

del ramaje de las células de Purkinje. Pero el hecho más importante consiste en que todas las ramitas colaterales descendentes, así como la arborización final de semejante fibra nerviosa, constituyen, ramificándose alrededor de los cuerpos de las células de Purkinje, un plexo espesísimo, íntimamente superpuesto al protoplasma; de suerte que cada cuerpo celular está forrado por una especie de cesto de ramificaciones nerviosas terminales excesivamente espesas y varicosas (fig. 173, *d*). De ahí el nombre de *Endkörben* (*cestos terminales*) dado por Kolliker, en su trabajo de confirmación, á tan singulares arborizaciones. El conjunto de todas las fibras que rodean el cuerpo de una célula de Purkinje se condensa por abajo, constituyendo á modo de punta de pincel que costea el primer trozo del cilindro-eje de dicha célula, precisamente en el punto en que éste carece todavía de mielina.

Por esta descripción rápida y por el dibujo que está á la vista (fig. 173, *d*), se comprende bien que el objeto de semejante disposición no puede ser otro que establecer una relación dinámica, una verdadera comunicación de corriente entre los elementos estrellados susodichos y las células de Purkinje.

**Capa de los granos.** — *Granos.* — Son corpúsculos pequeñísimos (de 4 á 6  $\mu$ ), escasos en protoplasma, que forman una masa apretadísima por debajo de la zona molecular. Golgi había demostrado en estos elementos varias expansiones; sin embargo, no acertó á precisar bien la terminación de las prolongaciones protoplasmáticas ni logró perseguir la funcional (fig. 173, *g*).

Las *expansiones protoplasmáticas* son cortas, en número de tres ó cuatro, y acaban todas á favor de una arborización reducida, digitiforme, que converge en las emanadas de los granos vecinos. La *expansión nerviosa* es finísima, sube á la zona molecular, y á diferente altura de la misma, se divide en T, constituyendo una fibra longitudinal, es decir, paralela á la dirección de la laminilla cerebelosa, y, en consecuencia, perpendicular al ramaje de las células de Purkinje. Esta fibra, llamada también *paralela*, no emite rama ninguna en su trayecto y se prolonga hasta el confin de la laminilla cerebelosa, donde acaba tocando casi en la substancia blanca, á beneficio de un engrosamiento varicoso y libre. De lo que se deduce que la fibra parale-

la producida por la bifurcación del cilindro-eje de los granos, representa una arborización nerviosa terminal reducida á su mayor simplicidad (fig. 174, *b*). Claro está que, dada la enorme longitud de una laminilla del cerebelo en los mamíferos adultos, no es posible la completa persecución de una fibra paralela; mas, afortunadamente, en los vertebrados inferiores (reptiles y batracios), y aun en los fetos de pequeños mamíferos, dicha persecución es relativamente fácil. Digamos de pasada que la disposición de los granos y sus fibras, así como la de las células de

