

No ocurre lo mismo con la distinción establecida por DEITERS, entre las prolongaciones celulares. Estas no son iguales, pues ofrecen dos variedades: las protoplasmáticas y las cilindro-axiles. Salvo algunas excepciones que ya señalaremos, cada célula nerviosa posee un número variable de prolongaciones protoplasmáticas, no presentando más que una sola cilindro-axil.



Fig. 111. — Red de Golgi

I. — Célula con cilindro-eje largo cuyas colaterales concurren á la formación de la red  
 II. — Célula con cilindro-eje corto, el cual se ramifica para formar la red. — P, prolongaciones protoplasmáticas  
 Fs, fibra sensitiva que nace de la red nerviosa

A. Prolongaciones protoplasmáticas. — Brotan de la célula, mediante una ancha base, cónica, y se dividen muy pronto dicotómicamente, subdividiéndose en un número considerable de finas ramificaciones que forman una arborización típica. Las ramificaciones de las prolongaciones protoplasmáticas han recibido el nombre de *dendritas* ó ramificaciones *dendríticas*.

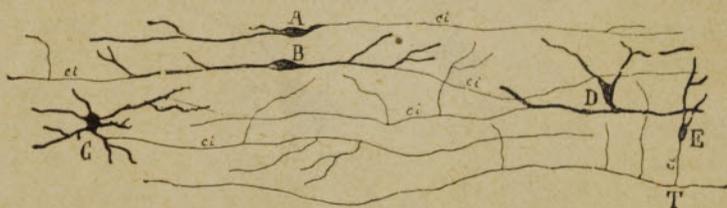


Fig. 112. — Células de la capa molecular del cerebro

A, C, D, E, células que presentan un solo cilindro-eje. — B, célula que presenta dos cilindro-ejes (ci)

cas. Habitualmente son *varicosas*, algunas veces erizadas de *espinas* más ó menos salientes á nivel de las subdivisiones más delgadas.

¿Cuál es el modo de terminar de las prolongaciones protoplasmáticas? Esta cuestión ha sido muy discutida, pero actualmente se admite que dichas prolongaciones se terminan á una distancia mayor ó menor de la célula, por *extremidades libres*, y que *no se anastomosan* ni con las células nerviosas, ni con las fibras de neuroglia, ni con ninguna clase de red (1).

(1) En la ciencia existen otras teorías concernientes á la terminación de las dendritas, que son la de GERLACH y la de GOLGI.

*Teoría de Gerlach.* — Según este autor, cuya opinión ha sido admitida durante largo

B. Prolongación cilindro-axil (1).—Esta prolongación presenta algunos caracteres que la distinguen claramente de las protoplasmáticas. Habitualmente es *única*, siendo múltiple en casos excepcionales. Actualmente

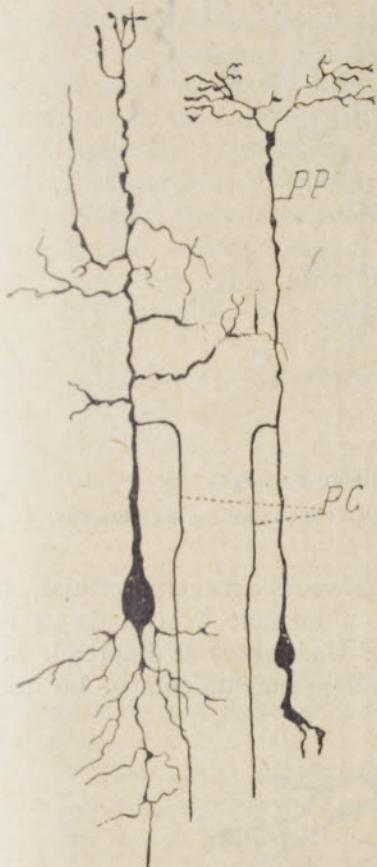


Fig. 113. — Dos células del lóbulo óptico

P. P, prolongaciones protoplasmáticas. — P. C, prolongación cilindro-axil que nace de una protoplasmática

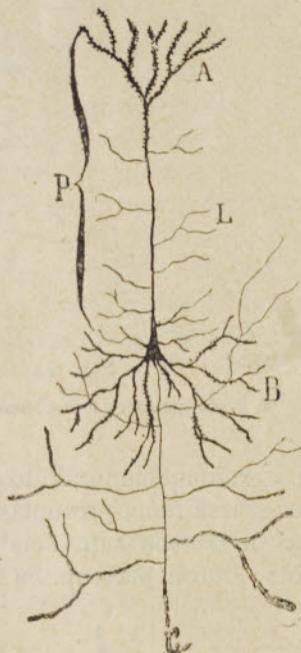


Fig. 114. — Célula piramidal de la corteza del cerebro

P, prolongación protoplasmática principal. — A, penacho de esta prolongación. — L, ramas laterales. — B, prolongaciones protoplasmáticas basilares. — C, cilindro-eje largo que da movimiento á multitud de colaterales.

no se conocen más que un corto número de células que posean muchos axones. Las células fusiformes de la corteza cerebral tienen dos, y algunas veces tres (CAJAL); las células del lóbulo óptico de las aves también tienen dos

tiempo sin contradicción por los fisiólogos, las prolongaciones protoplasmáticas *se anastomosarian* con las similares de las células vecinas formando una *red* de una extremada delicadeza. De esta red nacerían las *fibras sensitivas*.

*Teoría de Golgi.* — Esta teoría substituyó paulatinamente á la de GERLACH. Las *prolongaciones protoplasmáticas se terminarian libremente*, unas veces en la substancia gris y otras en la blanca. Así, pues, las células nerviosas *no se anastomosarian nunca*, ni con las prolongaciones de las vecinas ni con ninguna red nerviosa. Por el contrario, algunas prolongaciones se fijarían en las fibras de neuroglia y en los vasos.

(1) *Sinonimia:* prolongación nerviosa, de Deiters, axón.

(CAJAL); las ganglionares del gran simpático probablemente tienen muchas, pero nada se puede afirmar aún en concreto respecto á estos últimos elementos.

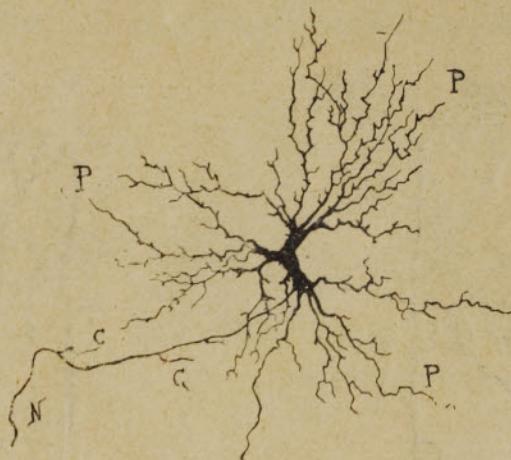


Fig. 115. — Célula de cilindro-eje largo

P, P, prolongaciones protoplasmáticas. — N, prolongación cilindro-axil con dos colaterales

La prolongación cilindro-axil nace, unas veces del cuerpo celular, otras de una gruesa rama protoplasmática, muy á menudo á nivel de su base (células de la capa superficial del cerebro). Unas veces se desprende bruscamente, y otras presenta en su origen un espesamiento cónico. Lo que la

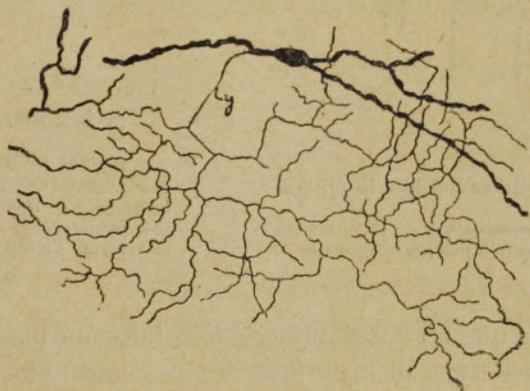


Fig. 116. — Célula de cilindro-eje corto

Cy, cilindro-eje

distingue de las prolongaciones protoplasmáticas es su forma cilíndrica y sus bordes lisos y regulares.

¿Cuál es la terminación del cilindro-eje? Desde los trabajos de GOLGI se distinguen *dos tipos de células nerviosas*, según como se termina el axón: *células de cilindro-eje largo* y *células de cilindro-eje corto*.

I. *Células nerviosas de cilindro-eje largo*. — La prolongación cilindro-

axil de estas células es extremadamente larga, conserva durante todo su trayecto su primitivo diámetro y se cubre de mielina para transformarse en fibra nerviosa. En gran número de células (piramidales del cerebro, de PÜRKINJE del cerebelo, etc.) el axón emite gran número de fibrillas colaterales antes de transformarse en fibra nerviosa; en otras células (motrices de la médula) no da origen á colaterales, ó si acaso no llega á suministrar más que un número muy escaso (una ó dos).

Después de un trayecto más ó menos *largo*, los axones, transformados en fibras nerviosas, terminan en la periferia (piel, retina, etc.) por arborizaciones cuyas ramas acaban por extremidades libres.

II. *Células nerviosas de cilindro-eje corto*. — La prolongación de estas células, llegada á corta distancia del cuerpo celular, se divide y subdivide de tal manera que constituye una inextricable red de ramúsculos.

¿Cómo se verifica la terminación de los axones cortos y de las colaterales?

Los *axones cortos* y los *colaterales* de los largos terminan en la substancia gris mediante *arborizaciones terminales*, cuyas ramas acaban libremente, sin anastomosarse con las prolongaciones similares de las células vecinas, y *sin formar ninguna clase de red* (CAJAL) (1).

## § 2. — CLASIFICACIÓN DE LAS CÉLULAS NERVIOSAS

Sirviéndole de base los precedentes hechos, CAJAL ha substituído á las antiguas y estériles clasificaciones de las células nerviosas, una clasificación menos árida y más fisiológica. El sabio español divide las células en dos categorías.

I. *Células cuyas prolongaciones tienen todas caracteres de axón y se hallan desprovistas de dendritas*. — Estas células reciben la excitación en el cuerpo celular y la transmiten por todas sus prolongaciones. Existen tres variedades: *a*) células de prolongaciones cortas (amacrinas de la retina, granos del bulbo olfatorio); *b*) células provistas de largas prolongaciones (células del plexo simpático del intestino y de los plexos simpáticos de las glándulas); *c*) células provistas de una sola prolongación recubierta por la mielina (elementos del núcleo superior del nervio masticador).

II. *Células con dendritas y axón*. — Comprenden las siguientes variedades:

*a*. Células provistas de una prolongación celulípeta y de otra celulífuga (bipolares de la retina, del bulbo olfatorio, de los ganglios raquídeos,) etc.

*b*. Células provistas de muchas prolongaciones celulípetas y un solo axón largo (células motrices de la médula, etc.).

(1) Las células de cilindro-eje corto fueron descubiertas por GOLGI, llevando el nombre de su descubridor. Admitía este autor, sorprendido por su descubrimiento, que los axones cortos forman en toda la extensión de la substancia gris una *red difusa*, de la cual brotan las fibras sensitivas formadas por la reunión de muchas de estas fibrillas primitivas. De este modo el autor italiano admitía que las células de *axones largos* eran *elementos motores*.

c. Células provistas de muchas prolongaciones celulípetas y un solo axón corto (células de GOLGI del cerebelo, etc.).

d. Células provistas de muchas prolongaciones protoplasmáticas y de un solo axón que da nacimiento á muchas fibras de substancia blanca.

### § 3. — ESTRUCTURA DE LA CÉLULA NERVIOSA

La célula nerviosa presenta á nuestra consideración una membrana de cubierta, el protoplasma y el núcleo.

A. **Membrana de cubierta.** — Existen dos clases de ella: la cubierta endotelial, que es una parte añadida y que no pertenece á la célula, y la membrana propia.

1.º *Membrana propia.* — La membrana propia (fundamental de algunos autores), ha sido puesta en duda durante largo tiempo. Gracias al progreso de la técnica histológica, hoy se admite por los anatómicos más competentes, que el cuerpo de la célula nerviosa *no se halla desnudo*, sino que está rodeado por una *zona límite* muy fina, que no se descubre más que con objetivos muy potentes.

