CAPÍTULO VIII

NEUROGLIA

Morfología de la célula de Deiters. — Tipo neuróglico de la substancia blanca. — Tipo neuróglico de la gris. — Célula epitelial. — Estructura de la neuroglia. — Consideraciones generales acerca de la significación funcional de los corpúsculos neuróglicos.

Generalidades.

Las *células de neuroglia ó aracniformes* (por parecerse á una araña), llamadas también *corpúsculos de Deiters* —en honor de su descubridor— forman el armazón y soporte de la trama nerviosa de los centros. Este armazón separa por una parte las expansiones dendríticas y fibrillas nerviosas que no deben mantener contactos funcionales, y por otra, protege y sostiene los capilares sanguíneos.

El espesor de la urdimbre neuróglica varía mucho en los diversos centros; puede, sin embargo, afirmarse que es mucho más abundante en la substancia blanca que en la gris, y que en esta última, la cantidad de fibras neuróglicas guarda proporción con la cuantía de los tubos medulares que la recorren. Es de notar también la gran riqueza de este armazón fibrilar en las zonas limitantes ó superficiales de los focos encefálicos, así como en torno del epéndimo (Weigert).

MORFOLOGÍA DE LAS CÉLULAS NEURÓGLICAS

Caracteres generales de la neuroglia.

Los tres tipos de células neuróglicas.

Por lo común, el corpúsculo neuróglico, se caracteriza por su forma estrellada y por el extraordinario número de las expansiones radiadas que suministra ; empero, su morfología cambia mucho en las distintas substancias de los centros, consintiendo una distinción en tres tipos celulares, anatómica y acaso fisiológicamente diversos: 1.°, *la célula neuróglica fibrilar* ó de largas fibras (elementos de la substancia blanca) ; 2.°, *la célula neuróglica de expansiones cortas* (*células protoplásmicas* de Andriezen) ó elemento neuróglico de la substancia gris ; y 3.º, *la célula neuróglica epitelial*. [Estos tres tipos, poco semejantes desde el punto de vista morfológico y quizás fisiológico, no son tan tajantes para que no encontremos muchas formas intermedias, sobre todo durante el desarrollo y en las regiones limítrofes ; existen además frecuentemente tipos aberrantes.]

Denominaciones diversas.

Células neuróglicas de largas expansiones ó corpúsculo de la substancia blanca. — Llamadas también *corpúsculos de largas radiaciones* (Langstrahler) por Kölliker, *elementos de radios lisos* por Retzius, *células fibrilares* por Andriezen, es el tipo conocido de más antiguo, gracias á la facilidad con que se puede aislar en las preparaciones disociadas ; á él se refieren sobre todo las descripciones clásicas de Deiters, Ranvier y Golgi.

Caracteres anatómicos.

Trátase de un corpúsculo de soma diminuto (de 6 á 11 μ.) cuya superficie aparece erizada de crestas y de expansiones conoideas insinuadas en los intersticios de las fibras meduladas [fibras mielínicas]. De todo su contorno protoplásmico, y especialmente de los cabos de las crestas, parte un número considerable de filamentos (de 20 á 40 ó más) que divergen en todos sentidos, cruzando una gran parte de la substancia blanca é insinuándose, á menudo, en la gris inmediata. Estos hilos, brotados frecuentemente de un pedículo corto común á varios (fig. 77), son lisos ó ligeramente varicosos, y trazan ondulaciones para acomodarse á las curvas de los tubos conductores ; en su camino rara vez se dicotomizan como no sea cerca de su origen, y después de un trayecto variable, parecen terminar libremente.

Un examen atento de las células neuróglicas de la substancia blanca del cerebro humano (fig. 77) nos ha persuadido de que no todas las expansiones tienen igual longitud ni el mismo paradero. Bajo este aspecto, cabe distinguir tres clases de filamentos: 1.° Filamentos divergentes, extraordinariamente finos, de aspecto granuloso, colorables en amarillo ó amarillo café por el cromato argéntico, y terminados libremente no lejos del soma (fig. 77, *g*). 2.° Filamentos gruesos, lisos y extraordinariamente largos (fig. 77, *f*), tan largos, que, á menudo y en preparaciones bien impregnadas por el cromato de plata, pueden seguirse más de un milímetro. Frecuentemente, como Andriezen ha descrito (1) dichas fibras, tras un curso variable, se aplican á los vasos, á lo largo de los cuales corren paralelamente, engendrando una especie de *adventicia neuróglica*, destinada, según el citado autor, á amortiguar los choques demasiado violentos de la onda sanguínea. 3.º Apéndices vasculares descubiertos por Golgi, los cuales, ordinariamente gruesos y no ramificados, se insertan, después de un curso casi rectilíneo, sobre el endotelio de un capilar vecino, y, á beneficio de un ensanchamiento cónico (fig. 77, *a*, *b*). En algún caso, dicha prolongación se bifurca ó trifurca generando dos ó más conos terminales.

Tres tipos de prolongaciones.

De todas las expansiones citadas, sólo son constantes las gruesas y largas, que corresponden precisamente á las coloreables por el método de Weigert (véase más adelante) ; las finas y granulosas, así como los pedículos vasculares, faltan en muchas células y en determinadas regiones de la substancia blanca.

Las expansiones largas son las únicas constantes.

La trama fibrilar intersticial separatoria de los tubos nerviosos, está casi exclusivamente constituída por las fibras neuróglicas largas, las cuales se entrecruzan en todas direcciones, aunque dominando la paralela á los citados tubos, como Andriezen y Weigert han demostrado. Todo vaso delgado ó grueso lleva consigo un acompañamiento de hebras neuróglicas dispuestas en haces irregulares, y constitutivas de un forro ya completo ya incompleto (*adventicia neuróglica*). En ciertos vasos, los haces neuróglicos parecen marchar por solo un lado. [No debería confundirse esta capa de

Su disposición preferida a lo largo de los tubos nerviosos.

(1) *Andriezen* : *British medical Journal*, July, 28, 1893. Véase sobre todo su trabajo: On a system of fibre-cells surrounding the blood-vessels of the Brain of Man and Mammals and its physiological significance, etc. *Internat. Monatschr. f. Anat. u. Physiol.,* Bd. X, Heft. 11, 1893.

fibras neuróglicas perivasculares, cuya constancia no es absoluta, con la túnica adventicia que acompaña los capilares relativamente gruesos de las substancias blanca y gris. Esta túnica, formada de fibras conjuntivas colágenas, y fácilmente impregnable con la ayuda de ciertas fórmulas del método de nitrato de plata reducido (1), forma a veces puentes ligando la adventicia de un capilar a la de otro, a través de la substancia gris.]

Adventicia neuróglica y adventicia conjuntiva de los capilares.

¿Cuál es la suerte final de las fibrillas neuróglicas largas? Ranvier, cuyos estudios han recaído preferentemente en el tipo neuróglico de la substancia blanca, afirma que dichas fibras no tienen principio ni fin, continuándose las emanadas de una célula con las llegadas de otra. El cuerpo mismo del elemento neuróglico, no sería otra cosa que un punto de entrecruzamiento de las fibrillas, las cuales podrían atravesar de parte á parte y en distintos sentidos el protoplasma granuloso de la célula (2).

Opinión de Ranvier sobre la terminación de las prolongaciones largas.

Este dictamen, que había parecido harto arriesgado á los histólogos, ha tenido recientemente una brillante confirmación en los trabajos de Weigert (3), quien, fundándose en los resultados logrados con un método especial de coloración, afirma también la ausencia ó, al menos, la imposibilidad de reconocer la existencia de cabos terminales en los hilos neuróglicos ; éstos no se anastomosan ni ramifican jamás, y pasarían de un corpúsculo á otro de la neuroglia, sin tener con el protoplasma sino relaciones de contigüidad.

