

3.º Células triangulares ó fusiformes, cuyo axón desciende hacia la capa de las células piramidales y llega hasta la de las polimorfos. Este axón da rápidamente una arborización que envuelve el cuerpo de las células piramidales.

4.º Células fusiformes ó estrelladas, cuyo axón sube hacia los pisos superiores de la capa molecular y en ella se pierde.

Además de las células nerviosas, hállase en el piso superior de la zona

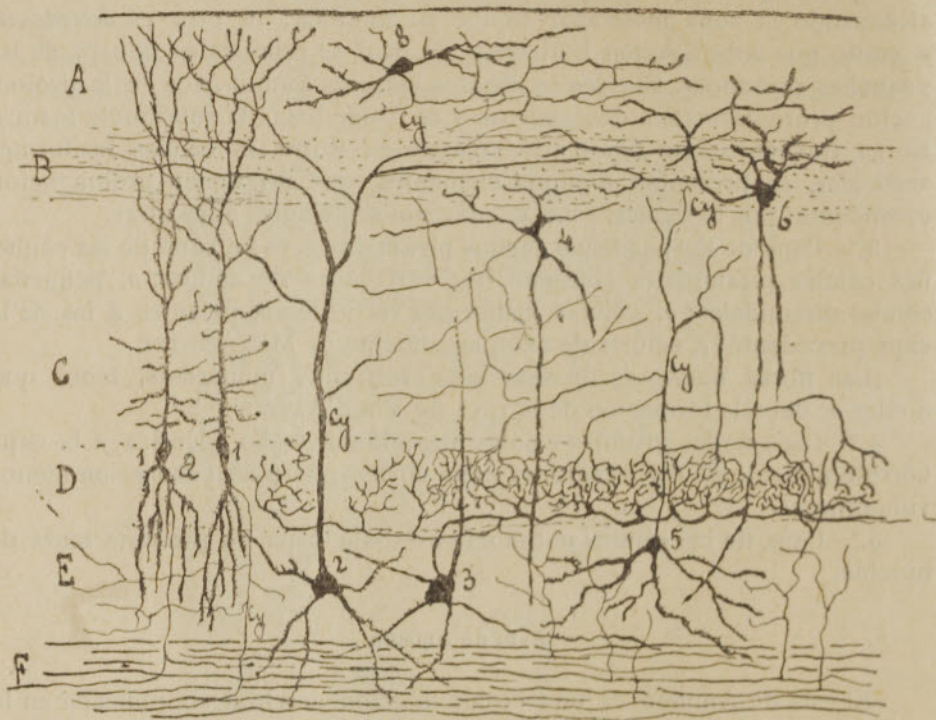


Fig. 344. — Asta de AMMÓN de un conejo de ocho días (según CAJAL)

A, *stratum moleculare*. — 8, célula con axón corto del *stratum radiatum*. Axón de esta célula (Cy).

B, *stratum lacunosum*. — 6, célula del *stratum lacunosum* con su axón (Cy).

C, *stratum radiatum*. — 4, célula con axón corto.

D, capa de las células piramidales. — 1, 1, células piramidales.

E, capa de las células polimorfos. — 2, célula con axón ascendente. — 3, célula con axón horizontal que se ramifica en la capa de las células piramidales. — 5, célula con axón arciforme que se ramifica en la capa de las células piramidales.

molecular un plexo muy rico en fibras nerviosas, así como también se encuentran tallos protoplasmáticos de las células piramidales.

b. *Piso medio (stratum lacunosum, capa lacunaria)*.—Este piso contiene células y fibras nerviosas.

Las *células nerviosas* son triangulares y forman en la parte inferior de esta capa una ó dos hileras irregulares. Las *prolongaciones protoplasmáticas* son ascendentes y descendentes; el *axón* marcha horizontalmente y termina por una arborización libre en este piso ó en el inferior.

Las *fibras nerviosas* son en su mayor parte miélnicas. Forman fascículos horizontales.

c. *Piso superior (stratum moleculare)*. — Las *células nerviosas* de este piso son pequeñas, fusiformes, triangulares ó estrelladas. Los *axones* forman rápidamente una arborización terminal, cuyas ramas varicosas y delgadas se agotan en el *stratum moleculare*. No se hallan más que muy escasas células fusiformes semejantes á las de la capa molecular de la corteza del cerebro.

Las *fibras nerviosas* son muy numerosas. Comprenden: las ramificaciones terminales de los axones ascendentes de las células de los dos pisos subyacentes; las arborizaciones terminales de las fibras nerviosas procedentes de la substancia blanca; las colaterales de estas fibras y los axones de las células de este piso ó de los subyacentes.

2.º Capa de las células piramidales. — Las células de esta capa son muy voluminosas. En el conejo y conejillo de Indias estas células no son piramidales, sino ovoideas ó fusiformes, alineadas en tres ó más series superpuestas, de las cuales la más profunda contiene las células mayores.

Del polo inferior de la célula salen *ramas radiculares* ó prolongaciones protoplasmáticas descendentes; del polo superior se eleva la *prolongación protoplasmática principal* en forma de un tallo que, después de haber emitido algunas ramas colaterales, pasando á través de la capa radiada, se resuelve á nivel de la capa lacunaria, en un penacho de ramas varicosas erizadas de espinas. Las últimas ramúsculas protoplasmáticas alcanzan el piso superficial de la capa molecular, donde terminan libremente.

El *axón* atraviesa la capa de elementos polimorfos para unirse á la substancia blanca. Llegado á este nivel se inflexiona y se continúa con una fibra miélnica. A veces se bifurca en Y y da nacimiento á dos fibras, una gruesa y otra delgada, que marchan en sentido opuesto en la substancia blanca.

3.º Capa de las células polimorfas. — Esta capa debe ser subdividida en porción superficial ó externa y porción profunda ó interna.

a. La *porción profunda* contiene células fusiformes, cuya dirección es paralela á las fibras de la substancia blanca y cuyas *prolongaciones protoplasmáticas* se ramifican entre estas fibras. El *axón* se dirige oblicuamente hacia arriba y se ramifica rápidamente como el de las células de axón corto.

b. La *porción superficial* ó externa contiene tres clases de células: *células con axón ascendente*, *células con axón descendente* y *células con axón horizontal*.

1.º *Células con axón ascendente*. — Se presentan según dos tipos diferentes.

Primer tipo. — Son células fusiformes ó triangulares, habitualmente situadas á nivel de la porción superficial de esta capa. Las *prolongaciones protoplasmáticas* de estas células son unas ascendentes y otras descendentes. El *axón* sube hasta la capa radiada en la que abandona algunas ramúsculas, pero el tallo terminal de este axón, lo mismo que las colaterales que emite durante su trayecto á través de la capa radiada, se incurvan en arco de concavidad inferior y descienden hasta la capa de las células piramidales; allí se resuelven en arborizaciones muy ricas, cuyas ramas varicosas enlazan el cuerpo de las células piramidales. El conjunto de estas arbo-

rizaciones forma en la capa de las células piramidales un plexo en extremo importante.

Segundo tipo. — El segundo tipo de células con axón ascendente está representado por elementos cuyo axón asciende directamente hacia la capa molecular y allí se ramifica sin emitir ramas descendentes.

2.º *Células con axón descendente.* — Son fusiformes ó triangulares y representan células piramidales aberrantes. El axón se dirige á la sustancia blanca.

3.º *Células con axón horizontal.* — Estas células, voluminosas, de forma estrellada, existen en todo el espesor de la capa de células polimorfas, pero son más abundantes en la porción de esta capa que se halla en contacto con la de las células piramidales. Son células del tipo de las de GOLGI, de axón corto. Presentan las siguientes particularidades: el axón horizontal se divide en muchas ramas gruesas y varicosas que marchan en direcciones diversas, pero siempre costeano la capa de las células piramidales. En este trayecto emiten colaterales ascendentes que penetran en la capa de las células piramidales y forman en torno de estas células un plexo de mallas apretadas, cuyas fibras se mezclan con las suministradas por las células de axón ascendente del primer tipo.

Alveus. — El *alveus* es una delgada capa de sustancia blanca que separa la sustancia gris del asta de AMMÓN de la membrana del epéndimo. Está formada por fibras nerviosas mielínicas, unas finas y otras gruesas, que proceden en su mayoría de las células piramidales y de las polimorfas.

Fascia dentata

Según CAJAL, la *fascia dentata*, que es una circunvolución rudimentaria, comprende tres capas distintas: 1.º molecular; 2.º de las pequeñas células piramidales (granulosa); 3.º de las células polimorfas (reticular).

1.º *Capa molecular.* — Esta capa contiene dos variedades de células.

a. *Células piramidales ú ovoideas aberrantes.* — Son elementos semejantes á los de la capa siguiente, diferenciándose únicamente en que son triangulares ó semilunares. El axón sigue un trayecto descendente.

b. *Células con axón corto.* — Deben distinguirse en superficiales y profundas.

Las células superficiales son de pequeño volumen, ovoideas, piriformes ó fusiformes. Emiten *prolongaciones protoplasmáticas* finas, en su mayor parte descendentes. El axón, que es muy fino, termina á poca distancia de la célula, mediante ramificaciones cortas y delgadas.

Las células profundas son más voluminosas. Existen principalmente en la mitad inferior de la capa molecular y presentan una forma triangular ó estrellada. Las *prolongaciones protoplasmáticas* divergen en tres sentidos. Algunas de ellas atraviesan la capa granulosa y penetran en la capa de las células polimorfas. El axón es más voluminoso que el de las células precedentes. Toma una dirección variable y se descompone en cierto número de ramas que se dirigen hacia la parte externa de la zona molecular, donde se ramifican extendiéndose á grandes distancias.