2.º *Cubierta endotelial.* — Además de la membrana propia, que parece no faltar en ninguna célula nerviosa, ciertos elementos, como, por ejemplo, las células nerviosas de los ganglios raquídeos, presentan otra cubierta protectora formada por células endoteliales. Haremos el estudio de esta membrana cuando nos ocupemos de los elementos que la poseen.

B. **Protoplasma.** — El protoplasma es tanto más abundante cuanto mayor es el número de dendritas y más desarrolladas. En algunas células, como, por ejemplo, en las de las astas anteriores de la médula espinal, está muy desarrollado, en otras, como en los granos del cerebelo, se reduce á una delgada capa que envuelve al núcleo. Su consistencia es semilíquida (1), no presentando ningún detalle estructural, mientras la célula está viva é intacta.

Después de la fijación y coloración pueden distinguirse las siguientes partes: la red protoplasmática, los bloques ó granos cromáticos, el hialoplasma y las inclusiones. Además, LENHOSSEK ha señalado en algunas células la existencia de un gránulo que podría ser considerado como un centrosoma.

1.º *Red protoplasmática.* — La red protoplasmática (espongioplasma) se halla formada por trabéculas cortas, gruesas, á veces membraniformes, que limitan mallas poligonales y estrechas. A nivel de las prolongaciones protoplasmáticas, las trabéculas de la red se adelgazan, se aproximan, se hacen más ó menos paralelas y se alargan las mallas. Se trata, pues, de una red formada por gruesas trabéculas longitudinales unidas por filamentos transversales más delgados. A nivel del cono de DEITERS, la red pierde sus granos y sus trabéculas tienen una dirección convergente. El cono de DEITERS lo mismo que el cilindro-eje no poseen una estructura especial. La

(1) Según algunos autores, la reacción del protoplasma sería ácida; pero esta acidez no se produciría hasta después de la muerte. Durante la vida es alcalina, lo cual es la regla general para el protoplasma.

apariencia fibrilar del cono es una ilusión procedente de que los filamentos que unen las trabéculas longitudinales son muy delgados y por esta razón resultan invisibles (CAJAL).

2.º *Granos cromatófilos*. — Los granos cromatófilos, que se tiñen por los colores básicos de anilina, y más especialmente por el método de NISSL, no existen en todas las células nerviosas. Se encuentran, sin embargo, en

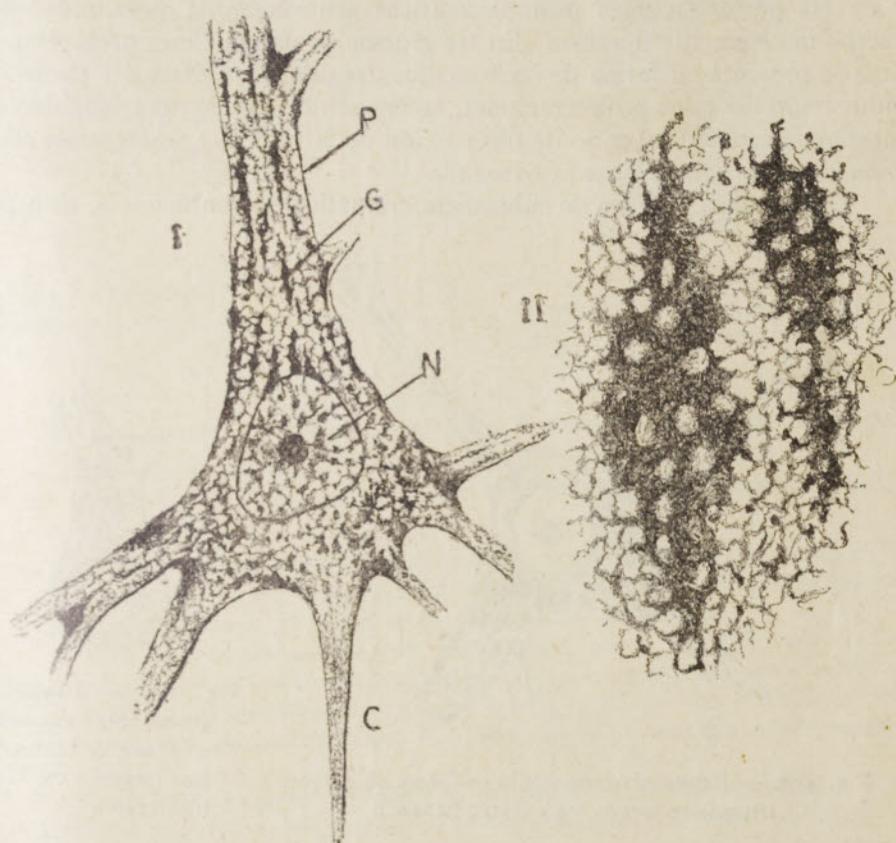


Fig. 117. — Estructura de la célula nerviosa (según CAJAL)

I. — Célula piramidal del cerebro. — C, cilindro-eje. — P, prolongación protoplasmática principal  
G, grano cromático. — N, núcleo

II. — Granos cromáticos y esongioplasma de una célula motriz

la mayor parte de ellas, y el grupo de las que no los contienen, se reduce á los elementos nerviosos de la retina, el cerebelo, etc., que antes eran designados con el nombre de granos.

La substancia cromatófila se halla situada en las trabéculas y en los nudos de la red protoplasmática. Se presenta bajo formas variadas, pero que parecen ser fijas para una misma variedad de células. Unas veces son *bloques irregulares* repartidos sin orden en el cuerpo de la célula (células de las astas anteriores de la médula); otras, son husos alargados, colocados en fila y comunicando al cuerpo celular un aspecto estriado

(células de PURKINJE del cerebelo). En las células fusiformes se encuentra, en los dos polos del núcleo, un bloque de substancia cromática que le cubre al modo de una cobertera (*cobertera nuclear* de NISSL). No es raro ver la substancia cromática presentarse en forma de una *delicada red* ó también como una *mezcla de red y grumos irregulares*. En algunas células afecta la forma de finas granulaciones irregularmente distribuidas (1).

La substancia cromatofila existe solamente en el cuerpo de la célula y en las prolongaciones protoplasmáticas gruesas en la proximidad del cuerpo del elemento nervioso. En las gruesas prolongaciones protoplasmáticas se presenta en forma de bastoncillos irregulares; á nivel del punto de bifurcación de estas prolongaciones, se encuentra un bloque triangular de substancia cromática (cono de bifurcación de NISSL). *La prolongación cilindro-axil no contiene substancia cromática.*

Los grandes bloques de substancia cromática no son macizos, sino que

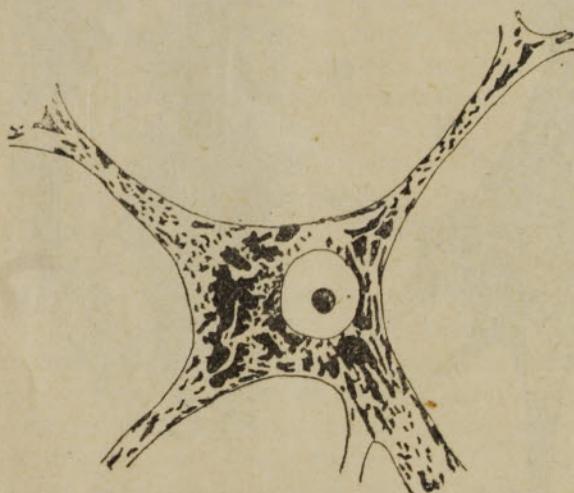


Fig. 118. — Substancia cromatofila en forma de bloques irregulares (según VAN GEHUCHTEN)



Fig. 119. — Substancia cromatofila dispuesta en forma de bastoncillos (según VAN GEHUCHTEN).

presentan vacuolas, alrededor de las que se encuentra la substancia cromatofila, la cual parece á su vez constituida por finas granulaciones unidas por una materia proteica incolorable.

3.º *Hialoplasma*. — El hialoplasma ó jugo celular rellena las mallas del espongioplasma. Es preciso señalar entre las materias que contiene, una substancia especial que durante la vida de la célula tiene la propiedad de fijar el azul de metilo. Esta substancia, que es líquida, se presenta después de la muerte del elemento, en forma de gotas, las cuales á nivel de las dendritas, distienden la cubierta y transforman las prolongaciones proto-

(1) ¿Cuál es la significación funcional de la substancia cromatofila? Existen numerosas hipótesis sobre este asunto, pero no hay más que una que descansa sobre un hecho preciso. La materia cromatofila aumenta durante el reposo de la célula y disminuye en el período de actividad. Parece, pues, representar una materia de reserva que usa la célula cuando funciona.

plasmáticas en cilindros varicosos. La sustancia líquida **cianófila** existe en cantidad variable en las diferentes partes del cuerpo celular. Las porciones que contienen más son aquellas donde hay menos granos cromatófilos (1).



Fig. 120. — Sustancia cromática en forma de bloques y red (según VAN GEHUCHTEN)

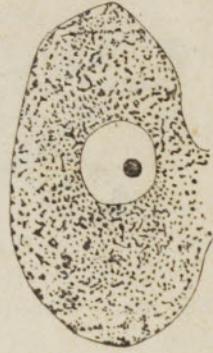


Fig. 121. — Sustancia cromática dispuesta en forma de granulaciones (según VAN GEHUCHTEN)

4.º *Inclusiones.* — Las principales inclusiones de la célula nerviosa, son las granulaciones fucsínófilas de ALTMANN y las pigmentarias.

a. *Granulaciones fucsínófilas.* — En realidad no son especiales de la

(1) La concepción del protoplasma de la célula nerviosa indicada en el texto es la aceptada por CAJAL. Sin embargo, no todos los histólogos se hallan de acuerdo respecto á este asunto. Las opiniones que tienen más aceptación son las siguientes:

a. *Teoría del protoplasma homogéneo:* para algunos autores, los diferentes detalles de la estructura del protoplasma, son producciones artificiales producidas por la acción de los reactivos. Para estos histólogos, el protoplasma de la célula nerviosa, es una materia homogénea sembrada de granulaciones. Esta teoría no cuenta más que un número muy restringido de partidarios.

b. *Teoría de la estructura fibrilar:* el protoplasma tiene una estructura fibrilar y las fibrillas se continúan en las prolongaciones del elemento. Los autores partidarios de esta teoría son numerosos y dan diferentes descripciones respecto á la manera de agruparse estas fibrillas. Como ejemplo, expondremos una de las hipótesis más generalmente admitidas.

El protoplasma celular adopta diferente disposición en las distintas partes de la célula.

a. El protoplasma central ó perinuclear, es granuloso. En esta porción central es donde se encuentra un acúmulo de granulaciones, amarillas, pardas ó negras. Estas granulaciones son más abundantes en el viejo que en el joven, se hallan más desarrolladas en las células del *locus niger* (pedúnculos cerebrales) y del *locus ceruleus* (suelo del cuarto ventrículo).

b. El protoplasma de la zona más excéntrica á ésta (zona intermedia), es estriado concéntricamente al núcleo y sus microsomas se hallan ordenados en forma de fibrillas muy finas.

c. Finalmente, el protoplasma de la zona periférica (la más extensa) es claramente fibrilar, y sus fibrillas se continúan con las prolongaciones de la célula, adquiriendo una finura extremada.

célula nerviosa, encontrándose en gran número de elementos celulares. Se trata de granulaciones redondeadas, muy finas, que se tiñen intensamente con la fucsina ácida. No se conoce con exactitud la significación de estas granulaciones.