Opinión idéntica de Weigert.

Por lo contrario, todos ó casi todos los histólogos que han aplicado á la neuroglia el método del cromato de plata (Golgi, Cajal, Martinotti, v. Gehuchten, Kölliker, Retzius, P. Ramón, Azoulay, etc.), admiten la libre terminación de las fibras neuróglicas y su continuación substancial con el protoplasma celular.

Opinión contraria de los partidarios del método de Golgi.

Por nuestra parte, y después de nuevos estudios acerca de esta cuestión (4), y á pesar de las razones alegadas por Weigert, nos ratificamos en nuestro antiguo parecer de la terminación libre de las fibras neuróglicas, con el cual armonizan los siguientes hechos :

l.° Las expansiones de las células neuróglicas embrionarias se terminan libremente ; 2.°, el pedículo vascular y las prolongaciones más finas de dichos corpúsculos acaban también por extremos libres ; 3.°, las prolongaciones del tipo neuróglico de la substancia gris (véase más adelante), cuyo parecido morfológico é histológico con el de la substancia blanca no puede desconocerse, acaban constantemente por puntas libres á muy corta distancia de la célula. En vista de estos hechos, parece poco probable que las fibras largas de los corpúsculos neuróglicos de la substancia blanca se comporten de otra manera. Añadamos aún, que en el cerebelo, como Terrazas y nosotros hemos tenido ocasión de comprobar

Argumentos favorables a esta última opinión.

[(1) *Cajal* : Quelques formules de fixation destinées à la méthode du nitrate d'argent réduit. Trab. de Labor. de Recherches biol., t. V, 1907.]

(2) *Ranvier* : De la névroglie. *Compte. rend. Acad. Sciences*, juin 1892. — De la névroglie. *Arch. de Physiologie norm. et pathol.*, février 1893.

(3) C. Weigert : Beiträge zur Kenntnis der normalen menschlichen Neuroglia, etc. Frankfurt am Main, 1895

(4) *Cajal* : Algo sobre la significación fisiológica de la neuroglia. *Rev. trim. microgr.*, t. II, n° 1, 1897.

(1), las fibrillas largas cruzan á menudo la capa de los granos, así como la molecular, acabando libremente debajo de la *pia-mater* ó en la superficie endotelial de los capilares. En suma ; á nuestro juicio, las fibrillas neuróglicas largas se terminan libremente (á menudo, en superficies exteriores ó en paredes vasculares) ; pero antes de alcanzar su fin, pueden recorrer larguísimas distancias á través de las substancias blanca y gris, y sustraerse, por consiguiente, á una persecución total de su itinerario.

Como resultado de adaptaciones al terreno, el corpúsculo neuróglico de la substancia blanca, puede adoptar diversidad de formas [como Azoulay (2) había señalado], entre las cuales, las mejor definidas son : 1.° El *tipo normal estrellado* (la célula más común), cuyos apéndices marchan en todas direcciones. 2.° El *tipo aplanado perivascular* (corpúsculo descubierto por Andriezen), y caracterizado por su situación inmediata á un capilar y por emitir dos penachos polares destinados á la adventicia neuróglica del vaso. 3.° El *tipo bifasciculado*, muy común en la substancia blanca del cerebelo y médula (fig. 78), y en el cual los apéndices brotan de los polos del soma, constituyendo hacecillos dirigidos paralelamente á los tubos. 4.° El *monofasciculado ó monoradiado* descrito por Martinotti (3) en la superficie de la corteza cerebral (confirmado por Andriezen y otros), y el cual posee figura aplanada y sólo emite expansiones descendentes ramificadas, y tan largas que pueden pasar del tercio externo de la substancia gris, etc.

Denominaciones diversas.

Primera distinción entre las células neuróglicas de las substancias blanca y gris.

Células neuróglicas de la substancia gris (*células de cortas radiaciones* de Kölliker (Kurzstrahler), *elementos de radiaciones rizadas de* Retzius (Krausstrahler), *células protoplásmicas* de Andriezen). — Los histólogos anteriores á Golgi, y aun este mismo sabio (4), no distinguieron claramente la neuroglia de la substancia blanca, de la de la gris. Ya en 1888 (5), nosotros habíamos señalado en el cerebelo de las aves, las profundas diferencias morfológicas que separan los tipos neuróglicos de la capa de los granos, de los que pueblan la substancia blanca ; pero es preciso confesar que sólo Kölliker (6) y Andriezen (7) han insistido lo bastante en la referida distinción, estudiando minuciosamente la morfología de los elementos neuróglicos de la corteza gris cerebral de los mamíferos. Estos elementos han sido también perfectamente descritos por Retzius (8) en el

(1) *Terrazas* : La neuroglia del cerebelo, etc. *Revista trimestral micrográfica*, nº 1, 1897.

[(2) Azoulay : Note sur les aspects des cellules névrogliques, etc. *C. R. Société de Biol*., 10 mars 1894.]

(3) *Martinotti* : Contributo allo studio della corteccia cerebrale e all' origine centrale dei nervi. *Annal. di Freniatria*. Vol. I, 1889.

(4) *Golgi* : Sulla fina Anatomia degli organi centrali del sistema nervoso. Milano, 1895

(5) *Cajal* : Estructura de los centros nerviosos de las aves. *Revista trimestral de Histol. nor. y patol*., n° 1, 1888.

(6) *Kölliker* : Handbuch der Gewebelehre des Menschen. Bd. II, 1893.

(7) Andriezen : *British medical Journal*, July, 28, 1893.

(8) *G. Retzius* : Ueber den Bau der Oberflächenschicht der Grosshirnrinde beim Menschen und bei den Säugethieren. *Biologiska Foreningens Färhandlingar*, n°s 4 à 6, mars 1891. — Véase también su importante trabajo: Die Neuroglia des Gehirns des Menschen und der Säugethiere. *Biol. Untersuch.* ; Neue Folge. Bd. VI, 1894.

cerebro de los mamíferos, y por Azoulay (1) en la médula espinal humana. También Greppin (2), á vuelta de algunas aseveraciones que nos parecen arriesgadas, distingue ambos tipos neuróglicos : uno formado de cortas y rugosas expansiones, y otro caracterizado por la longitud notable de sus apéndices.

Caracteres anatómicos e histológicos.

Aparte su exclusivo yacimiento en la substancia gris, cuatro rasgos caracterizan perfectamente dicha especie neuróglica : 1.°, ofrecer un gran número de expansiones (mayor que el de las células neuróglicas de la substancia blanca) ramificadas y relativamente cortas, pues casi nunca pasan de 2 centésimas de milímetro [20 μ] ; 2.°, presentar cada expansión cubierta, bien de excrecencias irregulares (á veces de verdaderas laminillas), bien de numerosas espinas ó apéndices cortos, varicosos y mas ó menos ramificados; 3.°, acabar todas las expansiones á la misma distancia de la célula ; 4.°, carecer en absoluto de afinidad por el violeta de metilo del método especial de Weigert para el teñido de las fibras neuróglicas.

Por la forma, situación y conexiones del soma y apéndices de las células neuróglicas pequeñas ó de la substancia gris, estas se distinguen en tres variedades:

Tipos diversos.

1.° *Corpúsculos perivasculares*. — Poseen un soma triangular ó irregular, cóncavo por una cara que toca á un capilar y estrellado por la otra, de la que parten numerosos filamentos ramificados, flexuosos y penniformes (fig. 79, C).