2.º *Capa de las células piramidales (zona de los granos, stratum gra-*

nulosum). — La mayor parte de las células de esta capa son ovoideas, triangulares ó semilunares. No suministran *prolongaciones protoplasmáticas* más que por su lado externo, es decir, á nivel de la cara que mira hacia la zona molecular. El *axón*, bastante delgado, desciende hacia la capa de las células polimorfas y alcanza en seguida el asta de AMMÓN. Presenta una notable particularidad que no se vuelve á encontrar más que en el cerebelo. De trecho en trecho presenta nudosidades, comunicándole el aspecto de fibra musgosa semejante á las del cerebelo. A nivel de la capa de las célu-

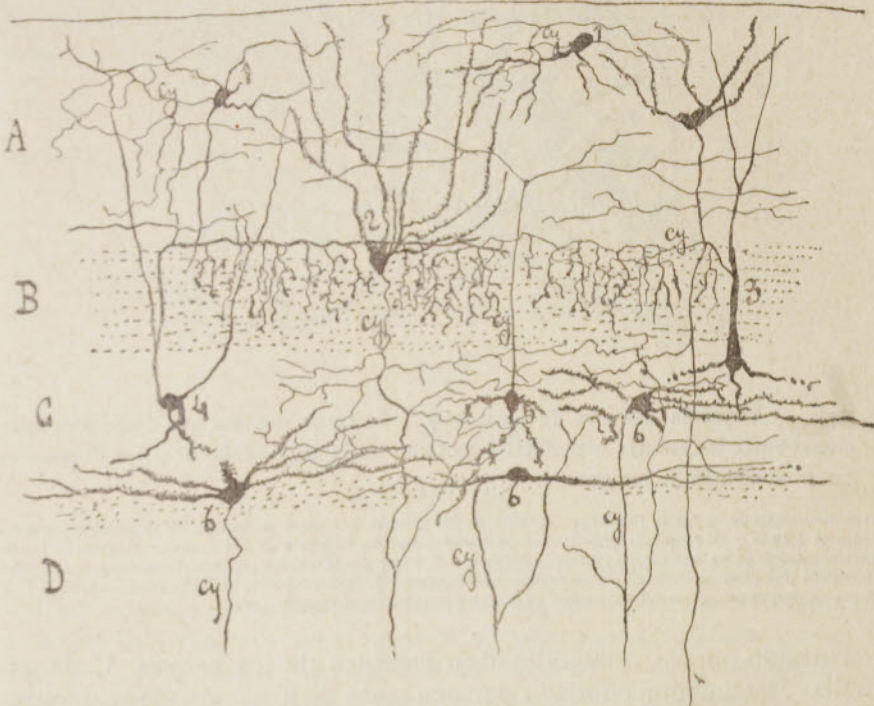


Fig. 345. — Fascia dentata del conejo de ocho días (según CAJAL)

A. capa molecular. — 1, células de la capa molecular.
 B. capa de los granos. — 2, grano. — 3, célula piramidal.
 C. capa de las células polimorfas. — 4, célula con axón ascendente. — 6, células con axón descendente.
 D. capa molecular del asta de AMMÓN.

las polimorfas, emite cierto número de colaterales que forman un apretado plexo en torno de estas células. ¿Cómo termina el axón? Según CAJAL, penetra en el asta de AMMÓN y termina en la capa de las células piramidales; según SALA Y SCHAFER, atraviesa todas las capas del asta de AMMÓN y se dirige hacia el *alveus*.

Además de las células precedentes se hallan en esta capa algunas células piramidales comparables á las del cerebro. Su base inferior da nacimiento á algunas *ramas protoplasmáticas* que se dividen y terminan en la capa subyacente. Su extremidad superior se prolonga á través de los granos en un tallo que se descompone en ramas destinadas á la capa molecular. El *axón* nace habitualmente á nivel de la porción más elevada de este tallo,

justamente por encima de la capa de los granos, á lo largo de la que rastrea caminando horizontalmente y termina entre los granos, mediante ramificaciones descendentes. Así se forman dos plexos nerviosos: uno de fibras gruesas, horizontales, situado en el tercio inferior de la zona molecular y constituido por la reunión de axones de las células piramidales de la zona de los granos; otro muy rico, situado en la mitad externa de la misma zona

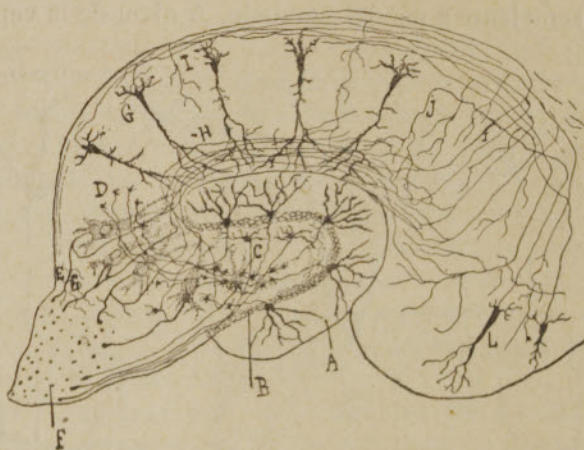


Fig. 346. — Esquema del asta de AMMÓN y de la fascia dentata que demuestra las relaciones entre las células piramidales grandes de la región inferior y las fibras musgosas procedentes de los granos.

A, capa molecular de la fascia dentata. — B, capa de los granos. — C, capa molecular de la porción terminal del asta de AMMÓN. — D, fascículo longitudinal de fibras musgosas ó axones de los granos. — E, axón de las células piramidales grandes que marcha hacia la fimbria. — F, fimbria. — G, célula piramidal pequeña. — H, fascículo formado por gruesas colaterales nerviosas ascendentes. — I, colaterales de la substancia blanca. — J, fibras terminales que proceden del subiculum cuyo axon penetra en el asta de AMMÓN.

y constituido por las colaterales descendentes de los axones. Cada grano se halla literalmente cobijado por una cesta de filetes nerviosos terminales que le envuelven por todas partes (CAJAL).

3.º Capa de las células polimorfas. — Conviene distinguir en esta capa, dos pisos: uno superficial ó plexiforme y otro profundo ó capa de las células irregulares.

a. *Piso superficial* (capa plexiforme). — Esta capa contiene tres variedades de células: con axón ascendente, con axón descendente y con axón corto.

1.º *Células con axón ascendente*. — Estas células son triangulares ó estrelladas. Sus *prolongaciones protoplasmáticas* se pierden en esta zona; el axón sube hacia la zona molecular; allí se bifurca y suministra ramificaciones que se agotan en esta capa. El axón de algunas de estas células, después de atravesar la capa de los granos, se transforma en horizontal y se conduce como el de las células piramidales estudiadas antes.

2.º *Células con axón descendente*. — Estas células son fusiformes ó estrelladas. Las *prolongaciones protoplasmáticas* son notables por su gran longitud y por su aspecto velludo. El axón desciende hasta el *alveus*. En este trayecto emite finas colaterales que suben hasta la capa plexiforme.

3.º *Células con axón corto.* — Son elementos estrellados cuyas *prolongaciones protoplasmáticas* se dirigen en todos sentidos. El *axón*, que es horizontal, se resuelve rápidamente en una arborización terminal.

b. *Piso profundo ó de las células irregulares.* — El piso profundo contiene dos variedades celulares:

1.º Células piramidales, triangulares ó estrelladas, cuyo *axón* desciende hacia la substancia blanca del asta de AMMÓN.

2.º Células horizontales, cuyo *axón* es ascendente. Después de abandonar algunas colaterales en la zona plexiforme, se dirige á la capa molecular donde se resuelve en una arborización notable por su gran extensión.

APÉNDICE AL CAPÍTULO XXXI

CORTEZA ESFENOIDAL

POR

C. CALLEJA

En toda la región del lóbulo esfenoidal, ocupada por la raíz externa del bulbo olfatorio, pero especialmente detrás del punto de terminación de esta raíz, la estructura cerebral presenta algunas modificaciones que recuerdan algo las que CAJAL ha descrito en la corteza occipital inferior del conejo, aunque existen también caracteres completamente especiales.

Las zonas en esta región no son enteramente iguales á las correspondientes de la corteza típica. Las variaciones principales recaen á nivel de la capa de las pequeñas pirámides, que aparece dividida en dos subzonas bien distintas.

Por lo demás, las capas de esta parte de la corteza pueden denominarse: 1.º zona molecular; 2.º zona de las células semilunares ó triangulares horizontales; 3.º zona de las células fusiformes verticales; 4.º zona de las pirámides (medianas y grandes); y 5.º zona de los corpúsculos polimorfos.

Zona molecular. — Es notable por su espesor y su riqueza en fibrillas nerviosas. Fórmase del entrecruzamiento de las expansiones protoplasmáticas de las células de la capa segunda y siguientes, de las prolongaciones de corpúsculos autóctonos y de infinidad de fibrillas nerviosas. De éstas, algunas provienen indudablemente de corpúsculos de prolongación axil ascendente, yacentes en la zona de los elementos polimorfos; otras quizá sean todavía la continuación de los tubos de la raíz externa. Por lo menos, no es raro ver en la porción superficial de la capa molecular fibras grue-

sas que marchan de un modo paralelo y en la dirección de la mencionada raíz.

De las células autóctonas, unas son fusiformes, otras estrelladas, y en todas ellas las expansiones tienen tendencia á marchar horizontalmente durante largos trayectos. Es para mí indudable, que algunas de estas células, sobre todo las fusiformes horizontales corresponden al tipo pluripolar de CAJAL, que RETZIUS ha descrito con el nombre de *Cajalschezellen*. Pero también juzgo verosímil que algunas de ellas, cuyo axón es descendente, representen pirámides dislocadas.

Zona de las células semilunares ó triangulares. — Está formada por una ó dos hileras de células, ya triangulares, ya semilunares, provistas de numerosas expansiones protoplasmáticas ascendentes y una sola descendente. Las expansiones superiores, en número de tres ó cuatro, son ásperas, marchan casi horizontalmente, formando en el límite inferior de la capa molecular un plexo apretado, de fibras casi paralelas, que luego se arquean para ascender y ramificarse en todo el espesor de la capa molecular. Algunas de las expansiones protoplasmáticas son también ascendentes desde el principio, particularmente las que proceden de células triangulares de la segunda fila. La expansión protoplasmática descendente, casi siempre única, baja verticalmente, y á distintas profundidades se termina dicotomizándose ó ramificándose más ampliamente. El axón procede comúnmente de la parte inferior del cuerpo, afecta una dirección vertical y se distingue por su gran finura; después de dar algunas colaterales para la zona de las pirámides, llega hasta la substancia blanca para continuarse con una fibra medular.

Zona de las células fusiformes. — En esta zona se hallan algunas células, que por su forma recuerdan las pirámides pequeñas, pero la mayoría de los corpúsculos que la constituyen poseen una morfología especial. Son estos elementos, fusiformes, verticalmente orientados con una ó varias expansiones ascendentes y una descendente. La expansión ascendente, á menudo única, se divide rápidamente en ramas protoplasmáticas, que divergiendo rápidamente ganan la zona molecular donde se ramifican y terminan. Estas ramitas finales suelen marchar verticalmente perdiéndose en la proximidad de la superficie cerebral; en su trayecto exhiben las espinas colaterales descritas por CAJAL en los penachos de las pirámides típicas de la corteza. La expansión protoplasmática descendente baja rectamente, y á poco trecho unas veces, á mucha distancia otras, se descompone en un penacho de fibras descendentes que gana la zona de las gruesas pirámides. Estas fibras aparecen dentadas, y su reunión en penachos recuerda las expansiones basilares de las células piramidales del asta de AMMÓN. En ocasiones, en vez de un tallo descendente acabado en penacho, el cuerpo celular origina directamente el pincel de expansiones. Tocante al axón, procede unas veces del cuerpo, pero más á menudo del mismo penacho descendente ó del tallo que lo engendra; baja luego verticalmente, suministra varias colaterales para la zona de las gruesas pirámides y se sumerge en la substancia blanca.

Las células fusiformes que acabamos de describir, forman varias hileras irregulares y se entremezclan siempre con alguno que otro corpúsculo triangular y piramidal.