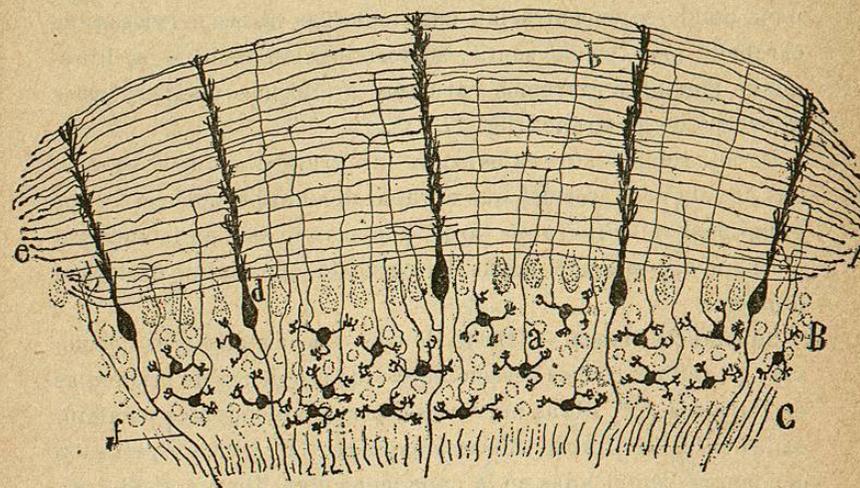


Fig. 174. — Corte longitudinal de una circunvolución cerebelosa. Figura semi-esquemática. — A, zona molecular; B, zona de los granos; C, zona de substancia blanca; *a*, cilindro-eje ascendente de un grano; *b*, bifurcación de este cilindro-eje y formación de una fibra paralela; *d*, célula de Purkinje vista de perfil; *e*, extremidad granulosa terminal de las fibrillas paralelas; *f*, cilindro-eje de un célula de Purkinje.

Purkinje y tubos de la substancia blanca, es esencialmente idéntica en todos los vertebrados, según han demostrado las indagaciones de mi hermano.

Si consideramos ahora que el infinito número de las fibrillas paralelas descansan sobre las espinas y asperezas que lateralmente ofrecen las ramas protoplásmicas de las células de Purkinje; si recordamos que no existen en la zona molecular otros elementos con los cuales puedan (al menos de tan directa y efi-

caz manera) establecer conexión, vendremos naturalmente á la conjetura, que las tales fibrillas representan un medio de unión por contacto entre los granos y las células de Purkinje.

*Células estrelladas grandes.* — En la zona de los granos habitan también unas grandes células, pocas en número y bien descritas por Golgi. Su ramaje protoplasmático diverge en todas direcciones, invadiendo á veces una gran parte de la zona molecular; su cilindro-eje flexuoso se consume luego en una infinidad de ramificaciones que se pierden entre los granos. Golgi pensó que esta arborización nerviosa abocaba á una red compleja donde se encontrarían casi todas las fibras nerviosas del cerebelo; pero, en mi sentir, su terminación tiene lugar libremente mediante extremos varicosos, arciformes y superpuestos al cuerpo de los granos (fig. 173, *f*).

De mis recientes trabajos sobre las grandes células estrelladas de esta zona, resulta que algunas de ellas pertenecen al tipo ganglionar de *cilindro eje largo*, penetrando éste en la substancia blanca y saliendo quizás del cerebelo, con alguno de los pedúnculos.

**Substancia blanca.** — Consta de tres especies de fibras nerviosas: 1.<sup>a</sup>, cilindros-ejes descendentes que provienen de las células de Purkinje; 2.<sup>a</sup>, fibras nerviosas espesas, ascendentes y ramificadas entre los granos (fibras *musgosas*); 3.<sup>a</sup>, fibras espesas ascendentes, ramificadas en la capa molecular (fibras *trepadoras*).

*Cilindros-ejes descendentes.* — Los hemos descrito ya. Pocos en número, bajan de las células de Purkinje, convergiendo en abanico hasta la substancia blanca para terminarse fuera del cerebelo, en otros centros nerviosos, quizás en la médula espinal.

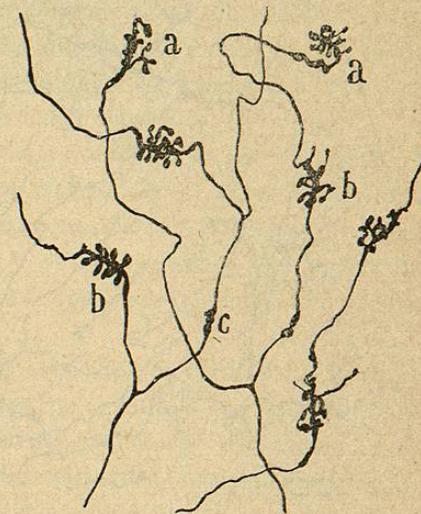
*Fibras musgosas.* — Gruesas, finamente ramificadas, las dimos este nombre por la singularidad que tienen de presentar, de trecho en trecho, ciertos espesamientos nudosos, erizados de cortas expansiones divergentes á manera de rosáceas, y semejantes al musgo que cubre los árboles (figs. 173, *h*, y 175).