2.° *Corpúsculos estrellados independientes*.— Estos son los más numerosos, exhibiendo un número extraordinario de expansiones divergentes, penniformes y onduladas, ninguna de las cuales parece hallarse en contacto con los capilares (fig. 79, A).

3.° *Corpúsculos pediculados*.— Bien descritos por Andriezen y Retzius, parecen menos abundantes que los anteriores, de quienes discrepan tan sólo por exhibir un corto ó largo pedículo, ya ramificado, ya liso, inserto, á favor de un ensanchamiento, en la pared de un capilar. Retzius, que los ha impregnado en la corteza del feto humano, los designa, por alusión á su forma, *podasteroide gliacitos* [*gliocitos podasteroides*] (fig. 79, B).

4.° *Corpúsculos caudales ó en forma de cometa*, etc. — Perfectamente descritos y dibujados por Retzius y señalados asimismo por nosotros y Andriezen, tales células son casi exclusivas de la primera capa cerebral. Entre ellas, domina el tipo caudal ; pero afectan también otras figuras : unas veces se modelan en estrellas provistas de un rabo penniforme, arqueado y dirigido á la pía-mater [(fig. 80, c)] ; otras afectan la figura de doble guirnalda ó de doble penacho [(fig. 80, e, d, b)], ya, en fin, el soma, yacente en la superficie de la pía, dirige el tallo y sus ramificaciones hacia abajo, produciendo una elegante arborización descendente. En la fig. 80, tomada del cerebro del gato de ocho días, casi todas las expansiones

(1) *Azoulay* : Note sur les aspects des cellules névrogliques dans les organes nerveux de l'enfant. *Comptes rendus Société Biol.,* París, 10 Mars 1894.

(2) Greppin: Ueber die Neuroglia der menschlichen Hirnrinde. *Anat. Anzeiger*, n° 9, 1893.

periféricas se veían terminar mediante eminencias cónicas en la superficie cerebral; verosímilmente, todos estos apéndices representan pedículos vasculares.

5.° *Células en forma de horquilla ó de cola de caballo*.─Residen en la corteza cerebelosa y fueron descubiertas por Golgi (fig. 81, a). El soma de tales corpúsculos carece inferiormente de expansiones, mientras que de su lado periférico brota uno, dos, á veces más tallos paralelos verticales y terminados en la pía por espesamientos cónicos. Durante su trayecto ascendente, estas fibras aparecen recubiertas de infinidad de excrecencias varicosas y ramificadas.

6.° *Corpúsculo neuróglicos peri-celulares*.─ Golgi, Nissl y Andriezen y Lugaro (1) han mencionado la existencia de elementos neuróglicos aplanados y menudos, que se pondrían en íntimo contacto con el soma de las células nerviosas. Nuestras investigaciones con el método de Nissl (2), confirmadas por Lugaro (3), demuestran que las citadas células son á veces muy numerosas, pudiendo reunirse en torno del soma de una pirámide tres, cuatro y hasta seis de las mismas. A menudo, tales células residen debajo de la porción bacilar del soma y como si escoltaran el segmento originario y amielínico del axon. Pero la disposición más interesante bajo este aspecto nos la ofrece la capa molecular del cerebelo del conejo (figura 83, B). En esta capa se hallan numerosas células de Golgi provistas de axon descendente, y debajo del soma, y sobre todo á lo largo del axon, se advierte una pléyade descendente formada por 6, 8 y hasta 10 ó 12 núcleos indudablemente de células neuróglicas, cuyo oficio parece ser el impedir el contacto del cilindro-eje con las expansiones protoplásmicas vecinas. En el cerebro hemos visto también algún corpúsculo neuróglico íntimamente aplicado al tallo radial de las células piramidales. Respecto á sus propiedades morfológicas, los corpúsculos pericelulares coinciden completamente con los tipos anteriores; el soma, más ó menos curvilíneo, toca por un lado al protoplasma nervioso, en tanto que por el contorno y opuesta cara emite numerosas expansiones penniformes, en parte libres, en parte aplicadas á la superficie de los apéndices protoplásmicos. En la figura 82 reproducimos dos células neuróglicas de esta especie tomadas del cerebro del hombre adulto. La impregnación había á la vez ennegrecido la célula nerviosa y su neuroglia protectora; pero, merced al empleo de un buen objetivo de inmersión, cabía distinguir perfectamente las expansiones de ambas especies celulares.

Células neuróglicas mixtas.─ En la capa de los granos del cerebelo y quizá en otras regiones de la substancia gris, se encuentran corpúsculos neuróglicos muy robustos, provistos de dos clases, de expansiones : unas gruesas, cortas, ramificadas y recubiertas de apéndices colaterales vellosos,

(1) *Lugaro* : Sulla struttura del nucleo dentato del cervelletto nell' uomo. *Mon. Zool. italiano*, fasc. 1, 1895.

(2) *Cajal* : Sobre las relaciones de las células nerviosas con las neuróglicas, *Rev. trim. microgr.,* t. I, n° 1, 1896. ─ Algo sobre la significación de la neuroglia. *Rev. trim. micr.*, t. II, nº 1, 1898.

(3) *Lugaro : Rivista di Patologia nervosa e mentale*, vol. I, 1896.

á menudo de verdaderas crestas ramificadas ; y otras que, después de exhibir en su porción inicial este mismo aspecto velloso, se tornan paulatinamente lisas, adquieren afinidad por el color del método de Weigert, y, atravesando luego la capa molecular del cerebelo, se terminan en la *pia-mater*. Es indudable que tales células, bien descritas recientemente por Terrazas (1), participan de las propiedades del tipo neuróglico ó protoplásmico de la substancia gris y del tipo fibrilar ó el de la substancia blanca, constituyendo, por tanto, una transición entre las mismas (fig. 81, *b*).

CÉLULAS EPITELIALES

Su aspecto en los vertebrados inferiores.

Representan casi la única neuroglia [, detenida en estado embrionario,] de los peces, batracios y reptiles, en los cuales, como más adelante tendremos ocasión de ver detalladamente, las cavidades ventriculares se hallan revestidas de un epitelio larguísimo provisto de: un cuerpo ovoideo portador del núcleo y yacente cerca de la citada cavidad; un tallo radial larguísimo que cruza gran parte de la substancia gris y blanca y exhibe colateralmente multitud de excrecencias irregulares y ramificadas ; y un penacho de ramas periféricas continuadas con el tallo y terminadas todas, ó en su mayor parte, por espesamientos cónicos alineados en la superficie exterior del centro nervioso (fig. 84).

Su aspecto en los vertebrados superiores.

En las aves y mamíferos, las células epiteliales son mucho más cortas y pequeñas. Salvo algunos parajes de la médula y bulbo, en donde el epitelio se conserva casi tan largo como en los vertebrados inferiores, las citadas células han atrofiado su cabo periférico, el cual, en vez de llegar á la superficie exterior del foco nervioso, se descompone cerca del soma en un penacho de filamentos varicosos y vellosos, terminados libremente en plena substancia blanca (cerebro) ó en plena substancia gris (médula espinal).

Homología de la célula epitelial de los vertebrados inferiores y de la célula neuróglica de la substancia gris de los vertebrados superiores.

En los vertebrados inferiores, donde la célula epitelial ha conservado toda su importancia, los contornos del tallo periférico, particularmente durante el tránsito de éste por las zonas donde se esparcen fibrillas nerviosas terminales, exhiben, como dejamos dicho, gran número de excrecencias colaterales, revelables tanto por el método de Golgi (Oyarzum, Cajal, P. Ramón, Edinger, etc.), como por el de Ehrlich (2). Estas excrecencias ramificadas, entre las cuales vienen á alojarse las expansiones de las neuronas, representan las vellosidades de los corpúsculos neuróglicos de la substancia gris. Falta, pues, en dichos vertebrados el corpúsculo especial de la substancia blanca de los mamíferos ; lo que dicho sea de pasada prueba la gran importancia funcional del tipo neuróglico arborescente ó velloso de la substancia gris, y la ninguna subordinación (por lo menos en su primera aparición) de las expansiones neuróglicas vellosas al número, forma y posición de los capilares sanguíneos.