Zona de las células piramidales.—Consta de corpúsculos piramidales típicos como los de la corteza ordinaria. Su tallo ascendente alcanza la zona molecular, donde se descompone en un penacho terminal; de la base desciende un penacho ó pincel de expansiones protoplasmáticas, fuertemente espinosas, que suelen prolongarse hasta muy cerca de la substancia blanca. Esta disposición en pincel de las expansiones basilares, es característica de esta región del cerebro, y recuerda también los corpúsculos del asta de AMMÓN. El axón descendente suministra colaterales para la capa de los corpúsculos polimorfos é ingresa en la substancia blanca.

Zona de los corpúsculos polimorfos.—Poco desarrollada en la parte más posterior de la región esfenoideal, lo está bastante en su porción media y anterior. La forma y demás propiedades de las células responden á las descripciones clásicas; solamente es de notar que las expansiones descendentes tienen tendencia á disponerse en pinceles descendentes que llegan hasta la substancia blanca. Las expansiones ascendentes, no bien orientadas, no alcanzan la zona molecular. Entre la capa de las células polimorfos y la de las pirámides, y á veces mezcladas con éstas, hemos visto, en ciertas ocasiones, pequeños corpúsculos fusiformes ó esferoidales provistos de dos expansiones como los elementos de la capa tercera.

Finalmente, la capa de las células polimorfos contiene algún corpúsculo fusiforme ó triangular, cuyo axón ascendente, después de suministrar colaterales para la zona de las gruesas pirámides, acaba bifurcándose y ramificándose en la zona molecular, correspondiendo, pues, á las células de MARTINOTTI de la corteza típica.

CAPITULO XXXII

SUBSTANCIA BLANCA.—NÚCLEOS GRISES.—VASOS DEL CEREBRO

§ I.—SUBSTANCIA BLANCA

La substancia blanca no contiene células nerviosas; se halla únicamente formada por fibras nerviosas, entre las que se distinguen cuatro variedades: las *fibras de proyección*, las de *asociación*, las *comisurales* y las *centrípetas*.

1.º *Fibras de proyección*.—Estas fibras, que salen de todas las regiones de la corteza, convergen para formar la cápsula interna y penetran en

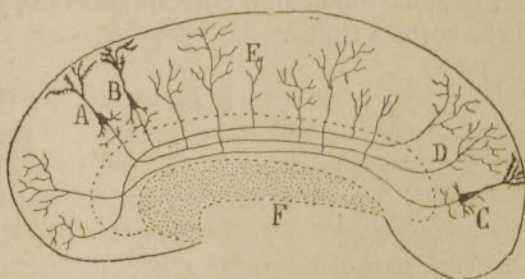


Fig. 347. — Esquema que demuestra las fibras de asociación entre los lóbulos anterior y posterior del cerebro (según CAJAL)

A, B, C, células piramidales. — D, arborización terminal de la fibra nerviosa principal de la célula (A)
E, arborización de las colaterales. — F, cuerpo calloso cortado de través

los pedúnculos cerebrales. En los mamíferos pequeños, algunas de estas fibras, llegadas á nivel del cuerpo calloso, suministran una colateral para éste, mientras que otras no la suministran conservando su individualidad. Estas fibras proceden de las *células piramidales* (grandes y pequeñas) y de algunos *elementos de la capa de los polimorfos*. Este variado origen nos explica por qué se hallan en este grupo fibras de volumen tan diferente. En lo que concierne á su *terminación*, se sabe que gran parte de las fibras de proyección constituye la *vía piramidal*, cuyas fibras terminan, como veremos, en torno de las células del asta anterior de la médula mediante *arborizaciones terminales libres*.

2.º *Fibras de asociación*.—Las *fibras de asociación* son muy abundan-

tes y su número aumenta proporcionalmente á la substancia gris, de tal modo que en el hombre forman la mayor parte de la substancia blanca. Se hallan *originadas* por las *células piramidales* (grandes y pequeñas) y por los *elementos polimorfos*, de los que representan la expansión axil. No es raro ver que esta prolongación se bifurca en T, dando de este modo nacimiento á dos fibras de asociación, de las cuales una se dirige á menudo al cuerpo calloso. Estas fibras terminan por *arborizaciones libres* en torno de las *células* de todas las *capas de la corteza*. En su trayecto emiten finas *colaterales* ascendentes que van á formar arborizaciones en diversas capas de la corteza,

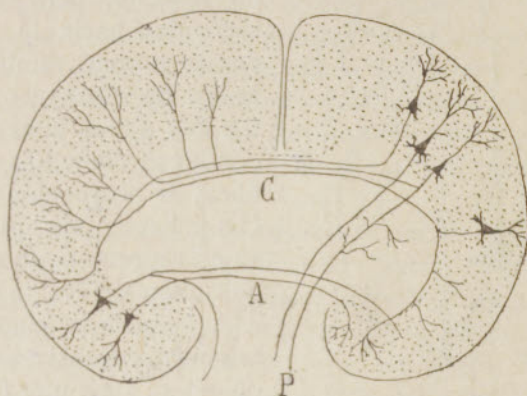


Fig. 348. — Esquema que demuestra las relaciones de las fibras comisurales y de proyección (según CAJAL)

G, cuerpo calloso — A, comisura anterior

HEMISFERIO CUYO CORTE ESTÁ SITUADO Á LA DERECHA DEL LECTOR. — P, dos fibras de proyección (vía piramidal), que proceden de dos grandes células piramidales. La fibra que está á la derecha del lector da nacimiento á una colateral que se dirige por el cuerpo calloso al hemisferio del lado opuesto y acaba en la corteza por una arborización terminal.

A la derecha de estas dos células se halla otra piramidal grande cuyo axón se divide en T, y da una fibra a hemisferio del mismo lado y otra al del lado opuesto.

A la izquierda de estas dos células motrices, se halla otra cuyo axón se termina, sin dar colaterales, en el hemisferio opuesto.

HEMISFERIO CUYO CORTE ESTÁ SITUADO Á LA IZQUIERDA DEL LECTOR. — Se ven dos células cuyo axón se dirige al hemisferio opuesto á través de la comisura blanca.

comprendiendo hasta la zona molecular. Además de estas colaterales destinadas á la substancia gris, existen otras que se dirigen á la substancia blanca. Este hecho no parecerá extraordinario, si se hace notar que las prolongaciones protoplasmáticas de algunas células de la capa de las polimorfos se extienden *hasta la substancia blanca*, y que en torno de estas prolongaciones es donde tales fibras *forman sus arborizaciones*. Como consecuencia de que su trayecto es algunas veces muy largo y de que sus ramificaciones y divisiones son muy numerosas, estas fibras ponen en relación células de territorios muy diferentes y alejados de la corteza cerebral.

3.º *Fibras comisurales*. — Las fibras comisurales forman el cuerpo calloso y la comisura blanca anterior.

Adquieren su origen de tres diferentes sitios (1):

- (1) Todas estas fibras tienen una delgadísima vaina miélnica.

a. De algunas colaterales de las fibras de proyección y de asociación que se dirigen hacia el cuerpo caloso.

b. De las ramas de bifurcación de las fibras de proyección y de asociación.

c. Finalmente, existen en el cuerpo caloso fibras comisurales propias que proceden, en su mayor parte, de células piramidales pequeñas.

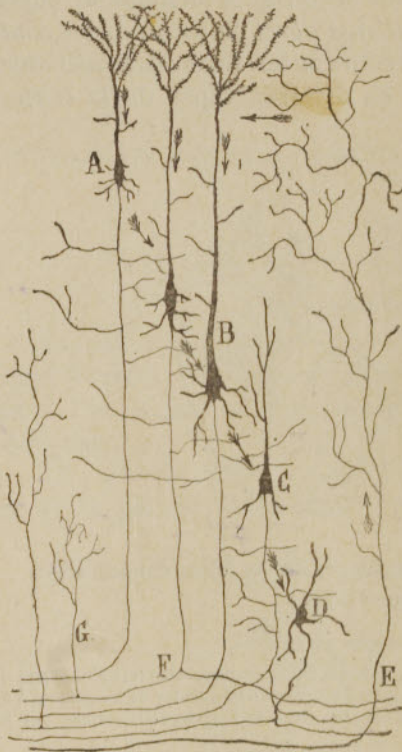


Fig. 349. — Esquema que demuestra la dirección probable de las corrientes en los elementos nerviosos de la corteza cerebral (según CAJAL).

A, célula piramidal pequeña. — B, célula piramidal grande. — C, D, células polimorfas. — E, fibras centripetas procedentes de otros centros nerviosos. — G, colaterales de las fibras de la sustancia blanca. — F, axon bifurcado en T.

¿Cómo terminan las fibras del cuerpo caloso? Es un problema aun no resuelto, pero es probable que asciendan hacia la corteza cerebral, donde forman ramificaciones arborizadas. En su trayecto estas fibras emiten dos ó tres finas *colaterales* que se conducen como las colaterales de las fibras de proyección y de asociación. CAJAL hace notar que el cuerpo caloso no representa un conjunto de fibras que unan dos regiones simétricas de cada hemisferio, sino « un sistema de asociación transversal muy complicado en el que una fibra, nacida, por ejemplo, de un punto de un hemisferio, puede ponerse en relación, no solamente con las células simétricas del lado opuesto, sino que también con otros muchos elementos (por medio de las colaterales) de diferentes regiones y de diferentes capas de la corteza cerebral ».

4.º *Fibras centripetas*. — Existen además, en la sustancia gris, fibras que proceden de la médula, del cerebelo, etc. Estas fibras se dirigen horizontal ú oblicuamente en las capas de la corteza, donde forman una extensa arborización. Las últimas ramas forman arborizaciones varicosas que en-

vuelven á las células piramidales pequeñas. Es posible que estas fibras representen la *arborización terminal de las fibras sensitivas*, pero esto no ha sido demostrado.

Derívanse de este estudio de las fibras y células del cerebro, muchos hechos generales que se observan en otras partes del sistema nervioso central:

La existencia de un *elemento nervioso autónomo* compuesto por la célula nerviosa, sus prolongaciones protoplasmáticas y su expansión axil.

1.º La *independencia absoluta* de los elementos nerviosos con sus congéneres.

2.º La *transmisión del influjo nervioso por simple contacto*. Esta transmisión se realiza entre las arborizaciones terminales y las colaterales axiles por una parte, y el cuerpo de la célula y sus expansiones protoplasmáticas por otra. La corriente es *celulífuga* en el *axón*, y *celulípeta* en la *célula* y en las *dendritas*. En otros términos: las expansiones protoplasmáticas y el cuerpo celular reciben las corrientes, mientras que las ramificaciones del axón las transmiten (CAJAL, VAN GEHUCHTEN).