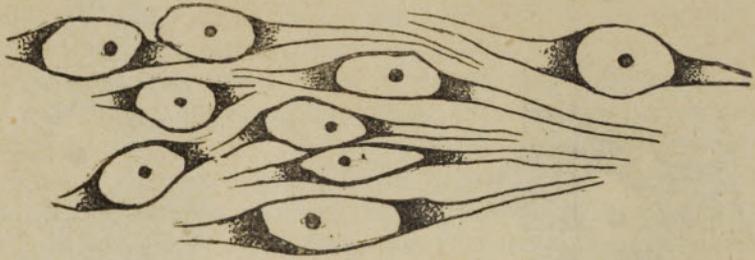


Fig. 122. — Coberteras nucleares de Nissl (según VAN GEHUCHTEN)

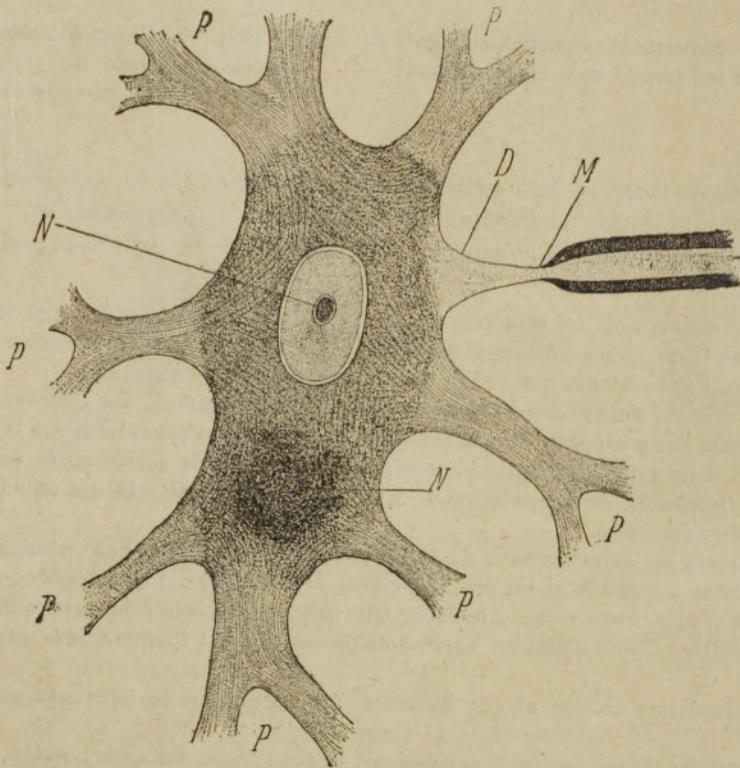


Fig. 123. — Concepto antiguo de la célula nerviosa. Teoría fibrilar

P, prolongaciones protoplasmáticas. — D, N, prolongación de DEITERS. — N, núcleo  
N (debajo del núcleo), acúmulo de pigmento

b. *Granulaciones pigmentarias.* — Gran número de células nerviosas presentan, en una ó dos regiones del cuerpo celular, un acúmulo de granulaciones pigmentarias que adoptan dos diferentes aspectos: unas son amarillentas ó pardo-verdosas y se coloran intensamente con el ácido ósmico; otras son negras y parecen gránulos de melanina.

Las granulaciones pigmentarias no aparecen hasta algunos años después del nacimiento, aumentando con la edad. Parecen representar productos de desasimilación de los que no se puede la célula desembarazar.

5.º *Centrosoma*. — A primera vista parece extraordinario señalar la existencia de un centrosoma en las células nerviosas, que son incapaces de reproducirse. Sin embargo, LENHOSSEK y después de él otros observadores han demostrado la existencia de un centrosoma (colorable por la hematoxilina ferruginosa de HEYDENHAIN), en las células de los ganglios raquídeos y en los elementos simpáticos de la rana. Hasta ahora no se han encontrado centrosomas en las células del eje cerebro-espinal.

C. *Núcleo*. — El núcleo es de ordinario único; sin embargo, algunas células poseen á menudo dos (células del gran simpático del conejo, del conejillo de Indias, del hombre, etc.). Habitualmente es esférico y voluminoso. Mide de 4 á 16  $\mu$  según las células.

El núcleo es semejante al de las células epiteliales, con pequeñas diferencias relativas á la distribución de la cromatina. Presenta membrana nuclear, red de linina y granulaciones de cromatina.

1.º *Membrana nuclear*. — Es homogénea y presenta un doble contorno perfectamente claro. Entre los colorantes empleados en histología solamente los ácidos de anilina la tiñen ligeramente. Las trabéculas del espongioplasma se insertan en su superficie externa; las de la red de linina se fijan en la interna.

2.º *Red de linina*. — La red de linina se halla formada por trabéculas finas más ó menos rectilíneas, pálidas, que circunscriben mallas irregulares. En las mallas de esta red se halla una substancia hialina sin estructura que es la *substancia acromática* del núcleo. Se ven además uno ó dos corpúsculos que tienen los caracteres de *nucléolos* verdaderos.

3.º *Nucleína ó cromatina*. — La cromatina se presenta en el interior de la red de linina bajo muchas formas, entre las que conviene señalar principalmente:

a. La forma en red, caracterizada por granulaciones cromáticas situadas unas al lado de otras en las trabéculas de la red de linina (células nerviosas de pequeño tamaño; granos del cerebelo, bipolares de la retina).

b. Forma en granos irregulares. Entre estos granos, unos son muy pequeños y diseminados en la red de linina, y otros, en número de dos ó tres, mucho más gruesos é irregulares se hallan situados en el centro del núcleo pero sin orientación determinada (células de los cordones, elementos piramidales pequeños).

c. La forma en un grano único, redondeado, muy voluminoso, situado en el centro ó en una porción vecina al centro del núcleo (células motrices de la médula).

## CAPITULO XV

### TEJIDO NERVIOSO

#### FIBRAS NERVIOSAS

Las fibras nerviosas se hallan constituídas por la prolongación cilindro-axil de las células. Esta prolongación puede presentarse completamente desnuda, desde su origen hasta su terminación, es decir, desprovista de toda clase de membrana de cubierta (fibras desnudas y de REMAK), ó puede recubrirse de una capa de mielina (fibras mielínicas). Hallamos, pues, en el sistema nervioso dos clases de fibras: las *mielínicas* y las *amielínicas*, pero es necesario indicar que una misma fibra puede transformarse en su trayecto en una ú otra de estas variedades; así, una fibra nacida de una célula del asta anterior de la médula, se encuentra desnuda en cierta extensión, más lejos se envuelve en una cubierta de mielina y más lejos todavía con una nueva envoltura, que es la membrana de SCHWAN; cerca de su terminación, esta fibra pierde sus cubiertas y vuelve á transformarse en fibra desnuda.

#### § I. — FIBRAS MIELÍNICAS

Existen dos variedades de fibras con mielina: las de los *nervios periféricos*, en las cuales la mielina se halla envuelta por la *membrana de SCHWAN*, y las de los *centros nerviosos*, en las que *no existe dicha membrana*.

#### Fibras mielínicas de los nervios periféricos

Las fibras mielínicas de los nervios periféricos se presentan en forma de fibras blancas que reflejan fuertemente la luz. Examinadas en vivo, ofrecen un doble contorno que limita á la fibra en sus partes externa y axial, de tal modo que una fibra parece un tubo de vidrio con su conducto y su pared indicada precisamente por el doble contorno; por razón de este aspecto es por lo que se conoce á la fibra mielínica con el nombre de *tubo nervioso*. En realidad no se trata de un tubo, pues la porción axial se halla rellena por el cilindro-eje.

El *volumen* de las fibras mielínicas varía según las especies animales, según la edad y según la clase de nervios. Las fibras del adulto son más

gruesas que las del recién nacido, las más largas son también más espesas; finalmente, en un mismo nervio existen fibras de varios calibres, cuyo espesor varía entre 1'5 á 25  $\mu$ . Antes se creía que las fibras motrices eran gruesas y las sensitivas delgadas, pero se ha demostrado que no existe ninguna relación entre el volumen de las fibras y su significación funcional.

**Constitución de la fibra mielínica.** — Debemos distinguir en la fibra con mielina, una *porción central*, de origen nervioso (axón), y otra *periférica* que envuelve á aquélla á modo de cubierta y constituye un elemento protector.

**A. Porción periférica.** — Como lo ha demostrado **RANVIER**, la cubierta protectora que rodea al cilindro-eje se halla constituida por una

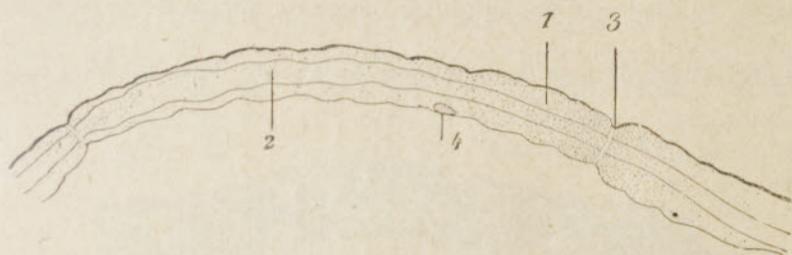


Fig. 124. — Fibra mielínica

1, espacio ocupado por la mielina. — 2, cilindro-eje. — 3, estrangulación de Ranvier. — 4, núcleo aplicado á la superficie interna de la membrana de Schwann

serie de segmentos colocados unos encima de otros y separados por estrangulaciones circulares, que se designan con el nombre de *estrangulaciones anulares ó de RANVIER*. Estudiaremos la estructura de la fibra nerviosa, á nivel de la porción media de los segmentos interanulares y á nivel de las estrangulaciones de RANVIER.

La estructura de los segmentos interanulares es bastante complicada. Se halla de fuera adentro:

- 1.º Una membrana de cubierta, la *membrana de SCHWAN*.
- 2.º Una *lámina de protoplasma* con un *núcleo*.
- 3.º Una substancia que presenta los caracteres ópticos y las reacciones químicas de la grasa, la *mielina*.

1.º **VAINA DE SCHWAN.** — La vaina de SCHWAN es una membrana muy delgada, hialina, transparente, que no se distingue bien más que en los tubos nerviosos alterados, ó usando procedimientos especiales de preparación. Aparece claramente en los nervios afectos de *degeneración walleriana*, ó en los tubos nerviosos frescos tratados primero con el *ácido nítrico* y después con la *potasa*. Con estos reactivos, la mielina escapa de los tubos en forma de gotas y el cilindro-eje se disuelve. Solamente queda la cubierta ligeramente teñida en amarillo. Esta *resistencia* á los ácidos y á los álcalis concentrados la distingue perfectamente de la substancia conjuntiva. Puede comparársela al sarcolema que envuelve los fascículos musculares estriados. La forma de esta membrana á nivel de la porción media del segmento interanular, es la de un cilindro hueco.

2.º LÁMINA DE PROTOPLASMA Y NÚCLEO. — Por dentro de la membrana de SCHWAN y á nivel de la porción media del segmento interanular, se halla una pequeña masa de protoplasma, en el centro de la cual se encuentra situado un núcleo oval, provisto de un nucléolo brillante. La lámina de protoplasma, al contrario de lo que se había pensado, no alcanza toda la extensión del segmento, sino que queda limitada á la vecindad del núcleo.

3.º MIELINA. — *Caracteres físicos.* — La mielina es una substancia que tiene consistencia de jalea, de color blanco á la luz reflejada, y transparente ó ligeramente amarillenta por transparencia. Esta substancia es la que comunica á los nervios periféricos y á los centros nerviosos un color blanco característico. Es extremadamente refringente y posee en alto grado la propiedad óptica de presentar un *doble contorno* cuando se la observa á la luz transmitida, lo mismo que cuando se ofrece en forma de expansiones filiformes.

Es muy alterable y se descompone fácilmente. Para estudiar las altera-



Fig. 125. — Red filamentosa de REZZONICO y GOLGI

ciones que sufre la mielina, es preciso disociar los tubos nerviosos y examinarlos en el agua. Con la influencia de este líquido, la mielina, lejos de coagularse como se creía desde los trabajos de HENLE y VALENTIN, se hincha y se liquida. Se ve aparecer, á nivel de las extremidades seccionadas de los tubos nerviosos, una especie de *champignon* que produce una hernia y que aumenta en tamaño cada vez más. « Este *champignon* parece formado por glóbulos de forma rara y por filamentos varicosos que se hinchan en algunos puntos y se estiran en otros, y cuyas formas son tan extrañas que resisten á toda clase de descripción ». Estos *glóbulos* y *filamentos* presentan doble contorno cuando se les examina por transparencia.