---

(1) *Terrazas: Loc. cit.*
(2) *Cajal* : El azul de metileno en los centros nerviosos. *Rev. trim. micrógr.*, t. I, 1896.

Aspecto según los órganos.

La forma de la célula epitelial varía mucho en los distintos focos nerviosos; gruesa y provista de anchas expansiones laminares en la retina y mucosa olfativa de todos los vertebrados, se presenta mucho más delgada y guarnecida de más finas expansiones en el eje cerebro-raquídeo. El estudio circunstanciado de estas variantes morfológicas se hará en el capítulo correspondiente (1).

ESTRUCTURA DE LAS CÉLULAS NEURÓGLICAS

Cuando, á ejemplo de Deiters, Ranvier, Kölliker y otros, se estudian las células neuróglicas de la substancia blanca en los preparados disociados (maceración de la substancia gris fresca en bicromato de potasa diluido, disociación por agitación, coloración en picro-carmín ó hematoxilina, examen en glicerina, etc.), el soma nos muestra un contenido finísimamente granuloso y una superficie cruzada por crestas que marchan en diversidad de direcciones. Como Ranvier señaló primeramente, cada una de estas crestas parece ser la continuación intracelular de un filamento neuróglico, el cual estaría envuelto en un magma de protoplasma granuloso. Con todo, en muchas células es imposible cerciorarse bien de las relaciones de dichos hilos con el protoplasma, semejando más bien simples expansiones ó prolongaciones de éste (fig. 85).

A Carlos Weigert, ilustre técnico y neurólogo, debemos un método de coloración de la neuroglia, que permite estudiar fácilmente la estructura del protoplasma neuróglico. Las investigaciones de este sabio, confirmadas plenamente por nosotros, demuestran que el corpúsculo neuróglico de la substancia blanca contiene dos cosas: 1.°, un protoplasma finamente granuloso, indiferenciado, acumulado especialmente en el soma y en el arranque de los apéndices principales, é incolorable por el violado de metilo ; y fibras hialinas, cilíndricas, lisas de contorno, no ramificadas ni anastomosadas, las cuales cruzan el protoplasma en diversos sentidos y atraen vivamente el violado de metilo del método de Weigert. Estas son aquellas fibrillas larguísimas cuyo curso total es tan difícil de perseguir, y las cuales, después de penetrar en las capas grises, se concentran en la superficie exterior del cerebro y cerebelo, así como en torno de los vasos, á los que forman la adventicia neuróglica señalada por Andriezen. El protoplasma indiferenciado junta entre sí tales fibrillas, acompañándolas solamente en cortísimo trayecto.

En la fig. 86 A, mostramos dos células neuróglicas de la substancia blanca del cerebelo humano, teñidas por el método de Weigert. Adviértase cómo las fibras cruzan el soma en diversas direcciones y cómo algunas, una vez llegadas al protoplasma, trazan un arco de concavidad exterior para emerger á veces por un radio no muy lejano. A menudo, las fibras, al pasar por el protoplasma, convergen en haces de tres ó más, y no es raro ver hacecillos cuyas hebras, extremadamente juntas, se separan á una distancia

(1) El que desee detalles acerca de la morfología de estas células, consulte: Cl. Sala : La neuroglia de los vertebrados. Tesis. Barcelona, 1894.

relativamente considerable de la célula. En los corpúsculos neuróglicos de la substancia blanca de la médula espinal, es imposible á veces colorear bien el trayecto intercelular de estos hacecillos ; parece como que la diferenciación en materias cromatófila y acromática no se ha realizado por completo. Por lo demás, esta falta de apetencia del trayecto intrasomático de los hilos la hemos observado también en el cerebelo (células de la capa de los granos), en donde es frecuente hallar exclusivamente teñidas las fibras más largas penetrantes en la capa molecular.

[Comienza cuerpo de letra menor]

Las fibrillas neuróglicas largas se han comparado muchas veces con los filamentos colágenos del tejido conectivo. Esta comparación, defendida particularmente por Ranvier, quien, según dejamos dicho, consideraba también el soma del elemento neuróglico como una célula conectiva enclavada en el punto de entrecruzamiento de los hacecillos, no puede mantenerse ni en el terreno histogenético, ni en el histoquímico. Genéticamente, las hebras neuróglicas representan una diferenciación intraprotoplasmática sobrevenida en un corpúsculo ectodérmico, y bajo este aspecto, el elemento de neuroglia podría compararse mejor al corpúsculo muscular, en cuyo seno se diferencian también fibrillas de propiedades físico-químicas especiales ; y químicamente, las citadas fibrillas constituyen una especie aparte, pues ni se coloran, como las elásticas, por la safranina (método de Martinotti), ni por la orceína (método de Unna), ni se hinchan por los ácidos, ni á la manera de los haces conjuntivos, atraen las anilinas ó colores ácidos (solución de picrofuchina ácida de v. Gieson, solución de carmín de índigo y ácido pícrico de Cajal, etc.).

Las fibrillas neuróglicas no se parecen a las colágenas del tejido conectivo.

[Acaba cuerpo de letra menor]

Tocante á las células neuróglicas de la substancia gris (perivasculares, estrelladas, caudales, etc.), la disociación las revela como masas granulosas, obscuras, erizadas de apéndices flexuosos, los cuales brotan, no de crestas, sino de prolongaciones cónicas continuadas con el soma. El método de Weigert carece de afinidad por estas expansiones, como parece haber sospechado el mismo Weigert (1), y hemos demostrado Terrazas y nosotros. Preparadas por el método de Nissl, exhiben un protoplasma extraordinariamente pálido, escaso y totalmente exento de granitos cromáticos. [Estos caracteres prueban, una vez más, que las células neuróglicas de la substancia gris son completamente distintas de los astrocitos de la substancia blanca y que su función debe ser diferente.]

Incolorabilidad de sus filamentos con el método neuróglico de Weigert.

En cuanto á esos filamentos neuróglicos colorables por el método de Weigert que surcan la substancia gris y se concentran en determinadas regiones de ésta, no corresponden á las células neuróglicas de la misma, sino que proceden de células fibrilares (tipo de la substancia blanca)

2º Estructura de la célula neuróglica de la substancia gris.

(1) *C. Weigert* : Beitrage zur Kenntnis der normalen menschlichen Neuroglia, 1895, p. 109. Al tratar de la neuroglia de la corteza cerebral, este autor dice : « Las células de neuroglia llamadas protoplásmicas, que Golgi, Ranvier, Lloyd, Andriezen y Retzius han figurado en la substancia gris cortical, no pueden observarse con mi método. Si tales elementos protoplásmicos reconocieran, como quiere Andriezen, un origen mesodérmico diversamente de los legítimos astrocitos ó células neuróglicas de la substancia blanca que dimanarían del ectodermo, esto daría origen á una separación radical entre ambos tipos corpusculares, de los cuales sólo el último merecería el nombre de neuroglia».

yacentes, ora en las zonas limitantes (primera zona cerebral, por ejemplo), ora en regiones fronterizas ó próximas de la substancia blanca.

Sus partes constituyentes.

Núcleo. — Cuando se examina con un buen apocromático el núcleo de las células neuróglicas fijadas por el sublimado, el alcohol ó el formol, y teñidas por el método de Nissl, se distinguen claramente tres partes: la membrana acromática nuclear, la red de nucleína y el jugo nuclear ó carioplasma.