3.º Si tratáramos de establecer las conexiones de los elementos nerviosos de la corteza cerebral, así como la dirección de las corrientes nerviosas, llegaríamos á una serie de hipótesis imposibles de demostrar:

a. En la *zona molecular*, son los *penachos de las células piramidales* los que parecen formar el punto de convergencia de las corrientes. Pueden ser impresionados á este nivel: por los *axones* de las *células* de esta zona; por los *axones ascendentes* de las células de MARTINOTTI; por las colaterales y las ramas terminales de *asociación*; por *fibras procedentes del hemisferio opuesto* (fibras callosas).

b. En la *zona de las células piramidales* y en la de los *elementos polimorfos*, las conexiones son muy complicadas. Tienen lugar: entre las *prolongaciones protoplasmáticas* de las células nerviosas de estas zonas y las cinco variedades de fibras nerviosas, á saber: las *colaterales* de las fibras de la *substancia blanca*; las *colaterales de las fibras del cuerpo calloso*; las *fibras terminales de asociación*; las ramificaciones de las *células con axón corto*, y finalmente, las *colaterales del axón* de las células de las tres capas profundas de la corteza.

Las corrientes nerviosas parecen marchar, como lo indican las flechas, de la zona molecular hacia las pequeñas piramidales; de éstas hacia las grandes, y finalmente, de éstas hacia los elementos polimorfos (véase la fig. 349).

Es lícito suponer que las fibras sensitivas, llegadas de la médula, se ramifican en la capa molecular y comunican la incitación del movimiento voluntario al penacho de las células piramidales, las cuales lo trasladan hacia las capas profundas de la corteza y hacia la substancia blanca.

§ 2. — NÚCLEOS GRISES

La estructura microscópica de los núcleos del centro no está todavía completamente conocida. Indicaremos, no obstante, los hechos que se encuentran en todas las obras clásicas.

1.º *Tálamo óptico*. — El tálamo óptico es un acúmulo de substancia gris, en el que se hallan todos los elementos de esta substancia: *fibras nerviosas*, *células nerviosas* y de *neuroglia*.

a. El trayecto de las fibras nerviosas es muy complejo y poco conocido.

b. Las *células nerviosas* son irregulares, á menudo poliédricas y de dimensiones muy variables. No están dispuestas por grupos aislados, sino que se hallan dispersas en todo el espesor del tálamo óptico.

Las mayores de estas células (miden de 50 á 60 μ) presentan 4 ó

6 *prolongaciones protoplasmáticas* gruesas y un *axón* largo. Esta prolongación se dirige en distintos sentidos: unas veces marcha hacia la cara convexa ventricular del tálamo y se incurva en ángulo recto á este nivel para transformarse en horizontal; otras, marcha directamente hacia los pedúnculos cerebrales, y otras, va á formar parte de la corona radiante.

c. La *neuroglia* es semejante á la del cerebro. Únicamente es preciso señalar la disposición de las células del epéndimo, que son elementos cónicos apretados unos contra otros y que emiten una prolongación central que penetra en el tálamo para fijarse en las paredes de los vasos (MARCHI).

2.º *Cuerpo estriado*.—El cuerpo estriado contiene células nerviosas de formas muy variadas (triangulares, poliédricas, globulosas, etc.), fuertemente pigmentadas y que miden de 20 á 35 μ .

Las *prolongaciones protoplasmáticas* son en número de 4 á 8; el *axón* pertenece á los dos tipos de GOLGI; en efecto, se hallan células con axón corto y con axón largo. Las primeras son mucho más numerosas que las segundas. La dirección de los axones largos está mal conocida; así que no insistiremos sobre este punto.

§ 3. — VASOS DEL CEREBRO

Describiremos únicamente la distribución de los capilares del cerebro. Estos vasos obedecen á la ley general aplicable á todo el sistema nervioso: «*La red capilar es tanto más apretada cuanto más rica sea en células nerviosas la región bañada por ella.*»

Las arteriolas salen perpendicularmente de la piamadre y penetran en seguida en la substancia cerebral para terminarse en ella y nutrirla. Se distinguen dos variedades de arteriolas: las largas y las cortas.

Las *arterias largas* atraviesan la corteza cerebral y penetran en la substancia blanca subyacente, en la que descienden hasta una profundidad de 4 á 6 centímetros (1). En este trayecto, las arterias largas no comunican entre sí más que por finos capilares, de tal modo, que cada una de ellas forma un sistema independiente. Las arterias largas suministran una *red capilar cortical*, que estudiaremos más adelante, y otra á la *substancia blanca*. La red capilar de esta substancia está formada por mallas anchas, un poco alargadas, dispuestas en sentido paralelo al de los principales fascículos de fibras á los que parece envolver.

Las *arterias cortas* se detienen en la corteza y allí se resuelven rápidamente en una red capilar. Pueden distinguirse tres zonas de la corteza en las que la red capilar es diferente:

1.ª *zona*.—En la misma superficie de la substancia gris, y comprendiendo toda la capa molecular, se halla una red capilar de mallas bastante anchas, cuadrangulares y paralelas á la superficie.

2.ª *zona*.—Por debajo de esta primera red, y ocupando cerca de

(1) Así se aproximan á los núcleos centrales, pero nunca les suministran ramas. El sistema circulatorio de la corteza es siempre independiente del de los núcleos centrales.

2 milímetros de la corteza, se halla otra de mallas muy estrechas, sobre todo en la capa de las células piramidales grandes. «No es preciso, sin embargo, que cada una de estas células se halle contenida en una sola malla capilar. En cada una de tales mallas, se ven en los cortes 5 ó 6 células nerviosas» (RANVIER).

3.^a zona. — Finalmente, en las capas más profundas de la corteza, la red capilar presenta mallas mucho más anchas y menos alargadas que las de la substancia blanca. Estas diferentes redes capilares (las de la corteza y la de la substancia blanca) tienen ramas comunes y, por consiguiente, comunican entre sí.

APÉNDICE AL CAPITULO XXXII

HISTOGÉNESIS DE LA CORTEZA CEREBRAL

POR

C. CALLEJA

Se comprenderá desde luego la extrema dificultad que entraña el estudio de la histogénesis de la corteza cerebral, dada la complejidad de su estructura.

De la evolución de los elementos de la corteza cerebral, estudiándola según diversos conceptos, se han ocupado varios investigadores, entre los cuales se hallan BOLL, BESSER, KÖLLIKER, LÖWE, VIGNAL, HIS, LENHOSSEK, CAJAL y RETZIUS.

De las cuatro capas en que divide CAJAL la corteza, nosotros no nos vamos á ocupar más que de las tres primeras, en las que mencionaremos lo que se sepa respecto á evolución de los elementos que yacen en ellas, para lo cual, en la primera zona ó molecular, extractaremos los estudios de RETZIUS en los embriones humanos, acerca del desarrollo de las *células de Cajal*. En la segunda y tercera describiremos las etapas conocidas, por las que pasan las células piramidales pequeñas, medianas y grandes para constituirse en elementos adultos.

Capa molecular. Células de Cajal. — Estudiando RETZIUS el cerebro humano en vías de desarrollo, ha podido observar que estas células se impregnan bien con el cromato de plata exhibiendo caracteres embrionarios.

Las células fusiformes más jóvenes que este histólogo ha encontrado en un embrión humano de 23,5 centímetros de longitud, ofrecían un cuerpo

relativamente voluminoso, un tanto alargado en sentido transversal, emitiendo dos prolongaciones horizontales, que nacían de polos opuestos de la célula y marchaban en sentido divergente. Estas expansiones son algo varicosas, y emiten escasas, cortas y finas colaterales ascendentes y descendentes, algunas de ellas terminadas por un abultamiento esferoidal muy voluminoso. En elementos más desarrollados se observa que las colaterales ascendentes van creciendo y siendo más numerosas, hasta llegar á la misma superficie cerebral por debajo de la piamadre, donde terminan por una varicosidad redondeada muy voluminosa. Esta particularidad en la terminación de las colaterales ha hecho pensar á RETZIUS que se trataba de un detalle morfológico especial de las células de la capa molecular en el hombre, pero debe tratarse, más bien, según cree CAJAL, de estados embrionarios transitorios.

Los elementos triangulares comienzan por emitir en todos sentidos expansiones, que al principio son cortas, gruesas, de contorno áspero y con excrescencias espinosas. Más tarde, estas prolongaciones crecen, alargándose y presentando engrosamientos de trecho en trecho, hasta que terminan emitiendo finas colaterales, de las cuales la mayor parte se dirigen hacia la superficie, donde se terminan.

Hay que advertir que en las células fusiformes del hombre, las colaterales descendentes sufren, en su mayor parte, un proceso regresivo, hasta que llegan á desaparecer casi por completo.

CAJAL ha visto también células de la capa molecular en estado embrionario en el feto de vaca, concordando los caracteres de estos elementos con los que acabamos de describir, salvo el que las ramas protoplasmáticas principales son menos ricas en colaterales que las del hombre, hecho lógico, puesto que el cerebro de éste es el más superior en la escala de los vertebrados.

Células piramidales. — Estos corpúsculos comienzan su evolución por la fase neuroblástica, ostentando una figura piriforme con una expansión descendente (axón). Bien pronto, de la parte más superior de la célula comienza á salir una eflorescencia, primer esbozo del tallo ascendente protoplasmático y de su arborización terminal. En el ratón de dos ó tres días, antes del nacimiento, ha visto CAJAL que las células piramidales se hallan ya muy adelantadas en su evolución, presentando una orientación radial típica. Se nota en esta época que el tallo ascendente es muy grueso, flexuoso y provisto de mortajas para alojar los elementos vecinos, terminándose dicho tallo en la zona molecular por un penacho de ramas cortas y muy varicosas. Las ramas protoplasmáticas basilares faltan en esta época, y están únicamente representadas por espinas cortas que se encuentran á los lados y en la parte más inferior del cuerpo celular, el cual adopta una forma alargada semejante, según hace notar MAGINI, al cuerpo de las células del asta de AMMÓN. La prolongación axil, en este período, se halla desprovista de colaterales, es relativamente gruesa, ostentando en su trayecto varicosidades y espinas cortas, nacidas en ángulo recto y terminadas por un engrosamiento.

En el ratón recién nacido, comienzan á aparecer ya las ramas protoplasmáticas basilares, que aun son cortas y sin ramificación terminal.

El axón se halla provisto de colaterales que nacen de un engrosamiento de la prolongación nerviosa, rematando en una varicosidad.

Por último, en el octavo y décimo día después del nacimiento, las arborizaciones protoplasmáticas se hallan completamente desarrolladas, conservando, sin embargo, cierto carácter embrionario en las células piramidales pequeñas más superficiales. La expansión axil exhibe las colaterales en su completo desarrollo, pudiendo seguirlas fácilmente hasta su terminación.

CAPITULO XXXIII

GRAN SIMPÁTICO

El gran simpático presenta para su estudio un *cordón nervioso y ganglios*.