*Composición y reacciones químicas.* — La mielina es soluble en el alcohol hirviendo y en el éter. Se tiñe en negro de tinta china con el ácido ósmico. Su composición química es poco conocida. Es una materia grasa, fosforada, constituida por dos substancias: la *lecitina* y la *cerebrina*.

*Disposición de la mielina en el segmento interanular.* — La mielina no forma en el espacio que separa la membrana de SCHWAN del axón, una capa uniforme y continua. Se halla dividida en *segmentos* separados por hendiduras dirigidas oblicuamente desde la membrana de SCHWAN al axón y que, por consiguiente, dividen de ordinario toda la mielina. Estas hendiduras, conocidas con el nombre de *cisuras oblicuas* ó de *LANTERMANN*, son más ó menos anchas, más ó menos oblicuas y más ó menos largas. Unas veces se hallan libres en su interior, y otras se encuentran tabicadas por finas laminillas extendidas de un segmento de mielina al otro. REZZONICO

y GOLGI han señalado la presencia de un filamento espiral que partiría del axón, se arrollaría en hélice y se terminaría en la membrana de SCHWAN. Nada se sabe respecto á la significación y naturaleza de este filamento.

Los segmentos cilindro-cónicos «se recubren como las tejas de un



Fig. 126. — Cisuras oblicuas tabicadas por laminillas delgadas

tejado, terminándose por ángulos agudos, sea en la vaina de SCHWAN, sea en la superficie del axón. Su longitud es muy variable: algunas veces se cuentan cuatro ó cinco de casi iguales dimensiones dispuestos á continuación unos de otros, y de pronto esta serie se interrumpe por un segmento más largo ó más corto. Por sus extremidades, que siempre tienen la forma de



Fig. 127. — Segmentos cilindro-cónicos de mielina

conos alargados, unos macizos y otros huecos, se encajan recíprocamente. Generalmente los segmentos que terminan por un cono macizo se encajan en otro hueco, pero hay ocasiones en las que los segmentos terminan en sus dos extremidades por conos huecos ó macizos» (1).

*Estructura de la mielina.* — Los experimentos histoquímicos han hecho

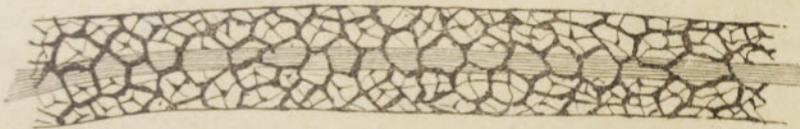


Fig. 128. — Red de EWALD y KUHNE

pensar á EWALD y KUHNE que la mielina posee una estructura bastante complicada: estos autores consideran á la mielina como formada por dos partes diferentes.

a. Por una substancia insoluble en el éter y que presenta los caracteres de la materia córnea de la epidermis, que se designa con el nombre de neurokeratina. Esta substancia forma una red en todo el espesor de la mielina.

(1) RANVIER, *Traité technique d'histologie*.

b. Por una substancia soluble en el éter y en el alcohol que llena las mallas de la red de neurokeratina.

Nada se sabe aún respecto á la significación de la red de EWALD y KÜHNE. Mientras algunos histólogos la consideran como un producto artificial, otros admiten la realidad de su existencia.



Fig. 129

Estructura del cilindro-eje

Az, axoplasma  
Fi, fibrillas

B. Cilindro eje. — El axón se presenta en forma de una *fibra cilíndrica* ó ligeramente aplanada que ocupa el centro del tubo nervioso y atraviesa los segmentos interanulares á manera de hilo que los engarzara. Se halla constituido por la prolongación cilindro-axil de una célula nerviosa. Su *diámetro* es extremadamente variable: á nivel de cada estrangulación de RANVIER se *adelgaza* notablemente y se hincha de nuevo después de haberle traspasado; sus bordes no son completamente paralelos sino *festoneados* presentando irregularidades que antes se habían considerado como productos artificiales. El examen de los nervios vivos en la membrana retrolingual de la rana ha demostrado que tal aspecto festoneado representa un estado normal.

*Estructura del axón.* — El cilindro-eje no es una fibra homogénea sino que ofrece una estructura determinada, hecho bien comprobado en la actualidad. Se halla constituido por un fascículo de fibrillas sumamente finas, sumergidas en una substancia hialina líquida ó semilíquida. Esta substancia (*axoplasma*) forma en la periferia del axón una cubierta delgada que, sin duda alguna, representa lo que se ha descrito con el nombre de *vaina de MAUTHNER* (1).

*Reacciones microquímicas del axón.* — Las principales *reacciones microquímicas* del axón son las siguientes: el *picocarminato* le tiñe en rosa.



Fig. 130. — Estrías de FROMMANN

El *nitrate de plata* colora el cilindro-eje en negro y determina una serie de estrías transversales alternativamente negras y claras, sensiblemente iguales en espesor y equidistantes. Estas estrías conocidas con el nombre de *estrías de FROMMANN*, no parecen tener ninguna relación con la estructura del filamento, no sospechándose aún su significación (2).

(1) Veremos más adelante que algunos histólogos designan con el nombre de vaina de MAUTHNER otras partes de la fibra nerviosa.

Para algunos autores el axón presenta una estructura reticulada. Se hallaría, según ellos, una red de trabéculas longitudinales unidas por otras finas transversales.

(2) Algunos histólogos que han profundizado mucho en el análisis de la fibra nerviosa, creen que cada una de las fibrillas del axón se presenta estirada transversalmente,

El ácido ósmico deja incoloro al cilindro-eje en los mamíferos, en los batracios y en las aves; le comunica una tinta negruzca más ó menos pronunciada en los plagiostomos.

El cloruro de oro le tiñe en violeta intenso.

C. **Constitución de las fibras nerviosas á nivel de las estrangulaciones de Ranvier.**— A este nivel, la fibra presenta un brusco estrechamiento, hasta tal punto que su diámetro queda reducido á la mitad. ¿Qué ocurre con la vaina de SCHWAN, la mielina y el axón?

1.º Antes se admitía que la membrana de SCHWAN de una fibra era discontinua y que la perteneciente á un segmento interanular se unía á la del inmediato por una substancia de cemento. En efecto, á nivel de la estrangulación existe un anillo que pertenece á la membrana de SCHWAN, el cual visto de frente se marca como una línea, pero examinado en tres cuartas partes de su extensión es un verdadero anillo. Este anillo fué considerado como constituido por un cemento análogo al que une las células endoteliales. Se fundaban los que esto creían en la siguiente reacción: si se impregnan con la plata los tubos nerviosos disociados, se ve que las estrangulaciones se señalan por pequeñas cruces latinas, cuyos brazos transversales tienen la forma de un trozo perpendicular al eje del tubo nervioso, y cuya rama longitudinal, paralela al mismo tubo, se desvanece conforme se aleja de la estrangulación. La rama transversal indica la línea de cemento; la longitudinal se produce por la reducción del nitrato de plata en el axón.

Recientes investigaciones han demostrado que es necesario interpretar de otro modo la figura producida por la impregnación argéntica y el mismo RANVIER ha llegado á dudar de la existencia de este cemento. En realidad, la membrana de SCHWAN es continua de un segmento interanular al otro. A nivel de la estrangulación no hay más que un simple estrechamiento anular del tubo continuo que forma dicha membrana.

2.º *Mielina.*— La mielina desaparece en la estrangulación anular. La envoltura mielínica se termina por una y otra parte de la estrangulación mediante una extremidad dilatada y abollada. La ausencia de mielina á nivel de la estrangulación permite darse cuenta de cierto número de reacciones que se producen en este sitio, cuando se tratan las fibras nerviosas con las materias colorantes. Así, por

de tal modo que se hallarían formadas por partes alternativamente claras y oscuras, comparables, pero de manera remota, á los discos de las fibrillas musculares. Una de estas substancias se tiñe en pardo por el nitrato de plata y la otra queda incolora. Tal sería la explicación de la formación de las estrías de FROMMAN. Esta hipótesis no se puede admitir desde que se ha demostrado que tales estrías pueden presentarse en cualquier filamento de substancia albuminoide.

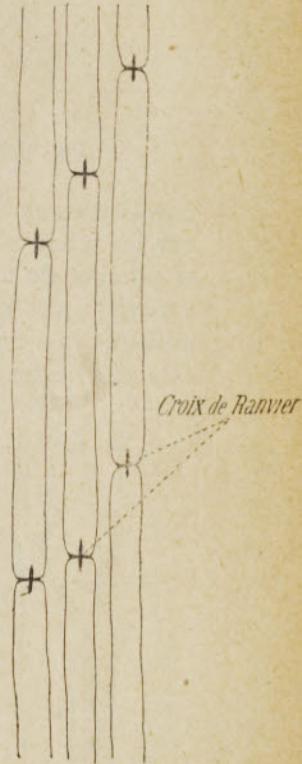


Fig. 131. — Cruces que se presentan á nivel de las estrangulaciones anulares después de la acción del nitrato de plata.

ejemplo, en las fibras tratadas por el ácido ósmico, las estrangulaciones aparecen como espacios claros transversales que segmentan de trecho en trecho la fibra teñida en negro. Hemos visto que el nitrato de plata teñía en negro al cilindro-eje á nivel de las estrangulaciones de RANVIER; de la



Fig. 132. — Disposición de la mielina á nivel de una estrangulación

misma manera el picrocarmín colora al axón en el mismo sitio. Si se colocan los tubos nerviosos en este reactivo, el colorante se fija desde luego en la porción de axón que sobresale de la extremidad seccionada del tubo y penetra más tarde tiñendo el cilindro-eje á nivel de las estrangulaciones, mientras que en el resto del tubo nervioso queda completamente incoloro.

«De este hecho se desprende que la mielina no se deja atravesar por el picrocarmín. Así, pues, si el cilindro-eje se tiñe en las estrangulaciones, es señal de que en ese sitio falta la mielina.»

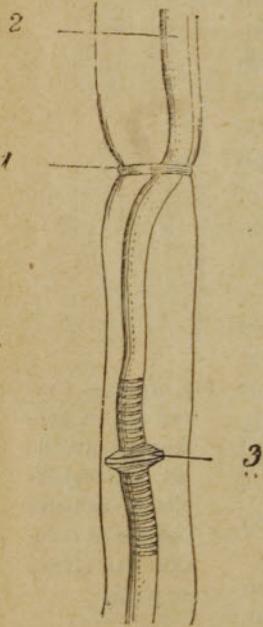


Fig. 133

3.º *Cilindro-eje.* — Como ya hemos indicado, el axón es la continuación de la célula nerviosa que le sirve de origen extendiéndose hasta la periferia. Atraviesa, pues, sin interrupción, las estrangulaciones de la fibra nerviosa estrechándose ligeramente en estos puntos.

La membrana de SCHWAN y el axón, no son los únicos elementos que constituyen la fibra nerviosa á nivel de cada estrangulación. En este punto existe un corpúsculo situado á modo de tabique perpendicular á la fibra nerviosa y que se halla atravesado en su centro por el cilindro-eje. Este corpúsculo es el que constituye la rama transversal de la cruz latina producida por la impregnación argéntica en las estrangulaciones. Nada hay todavía que sea concluyente respecto á la significación de tal corpúsculo; para unos se trataría de un ensanchamiento del cilindro-eje, y para otros de un corpúsculo especial (engrosamiento bicónico de RANVIER). Parece probable que se trate simplemente de una membrana continua, en

su periferia, con la vaina de SCHWAN, y atravesada en su centro por las fibrillas del axón.

