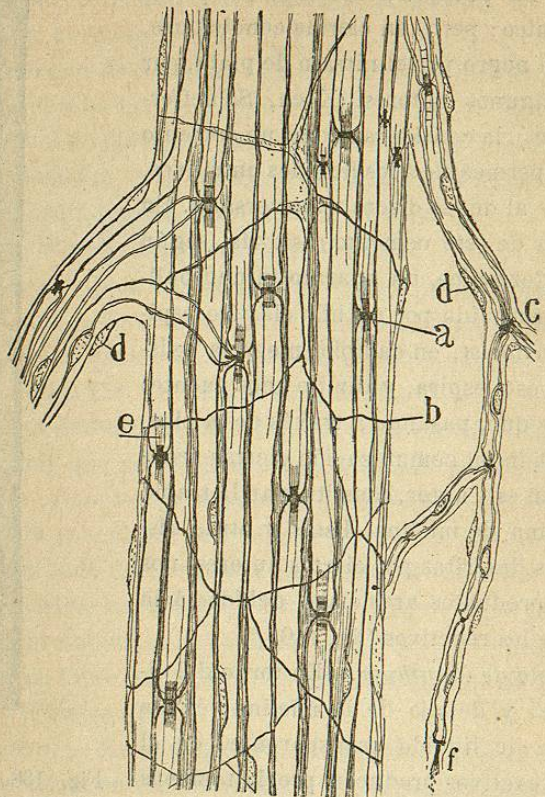


Fig. 139. — Nervio de rana teñido por el nitrato de plata. — *a*, disco de soldadura y estrangulación; *b*, líneas del endotelio que envuelve el haz nervioso; *c*, cilindro-eje colorado por el nitrato de plata; *d*, división de un tubo nervioso.

parece ser el mantener la posición axial de la fibra y aislarla de la membrana de cubierta.

En estado fresco, el cilindro-eje aparece pálido, finamente granuloso y con estriaciones longitudinales que indican una textura fibrilar. El nitrato de plata lo tiñe en negro ó moreno, pero no

de un modo uniforme, sino en bandas alternadas con espacios claros. Estas bandas negras, llamadas *estrias de Fromann*, no preexisten en el tubo nervioso fresco; así que pudiera suceder que se tratara, como imaginan algunos, de meros depósitos argéntico-orgánicos motivados por la acción coagulante y alterante del reactivo (fig. 140, *c*).

**Asociación de las fibras en los nervios.** — Los tubos medulados se asocian en haces individualizados por una membrana laminosa (*vaina laminosa* de Ranvier, *perineuro* de Key y Retzius), de aspecto estriado, y compuesta de varias hojas conectivas concéntricas, entre las cuales y revistiendo ciertos huecos anulares que resultan, habitan células endoteliales. La impregnación argéntica revela limpiamente los contornos de estas últimas, como puede verse en la figura 139, *b*. Entre los tubos nerviosos de cada haz se hallan ciertos corpúsculos neuróglícos provistos de largas expansiones divergentes, las cuales separan las fibras nerviosas impidiendo los contactos. La trama de hilos brillantes y no anastomosados resultante del entrecruzamiento de dichos apéndices neuróglícos, ha sido tomada por Ranvier como un tejido conectivo modificado, aunque igual en el fondo á la variedad laxa (*tejido conectivo intrafascicular* de Ranvier).

Los nervios pequeños están constituidos exclusivamente por un haz, y aparecen rodeados por la

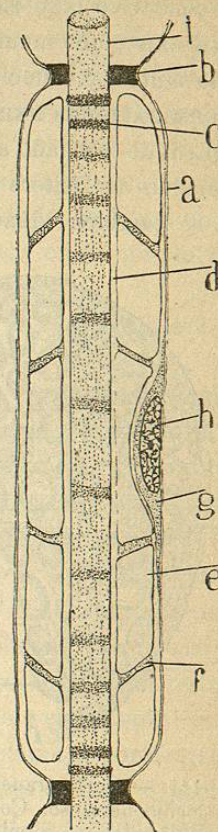


Fig. 140. — Esquema de un tubo nervioso medulado. — *a*, vaina de Schwann; *b*, disco transversal; *c*, estria de Fromann; *d*, vaina de Mauthner; *e*, cilindros conos de mielina; *f*, cisuras de Lanterman; *h*, núcleo; *g*, protoplasma que envuelve el núcleo; *i*, cilindro-eje.

vaina laminosa citada; pero los cordones nerviosos robustos constan de varios haces, entre los cuales se ven tabiques de tejido conectivo laxo ricos en vasos sanguíneos. Alrededor del nervio existe una membrana conectivo-vascular, continuada con la *pia mater*, y conocida con el nombre de *neurilema*.