1.º **Cordón del simpático.** — El cordón se presenta en forma de un nervio grisáceo compuesto de fascículos, más ó menos voluminosos, de fibras nerviosas. Estos fascículos se hallan rodeados y unidos por las diferentes variedades del tejido conjuntivo, que rodean y unen los fascículos de los nervios periféricos.

La mayor parte de las fibras que entran en la composición de estos fascículos pertenecen á la variedad de *fibras mielínicas*, presentando un volumen muy distinto, que puede variar de 2 á 10 μ , y segmentos interanulares muy cortos. Al contrario de lo que podría suponerse, las fibras de REMAK no entran más que en mínima proporción en la constitución del tronco simpático. Son, en cambio, muy abundantes en las ramas viscerales, mientras que las fibras mielínicas disminuyen. A medida que se aproximan á su terminación no se encuentran más que fibras amielínicas. Es preciso, pues, admitir que los tubos nerviosos del cordón simpático cambian de estructura y se transforman en fibras de REMAK, alcanzando los plexos periféricos.

2.º **Ganglios.** — Los ganglios, aunque estén comprendidos en la misma vaina conjuntiva que el cordón simpático, no se confunden con él; se hallan simplemente adosados al nervio. Estos órganos se hallan compuestos por una *envoltura conjuntiva* y por *células nerviosas*.

A. ENVOLTURA. — La envoltura del ganglio y del cordón simpático presenta una estructura idéntica á la de las *vainas laminosas* de los nervios; no nos ocuparemos de ello, ya que lo hemos hecho con anterioridad. Se halla también entre las fibras nerviosas un *tejido* semejante al *intrafascicular* de los nervios cerebro-espinales.

B. CÉLULAS. — Las células tienen distinta estructura según que se las estudie en los *batracios* ó en los *mamíferos*.

1.º **Células simpáticas de la rana.** — En la rana presentan la forma de una pera cuyo pedículo estaría representado por la fibra nerviosa. Son, pues, células monopolares.

Cada uno de estos elementos se halla constituido del siguiente modo:

1.º En la periferia se halla una *membrana de envoltura* provista, en su cara interna, de núcleos aplanados que no existen en la vecindad del

pedículo. Esta membrana parece hallarse formada por la expansión de la vaina que acompaña á la fibra nerviosa.

2.º El cuerpo celular propiamente dicho está formado por una *masa* de *protoplasma* que contiene un *núcleo* voluminoso.

3.º El pedículo de la célula parece dar nacimiento á dos fibras nerviosas: una recta y otra espiral.

a La fibra recta representa la verdadera prolongación de la célula. Continúa en estado de fibra desnuda ó de REMAK.

b. La fibra espiral no pertenece á la célula. Es una fibra miélnica procedente del sistema cerebro-espinal que, llegada á la vecindad de la célula, pierde su mielina y se arrolla en torno de la fibra recta describiendo



Fig. 350. — Tipos diversos de células nerviosas de un ganglio simpático (según CAJAL)

A, célula con un penacho enmarañado de prolongaciones cortas. — B, otra célula provista de prolongaciones cortas finas y muy ramificadas. — D, célula provista de prolongaciones cortas, vellosas y poco numerosas. — G, células cuyas dos prolongaciones forman arborizaciones pericelulares. — O, axón.

vueltas de espira cada vez más apretadas á medida que se aproxima al globo ganglionar. Llegada á la superficie del protoplasma celular, continúa ascendiendo y envuelve la parte inferior de la célula.

Existe aquí, pues, una terminación pericelular análoga á la de los ganglios cerebro-espinales.

2.º *Células de los ganglios simpáticos de los mamíferos.* — Son elementos muy distintos de los de la rana. Se trata de células multipolares que presentan prolongaciones protoplasmáticas en número variable de 3 á 20 y una sola prolongación axil.

CAJAL distingue muchos tipos de células según la disposición de las prolongaciones protoplasmáticas:

1.º *Células estrelladas provistas de prolongaciones largas y ramificadas.* — Las prolongaciones de estas células marchan en todas direcciones y suministran una arborización terminal á gran distancia de la célula.

2.º *Células provistas de fascículos de fibras.*—Las prolongaciones de estas células son delgadas, varicosas, reunidas en pequeños fascículos, terminándose á corta distancia de la célula por pequeños engrosamientos.

3.º *Células con prolongaciones cortas y gruesas.*—Las prolongaciones de estas células son gruesas, varicosas, y se dividen á corta distancia de la célula, dando arborizaciones terminales, que, en su mayor parte, envuelven el cuerpo de las células vecinas.

4.º *Células provistas de un penacho lateral.*—En este caso la célula no suministra prolongaciones más que por un solo lado en forma de un fascículo ó penacho de fibras delgadas y varicosas.

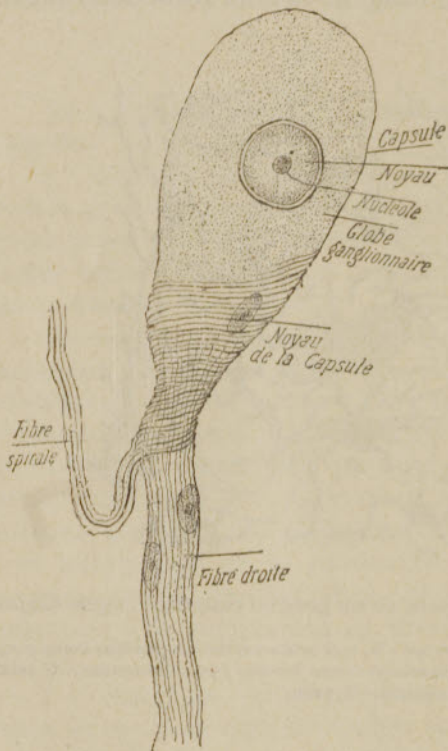


Fig. 351. — Célula simpática de la rana

2.º Una masa de protoplasma que contiene habitualmente dos núcleos (1).

Fibras nerviosas de los ganglios simpáticos.—Además de las fibras que no hacen más que atravesarlos, se hallan en los ganglios simpáticos fibras aferentes, eferentes y de asociación ó comisurales.

1.º Las *fibras aferentes*, que terminan por arborizaciones libres en torno del cuerpo de las células simpáticas ó de sus prolongaciones, están representadas:

(1) Los autores que admiten la constitución fibrilar del protoplasma de las células nerviosas señalan la existencia, por debajo de la cápsula, de una *corteza fibrilar* formada por la disociación de las fibrillas que constituyen las prolongaciones celulares.

El axón, al contrario de lo que antes se había creído, es único. Nace, por regla general, del cuerpo de la célula, excepcionalmente de una prolongación protoplasmática y se continúa con una fibra de REMAK, la cual se dirige, ó bien al cordón simpático (fibra comisural ó interganglionar) ó bien hacia la periferia (fibra periférica). La fibra comisural no da colaterales en el ganglio donde yace la célula que le ha dado origen. Desciende por el cordón simpático y va á terminarse en otro ganglio más ó menos alejado. En este trayecto da algunas colaterales que se ramifican en los ganglios por donde cruza la fibra.

Las células de los ganglios de la cadena simpática de los mamíferos, consideradas desde el punto de vista de su estructura interna, presentan:

1.º Una membrana de cubierta reforzada interiormente por un revestimiento endotelial.

a Por fibras procedentes de las células de los ganglios simpáticos periféricos.

b. Por fibras procedentes de las raíces anteriores de la médula.

2.º Las *fibras eferentes*, que tienen su origen en los ganglios, son:

a. Fibras periféricas que se dirigen á los nervios periféricos.

b. Fibras que se ramifican en torno de las células de los ganglios raquídeos.

3.º Las *fibras comisurales* están representadas por las fibras *terminales* y *colaterales* del cordón simpático, fibras que, como ya hemos indicado, proceden de las células de los ganglios vecinos.

Vasos del simpático.—La red vascular de los cordones es semejante á la de los nervios; la de los ganglios adquiere una importancia considerable. Las venas son muy voluminosas, dilatadas en forma de ampolla, formando un plexo que RANVIER designa con el nombre de *senos venosos* de los ganglios simpáticos.

CAPITULO XXXIV

DIFERENTES VARIEDADES DE NEURONAS

Haciendo el estudio de la célula nerviosa, hemos visto que se designa con el nombre de *neurona* esta célula provista de todas sus prolongaciones; hemos visto además que la excitación nerviosa *recogida por las prolongaciones protoplasmáticas* y por el *cuerpo celular* se transmite por el *axón*. En otros términos: el *cuerpo celular* y las *prolongaciones protoplasmáticas* son *órganos receptores*; el *axón* es un *órgano transmisor*. También hemos indicado que el sistema nervioso entero está representado por una *cadena de neuronas* y que la transmisión de la corriente nerviosa se hace por *contigüidad ó contacto*. Estos contactos se establecen siempre entre un *axón*, por una parte, y las *prolongaciones protoplasmáticas* ó el *cuerpo celular*, por otra.

Desde el punto de vista fisiológico, pueden dividirse las neuronas en *sensitivas, motoras* y de *asociación*.

Las *neuronas sensitivas* son periféricas ó centrales. Las *neuronas sensitivas periféricas* tienen su célula originaria en los *ganglios raquídeos* para los nervios espinales; en los *ganglios de los nervios craneales* para los de este nombre.

Las *neuronas sensitivas centrales* tienen su célula de origen en los núcleos bulbares de los cordones de GOLL y BURDACH.

Las *neuronas motoras* son igualmente periféricas ó centrales. Las primeras tienen su célula de origen en las astas anteriores de la médula, las segundas en la corteza cerebral (células piramidales).

Las *neuronas de asociación* establecen comunicaciones entre las de diferentes segmentos del sistema nervioso central. Estudiaremos la propagación del influjo nervioso en la neurona sensitiva periférica, en la neurona sensitiva central y en la neurona motora central.

1.º Propagación de la corriente nerviosa en la neurona sensitiva periférica: acto reflejo. — Comprende tres etapas sucesivas (CAJAL):

1.º *Recepción de la excitación por la extremidad periférica de la fibra sensitiva*. — Hemos visto que la célula nerviosa sensitiva da nacimiento á una prolongación que se bifurca en T. Una de las fibras de bifurcación alcanza á la médula, donde forma una fibra del cordón sensitivo, y la otra se dirige hacia la periferia. Esta última es la que recibe la excitación, unas veces mediante una arborización de fibras terminales sumergidas en el epitelio de la piel, y otras mediante aparatos especiales, tales como los cor-

púsculos de MEISSNER, PACINI, etc. Parece que las terminaciones más superficiales (intraepiteliales) están destinadas á recibir las impresiones de calor y de dolor, y que los corpúsculos de PACINI y de MEISSNER, recogen más particularmente las táctiles ó de presión.