La *membrana acromática* es una cutícula hialina, difícilmente perceptible aun con los mejores objetivos ; de su cara externa parecen partir los finos hilos de la trama protoplásmica, y por su interna, sirve de punto de inserción al armazón cromático.

Su disposición en red diferencia las células neuróglicas de las neuronas pequeñas.

La *cromatina ó nucleína* exhibe en las células neuróglicas un aspecto característico, que basta para distinguir al primer golpe de vista un elemento de esta especie de un corpúsculo nervioso de la variedad menuda. Dicha materia, en vez de concentrarse en nucleolo central, engendra una red situada principalmente por debajo de la membrana y formada por granos y cordones cromáticos relativamente gruesos, unidos entre sí por filamentos de linina de gran tenuidad (fig. 87). Para observar bien este retículo, es preciso enfocar solamente el plano superficial del núcleo ; si se baja el foco, la red desaparece, mostrándose entonces el centro nuclear, donde aparece un jugo incoloro, cruzado por algunos filamentos de linina, en cuyo espesor destacan tres, cuatro ó más granos cromáticos nodales. Esta red floja interior se continúa con la superficial. A la presencia de la mencionada red periférica, rica en cromatina, se debe esa apariencia de membrana cromática ofrecida por los núcleos neuróglicos examinados á regulares aumentos.

Por último, el *jugo celular* aparece totalmente incoloro ; á veces se advierten en él finísimas granulaciones, algo coloreables por las anilinas ácidas. Nucleolo propiamente dicho parece faltar en las células neuróglicas.

Las células neuróglicas pueden proliferar.

El contraste de la disposición morfológica de la cromatina en los corpúsculos nerviosos y neuróglicos implica también un contraste radical de propiedades fisiológicas. Las neuronas, cuya cromatina avegentada se concentra en grumo esferoidal, carecen de aptitudes genésicas. Por el contrario, parece muy racional suponer que los elementos neuróglicos [gliocitos], cuya nucleína se dispone en red periférica, á la manera de todas las células de tejido susceptibles de mitosis, gocen de virtud proliferatoria. Este prejuicio racional ha sido confirmado por los experimentos. Las observaciones de los anatomo-patólogos (Ziegler, Weigert, Valenza, etc.), tienden á probar que, cuando la substancia gris ó blanca sufre necrosis, las neuronas permanecen inactivas, mientras que la neuroglia correspondiente entra en proliferación, llenando con sus neoformaciones el vacío orgánico engendrado por la desaparición de las partes desorganizadas.

CONJETURAS SOBRE LA SIGNIFICACIÓN FISIOLÓGICA DE LA NEUROGLIA

¿Qué significación funcional debemos otorgar á la neuroglia?

La neuroglia no siendo accesible al fisiólogo, es imposible hasta aquí de conocer directamente su función.

Desgraciadamente, en el estado actual de la ciencia, no es posible contestar á esta pregunta más que por conjeturas más ó menos racionales. En presencia de este importante problema, el fisiólogo se halla, por falta de métodos, totalmente desarmado. Los fenómenos de conducción y de reacción provocados por estímulos conocidos, y que el experimentador puede aplicar á su antojo, han servido de punto de partida en el esclarecimiento del mecanismo funcional de las neuronas; mas en lo tocante á la neuroglia, es preciso confesar que el fisiólogo está desprovisto de todo medio de acción, hallándose condenado á seguir un camino indirecto harto aventurado, á saber : la interpretación racional del oficio de la trama neuróglica, á la luz arrojada por los conocimientos de las ciencias físicas ó biológicas.

Semejantes conjeturas no pueden salir del círculo de esas analogías más ó menos seguras que nuestro espíritu puede establecer, ya entre la neuroglia y ciertas disposiciones adoptadas para aislar las corrientes en los aparatos eléctricos industriales, ya entre las fibras neuróglicas y la trama fibrilar de otros tejidos, y cuyo oficio orgánico se supone bien esclarecido.

Esta última comparación, sobre todo, ha dominado siempre la fisiología del armazón neuróglico de los centros. El prejuicio de que las fibrillas neuróglicas son á las células nerviosas lo que los haces colágenos del tejido conectivo á los corpúsculos musculares ó glandulares, es decir, una trama pasiva de mero relleno y de sostén (y cuando más, una ganga destinada á embeberse en jugos nutritivos), constituye sin duda el principal obstáculo que el observador necesita remover para formarse un concepto racional de la actividad de los corpúsculos neuróglicos. He aquí, de todos modos, las opiniones principales de los neurólogos, tocante á este particular.

Las células neuróglicas sirven para nutrir a las células nerviosas.— Objeciones.

Teoría nutritiva ó de Golgi. — Según este sabio, las expansiones protoplásmicas de las neuronas, se pondrían en relación, ora con vasos capilares, ora con elementos de neuroglia ; y como estos últimos envían también á los vasos los cabos de muchas prolongaciones, resulta que capilares, células de neuroglia y apéndices dendríticos, constituyen un conjunto funcional solidario, cuya misión sería llevar al soma de las células nerviosas los plasmas nutritivos necesarios. Esta opinión, acogida por L. Sala (1) y otros discípulos de Golgi, tiene en contra suya graves reparos: 1.°, como Kölliker, Weigert, Lavdowski y otros han demostrado, las expansiones dendríticas de las neuronas, no terminan nunca ni en vasos, ni en fibras neuróglicas ; 2.°, cuando las neuronas aparecen rodeadas por elementos neuróglicos especiales, estos no envían ninguna prolongación á capilares vecinos; 3.°, las células neuróglicas de la substancia gris faltan en

(1) L. Sala: Zur feineren Anatomie des grossen Seepferdefusses. *Zeitschr. f. Wissenchaft. Zool.*, Bd. LII, Heft. 1, 1891.

los peces, batracios y reptiles, y los corpúsculos epiteliales que las representan no poseen ninguna conexión vascular, etc.

La neuroglia sería la encargada de rellenar los huecos dejados por las expansiones neuronales.

Teoría del relleno ó de Weigert. — Ajuicio del ilustre neurólogo de Frankfort, la neuroglia tendría por misión llenar pasivamente los huecos que dejan entre sí los cuerpos y expansiones de las células nerviosas. En pro de este dictamen, hablarían los hechos siguientes: 1.°, allí donde los plexos nerviosos son flojos y dejan muchos espacios, la neuroglia abunda; pero en los parajes cuya trama es apretada, las fibras neuróglicas escasean ; 2.°, cuando, por condiciones patológicas, se destruyen los corpúsculos ganglionares, la neuroglia vegeta y ocupa el hueco fraguado por la necrosis.

Discusión.

La citada hipótesis del *relleno* se nos antoja una petición de principio. Dáse en ella como probado lo que ante todo habría que probar, á saber: que la disposición de los corpúsculos nerviosos deja en ciertos parajes de la substancia gris vacíos que deben ser rellenados por células neuróglicas. Merced á este razonamiento vicioso, Weigert presupone huecos allí donde halla acumulaciones de fibras neuróglicas, sin reparar que en lugar de ser este último hecho consecuencia del primero, pudiera ocurrir que, por el contrario, los huecos hubieran sido creados para que, en determinados parajes, allí donde la particular función de los elementos neuróglicos es muy necesaria, éstos hallaran fácil acomodo.

No existen puntos vacíos en el sistema nervioso.

Como hemos mostrado en otro capítulo, existe una ley, la *ley de economía de espacio*, merced á la cual las células nerviosas se disponen de tal suerte, que, sin menoscabo de la extensión de las superficies de conexión intercelular, son evitados los vacíos, y aquellas ocupan siempre el menor espacio posible.