*D. Hipótesis acerca de la constitución de la fibra nerviosa.— Comparación del segmento interanular con una célula adiposa.*— Se ha sostenido que la fibra nerviosa estaba constituida por una serie de células unidas por sus extremos y atravesadas por el cilindro-eje. Tal concepción es muy seductora. En efecto, en cada segmento interanular se halla:

- 1.º Una membrana de cubierta celular, la vaina de SCHWAN.
- 2.º Un núcleo rodeado por protoplasma. Según los autores que consideran al segmento interanular como análogo á una célula, el protoplasma

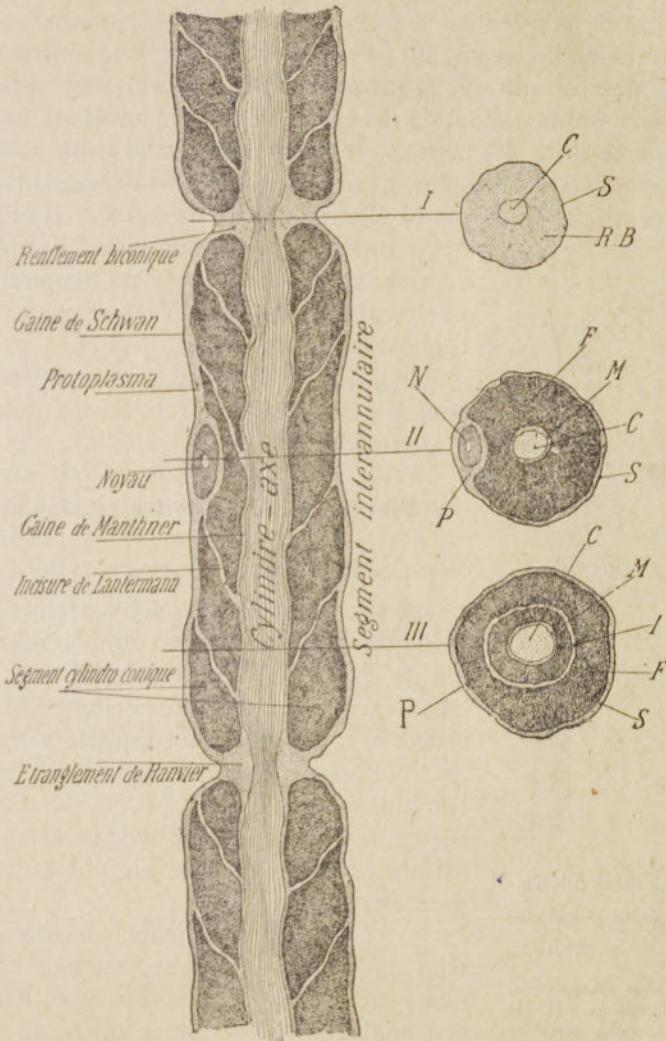


Fig. 134. — Figura para demostrar la antigua concepción de la estructura del tubo nervioso

I, corte de un tubo nervioso á nivel de una estrangulación. — II, corte á nivel del núcleo. — III, corte á nivel de una cisura de Lantermann  
 C, cilindro-eje. — S, membrana de Schwann. — P, lámina periférica de protoplasma. — M, cisura de Lantermann  
 M, lámina protoplasmática reflejada (vainas de Mauthner). — N, núcleo. — RB, engrosamiento bicónico

afectaría la siguiente disposición. La lámina protoplasmática que se halla por debajo de la membrana de SCHWAN, al llegar á la estrangulación de RANVIER, se reflejaría aplicándose al cilindro-eje y constituyendo la vaina de MAUTHNER. Del adosamiento del protoplasma de los dos segmentos interanulares vecinos, resultaría una masa que tendría la forma de dos conos

unidos por sus bases (*engrosamiento bicónico*). De la lámina de protoplasma periférico parten trabéculas que se insinúan en las cisuras oblicuas y van á unirse con la capa periaxil, es decir, con la vaina de MAUTHNER. Así, pues, el protoplasma limita unas mallas en las que se halla una substancia grasa elaborada por él, la mielina.

Este esquema del segmento interanular (fig. 133) no representa la realidad. Se ha demostrado que la membrana de SCHWAN es continua, que no se halla interrumpida á nivel de las estrangulaciones anulares, que no existe cemento en este sitio. La lámina protoplasmática no alcanza toda la extensión del segmento interanular, queda confinada á la vecindad del núcleo y por consecuencia no forma ni el ensanchamiento bicónico ni la vaina de MAUTHNER. Esta última se halla probablemente representada por la capa de axoplasma que envuelve al cilindro-eje. Finalmente, no existe protoplasma en las cisuras oblicuas, y por consiguiente, no hay tabique que se extienda desde la lámina periférica de protoplasma á la vaina de MAUTHNER.

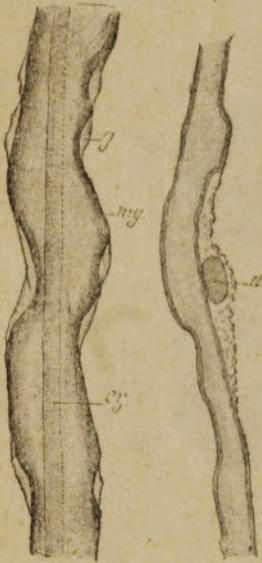


Fig. 135. — Fibras mielínicas de los centros nerviosos (según RANVIER).

Cy, cilindro-eje. — g, protoplasma. — mg, vaina de mielina. — M, núcleo rodeado de una masa de protoplasma.

#### Fibras mielínicas de los centros nerviosos

Las fibras mielínicas de los centros nerviosos tienen un diámetro extraordinariamente variable. Hállanse algunas que no miden más que unas 5  $\mu$  de diámetro y otras voluminosas que llegan hasta 15. Después de la acción de los reactivos, estas fibras adquieren un aspecto varicoso (1).

No poseen ni membrana de SCHWAN ni estrangulaciones anulares (2), ni, por consiguiente, segmentos interanulares. Por lo demás, tienen la misma constitución que las fibras descritas con anterioridad.

1.º En la superficie de la mielina se encuentran de trecho en trecho, núcleos rodeados de una pequeña masa de protoplasma. Estos núcleos son análogos á los que se observan por debajo de la membrana de SCHWAN en las fibras de los nervios periféricos;

2.º La vaina de mielina se presenta de la misma manera que en las fibras periféricas. Se halla dividida en segmentos cilindro-cónicos separados por cisuras oblicuas;

(1) Como veremos más adelante estas fibras no tienen membrana de SCHWAN. Como consecuencia, no hallándose la mielina sostenida por su parte externa toma un aspecto varicoso cuando se hace actuar un cuerpo susceptible de alterarla.

(2) Algunos autores (TOURNEUX, LEGOFF, SCHIEFFERDECKER) han podido conseguir en las impregnaciones argénticas en las fibras nerviosas de la médula que tomen el aspecto de anillos transversales análogos á los que se observan á nivel de las estrangulaciones, figurando además discos intermediarios parecidos á los ensanchamientos bicónicos.

3.º El axón descrito más atrás nada tiene de particular en estas fibras que merezca mención especial.

Tal es la descripción que hace RANVIER de las fibras mielínicas de los centros.

CAJAL y gran número de histólogos describen los tubos nerviosos centrales de un modo algo diferente:

a. La *membrana de Schwann* existe, pero no es perceptible más que con objetivos de gran potencia.

b. Existen también *estrangulaciones anulares* que están más próximas que en las fibras periféricas, hallándose á menudo el disco bicónico de RANVIER.

c. La *vaina de mielina* es homogénea y las cisuras de LANTERMANN parecen faltar en absoluto.

## § 2. — FIBRAS NERVIOSAS SIN MIELINA

Existen dos grandes variedades de fibras nerviosas amielínicas: los *cilindro-ejes desnudos* que constituyen la porción terminal, sea central ó periférica, de las fibras nerviosas, y las *fibras de Remak*.

I. *Cilindro-ejes desnudos*. — Estas fibras están formadas por axones sin la adición de ningún otro elemento. Presentan la constitución del cilindro-eje y se hacen notar por su aspecto varicoso moniliforme bastante especial. Volveremos á ocuparnos de estas fibras cuando estudiemos las terminaciones nerviosas y los centros nerviosos.

II. *Fibras de Remak*. — Las fibras de REMAK se hallan en *todos los nervios* al lado de las fibras mielínicas; pero abundan sobre todo en la *porción terminal* de los *nervios orgánicos*. El *pneumogástrico* y el *gran simpático* contienen gran número de ellas. Estos cordones nerviosos donde dominan tales fibras, tienen una *coloración grisácea*, un *aspecto gelatinoso*, que difiere en gran manera del color *blanco puro* de los nervios mielínicos (1).

Las fibras de REMAK representan la continuación de los cilindro-ejes de las células multipolares del gran simpático. Se exhiben en forma de fibras cilíndricas de 1 á 2  $\mu$  de diámetro, completamente lisas é independientes unas de otras. No presentan ni vaina de mielina ni estrangulaciones.

(1) Las fibras de Remak han sido confundidas durante mucho tiempo con los fascículos conjuntivos, de los que difieren por ciertas reacciones:

1.º *Resisten á la acción de los ácidos* y en particular al ácido nítrico que les endurece, mientras que este reactivo hincha á los fascículos conectivos y les da un aspecto gelatinoso. Desde hace mucho tiempo se emplea esta reacción en anatomía descriptiva, para diseccionar los filetes del gran simpático;

2.º La ebullición prolongada en el agua transforma á estas *fibras en turbias y opacas*, en lugar de disolverlas como ocurre con los haces colágenos.

3.º Tratadas por el *ácido ósmico* y sometidas á la acción del picrocarmín, adquieren una *coloración roja débil*, mientras que los fascículos conjuntivos no se tiñen en las mismas condiciones;

4.º Cuando los nervios han permanecido durante muchas semanas en el bicromato, presentan *varicosidades*, cosa que no se observa nunca en los haces colágenos.

Respecto á su estructura, se hallan compuestas por tres partes: el axón, los núcleos y una vaina.

1.º *Axón*.— El cilindro-eje aparece, según los métodos empleados, completamente homogéneo ó un poco estriado á lo largo y granuloso. Es probable que presente la estructura reticular ó fibrilar de los cilindro-ejes ordinarios, pero dada su extremada delgadez es imposible tener una noción exacta de este asunto.

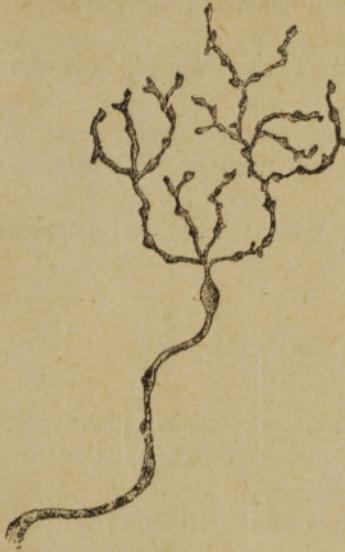


Fig. 136. — Fibra desnuda que forma una arborización en una placa motriz de los músculos estriados.

2.º *Núcleos*.— Los núcleos se hallan situados de trecho en trecho á los lados de la fibra. Son ovoideos ó elípticos y se hallan rodeados por una pequeña cantidad de protoplasma granuloso que parece extenderse en torno del cilindro-eje. Presentan una fina membrana nuclear, una red cromática apretada y dos ó tres nucléolos.

3.º *Vaina*.— La vaina rodea al cilindro-eje y á los núcleos del mismo modo que la membrana de SCHWAN envuelve las porciones similares de la fibra miélnica. Es muy delgada y parece representar una prolongación de la cápsula que envuelve la célula simpática, origen de la fibra.

La precedente descripción es la aceptada por CAJAL, LENHOSSEK, DOGIEL y otros histólogos. RANVIER hace una descripción un poco diferente.

« Las fibras de REMAK se presentan en forma de *filamentos acintados* que no se hallan situados simplemente unos al lado de otros, como los tubos miélnicos, sino que se dividen y anastomosan con las fibras vecinas,

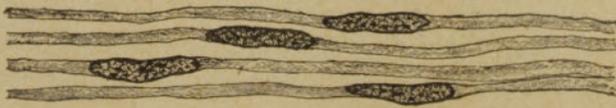


Fig. 137. — Fibras de Remak (según CAJAL)

de modo que constituyen, en el interior del nervio, un *vasto plexo* cuyas mallas se sitúan en todos los planos, pero siempre paralelas al eje del nervio.