2.º *Propagación de la impresión hasta el ganglio raquídeo.* — La impresión recibida por la arborización terminal sigue por la fibra sensitiva hasta la célula del ganglio raquídeo. No están los autores de acuerdo acerca de qué manera se conduce la excitación con respecto á esta célula. Para algu-

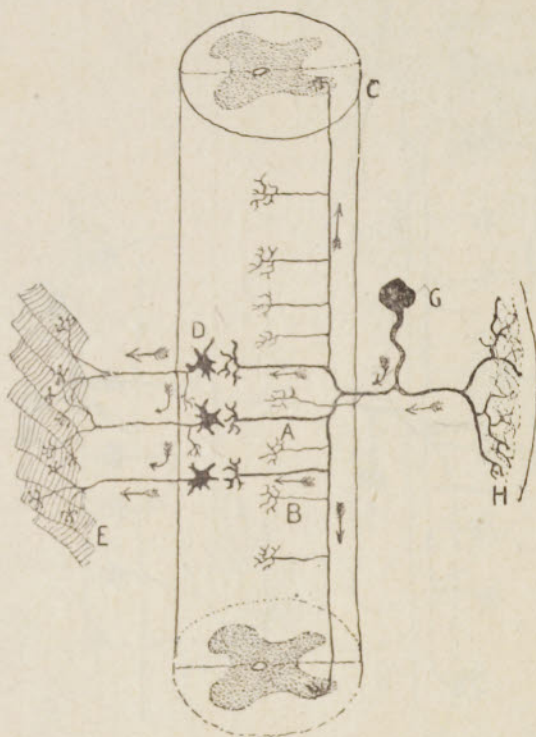


Fig. 352. — Esquema del acto reflejo monolateral circunscrito (CAJAL)

H, piel. — G, célula del ganglio raquídeo. — A, colaterales sensitivo-reflejas. — D células motrices
B, colaterales cortas. — E, músculo

nos, VAN GEHUCHTEN entre otros, la excitación penetra hasta la célula y vuelve en seguida hacia la fibra central; para CAJAL, la impresión pasa del cabo periférico al central directamente sin pasar por la célula. Según este autor, la célula ganglionar serviría de centro trófico y recibiría las excitaciones procedentes del gran simpático (véase pág. 570). Así, pues, por la vía de estas fibras, la médula podría recibir las impresiones llegadas de los órganos internos é intervenir de este modo en los reflejos de los que estos órganos constituyen el asiento.

3.º *Comunicación de la impresión á la médula. Acto reflejo.* — Cualquiera que sea, la excitación sigue por la prolongación central de las células ganglionares (raíces posteriores) y se divide en el cordón posterior como la fibra de este cordón en una corriente ascendente y otra descendente. Pero

esta corriente, salvo en los casos de excitación muy grande, se agota antes de alcanzar las ramificaciones terminales de la fibra principal, en las colaterales que la conducen en torno de las células motrices. Desde aquí la corriente se divide en dos: una parte pasa por las colaterales de la fibra motriz y va á impresionar otras células del foco motor, y la otra parte recorre la fibra motriz hasta su arborización terminal, mediante la cual obra sobre la fibra muscular. Tal es el camino que sigue la corriente nerviosa en un reflejo monolateral circunscrito (reflejo rotuliano, pupilar, etc.).



Fig. 353. — Esquema de los actos reflejos monolaterales difusos (CAJAL)

A, célula de un ganglio raquídeo. — U, célula de los cordones. — B, células motrices

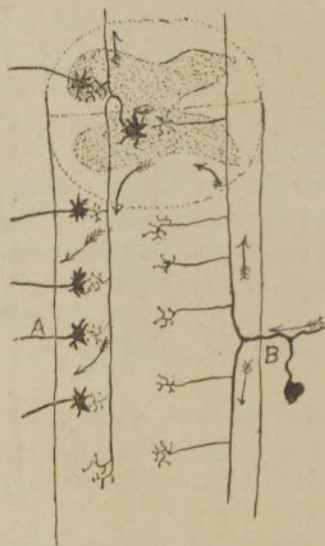


Fig. 354. — Esquema del reflejo cruzado (CAJAL)

B, célula de un ganglio raquídeo y fibra sensitiva
A, célula y fibra motrices

Cuando la excitación es más intensa, se produce un reflejo monolateral difuso, y entonces el camino que sigue la onda nerviosa es el siguiente: la excitación, en lugar de alcanzar las astas anteriores por las colaterales sensitivo-reflejas del cordón posterior, es transmitida á una célula de los cordones, y entonces es la fibra principal y las colaterales de esta neurona, la que transmite la excitación á un número á veces considerable de células motrices.

Finalmente, cuando la excitación es muy grande, el *reflejo es bilateral* é interesa á los músculos simétricos de los dos lados del cuerpo. En este caso, es preciso admitir que, además de la corriente señalada anteriormente, se produce una segunda que, pasando por las células comisurales (heterómeras) va á impresionar á las células motrices del asta opuesta (CAJAL).

2.º Neurona sensitiva central y vía sensitiva central. — La vía seguida por las impresiones táctiles es la única que es bien conocida. La excitación llega á la médula, como se ha indicado ya, por la vía sensitiva periférica. Ascende en seguida por las ramas ascendentes de las fibras de los núcleos posteriores y va á impresionar á las células situadas en los núcleos de GOLL y de BURDACH. El axón de estas células, que sigue por la cinta de

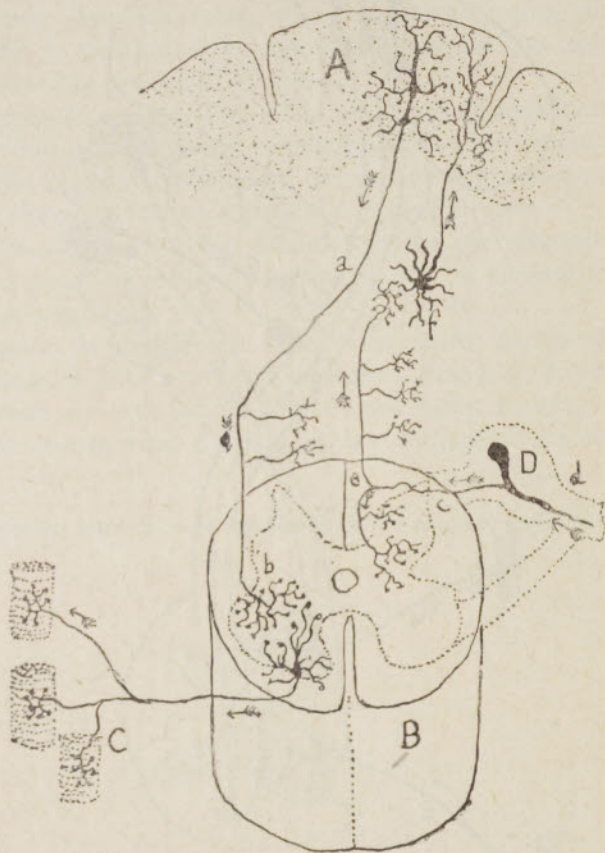


Fig. 355. — Esquema que demuestra la vía sensitivo-motriz central (CAJAL)

D, célula de un ganglio raquídeo. — O, fibra central de esta célula que da una fibra ascendente que va á impresionar una célula del núcleo de BURDACH (F), cuyo axón impresiona en la corteza cerebral, mediante una arborización terminal (G) una célula piramidal (A). — a, axón de esta célula que por su arborización terminal (b) impresiona una célula motriz de la médula. — C, músculo.

REIL, viene á terminarse en torno de las células piramidales, á las que transmite la excitación.

Además de la vía táctil, hay en la médula una vía sensitiva cerebelosa, y otra mal conocida para las sensaciones dolorosas y térmicas.

La vía sensitiva cerebelosa está representada por neuronas, cuyas células yacen en la columna de CLARKE y cuyo axón asciende por el fascículo cerebeloso ascendente, donde termina no se sabe de qué modo. Las células de la columna de CLARKE se hallan en relación con un número considerable de colaterales del cordón posterior, pero se ignora cómo terminan estas

fibras en la periferia. Siendo conocidas las probables funciones del cerebelo (coordinación de los movimientos), es lícito suponer que estas fibras terminan en la periferia mediante arborizaciones musculares sensitivas, corpúsculos de PACINI intermusculares y corpúsculos de GOLGI (CAJAL).

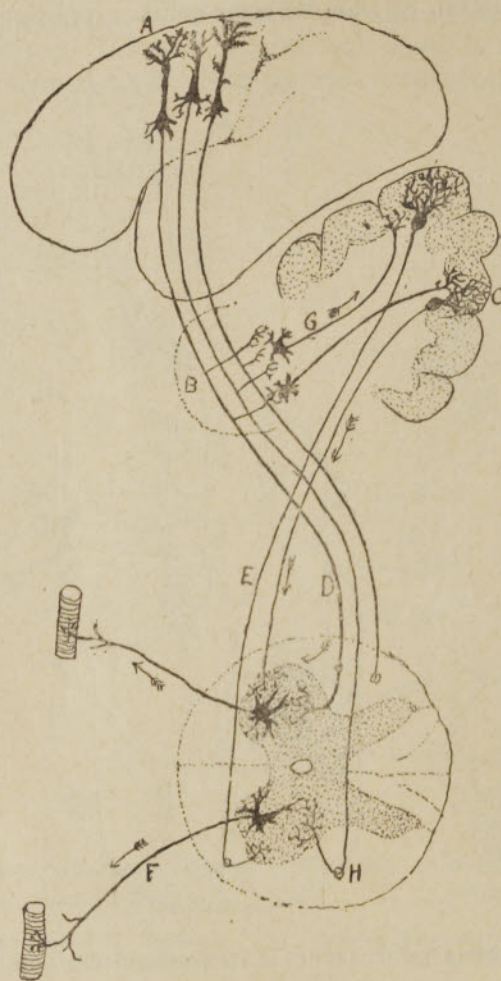


Fig. 356. — Esquema de la doble vía motriz cerebral y cerebelosa (CAJAL)

A, zona motriz cerebral.—B, protuberancia.—G, pedúnculos cerebelosos medios.—C, corteza cerebelosa
E, vía de MARCHI.—D, vía piramidal cruzada.—F, nervio motor

3.º **Neurona motriz central. Vía motriz central.**—La neurona motriz central yace en la corteza cerebral y está representada por las células piramidales. La excitación recibida por el penacho protoplasmático de estas células sigue por el axón y va a impresionar, gracias a la arborización de este axón, las células motrices de la médula del lado opuesto. El axón de estas últimas es el que conduce a los músculos la excitación motriz.

Además de esta vía motriz, existe una segunda indirecta. Es la vía cerebral, protuberancial, cerebelosa y medular. La excitación procedente

de las células piramidales marcha por el axón de estos elementos á impresionar las células motrices de la médula como en el caso precedente. Pero por las colaterales que emite á nivel de la protuberancia va á impresionar las células de esta región. Ahora bien, las prolongaciones de estas células conducen tal excitación, siguiendo los pedúnculos cerebelosos medios, á las células de PURKINJE. Los axones de estas células que forman la vía descendente de MARCHI, conducen esta excitación á nivel de las células motrices de la médula. Esta vía sería, según algunos autores, el lugar de un reflejo destinado á restablecer el equilibrio durante los movimientos que desplazan el centro de gravedad (CAJAL).