Por ejemplo : cuando en una especie animal los elementos de tal ó cual capa de la retina, del cerebelo ó del lóbulo óptico, etc., aumentan en número sin disminución correlativa de volumen, la naturaleza no disminuye la neuroglia (con el método de Golgi al menos no puede apreciarse cambio alguno de esta clase), sino que emplea un procedimiento más expeditivo : este consiste en la dislocación del cuerpo de las células sobrantes, el cual, en vez de residir con sus congéneres, habita en capas superpuestas ó subyacentes. [El cuerpo cambia únicamente de lugar ; las expansiones protoplásmicas y el cilindro-eje permanecen fijos en las relaciones anteriores.] Recordemos, en confirmación de este aserto, las células de Dogiel de la retina (células ganglionares dislocadas), residentes en la capa de los granos internos ; los espongioblastos de la capa plexiforme interna ; las bipolares dislocadas de la capa de los granos externos en los batracios, reptiles y aves ; los corpúsculos de Golgi de la capa molecular del cerebelo del conejo, etc.

La doctrina de Weigert tropieza, en su aplicación á la estructura comparada del cerebro y cerebelo, con grandes dificultades, algunas de las cuales no han escapado á la penetración del neurólogo de Frankfort. En efecto, este sabio confiesa paladinamente que ignora por qué en la capa superficial del cerebelo falta el plexo neuróglico tan abundante en la zona molecular del cerebro. Menos explicación tiene todavía el hecho de la concentración de los elementos neuróglicos en la proximidad de las

cavidades del epéndimo medular y ventrículos, donde tan fácil hubiera sido evitar los huecos orgánicos con sólo ampliar dichas cavidades y acortar los corpúsculos epiteliales. Tampoco es convincente el argumento que saca Weigert de la proliferación de la neuroglia en caso de lesiones cerebrales. La circunstancia de que ésta rellene, por neoformación, los huecos que en la substancia gris determina la necrosis de los corpúsculos nerviosos, no excluye en manera alguna la idea de que, en condiciones normales, los elementos neuróglicos cumplan otros oficios. Discurrir de este modo, sería tanto como afirmar que las células glandulares, las musculares y otras, carecen, por el mero hecho de su regenerabilidad, tras las violencias traumáticas, de toda profesión orgánica. En las cicatrices neuróglicas de la substancia nerviosa, debemos ver el resultado de la incapacidad regenerativa de las células ganglionares, y de la virtud que los corpúsculos en araña han conservado de responder, mediante actos de proliferación, á la acción de los estímulos inflamatorios. Por lo demás, la hipótesis de Weigert, fundada en las revelaciones de su método, sólo puede aplicarse á la neuroglia de largas expansiones ; la de la substancia gris no se colora por el violado de metilo, ignorándose por tanto, su comportamiento en condiciones patológicas.

La neuroglia puede realizar otra función además de rellenar los huecos producidos por la necrosis de las neuronas.

Teoría de la misión aisladora de la neuroglia — Imaginada por mi hermano P. Ramón Cajal, defendida por nosotros (1), Cl. Sala (2) y Terrazas (3), y no malvista de neurólogos tan eminentes como v. Lenhossék, puede formularse así: Las expansiones de los corpúsculos epiteliales de los vertebrados inferiores y los apéndices de las células neuróglicas de la substancia gris (células *protoplásmicas* de Andriezen) representan un medio resistente al paso de las ondas nerviosas, y se disponen de tal suerte, que impiden los contactos, ya entre las fibrillas no meduladas, ya entre expansiones protoplásmicas, ya, en fin, entre éstas y aquéllas, pero sólo al nivel de los puntos en que ambas especies de expansiones no deben mantener relaciones de continuidad.

La neuroglia de la substancia gris impediría los contactos perjudiciales entre partes neuronales.

He aquí algunos hechos que nos parecen favorables á esta hipótesis y poco conformes con la teoría del relleno:

Argumentos favorables.

1.° Las fibras de neuroglia de la substancia gris ó las expansiones colaterales de células epiteliales (vertebrados inferiores), abundan notablemente en los parajes donde se reunen muchas prolongaciones dendríticas ; lo que se explica por la necesidad de impedir contactos, no sólo entre las dendríticas emanadas de células vecinas, sino entre estos apéndices y las fibrillas nerviosas de paso y no meduladas. Recuérdense á guisa de ejemplos : la capa molecular del cerebelo (donde existen apéndices colaterales, en gran número, procedentes de los elementos epiteliales en forma de horquilla) ; la capa molecular del cerebro y las del asta de Ammon y *fascia dentata* ; las zonas plexiformes de la retina, etc.

---

(1) *S. R. Cajal* : Significación fisiológica de las expansiones protoplásmicas, etc. *Comunicación al Congreso médico de Valencia*, 24 junio, 1891.

(2) *Cl. Sala* : La neuroglia de los vertebrados. Tesis, 1894.

(3) *Terrazas* : Notas sobre la neuroglia del cerebelo y el crecimiento de los elementos nerviosos. *Rev. trim. micr.*, t. II, fasc. 2, 1897.

2.° Allí donde existen plexos nerviosos pericelulares, las fibrillas neuróglicas escasean (cuerpos de las células de Purkinje, capa de los granos de la *fascia dentata,* cuerpos de las pequeñas pirámides del cerebro, zona de los espongioblastos de la retina, zonas granulosas del lóbulo óptico de los peces, reptiles y batracios, zona de los cuerpos de las pirámides cerebrales en los batracios y reptiles, etc.). La escasez de apéndices neuróglicos ó de expansiones epiteliales en tales parajes, se comprende bien, porque reuniéndose, por lo común, en ellos arborizaciones nerviosas de una misma conducción, no hace falta interponer á las mismas ningún soporte aislador, á fin de individualizar las corrientes. Por el contrario, en las zonas donde concurren innumerables fibrillas nerviosas terminales de diverso destino y de conexiones diferentes, como ocurre en las capas moleculares del cerebelo y cerebro, era preciso establecer un gran número de soportes intermediarios para evitar el paso de la conmoción nerviosa de unas á otras expansiones, bien nerviosas, bien protoplásmicas.

De lo expuesto, resulta que la neuroglia abunda donde las conexiones intercelulares son numerosas y complicadas, y no por el hecho de existir contactos, sino con la mira de reglarlos y dirigirlos de manera que cada expansión protoplásmica sólo se ponga en relación íntima con un grupo especial de ramificaciones nerviosas terminales.

3.° Si en los plexos protoplásmicos faltara una substancia aisladora, los contactos entre dendritas de diversa procedencia serían numerosos, y las corrientes rebasarían sus cauces naturales, difundiéndose por toda la substancia gris.

4.° En la capa de las fibras del nervio óptico de la retina, los cilindros-ejes, aun los llegados de la *fovea*, carecen de vaina medular ; no obstante lo cual, la individualización de las corrientes no sufre el menor detrimento. En cambio, entre dichos cilindros-ejes, existe un número considerable de células en araña, de la especie de las de la substancia gris, que engendran un plexo inter-axil, tan tupido, que todo contacto es evitado en absoluto, como puede uno de ello persuadirse examinando cortes de retinas bien coloreadas por el azul de metileno. Es de notar que esta riqueza neuróglica se halla justamente allí donde más falta hacía un sistema aislador, porque las expansiones descendentes de las fibras de Müller carecen de apéndices colaterales para las fibras del nervio óptico, y, además, no se interponen á los cilindros-ejes, sino que pasan entre los hacecillos de éstos.