» Las *trabéculas* que forman las fibras de REMAK presentan diámetros variables: unas veces son muy delgadas, y otras muy gruesas, llegando hasta alcanzar el volumen de un tubo miélnico mediano. Entre estas dos clases hállanse otras intermediarias.

» Aparecen claramente *estriadas* según su longitud, y ofrecen, escalonados á distancias variables, núcleos ovales constantemente aplicados á la superficie de las fibras. Cuando semejan hallarse situados en su espesor es

pórqúe se encuentran colocados en puntos donde las fibras de REMAK se unen ó se separan (RANVIER). Alrededor de estos núcleos se halla una *masa granulosa de protoplasma* que se extiende por la superficie de las fibras y penetra en su interior.

»Cuando se lleva más lejos el análisis, se ve que cada fibra de REMAK se halla formada por *fibrillas* tanto más numerosas cuanto más gruesa es la fibra. Si esta es *muy fina*, puede hallarse constituida por una sola fibrilla, y en este caso, el protoplasma que rodea al núcleo, le forma una vaina sencilla, una especie de cubierta completa; si es *más voluminosa* y contiene

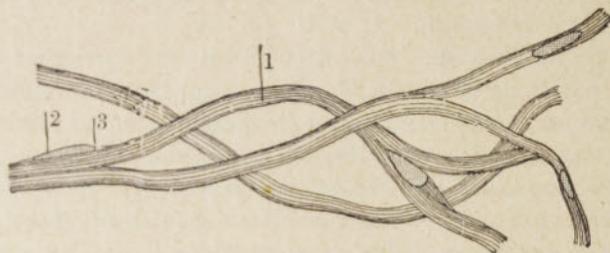


Fig. 138. —Fibras de Remak (según RANVIER)

1, cuerpo de la fibra. — 2, núcleo. — 3, protoplasma

muchas fibrillas, el protoplasma forma, no solamente una envoltura periférica, sino que se insinúa entre las fibrillas de modo que las separa y á la vez las une; de tal modo que, si se pudieran extraer las fibrillas, quedaría una especie de esqueleto protoplasmático con núcleos y surcado por una serie de conductos paralelos (RANVIER).

»La red de las fibras de REMAK se halla formada por el incesante paso de una porción de fibrillas de una fibra á otra vecina.

»En un *corte transversal* de un nervio teñido con el *picrocarmin*, la constitución fibrilar de las fibras de REMAK se presenta de la siguiente manera: cada fibra se exhibe en forma de un *islote rojo* más ó menos extenso, el cual parece á su vez constituido, cuando se examina con mayor aumento, por gran número de *círculos pequeños*, teñidos igualmente en rojo. Estos últimos corresponden á la sección transversal de las fibrillas que entran en la constitución de la fibra.»

### § 3. — TEORÍA DE LAS NEURONAS

En los párrafos que preceden hemos estudiado las células y las fibras nerviosas, como si estos elementos fueran independientes unos de otros. En realidad, la fibra nerviosa no es más que la prolongación cilindro-axil de una célula. Esta, con todas sus prolongaciones (dendritas y axón) constituye una especie de unidad nerviosa á la que WALDEYER ha dado el nombre de *neurona*. El sistema nervioso entero no es más que una superposición de neuronas independientes unas de otras, separadas y unidas á la vez por tejidos de sostén y de aislamiento. Cada neurona representa un aparatito que recibe excitaciones y que las transmite. Estudiaremos aquí el modo

como se conduce la excitación nerviosa en la *neurona* y la transmisión de esta excitación de *neurona á neurona*. Estudiaremos las diferentes variedades de neuronas (sensitivas, motrices, de asociación) cuando hagamos la descripción de los centros nerviosos.

1.º **Dirección de la corriente nerviosa en la neurona.**—Las dos variedades de prolongaciones nerviosas (cilindro-axil y protoplasmáticas) difieren también desde el punto de vista funcional. *Todas son conductoras del influjo nervioso, pero el cilindro-eje es un aparato de transmisión, mientras que las prolongaciones protoplasmáticas y el cuerpo celular representan un aparato de recepción.* La corriente es *celulípeta* en las *prolongaciones protoplasmáticas* y *celulífuga* en la *cilindro-axil*.

Desde el punto de vista de la dirección de las corrientes nerviosas en las diferentes partes de la célula, CAJAL ha adoptado la siguiente fórmula: «*Las prolongaciones protoplasmáticas y los cuerpos celulares tienen una conducción axípeta, recogen las corrientes dirigiéndolas hacia el cilindro-eje; el cilindro-eje, por el contrario, posee una conducción centrifuga ó somatófuga, es decir, recibe las corrientes que vienen de las dendritas ó del cuerpo celular y las conduce, sea á la periferia, sea á otra región del sistema nervioso.*»

Según la nueva fórmula de CAJAL, se ve que cuando el cilindro-eje nace de una prolongación protoplasmática, la corriente no ha de pasar necesariamente por el cuerpo celular, para ir al cilindro-eje, sino que puede muy bien pasar directamente de la prolongación protoplasmática al axón.

El cuerpo celular de una neurona es el verdadero centro de acción. Allí es donde llegan las impresiones nerviosas, sean conducidas por las prolongaciones protoplasmáticas ó sean recibidas directamente de las ramificaciones cilindro-axiles pertenecientes á otras neuronas. De allí también parten las impresiones nerviosas para recorrer la prolongación cilindro-axil, unas veces después de una excitación conducida á la célula por sus dendritas, y otras producidas por modificaciones especiales que ocurren en la misma célula (VAN GEHUCHTEN).

Esta teoría acerca de la conductibilidad de las diferentes partes de la neurona tiene sus inconvenientes. Tanto es así, que en las células bipolares de los ganglios raquídeos presentan dos prolongaciones semejantes que se transforman en cilindro-ejes de fibras nerviosas. Sabemos que una de las fibras se dirige hacia los cordones posteriores de la médula (fibra interna ó central), mientras que la otra lo hace hacia la periferia (fibra externa ó periférica). Cuando estudiemos la médula y los ganglios raquídeos, veremos que la fibra periférica recibe las excitaciones y las conduce al cuerpo celular, mientras que la fibra central las lleva desde el cuerpo celular á la médula. La fibra periférica posee, pues, conducción *celulípeta* como las prolongaciones protoplasmáticas, aunque difiera morfológicamente; únicamente la fibra central es la que ofrece conducción *celulífuga* como en las prolongaciones cilindro-axiles. Sería, pues, preciso considerar (como lo han hecho VAN GEHUCHTEN y CAJAL) á la prolongación periférica como análoga de las protoplasmáticas, mientras que la fibra central representaría el axón de la neurona. «La prolongación periférica de las células de los ganglios espinales debe ser considerada, si no morfológica, por lo menos funcionalmente, como una prolongación protoplasmática» (VAN GEHUCHTEN).

2.º Transmisión de la corriente de neurona á neurona.—Hemos visto que las diferentes prolongaciones de la célula nerviosa no se anastomosan entre sí ni con las de las células vecinas, que acaban por extremidades libres y que no existe, pues, continuidad entre las neuronas. Las diferentes células nerviosas se ponen en relación unas con otras por contactos ó articulaciones de sus prolongaciones. Para que la corriente sea bien transmitida, los contactos se establecen entre las prolongaciones protoplasmáticas ó el cuerpo celular de una neurona y las ramas terminales del cilindro-eje de otra. En otros términos, la corriente nerviosa pasa del cilindro-eje de una neurona á las prolongaciones protoplasmáticas ó cuerpo celular de otra.

CAJAL describe en el sistema nervioso cuatro distintos modos de contacto:

a. Contacto entre el cuerpo de una neurona y una ó varias arborizaciones nerviosas. Un ejemplo de este modo de articulación lo ofrece la arborización que forma el cilindro-eje de las células llamadas de los *cestos terminales*, alrededor del cuerpo de las células de PURKINJE en el cerebelo.

b. Contacto entre las prolongaciones protoplasmáticas de una neurona y el cilindro-eje largo de otra: este modo de articulación se presenta en las fibras trepadoras del cerebelo.

c. Contacto en cruz: ejemplo de este modo de articulación nos lo ofrecen las fibras paralelas con las espinas de las dendritas de las células de PURKINJE del cerebelo.

d. Contacto longitudinal: se halla un ejemplo de esta clase de contacto en ciertas neuronas de la retina. Las expansiones terminales de los espongioblastos y de las células ganglionares se extienden horizontalmente en ciertas capas donde se disponen de igual manera las arborizaciones nerviosas de las células bipolares.

La teoría de las neuronas y particularmente la de su independencia anatómica ha dado origen á cierto número de hipótesis relativas al funcionamiento de los elementos nerviosos de los centros. «Estas teorías son puras concepciones del espíritu, hipótesis en el sentido absoluto de la palabra, desprovistas aún de toda base científica seria» (VAN GEHUCHTEN). Entre estas hipótesis señalaremos solamente la de DUVAL. Para este autor, las ramificaciones terminales de los axones presentan movimientos amiboideos que las permiten retraerse, es decir, hacer menos íntimos ó suprimir completamente sus contactos con las prolongaciones protoplasmáticas ó con el cuerpo de las neuronas. Gracias á estos movimientos, tales ramificaciones pueden, retrayéndose, suspender la actividad cerebral ó en otro caso haciendo el contacto más íntimo aumentar la potencia de esta actividad: «Podemos pensar, dice DUVAL, que no solamente las conexiones de las células nerviosas en los centros, son de pura contigüidad, sino que además esta contigüidad puede ser cada momento más íntima. Así se concibe, pues, que la imaginación, la memoria, la asociación de ideas sean más activas bajo la influencia de diversos agentes (te, café), que tienen sin duda como acción excitar el amiboismo de las extremidades nerviosas en contacto, aproximar las ramificaciones y favorecer el paso de la corriente.» Basándose en estos hechos, DUVAL ha expuesto la que él llama la teoría histológica del sueño. «En el hombre que duerme, las ramificaciones cerebrales de la neurona sen-

sitiva central se hallan retraídas como lo están los pseudópodos de un leucocito anestesiado por la ausencia del oxígeno ó por el exceso de ácido carbónico. Las excitaciones débiles que obran sobre los nervios sensitivos provocan, en el hombre dormido, reacciones reflejas, pero que no pasan á las células de la corteza cerebral; las excitaciones más fuertes producen el alargamiento de las ramificaciones cerebrales de la neurona sensitiva, y como consecuencia, el paso de la corriente hasta las células de la corteza, produciéndose el despertar, cuyas sucesivas fases traducen bien los restablecimientos de una serie de contactos precedentemente interrumpidos por retracción y alejamiento de las ramificaciones pseudopódicas (1).»

(1) Estudiaremos las distintas variedades de neuronas al describir la estructura del sistema nervioso central.

---

## CAPITULO XVI

### TEJIDO NERVIOSO

#### Tejidos de sostén de los elementos nerviosos

Además de los elementos propios existe en el tejido nervioso un tejido de sostén que forma el esqueleto de los nervios y de los centros.

Estudiaremos sucesivamente el tejido conjuntivo que constituye la armazón de los nervios periféricos y la neuroglia que forma el esqueleto de los centros.

#### § I. — TEJIDO CONJUNTIVO DE LOS NERVIOS

En un corte transversal es donde puede observarse bien la disposición de los elementos de un cordón nervioso. En semejante corte, puede comprobarse que las fibras nerviosas se hallan agrupadas en *fascículos pequeños* situados unos al lado de otros; cada fascículo se halla rodeado por una *vaina* completa de aspecto laminoso. Entre estos fascículos, envueltos por sus vainas, se encuentra tejido *conjuntivo laxo* que los une entre sí. Finalmente, hállanse, en el interior mismo de los fascículos, *elementos conjuntivos* que separan los tubos nerviosos. Es necesario, pues, estudiar, como lo hace RANVIER, tres variedades de tejido conjuntivo en los nervios:

- 1.º Las vainas laminosas;
- 2.º El tejido conjuntivo intrafascicular;
- 3.º El tejido conjuntivo interfascicular.