4.º Neuronas de asociación.—Las neuronas de asociación, de las que ya nos hemos ocupado al hacer el estudio de los movimientos reflejos, se hallan destinadas á poner en relación neuronas sensitivas ó motrices más ó menos alejadas. Son medulares, cerebrales ó cerebelosas.

Las neuronas de asociación medular, están representadas por células con axón corto, y por las células cordonales que ya han sido estudiadas en la médula (véase pág. 553).

Las neuronas de asociación cerebrales, están representadas por las células y las fibras de asociación del cerebro (véase pág. 626).

Las neuronas de asociación cerebelosas están representadas por las células de axón corto, tipo de GOLGI, las células de los cestos, etc. (CAJAL) (1).

(1) Las neuronas sensoriales se estudiarán en los órganos de los sentidos.

CAPITULO XXXV

ENVOLTURAS DEL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL

§ 1. — DURAMADRE

Desde el punto de vista puramente histológico, no hay por qué describir separadamente la duramadre cerebral y la espinal, pues estas dos membranas tienen la misma estructura. La duramadre es una membrana fibrosa en la que es preciso distinguir un *revestimiento endotelial* y un *tejido propio*.

a. El *revestimiento endotelial* se presenta, tanto en la cara parietal como en la visceral de la duramadre. Está constituido por una sola hilera de células pavimentosas, poligonales, que miden de 11 á 12 μ .

b. El *tejido propio* está formado por *fascículos conjuntivos* mezclados con *fibras elásticas*. Entre estas fibras se hallan células conjuntivas ordinarias, así como elementos del plasma de WALDEYER (1).

Este tejido contiene *vasos y nervios*. Los *vasos* propios de la duramadre son poco numerosos; suministran dos redes capilares situadas, una en la parte externa y otra en la interna de la membrana, comunicando entre sí por múltiples anastomosis.

Los *nervios* son de dos clases: los *nervios vasculares* caminan paralelamente á los vasos á los que dan filetes desprovistos de mielina; los *nervios propios de la duramadre* proceden, ó de los vasculares ó de troncos nerviosos independientes. Estos nervios dan ramas desprovistas de mielina, que forman un rico plexo en el espesor de la membrana. Este plexo no se halla uniformemente distribuido en toda la extensión de la duramadre; al lado de territorios desprovistos de nervios, hay otros que poseen un número considerable.

§ 2. — PIAMADRE

La piamadre se compone de dos capas: una *interna* aplicada al cerebro, y otra *externa* en contacto con la aracnoides.

1.º La *capa interna* está constituida por *fibras conjuntivas* tan íntimamente entrecruzadas que más bien parecen fundidas y homogéneas. Entre estas fibras se hallan *células conjuntivas*. Esta capa no puede confundirse con

(1) Véase la descripción del tejido conjuntivo.

la de neuroglia que tapiza la superficie del cerebro. «En efecto, este tejido se transparenta en el ácido acético, en la disolución de potasa y en el agua hirviendo. Así, por ejemplo, en este último reactivo, mientras que esta capa se modifica del mismo modo que el tejido conjuntivo, es decir, que su estructura fibrosa desaparece dejando ver los núcleos, las fibras elásticas y los vasos en medio de una masa transparente y blanda; la neuroglia cortical, por el contrario, tratada por la cocción no sufre cambios ni en su volumen ni en su textura, pues todo lo más que ocurre es que se aprieta más y se transforma en menos transparente» (1).

2.º La *capa externa* tiene el aspecto habitual del tejido conjuntivo. Está formada por *fibras conjuntivas onduladas*, entrecruzadas en todas direcciones, por *células conjuntivas* y por *fibras elásticas*.

Se hallan, en el espesor de la primera capa, cierto número de *células pigmentarias* ramificadas, abundantes especialmente en la base del cerebro y en la cara anterior de la protuberancia. Estas células se presentan preferentemente en los individuos de edad avanzada.

La capa externa de la piamadre contiene gran número de vasos y nervios.

Los *vasos* son de dos clases: unos están destinados á la substancia cerebral, otros constituyen los vasos propios de la piamadre. Estos últimos forman una red capilar de mallas relativamente apretadas.

Los *nervios* son en su mayoría vasculares; algunos, sin embargo, parecen destinados á la misma membrana, en la cual terminan por engrosamientos en forma de botón.

§ 3. — ARACNOIDES

La aracnoides fué considerada en Francia, después de los trabajos de BICHAT, como una membrana serosa. Presenta, como todas ellas, dos hojas: una *parietal* y otra *visceral*.

1.º *Hoja parietal*.—La hoja parietal tapiza la cara interna de la duramadre y se confunde con ella. Está formada por una lámina conjuntiva más ó menos distinta de la duramadre, recubierta en su cara interna por un endotelio. Así, pues, el endotelio que hemos descrito en la cara interna de la duramadre pertenece, en realidad, á la aracnoides.

2.º *Hoja visceral*.—La hoja visceral constituye una verdadera membrana delgada, transparente, formada por *fascículos conjuntivos*, *células* y *fibras elásticas*. La cara externa de esta membrana está recubierta por un endotelio semejante al que tapiza la hoja parietal, sin adherirse á ella, de tal modo que existe entre las dos hojas de la aracnoides una cavidad virtual susceptible de ensancharse. La *cara interna* de la hoja visceral presenta distintas disposiciones según que se la estudie en la médula ó en el cerebro. La hoja visceral de la aracnoides raquídea se halla muy apartada de la piamadre, á la superficie de la cual está unida por un considerable número de *filamentos*. Cada uno de estos *filamentos* formados por fascículos conjuntivos se halla recubierto por una vaina de células endoteliales. Existe, pues,

(1) POUCHET y TORNEUX, *Précis d'histologie humaine*.

entre la hoja visceral y la piamadre un espacio subaracnoideo, tabicado por filamentos y que se halla ocupado por el líquido céfalo-raquídeo. La hoja visceral de la aracnoides cerebral está dispuesta de tal modo que se une á la piamadre á nivel de las partes salientes, y queda libre á nivel de las depresiones, donde se relaciona con aquélla mediante tractus conjuntivos. El espacio subaracnoideo es, pues, muy restringido.

Granulaciones de Pacchioni. — La descripción de las granulaciones de PACCHIONI debe hacerse aquí, puesto que estas granulaciones representan, según los modernos anatómicos, simples vegetaciones conjuntivas que se originan en los espacios subaracnoideos y se desarrollan en seguida hacia fuera, rechazando poco á poco á las dos membranas que las recubren, la aracnoides y la piamadre. Estas granulaciones presentan para su estudio una *masa central* y una *porción periférica*.

1.º *Masa central.* — La masa central está formada por filamentos conjuntivos semejantes á los subaracnoideos, separados por hendiduras y alvéolos en los que penetra el líquido céfalo-raquídeo. En el anciano, se hallan, en la masa central, granulaciones de fosfato y carbonato de calcio.

2.º *Porción periférica.* — La porción periférica está constituída por la duramadre, tapizada por dentro por la aracnoides. Entre estas dos envolturas existe una cavidad en forma de hendidura que se continúa con la cavidad virtual que separa á las dos hojas de la aracnoides.

CAPITULO XXXVI

TERMINACIONES NERVIOSAS

No estudiaremos aquí más que las terminaciones de los *nervios motores*; las de los *sensitivos* se estudiarán cuando describamos los órganos de los sentidos y la piel.

§ I. — TERMINACIONES DE LOS NERVIOS EN LOS MÚSCULOS ESTRIADOS

Si se examina la serie de los animales, se halla que los nervios no terminan en los músculos estriados siguiendo un solo procedimiento, sino que pueden distinguirse tres principales variedades de terminaciones nerviosas: las *eminencias de Doyère*, que se hallan en los articulados; los *husos de Kühne* de los batracios anuros y las *placas motrices*.

A. Eminencias de Doyère. — Se las encuentra en los articulados, donde se presentan en forma de conos aplicados por su base á los fascículos primitivos. Cada eminencia de DOYÈRE comprende dos partes: la *substancia propia* y la *fibra nerviosa*.

1.º La *substancia propia de la eminencia* está constituida por una materia granulosa, sembrada de núcleos y recubierta por el sarcolema, dentro del cual se halla contenida dicha substancia.

2.º La *fibra nerviosa* (1), llegada á nivel de la eminencia, abandona su vaina que se une con el sarcolema, y se sumerge en la substancia granulosa, en el seno de la cual las fibrillas del axón se dispersan. Según RANVIER, es imposible seguirlas más allá de la base del cono; según otros histólogos, estas fibrillas se unirian á los discos delgados de las fibras musculares (2).

B. Husos de Kühne. — En los batracios anuros, y especialmente en la rana, es donde se han estudiado estas terminaciones. El tubo nervioso llegado á nivel de un fascículo primitivo, se divide y subdivide de modo

(1) Los nervios de los articulados están formados por fibras amielínicas, constituidas á su vez por fibras elementales. Cada fascículo estriado recibe muchas fibras nerviosas que se unen en diferentes puntos de su superficie.

(2) Contra esta opinión, hoy se ha demostrado que las fibrillas terminan por extremidades libres, análogas á las que se observan en las placas motrices de los mamíferos.

que da origen á muchas ramas que serpean por la superficie del fascículo, perdiendo pronto la mielina y penetrando por debajo del sarcolema. Cuando se han puesto en contacto con la substancia estriada, suministran una serie de *fibras rectilíneas* ó ligeramente sinuosas que caminan por debajo del sarcolema paralelamente al eje del fascículo, y que RANVIER designa con el nombre de *tallos terminales* (1), pues parecen terminar mediante una extremidad redondeada y afilada. Tal es el huso de KUHNE. Según algunos autores, los *tallos terminales de Ranvier* darían nacimiento á fibrillas más finas que penetrarían en el interior mismo del fascículo primitivo y allí formarían una red muy delicada.