5.° Las células epiteliales, filogénica y ontogénicamente emparentadas con las células neuróglicas de expansiones cortas, poseen evidentemente misión aisladora. Así, en la retina, las células de Müller suministran láminas y apéndices que impiden por completo los contactos en todas aquellas localidades en las cuales no existen conexiones protoplasmico-nerviosas (capa de los bastones, capa de los granos internos y externos, capa ganglionar). Al contrario, donde estas relaciones se dan, v. gr., al nivel de los espongioblastos y en las zonas plexiformes, los tabiques epiteliales son incompletos ó se reducen á finos apéndices, que reservan numerosos huecos (capas plexiformes). No existiendo vaina medular ni en las expansiones de las bipolares, ni en las células ganglionares, etc., y en la suposición de que el protoplasma de las células de Müller carece de

función aisladora ¿cómo se mantiene en la retina la independencia dinámica de cada conductor? (1).

6.° Lo que sucede en la retina, ocurre en ciertas mucosas sensoriales. Así, en el órgano de Corti, en las crestas y manchas acústicas, en la mucosa olfatoria, vemos siempre los elementos nerviosos receptores (células bipolares y células ciliadas), cuidadosamente aislados unos de otros á favor de ciertos corpúsculos prolongados que se han llamado *células de sostén*, y las cuales representan evidentemente á las fibras de Müller de la retina.

7.° En la *fovea* de la retina del camaleón, precisamente en aquellos parajes en que la individualización de la corriente es más precisa, cada fibra de cono posee dos forros epiteliales : uno colectivo, representado por la fibra de Müller ordinaria, cuyos contornos ofrecen canales donde se alojan aquellas fibras ; y otro especial que, tomando dirección oblícua, acompaña á cada expansión de cono durante un larguísimo trayecto, hasta la zona plexiforme interna (2).

8.° Como hemos expuesto anteriormente, en ciertas células del cerebro, cerebelo y médula, los elementos neuróglicos rodean el soma ó la porción inicial desnuda de mielina del cilindro-eje. Estas disposiciones carecen de explicación en la teoría del relleno, pero se comprenden bien en la del aislamiento, porque parece natural que aquellas partes de las neuronas desprovistas de contacto con arborizaciones nerviosas estén convenientemente resguardadas de las fibrillas de paso, ora dendríticas, ora nerviosas.

9.° La mielina no monopoliza (caso de que la posea realmente, lo que no está demostrado) la función aisladora. Los tubos nerviosos de los invertebrados, los del gran simpático de los vertebrados, las fibras del nervio olfatorio, la inmensa mayoría de los cilindros-ejes del cerebro, cerebelo y lóbulo óptico de peces, batracios y reptiles, carecen de vaina medular y no parecen tener otra protección contra las filtraciones laterales de corriente que el plexo neuróglico interfibrilar.

10. En los centros nerviosos de los mamíferos falta asimismo la mielina en muchas fibras nerviosas, tanto al nivel, de las arborizaciones, como durante el paso de aquéllas á través de zonas con las cuales no deben mantener ninguna conexión. Citemos como fibras ameduladas : el cilindro-eje ascendente de los granos del cerebelo, el largo axon de los granos de la *fascia dentata*, muchas colaterales y axones de la substancia de Rolando de la médula, y la porción horizontal de los cilindros-ejes de las células estrellados de la capa molecular del cerebelo, etc. En fin, mencionemos

---

(1) *v. Lenhossék* (Histologische Untersuchungen am Schlappen der Cephalopoden. *Arch. f. mikrosk. Anat.,* Bd. XXXXVII, 1896) ha comprobado en la retina de los cefalópodos (lóbulo visual) la existencia de células epiteliales, las cuales emiten ramificaciones exclusivamente distribuídas en las zonas plexiformes, es decir, allí donde existen numerosos plexos nerviosos que separar para impedir los contactos perjudiciales. Este hecho milita en contra de la teoría del relleno y del sostén, pues si la misión de la neuroglia fuera ocupar huecos, no se comprende cómo no se hallan también sus filamentos entre los somas de los diversos corpúsculos nerviosos de la retina de los cefalópodos. Por tal motivo, v. Lenhossék se inclina en favor de la hipótesis de mi hermano y abandona la de Weigert

(2) *Cajal* : La rétine des vertébrés. *La Cellule*, p. 230, 1893.

todavía las largas estrangulaciones ameduladas [de Ranvier] que muestran los tubos nerviosos de la substancia blanca y gris del cerebro, cerebelo y médula, sobre todo al nivel de las divisiones. La filtración de corrientes al nivel de todas estas partes desnudas del axon, sería inevitable si no viniera la neuroglia á suplir la falta de la vaina medular. Por lo demás, la mielina nos parece representar una disposición de perfeccionamiento de la función aisladora, aunque cabría asignarle también otros oficios (1).

[Lugaro (2), que admite la función aislante de la neuroglía, supone que, entre sus papeles, podría servir, por ejemplo, para dar elasticidad al tejido nervioso, a volver inofensivos, por reacciones químicas, los productos de regresión de las neuronas, como guía a los cilindros-ejes, durante el periodo embrionario, ejerciendo sobre ellos una acción quimio-táctica, etc.]

Opinión de Andriezen sobre la neuroglia de la substancia blanca.

En cuanto á la significación funcional de las células neuróglicas de la substancia blanca, poco puede decirse. Andriezen, fundándose en la preferencia que los largos filamentos de estos corpúsculos tienen por los vasos, á quienes forman verdaderos forros protectores, supone que desempeñan oficios mecánicos y nutritivos importantes. Merced á la resistencia y elasticidad de los referidos hilos, las células nerviosas inmediatas á los vasos serían resguardadas de la violencia de las ondas sanguíneas, al paso que el fieltro de la neuroglia vendría á representar un medio poroso, fácilmente atravesable por los plasmas nutritivos. Nada impide otorgar también á esta neuroglia función aisladora, pues como llevamos dicho anteriormente, muchas de sus fibras cruzan la substancia gris y llegan hasta las capas más superficiales del cerebro y cerebelo; sin embargo, es preciso reconocer que la abundancia de la misma en la substancia blanca (cuyos tubos nerviosos están ya defendidos de filtraciones y contactos por una vaina medular), la ninguna tendencia que posee á rodear las neuronas ó sus apéndices, y su total ausencia en los centros nerviosos de los vertebrados inferiores, así como en la retina y otros centros de los mamíferos, son hechos poco favorables á esta suposición, induciendo á sospechar otras actividades actualmente indeterminables.

Nuestra opinión.

(1) Las consideraciones precedentes tocantes á la función de neuroglia están tomadas de nuestro trabajo : Algo sobre la significación fisiológica de la neuroglia. *Rev. trim. micrograf.*, t. II, fasc. 1, 1897.

[(2) *Lugaro* : Sulle funzioni della neuroglia. *Riv. di Patol. nerv. e. ment.*, anno XII, fasc. 5, 1907.]