**Vainas laminosas.** — Las vainas laminosas corresponden al perineuro de los antiguos anatómicos. Se hallan constituidas por un número más ó menos considerable de laminillas, extremadamente delgadas, situadas unas al lado de otras, como las hojas de unos cuantos pliegos de papel arrollados. Sin embargo, estas laminillas, como lo ha hecho notar RANVIER, no representan tubos simplemente enchufados unos en otros, sino que presentan flexuosidades, anastomosándose de manera que constituyen un sistema continuo. Se les ha comparado, con justicia, á las láminas de un pastel de hojaldre, en el que unas láminas se fundan con las vecinas en los diversos planos superficiales y profundos. Cada una de estas láminas se halla atravesada por agujeros redondeados ú ovals, que hacen comunicar la cara



profunda con la superficial y que le dan un aspecto de membrana fenestrada.

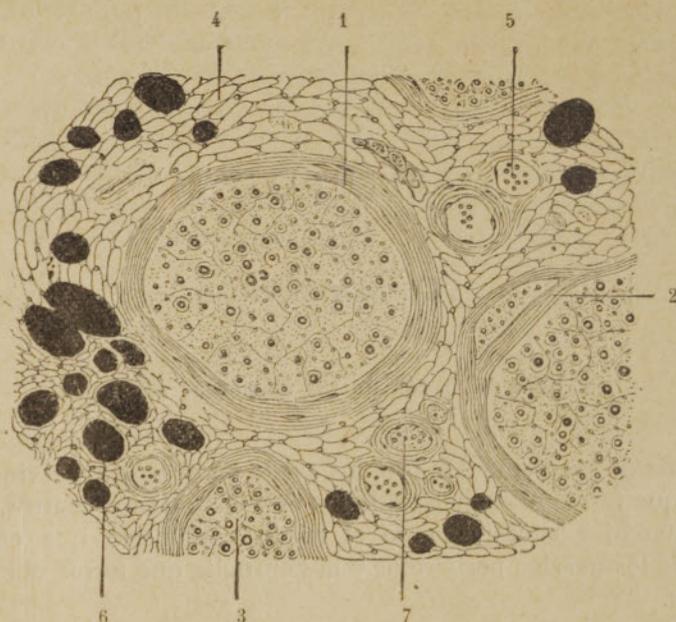


Fig. 139. — Tejido conjuntivo de los nervios (según RANVIER)

1, vaina laminosa.—2, prolongación intrafascicular de una vaina laminosa.—3, tejido conjuntivo intrafascicular y tubos nerviosos.—4, tejido conjuntivo interfascicular.—5, vasos.—6, células adiposas

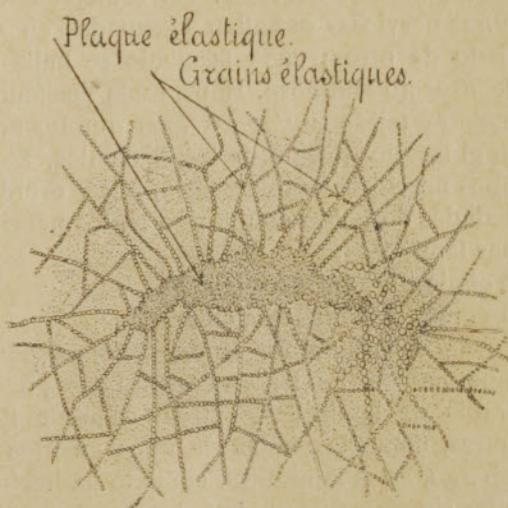


Fig. 140. — Lámina elástica de la vaina laminosa

La *estructura íntima* de estas laminillas es bastante complicada; cada una se halla constituida por un enrejado de *fascículos conjuntivos* aplanados, y tanto más apretados cuanto más interna es la laminilla. Encuéntrase aso-

ciada con estos fascículos, una *substancia unitiva*, análoga á la del mesenterio, y *elementos elásticos* en forma de granos, placas ó fibras.

Además, cada una de sus caras se halla revestida por una *capa endotelial* no interrumpida, que se continúa, por uno y otro lado de la laminilla, á nivel de los agujeros que la perforan. La vaina laminosa se divide al mismo tiempo que el fascículo nervioso siguiendo todas sus ramificaciones. El número de laminillas varía con el grosor de los fascículos: en los fascículos más pequeños, reducidos á menudo á un sólo tubo, se halla una lámina revestida por el endotelio. Esta vaina laminosa, reducida á su más simple expresión, constituye la *vaina de Henle*. Se presenta con el aspecto de un tubo membranoso, revestido en su cara interna por una capa endotelial, que se divide y subdivide con el nervio, de manera que suministra á cada una de sus ramificaciones una envoltura distinta. En su trayecto, la vaina de HENLE no se halla exactamente aplicada al tubo nervioso, sino que deja, entre aquélla y éste, un espacio ocupado por el plasma linfático destinado á la nutrición del cilindro-eje (1).

**Tejido conjuntivo intrafascicular.** — En el interior del fascículo nervioso se hallan dos clases de tejido conjuntivo:

a. *Prolongaciones* que envía la vaina laminosa entre los tubos nerviosos. Estas prolongaciones tienen la misma estructura que la vaina, y conducen los *vasos*;

b. *Tejido conjuntivo laxo* muy fino, formado exclusivamente por *fascículos* y *células conjuntivas*.

Los fascículos son muy delgados y tienen una dirección general paralela á los tubos nerviosos; las células son análogas á las del tejido conjuntivo tipo. Se amoldan en torno de los tubos nerviosos é incurvan á modo de tejas. No se hallan ni *vesículas adiposas*, ni *fibras elásticas* entre los tubos nerviosos. En cambio, se pueden observar multitud de células linfáticas.

**Tejido conjuntivo interfascicular.** — El tejido conjuntivo interfascicular se le designa aún con el nombre de tejido conjuntivo *perifascicular* ó *neurilema*. Su disposición es muy sencilla. En la periferia del nervio, forma una cubierta completa que limita al nervio y le protege; de esta envoltura parten tabiques que separan los fascículos nerviosos. Este tejido se halla constituido como el conjuntivo laxo, por *fascículos colágenos*, *células planas* y *fibras elásticas*. Los fascículos tienen una dirección general paralela al eje del nervio; no es raro hallar algunas vesículas adiposas.

(1) Con el nombre de tejido hialino intravaginal de los nervios, el profesor RENAUT describe en los solípedos un tejido especial que separa la vaina laminosa del fascículo nervioso. Este tejido se halla formado por fibrillas y células hialinas.



Fig. 141. — Red capilar de un nervio pequeño

**Vasos.** — Los nervios más finos, reducidos á uno ó dos tubos y rodeados de la vaina de HENLE, no poseen vasos.

En los nervios de cierto volumen, las arterias, después de haberse ramificado en el tejido conjuntivo interfascicular, atraviesan las vainas lamínicas y penetran en los fascículos nerviosos. Allí dan origen á una red capilar cuyas mallas, muy alargadas en sentido paralelo al eje del nervio, se hallan en contacto directo con los tubos nerviosos. Las ramas longitudinales de la red son casi paralelas entre sí y los fascículos nerviosos: las ramas transversales son perpendiculares ó más ó menos oblicuas.

**Linfáticos.** — Los vasos linfáticos no existen en estado de conductos distintos más que en el *tejido conjuntivo interfascicular*. No existen vasos linfáticos en el *espesor de los fascículos nerviosos*, ni en la *vaina* que los rodea (RANVIER). La circulación de la linfa en el interior del fascículo, se halla asegurada por la disposición del tejido conjuntivo intrafascicular cuyas mallas representan *cavidades linfáticas* que comunican con los *vasos del tejido interfascicular* á través de los agujeros de las vainas lamínicas.

## § 2. — NEUROGLIA

La neuroglia constituye el esqueleto de los centros nerviosos: se halla formada por células llamadas *en araña* ó corpúsculos de DEITERS y por fibras que parecen ser las prolongaciones de estas células.

**I. Caracteres morfológicos de las células de neuroglia.** — Existen tres grandes variedades de células neuróglicas: las células de la substancia blanca ó de prolongaciones largas, las de la substancia gris ó de prolongaciones cortas y las neuróglicas epiteliales ó células endimales (CAJAL).

**1.º Células con prolongaciones largas.** — Estas células presentan un cuerpo de cortas dimensiones (5 á 10  $\mu$ ), cuya superficie se halla erizada por crestas y prolongaciones cónicas que se insinúan entre las fibras de la substancia blanca. De tales crestas y prolongaciones parten un considerable número de fibras (20 á 40 y aun más) de las que se pueden distinguir tres variedades:

*a.* La primera se halla representada por fibras divergentes, extraordinariamente finas y que terminan libremente en la vecindad de la célula.

*b.* La segunda se halla constituida por fibras que marchan en todas direcciones, lisas no ramificadas y tan largas que es imposible seguirlas en todo su trayecto. Cuando estas fibras llegan á la vecindad de un vaso, se aplican á su superficie y caminan paralelamente á su dirección, formando con otras fibras semejantes una capa neuróglica perivascular destinada á amortiguar el choque de la onda sanguínea. ¿Cómo terminan estas fibras largas? Mientras que algunos autores piensan que estas fibras no tienen ni cominezo ni fin y que las que brotan de una célula se continúan con las de otra, otros, y entre ellos CAJAL, sostienen que terminan por una extremidad libre, á menudo á distancias muy grandes de la célula de origen.

*c.* La tercera variedad de fibras se halla representada por los pedículos vasculares de GOLGI. Estos apéndices están constituidos por una prolongación gruesa que marcha directamente hacia un capilar sobre el cual se

fija por medio de una especie de pie cónico. Los pedículos vasculares de GOLGI no existen en todas las células.

2.º *Células con prolongaciones cortas ó de la substancia gris.* — Estas células difieren de las de la substancia blanca por los siguientes caracteres:

*a.* Las prolongaciones son mucho más numerosas, hasta tal punto, que es imposible contarlas;

*b.* Son ramificadas y cortas, terminándose todas á la misma distancia de la célula;

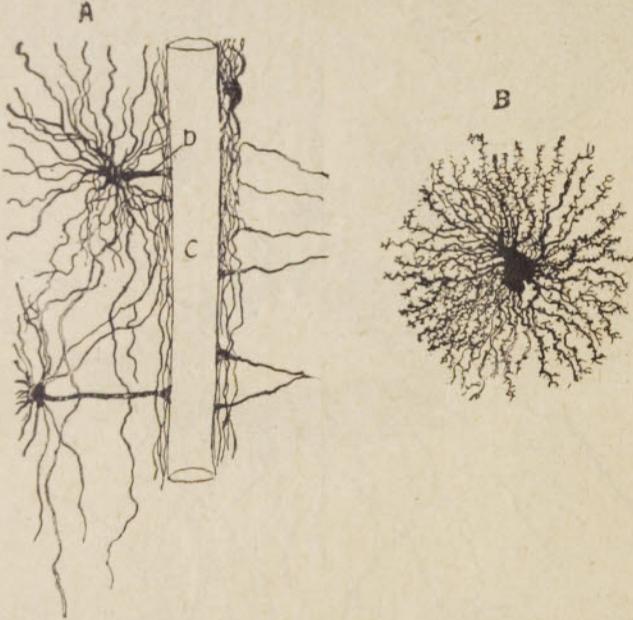


Fig. 142. — Células de neuroglia (según CAJAL)

A, células con prolongaciones largas. — B, célula con prolongaciones cortas. — C, capilar sanguíneo con la capa neuróglia perivascular. — D, pedículo vascular de Golgi

*c.* Se hallan erizadas de crestas irregulares, de espinas varicosas y más ó menos ramificadas.