No pasan estas fibras y sus ramificaciones de la capa de los granos, y se terminan, ya por nudosidades libres, ya á beneficio de rosáceas ascendentes análogas á las citadas. Mediante estas ramitas, dichas fibras parecen ponerse en relación con las ramificacio-

nes protoplásmicas de los granos, á los que conducen corrientes de otros centros nerviosos actualmente indeterminados. Es probable también que las ramificaciones terminales, á veces bastante extensas, de las fibras musgosas se hallen destinadas á relacionarse con el cuerpo y ramas de las células de Golgi (fig. 175, *a*).

*Fibras trepadoras.* — Son unas fibras espesas, meduladas, poco ó nada ramificadas á su paso por los granos, las cuales, una vez arribadas á la zona molecular, se aplican al tallo ascendente de las células de Purkinje, remontando por él como las lianas á lo largo de las ramas de un árbol tropical. Su terminación tiene lugar mediante una arborización varicosa y plexiforme aplicada á

las gruesas ramas primarias y secundarias de los corpúsculos de Purkinje, por cuyo motivo, cuando se impregna sólo dicha arborización, muestran sus ramos una orientación que traduce fielmente la de las expansiones protoplasmáticas de aquellos elementos. Semejante disposición constituye otro caso



placa de Rouget de los músculos, un cilindro-eje se arboriza sobre una célula gigantesca, á la que lleva una excitación originada en otros centros (fig. 176, *a*). La arborización terminal de las fibras trepadoras ofrece en el cerebelo humano un gran desarrollo.

Cuando se estudia un corte de laminilla cerebelosa teñida por el método de Weigert-Pal, se advierte entre los granos un plexo

Fig. 175.—Fibras musgosas del gato adulto. Cromato de plata. — *a*, arborización terminal; *b*, arborización colateral; *c*, nudosidades.

de fibras meduladas que disminuye progresivamente en riqueza hacia la capa molecular, en la cual sólo se ven junto á las células de Purkinje algunas pocas fibras longitudinales.

La comparación de estas preparaciones con las obtenidas por el método de Golgi, enseña que las fibrillas paralelas de la capa molecular, las arborizaciones trepadoras, los pinceles descen-

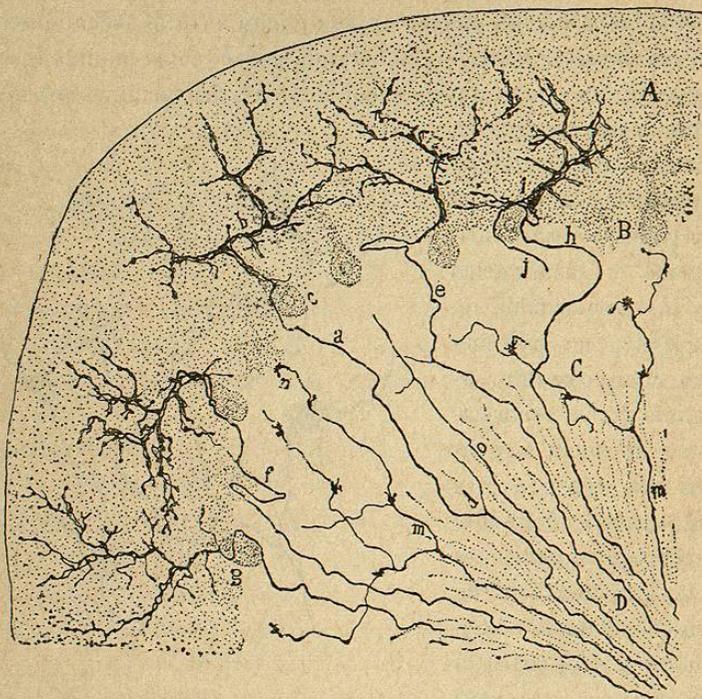


Fig. 176. — Fibras trepadoras del cerebelo del conejo. — A, capa molecular; B, cuerpo de las células de Purkinje; a, fibra trepadora; m, fibra musgosa.

dentos ó cestas terminales, carecen de mielina; pero que poseen esta envoltura los cilindros-ejes de las células de Purkinje, y el trayecto de las fibras musgosas y trepadoras.