TERMINACIONES NERVIOSAS.—El origen de las fibras nerviosas ha quedado indicado anteriormente; es siempre el cilindro-eje ó expansión de Deiters de un corpúsculo nervioso. La terminación es también idéntica en todas ellas, verificándose á favor

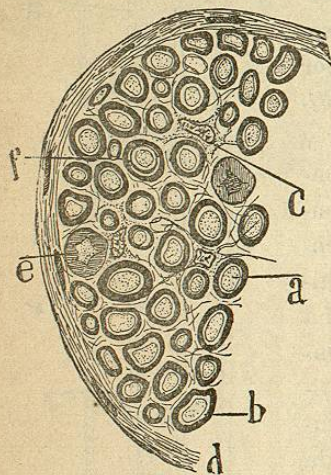


Fig. 141. — Corte transversal de un fascículo nervioso. Coloración con ácido ósmico. — *a*, cilindro-eje; *b*, mielina; *c*, célula conectiva intersticial; *e*, corte de un tubo al nivel ó cerca de la estrangulación; *d*, vaina laminosa.

de ramificaciones libres varicosas, exentas de mielina y superpuestas, ora á células glandulares, ora á corpúsculos epiteliales, bien á otros elementos ganglionares. En unos casos, la ramificación nerviosa aparece desnuda, poniéndose directamente en contacto con los elementos (células glandulares, epiteliales de la piel); en otros, las ramillas terminales están guarnecidas y protegidas por aparatos especiales (corpúsculos de Krause, Pacini, etcétera).

En general, toda fibra nerviosa medulada próxima á su terminación, se aparta del

haz de que formaba parte, llevándose consigo una hojuela homogénea continuada con la vaina laminosa, y destinada á reforzar la membrana de Schwan. Esta fina cubierta adventicia yace á distancia de la vaina de Schwan, y ha sido designada por Ranvier, *vaina de Henle*. En su espesor contiene, de trecho en trecho, unos núcleos alargados (fig. 139, *d*).

El tubo nervioso propiamente dicho, se ramifica repetidamen-

te, engendrando, ya por divistón en Y, ya en T, ramas hijas sucesivamente más delgadas; tales divisiones se verifican constantemente al nivel de las estrangulaciones, advirtiéndose que los segmentos inter-anulares de los nuevos tubos, son cada vez más cortos y estrechos. Al abordar la fibra el corpúsculo ó el aparato terminal á que va destinada, pierde primeramente la vaina de Henle, que se continúa con la cubierta del corpúsculo innervado, abandona después la corteza de mielina y la cubierta de Schwan, y, reducida á un cilindro-eje desnudo, se dilata en una ramificación varicosa terminal ó se prolonga en un simple tallo acabado por un engrosamiento.

Las terminaciones nerviosas se dividen en cuatro clases: *motrices*, *sensitivas*, *glandulares* y *sensoriales*.

1.º Terminaciones motrices.—Tienen lugar, ora en los músculos de la vida de relación, ora en los de la vida orgánica. A los primeros van á parar los tubos nerviosos nacidos en las células de las astas anteriores de la médula; en los segundos acaban fibras procedentes de las células del gran simpático.

*a) Terminaciones en las fibras musculares estriadas.* — En el punto donde se ramifica la fibra nerviosa, el haz muscular exhibe una placa redondeada, granulosa y sembrada de núcleos (*placa motriz, colina de Doyère*). Esta placa representa un resto de protoplasma muscular todavía no convertido en material estriado, y sus conexiones son, por fuera, el sarcolema, y por dentro, la substancia estriada. El tubo nervioso aborda oblicua ó perpendicularmente la placa motriz, sobre la cual en algunos casos se bifurca, engendrando dos nuevas ramitas medulares; la rama ó ramitas terminales, pierden la mielina y vaina de Schwan, penetran en el espesor de la placa y se resuelven en una arborización corta, de ramos gruesos, varicosos, á menudo divididos en ángulo recto y costeados por núcleos especiales (*núcleos de la arborización*). Los cabos de tales ramúsculos se muestran á menudo engrosados, y no traspasan nunca los límites de la materia granulosa ni tocan jamás la substancia estriada (fig. 142, *b*).