3.º *Células ependimales.* — Las células ependimales tapizan las cavidades del sistema nervioso central (conducto central de la médula y ventrículos cerebrales); antes se las describía como formadas por elementos cilíndricos dispuestos en forma de epitelio simple y con una altura de cerca de 20  $\mu$ . Su núcleo es alargado y provisto de dos ó tres nucléolos; su *protoplasma* parece constituido por un pincel de fibrillas sumergido en una substancia amorfa. La extremidad libre de la célula presenta una *chapa* en la cual se fijan unas *pestañas delgadas y rígidas*; la *extremidad profunda* es afilada.

Las investigaciones recientes hechas con el método de GOLGI han permitido perfeccionar el estudio de estas células. En el embrión se presentan con los siguientes caracteres:

El cuerpo celular situado en la vecindad del conducto (1) emite dos prolongaciones. La *prolongación central*, corta y gruesa, llega á la superficie del conducto y se termina en una pestaña delgada y flotante; la *prolongación periférica* se dirige hacia la periferia de la médula, á la que atraviesa en todo su espesor. En los embriones de poco tiempo esta prolongación es simple y lisa; en los embriones mayores presenta ramas colaterales finas

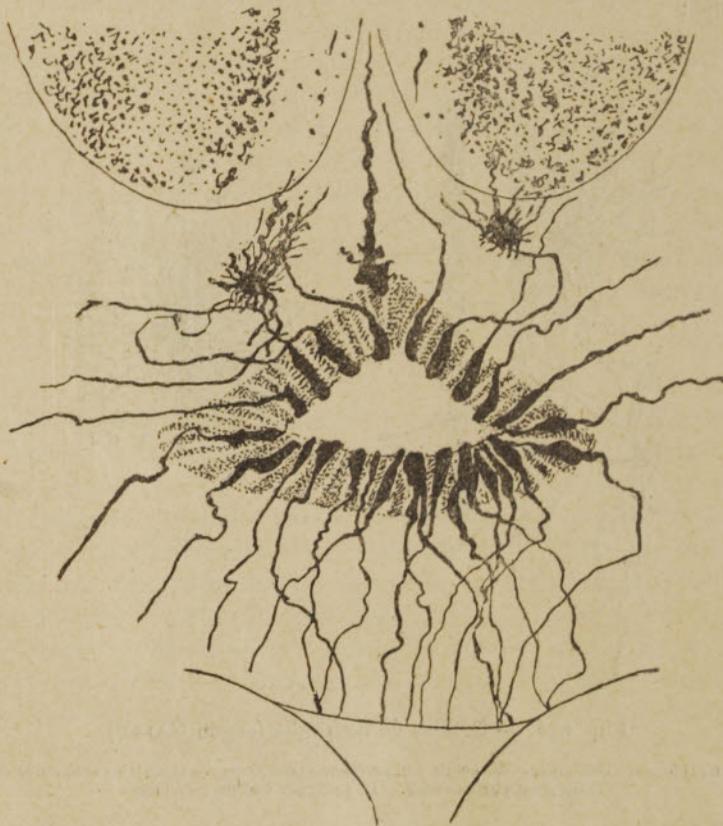


Fig. 143. — Células endocelulares preparadas por el método de Golgi. Médula de un niño nacido á los siete meses (según VAN GEHUCHTEN)

y cortas que le dan un aspecto espinoso. Llegada esta prolongación á la vecindad de la superficie medular, se divide en dos, tres ó muchas ramas, las cuales divergiendo, se terminan por debajo de la piamadre, mediante un engrosamiento cónico. Esta disposición embrionaria persiste durante toda la vida en los vertebrados inferiores; pero se cambia en la médula de los vertebrados superiores, desapareciendo la prolongación periférica de las células endocelulares. Al octavo mes de la vida intrauterina, la prolongación de las células endocelulares del hombre se halla casi completamente atrofiada.

(1) Tomamos como tipo para la descripción las células que revisten el conducto medular central.

## II. Estructura de las células de neuroglia. — Con un examen super-

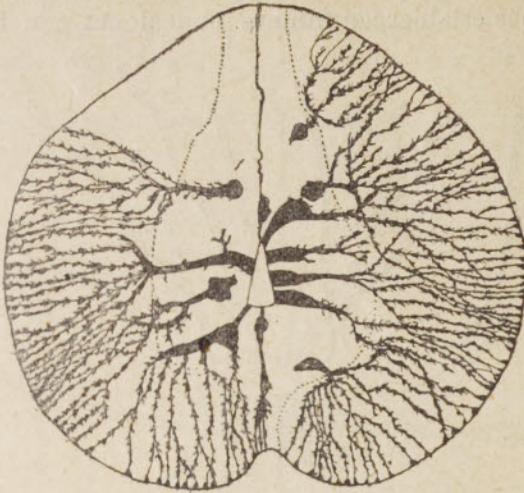


Fig. 144. — Células endociliares de la médula de una salamandra preparada por el método de Golgi (según VAN GEHUCHTEN)

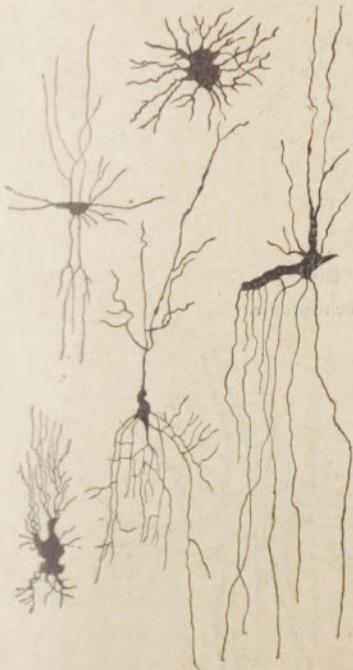


Fig. 145. — Células de neuroglia teñidas por el método de Golgi (según VAN GEHUCHTEN).

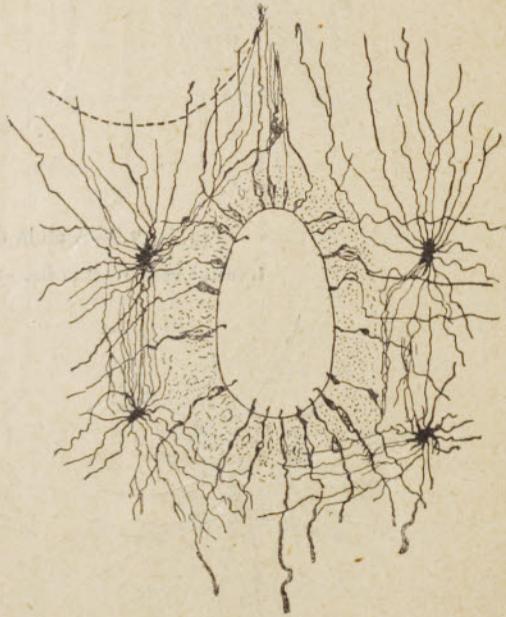


Fig. 146. — Células endociliares y neuróglas, impregnadas por el método de Golgi. Médula de un embrión humano (según LENHOSSEK).

ficial podría creerse que las fibras emanadas de las células de neuroglia representan verdaderas prolongaciones celulares (1).

(1) Lo que sigue, sólo es aplicable á la neuroglia de la sustancia blanca.

Esta interpretación no es exacta, pues hoy se ha demostrado que la neuroglia se halla formada por células y fibras distintas unas de otras, á pesar de que estas últimas establezcan íntimas conexiones con las células. RAN-

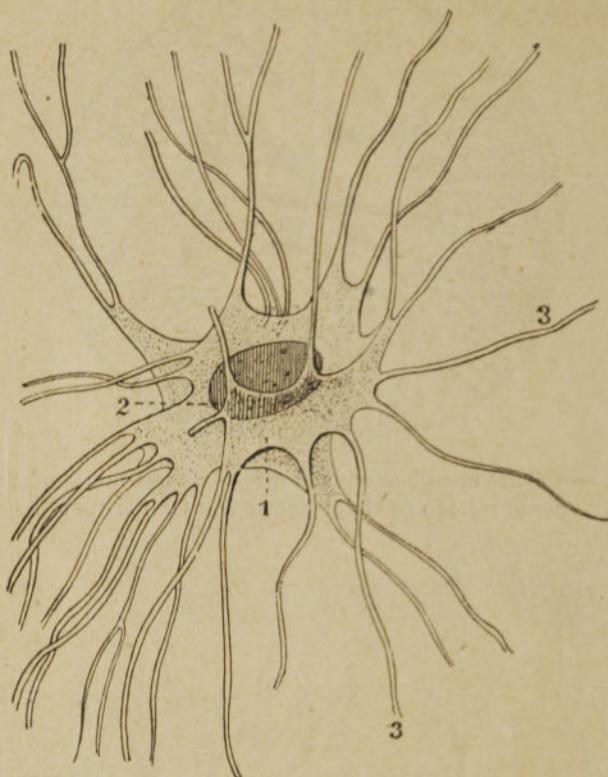


Fig. 147. — Célula de neuroglia

1, cuerpo celular. — 2, núcleo. — 3, fibras de neuroglia

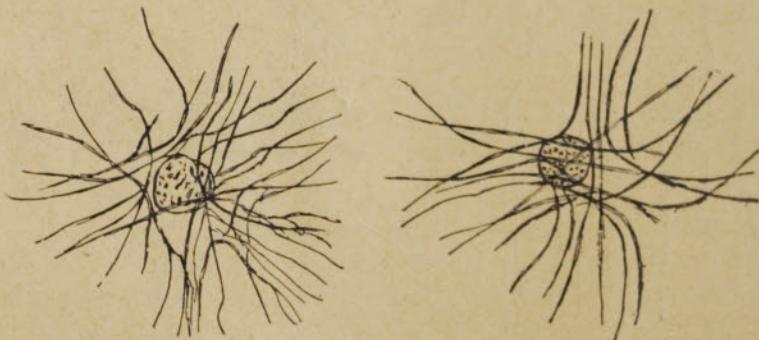


Fig. 148. — Células de neuroglia teñidas (según WEIGERT)

(No se hallan teñidos más que las fibras y el núcleo)

VIER ha sido el primero que ha señalado estas conexiones; más tarde WEIGERT, gracias á un método especial de coloración, ha demostrado la exactitud de las descripciones dadas por RANVIER.

Las células de neuroglia se presentan en forma de *láminas protoplasmáticas* más ó menos modificadas á consecuencia de la presión que sobre ellas ejercen los elementos de la médula. Ofrecen un *núcleo* (1) situado de ordinario en el centro del cuerpo celular, y exhiben en su superficie *crestas de impresión*.

El cuerpo de estas células se tiñe débilmente con las materias colorantes y presenta una translucidez comparable á la de las células keratinizadas de la epidermis.

Las prolongaciones que parecen desprenderse del cuerpo celular, se



Fig. 149. — Célula y fibras de neuroglia, según un dibujo de RANVIER publicado hace algunos años

(Compárese esta figura con la anterior)

ofrecen en forma de filamentos ligeramente ondulados, poseyendo todos el mismo diámetro aproximadamente y una gran longitud.

Las relaciones de las fibras con el protoplasma de las células de DEITERS, son más distintas de lo que un examen superficial podría hacer suponer.

No representan prolongaciones celulares; atraviesan simplemente el cuerpo celular en todas direcciones sin confundirse con él. A su salida del protoplasma, se hallan á veces unidas por láminas protoplasmáticas que se unen entre sí, á la manera como la membrana interdigital une los dedos de la rana. Estas fibras no se unen nunca; cuando parecen hacerlo, se trata de dos ó tres fibras, rodeadas de una vaina protoplasmática común, de la cual se desprenden pronto y se separan.

Las fibras de neuroglia parecen representar una formación especial de la célula, que puede ser comparada á la formación de las fibrillas en las fibras musculares.

(1) El núcleo de las células de neuroglia presenta una estructura algo especial que le hace reconocible en los cortes, en medio de los núcleos de las células nerviosas. Presenta una membrana nuclear muy delgada y difícil de percibir. La cromatina se presenta en forma de granulaciones muy voluminosas, unidas por un filamento de linina y formando una red situada en la periferia del núcleo aplicada contra la cara interna de la membrana nuclear.