*Neuroglia del cerebelo.* — Posee el cerebelo tres especies de células neuróglícas: 1.º, los corpúsculos de forma de horquilla, cuyo cuerpo reside en la zona de las células de Purkinje y cuyas ramas, en número de dos ó más, ascienden por la capa molecu-

lar y se terminan, mediante ensanchamientos, en la superficie cerebelosa; 2.º, las células estrelladas de la capa de los granos, notables por presentar en sus apéndices excrecencias laminares y alcanzar algunas de sus más largas expansiones la zona molecular; 3.º, los corpúsculos estrellados de la sustancia blanca, provistos de largas y lisas expansiones separatorias de los tubos nerviosos. De todas estas células, sólo el tipo tercero es coloreable por el método especial de Weigert (1).

*CORTEZA CEREBRAL.* — La sustancia gris de las circunvoluciones, exhibe una textura idéntica en lo esencial en todos los mamíferos y en cualquiera región cerebral en que se estudie. Las ventajas que el cerebro humano posee sobre el de los mamíferos, no afectan ni á la morfología ni al enlace de las células, sino al número de éstas y á la mayor longitud y ramificación de las expansiones protoplásmicas y colaterales nerviosas.

En la corteza cerebral motriz se cuentan de fuera á adentro las siguientes capas: 1.ª, ó *zona molecular*; 2.ª, ó *zona de las pequeñas pirámides*; 3.ª, ó *de las grandes*; 4.ª, ó *de los corpúsculos polimorfos*. Las capas 1.ª y 4.ª se distinguen bien de sus límites; pero no así la 2.ª y 3.ª, que se confunden por suaves transiciones.

*Zona molecular.* — Cuando esta capa se examina en cortes de cerebro simplemente teñidos con carmín, ó con las anilinas, exhibe una apariencia finamente granulosa ó reticulada. Acá y allá se muestran unos núcleos pequeños, correspondientes á células de neuroglia, especialmente abundantes junto á la pía-mater, y otros núcleos mayores, sumamente escasos, rodeados de un cuerpo protoplásmico triangular ó fusiforme que corresponden probablemente á células nerviosas. En la porción más superficial de la zona molecular, Kölliker descubrió una porción de fibras horizontales con mielina, que más tarde confirmaron Exner, con su método al ácido ósmico y amoníaco, y Edinger, Obersteiner, Todt, Martinotti, etc., con el procedimiento más valioso de Weigert-Pal (fig. 178, a).

Poco ó nada se sabía tocante al origen de estas fibras nervio-

(1) Véase el trabajo de Terrazas: *La neuroglia del cerebelo, etc.*, *Revista trimestral micrográfica*, tomo II, núm. 2, 1897.

sas, de las cuales sólo algunas parecen descender á capas más hondas de la corteza, hasta que hace cuatro años, Martinotti, haciendo uso del método de Golgi, demostró dos hechos importantes: que algunas de tales fibras se acodan, para hacerse verticales y continuarse con cilindros-ejes ascendentes procedentes de ciertas pirámides, y que la mayor parte de las fibras horizontales de la citada zona, se ramifican repetidamente como si fuesen arborizaciones terminales de cilindros-ejes.

Nuestros estudios sobre esta zona, han revelado la existencia de los siguientes elementos:

1.º *Células poligonales*.—Son de mediano tamaño (fig. 176, D), y de sus ángulos brotan varias expansiones protoplásmicas ramificadas en el espesor mismo de la capa molecular; el cilindro-eje es corto y se descompone en una ramificación extensa relacionada, al parecer, con los penachos terminales de las pirámides.

2.º *Células especiales de la corteza (Cajal'sche Zellen de Retzius)*.—Son células ya fusiformes, ya triangulares, ya estrelladas, tendidas horizontalmente en el espesor de la capa molecular y caracterizadas por poseer expansiones larguísimas parecidas á cilindros-ejes y ramificadas en ángulo recto. Las más finas de estas ramificaciones no pueden distinguirse de las ramillas nerviosas que circulan por esta zona y acaban libremente en ella, después de un trayecto horizontal variable. La ausencia de diferenciación entre expansiones protoplásmicas y nerviosas, aproxima estos singulares corpúsculos á los espongioblastos de la retina ó á los granos del bulbo olfatorio (fig. 176, A, B, y 180, A, B). No obstante, recientes indagaciones nuestras en la corteza humana nos han convencido que una de las expansiones es mucho más larga que las otras, posee forro medular, y debe estimarse por axon.