En los mamíferos, la placa, así como la arborización nerviosa terminal, son muy pequeñas; en los reptiles, ambas alcanzan mayor tamaño, presentando la substancia granulosa un contor-

no desigual y como escotado; finalmente, en los batracios falta por completo la materia granulosa, y la arborización nerviosa terminal se extiende en larguísimas ramitas más ó menos paralelas á la fibra muscular (1). Sobre estos tallos pálidos finales yace algún núcleo prolongado (fig. 143).

b) *Terminación de las fibras nerviosas en los músculos lisos* (2). — Las fibras nerviosas destinadas á los músculos lisos, son fibras de Remak, nacidas ya del cordón vertebral simpáti-

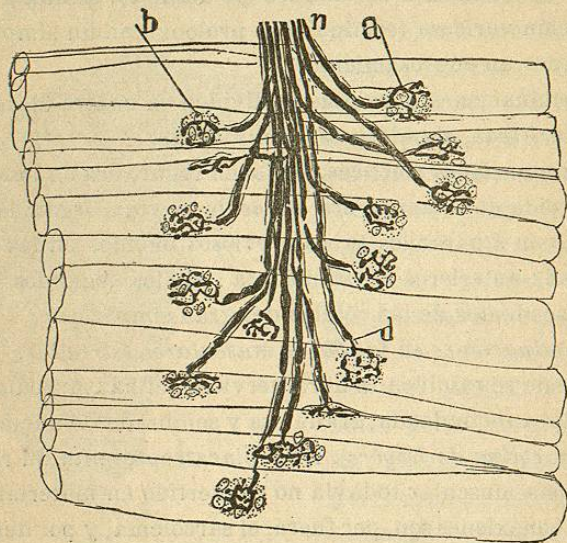


Fig. 142. — Placas motrices de un trozo de músculo intercostal de conejo. — *a*, arborización terminal del cilindro-eje; *b*, núcleos y materia granulosa; *d*, punto en que cesa el forro de mielina; *n*, nerviecito.

(1) Cajal: Observaciones microscópicas sobre las terminaciones nerviosas en los músculos voluntarios. Zaragoza, 1881.

(2) La verdadera terminación de las fibrillas nerviosas en los músculos lisos, fué primeramente señalada por Arnstein (1887) en la vejiga de la rana, sirviéndose del método del azul de metileno. Con este mismo método, las demostramos nosotros también en el intestino y vejiga de los batracios (1888), y últimamente, mediante el de Golgi, en el intestino de los mamíferos. Parecidos resultados á los nuestros han obtenido recientemente Retzius, Berkley y Müller (véase mi folleto *Los ganglios y plexos nerviosos del intestino de los mamíferos*, etc., con 13 grabados, Madrid, 1893.

co, ya de ganglios especiales residentes entre las zonas musculares. Desde los trabajos de Klebs y Arnold, confirmados por Loewit, Frankenhauser, Ranvier, etc., se sabe que todo músculo liso ofrece tres plexos nerviosos: uno *fundamental* ó *supramuscular*, situado en la superficie del plano muscular, y constituido de gruesos haces de fibras de Remak, entrecruzados en diversos sentidos, y en cuyas nudosidades ó cruzamientos yace un acúmulo de células ganglionares simpáticas; otro *intermediario*, formado de hacecillos más finos, y emplazado entre los paquetes de fibro-células; y finalmente, otro constituido de hebras finas, independientes y ramificadas, que ocupa el cemento de unión de los corpúsculos contráctiles (*plexo intramuscular* ó *interfibrilar*).

Las fibras de este último plexo representan cilindros-ejes libres, los cuales marchan de modo flexuoso por entre las fibro-células, se ramifican dos ó tres veces en ángulo recto, y sus últimas ramitas, que afectan gran delicadeza y aspecto arrosariado, acaban á favor de extremos nudosos, sobre el protoplasma contráctil (fig. 144, *a*). Por lo común, como puede verse en la figura 144, cada fibrilla separada de un hacecillo, origina, merced á sus ramificaciones, una extensa arborización, cuyas ramas, en gran

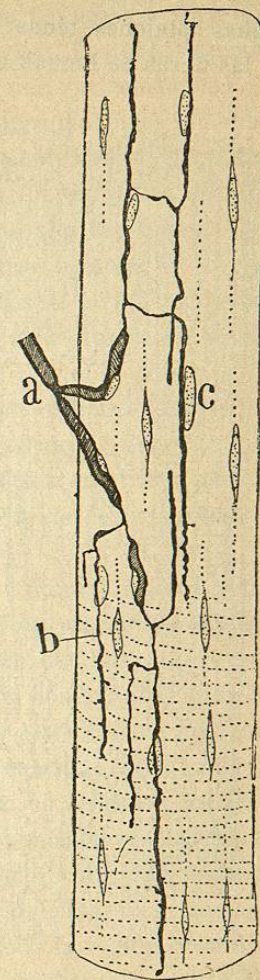


Fig. 143. — Arborización nerviosa terminal de una fibra muscular de rana. Coloración por el cloruro de oro. — *a*, tallo nervioso medulado; *b*, fibras terminales sin mielina; *c*, núcleo de la arborización.