C. Placas motrices. — Los nervios se terminan en los músculos

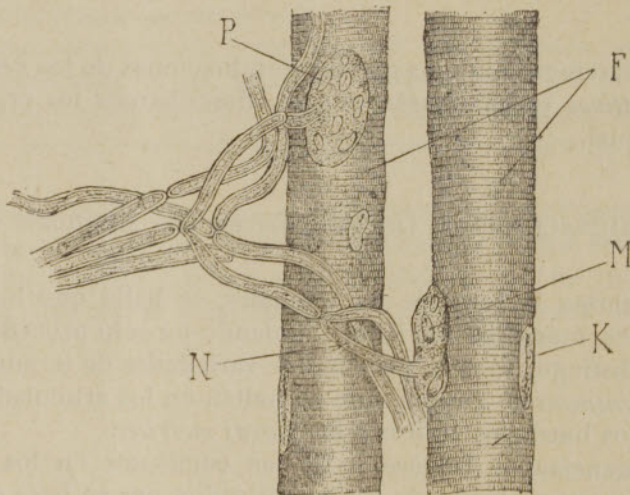


Fig. 357. — Placas motrices

F, fascículo muscular. — P, M, placas motrices. — K, núcleo del sarcolema. — N, fibras nerviosas

estriados de los mamíferos, de los peces, de las aves y de los reptiles, en forma de eminencias nerviosas que han recibido el nombre de *placas motrices* (ROUGET). Cada fascículo primitivo posee una placa motriz que presenta para su estudio una *substancia* que sirve de soporte al elemento nervioso, y la *fibra nerviosa*.

a. La *substancia que sirve de soporte al aparato nervioso terminal* se halla situada completamente debajo del sarcolema. Es una substancia finamente granulosa, sembrada de núcleos. Estos núcleos son de tres clases: los núcleos de las ramas de la arborización, los que pertenecen á la membrana que recubre la placa terminal (núcleos vaginales) y finalmente los propios de la substancia de la placa (núcleos fundamentales).

b. La *fibra nerviosa*, llegada á nivel de la placa motriz, pierde su mielina y su vaina de HENLE que se une al sarcolema y penetra por debajo de este último. En este sitio se ramifica dando origen á una arborización ter-

(1) Hállanse núcleos á lo largo del huso de KUHNE.

terminal formada por las ramas sinuosas, alternativamente estrechadas y ensanchadas, terminándose mediante extremidades libres, unas veces redondeadas y otras ligeramente afiladas. Todas estas ramas dan nacimiento á otras secundarias, cuya extensión y trayecto son muy variados. Algunas veces se anastomosan entre sí, pero lo más frecuente es que permanezcan individua-

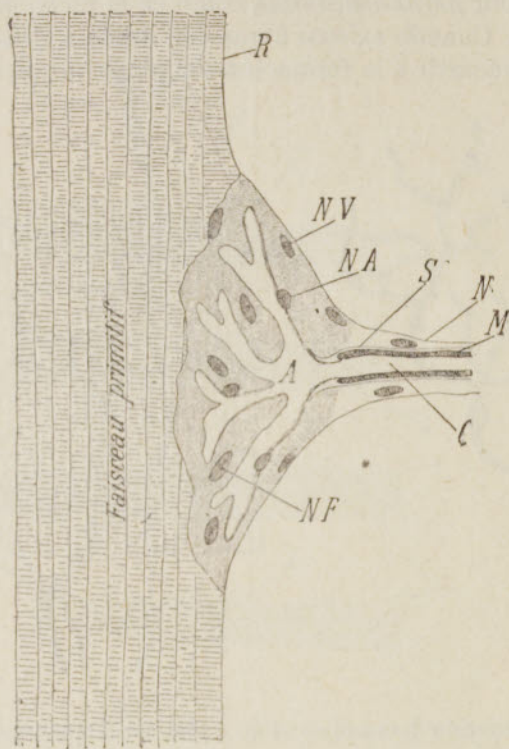


Fig. 358. — Estructura de una placa motriz (esquema)

R, sarcolema. — NV, NA, NF, núcleos de la placa motriz. — C, axón. — A, arborización terminal
S, vaina de SCHWAN. — N, vaina de HENLE. — M, mielina

lizadas. Si se estudia la fina estructura de estas ramas, se ve que parecen formadas por dos substancias: una porción central que tiene un bajo índice de refracción, y una porción periférica de refringencia mucho más elevada y que llega hasta sobrepasar la de las partes que la rodean (RANVIER) (1).

§ 2. — TERMINACIÓN DE LOS NERVIOS EN LOS MÚSCULOS LISOS

Antes de terminarse en los músculos lisos, los nervios forman tres plexos ó redes:

Un plexo *fundamental*;

(1) Si se comparan las placas motrices, las eminencias de DOYÈRE y los husos de KUHNE, se ve que son formaciones análogas, que no difieren más que por la mayor ó menor abundancia de substancia granulosa. La eminencia de DOYÈRE es muy rica en ella, el huso de KUHNE es muy pobre y la placa motriz representa un término medio.

Otro *intermediario*;

Otro *intramuscular*.

1.º *Plexo fundamental*. — El plexo fundamental está situado en la *túnica celular* subyacente á los músculos. Está formado, unas veces por las *dos variedades de fibras nerviosas*, como en la vejiga de la rana, y otras exclusivamente por *fibras amielínicas*, como en el plexo mientérico del intestino del conejo. Cuando existen fibras con mielina, éstas pierden su envoltura antes de concurrir á la formación del plexo propiamente dicho. Este,



Fig. 359. — Arborización terminal de una placa motriz

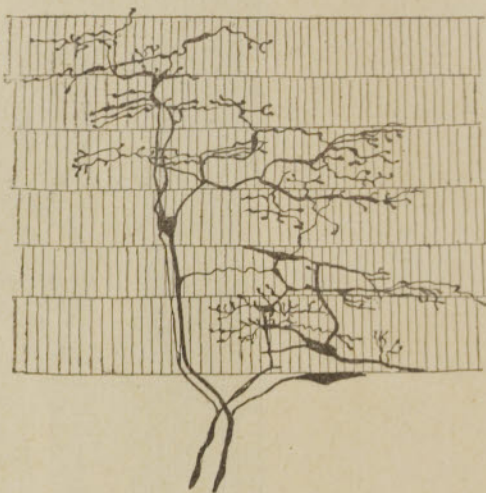


Fig. 360. — Terminaciones motrices en los músculos estriados impregnados con el método de GOLGI (según VAN GZHUCHTEN).

se presenta en forma de una red cuyas trabéculas, formadas por un número considerable de fibrillas que se entrecruzan de modo muy complicado y contienen á nivel de los nudos un número considerable de *células nerviosas multipolares*.

2.º *Plexo intermediario*. — Del plexo fundamental se desprenden fibras nerviosas, que se dividen y subdividen formando una red cuyas trabéculas no contienen células nerviosas. Este plexo une el fundamental con el intramuscular.

3.º *Plexo intramuscular*. — Este plexo se presenta en forma de una red de mallas romboidales ó poligonales, cuyas trabéculas gruesas, paralelas al eje mayor de las células, están unidas por ramas más pequeñas, perpendiculares á estas mismas células. Las fibras lisas se hallan así envueltas por la red nerviosa. Del plexo intramuscular se desprenden fibras terminales muy delgadas que se insinúan entre las células y van á terminarse en la vecindad del núcleo de la fibra lisa mediante un pequeño engrosamiento designado con el nombre de *mancha motriz*. En algunos animales, estas

fibras terminales parecen faltar y las trabéculas de la red intramuscular parecen ensancharse simplemente á nivel del núcleo.

Según RANVIER, no debe considerarse este modo de terminación como diferente del precedente, puesto que se trata de verdaderas manchas motrices que poseen un *pedículo extremadamente corto*.

Los histólogos no se hallan por completo de acuerdo sobre el modo de

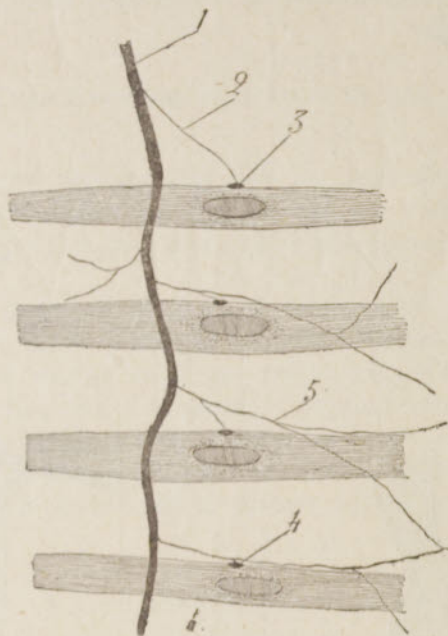


Fig. 361. — Terminaciones nerviosas en las fibras lisas. (Figura de demostración)

1, fibra nerviosa. — 2, fibra destinada á una célula. — 3, 4, manchas motrices. — 5, plexo nervioso

terminarse los nervios en los músculos lisos. Mientras unos afirman que no hay nada más allá del plexo *intramuscular*, otros sostienen que los nervios terminan en los músculos mediante extremidades libres. Unas veces en el *núcleo*, otras en el *nucléolo*, y otras en el protoplasma que ocupa el centro del elemento contráctil, se ha situado por los autores el engrosamiento puntiforme (*mancha motriz*) donde aboca la fibra terminal.

§ 3. — TERMINACIONES NERVIOSAS DE LOS TENDONES

Los tendones son muy ricos en fibras nerviosas, que terminan en estos órganos de tres diferentes maneras: por arborizaciones libres, en los corpúsculos de GOLGI y en los corpúsculos de PACINI.

1.º *Arborizaciones libres*. — Los nervios penetran en los tabiques interfasciculares; allí se dividen dando fibras nerviosas que pierden pronto su mielina para transformarse en axones desnudos. Estos caminan por entre

los fascículos tendinosos y terminan libremente por extremidades redondeadas ó aplanadas.

2.º *Corpúsculos de Golgi*. — Los corpúsculos de GOLGI existen en todos los tendones en la vecindad de su inserción muscular. Generalmente son en número restringido, pues mientras que en unos tendones se cuentan 25, en otros no se hallan más que de 5 á 20. La forma de los corpúscu-



Fig. 362. — Corpúsculo de GOLGI

N, nervio del corpúsculo. — M, fibras musculares
T, fibras tendinosas. — C, corpúsculo

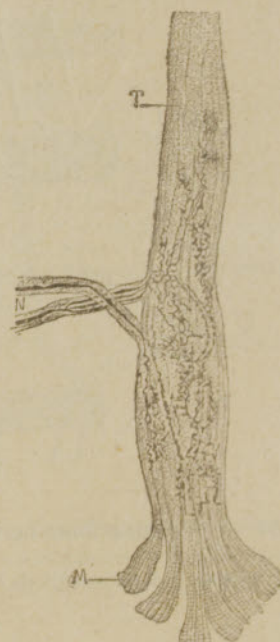


Fig. 363. — Terminación de los nervios en los corpúsculos de GOLGI (esquema)

N, nervio. — T, tendón. — M, músculo

los de GOLGI se aproxima á la de un huso, á menudo bifurcado ó trifurcado en una de sus extremidades.

Los corpúsculos de GOLGI están formados por una vaina laminosa (1), es decir, por laminillas conjuntivas tapizadas en su cara interna por un endotelio, que envuelve dos ó tres pequeños fascículos tendinosos, invadiendo á veces las fibras musculares que los continúan. Fibras nerviosas, en número variable, penetran en el corpúsculo por su parte media, pierden la vaina de HENLE que se une á las láminas de la envoltura laminosa, se despojan de su mielina y se resuelven en axones que terminan libremente mediante extremidades ensanchadas y varicosas.

(1) Véase las terminaciones nerviosas de la piel.