La reunión de todas estas fibras nerviosas autóctonas, junto con las que ascienden de las zonas subyacentes, constituye en la primera capa cerebral un plexo apretadísimo, por entre cuyas mallas pasan las ramas terminales de los penachos ascendentes de las pirámides (fig. 176). Es imposible no considerar esta singular disposición, que por cierto se halla con los mismos caracteres en todos los vertebrados, como un importante ejemplo de

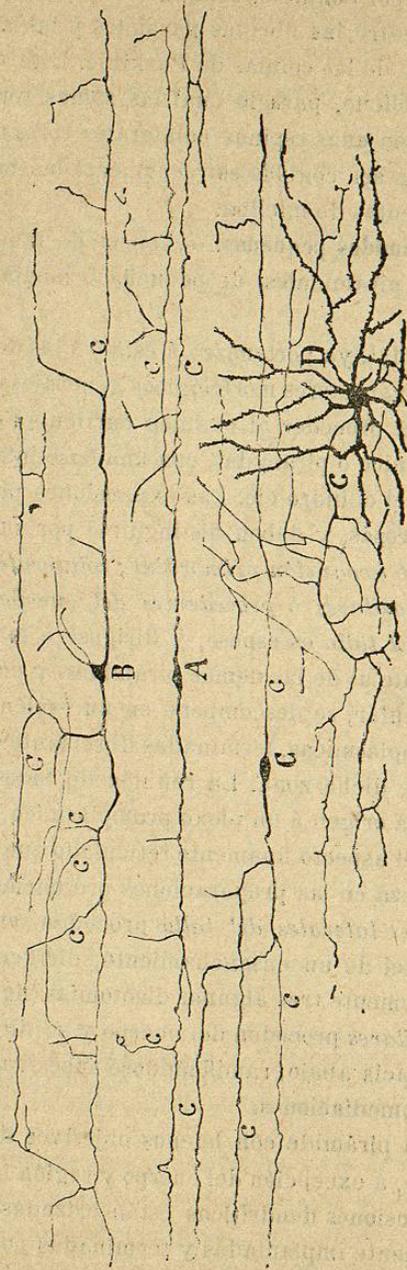


Fig. 177. — Elementos de la zona molecular cerebral. — A, B, C, células especiales de dicha zona; D, célula poligonal ó de cilindro-eje corto. — Nota: Todas las expansiones marcadas con c, presentaban aspecto de cilindros-ejes; no obstante, sólo una de ellas relativamente espesa y larguísima debe reputarse por axon verdadero. En la corteza humana, este apéndice larguísimo y horizontal es relativamente espeso y suministra numerosas colaterales, nacidas en ángulo recto y arborizadas en torno de corpúsculos de axon corto.

transmisión nerviosa por contacto, comparable á la que se verifica en el cerebelo, entre las fibrillas paralelas y las arborizaciones protoplásmicas de las células de Purkinje. Este contacto sería transversal ú oblicuo, para lo cual las ramas terminales de las pirámides poseen unas espinas colaterales cortas, en cuyos intervalos parecen ser cogidas estrechamente las más finas fibrillas nerviosas exentas de mielina.

**Zona 2 ó de las pirámides pequeñas.** — Consta de muchos elementos poliédricos ó piramidales, de pequeña ó mediana talla (de 10 á 12  $\mu$ ).

Toda célula piramidal, ya pertenezca á ésta ó á las demás capas cerebrales, posee caracteres morfológicos generales que conviene reseñar antes de proceder al examen particular de cada capa. El cuerpo es cónico ó piramidal, con una base inferior, de la que parte siempre el cilindro-eje. Las expansiones protoplásmicas son muy numerosas, y deben distinguirse por su origen, en: *tallo ascendente ó expansión primordial*; *colaterales del tallo*, y *expansiones basilares ó procedentes del cuerpo celular* (figs. 178 y 179, A). *El tallo* es espeso, y dirigese á lo alto del cerebro, paralelamente al de las demás pirámides, y en cuanto llega á la zona molecular, se descompone en un espléndido penacho de ramas protoplásmicas, terminadas libremente entre las fibrillas nerviosas de dicha zona. La reunión de todos los penachos periféricos, da origen á un plexo protoplásmico tupidísimo, al cual se debe el aspecto finamente reticulado que muestra esta parte de la corteza en las preparaciones ordinarias al carmín. *Las expansiones laterales del tallo* proceden, en ángulo recto ó agudo, al nivel de un ensanchamiento, dirigense á los lados, y acaban libremente tras algunas dicotomías (fig. 178, B). *Las expansiones basilares* proceden del cuerpo y se dirigen, ya hacia los lados, ya hacia abajo, ramificándose sucesivamente y perdiéndose en las inmediaciones.

Si se examina una pirámide con buenos objetivos de inmersión, se advierte que, á excepción del cuerpo y región inicial del tallo, todas las expansiones dendríticas están erizadas de espinas, perpendicularmente implantadas y terminadas por una varicosidad.

Las expansiones protoplásmicas delgadas, exhiben, además, coloreadas por el método de Ehrlich, un aspecto sumamente varicoso, tomado como disposición normal por Dogiel, Renaut y otros. Tales varicosidades que atraen vivamente el azul y se ha-

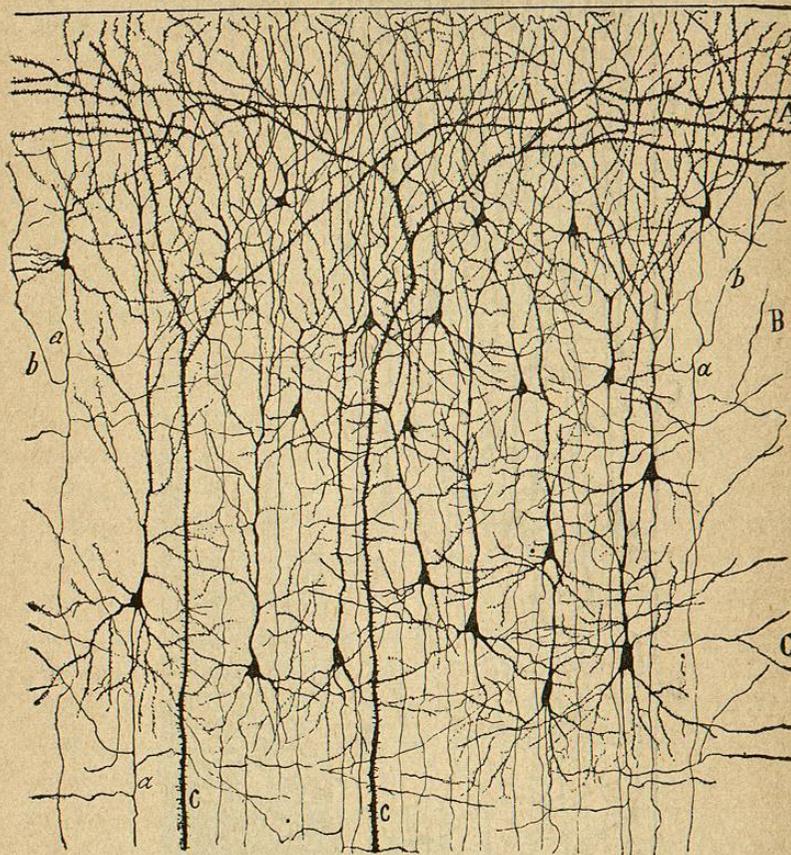


Fig. 178. — Corte de circunvolución humana. Capas primera, segunda y tercera de la substancia gris. — A, zona plexiforme ó molecular; B, de pequeñas pirámides; C, de grandes pirámides; a, axon; b, colaterales; c, tallos protoplásmicos de pirámides gigantes.

llan á menudo ahuecadas por una vacuola clara, deben estimarse como alteraciones provocadas por la acción del aire (al cual hay que exponer mucho rato las células en fresco para lograr el teñido), pues no aparecen en las preparaciones de Golgi, en las