El texto entre corchetes sin ningún superíndice fue añadido en la *Histologie du Système Nerveux de l'Homme et des Vertébrés.*

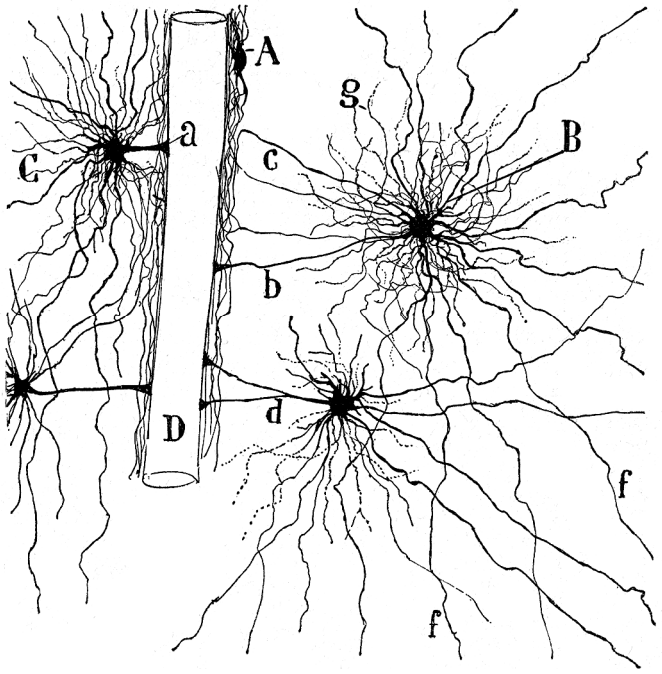

Fig. 77. — Células neuróglicas de la substancia blanca del cerebro del hombre adulto. — Método lento de Golgi. — A, célula neuróglica perivascular aplanada ; B, célula neuróglica de largas expansiones ; C, corpúsculos neuróglicos pediculados ; D, vaso capilar ; *a*, pedículo inserto en el endotelio vascular ; *b*, otro pedículo vascular más largo y delgado ; *d*, otro bifurcado ; *c*, expansiones largas que se doblan al llegar al vaso para engendrar la adventicia perivascular ; *f*, apéndices lisos y larguísimos ; *g*, apéndices finos y cortos.

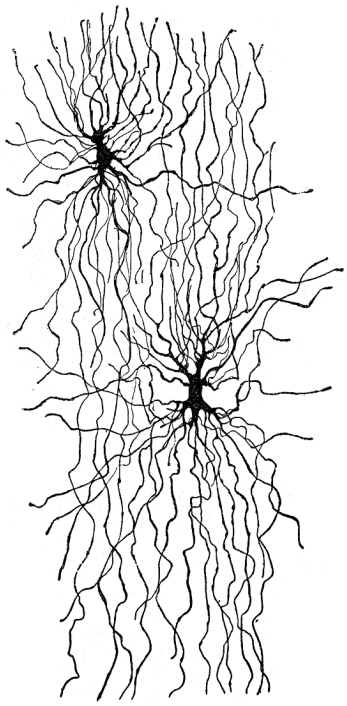

Fig. 78. — Células neuróglicas de la substancia blanca del cerebelo adulto del hombre. Método lento de Golgi.

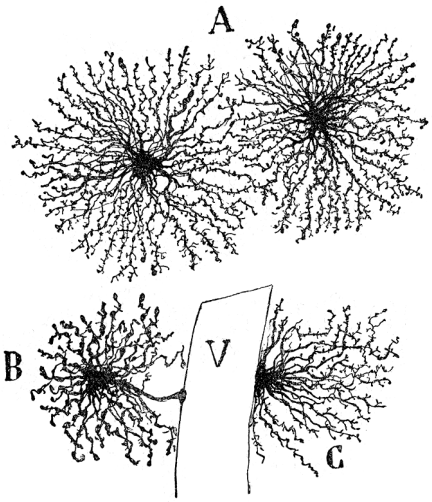

Fig. 79. — Células neuróglicas de la substancia gris del cerebro humano adulto. — A, corpúsculos independientes ; B, célula con pedículo vascular; C, célula perivascular. (Método de Golgi).

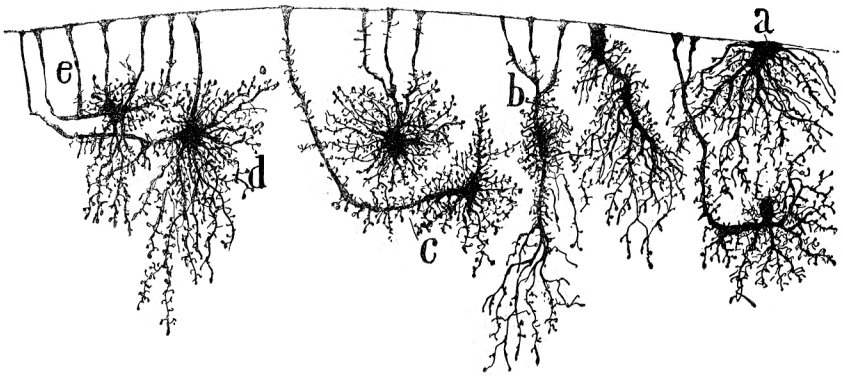

Fig. 80. — Células neuróglicas caudales y de otros tipos de la primera capa cerebral (gato de ocho días). [Método de Golgi].

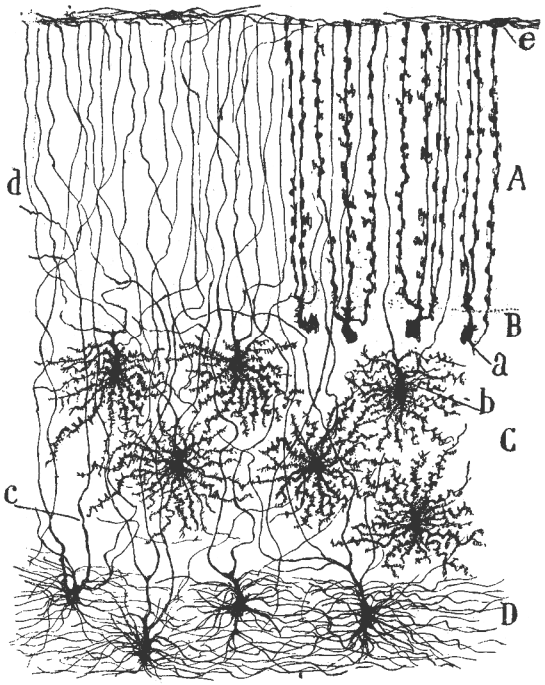

Fig. 81.— Neuroglia del cerebelo. (Reunión de las revelaciones de los métodos de Weigert y de Golgi). — A, zona molecular ; B, células de Purkinje ; C, zona de los granos ; D, substancia blanca ; *a*, células de penacho ; *b*, células estrelladas con expansiones cortas para los granos y largas para la capa molecular ; *c*, expansiones largas para la capa molecular procedentes de neuroglia de la substancia blanca (según Terrazas).

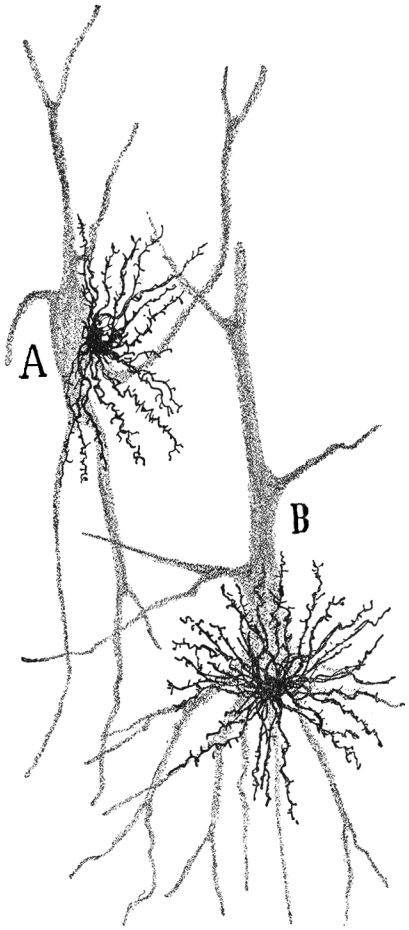

Fig. 82. — Células neuróglicas pericelulares de la corteza cerebral del hombre adulto. Método de Golgi.

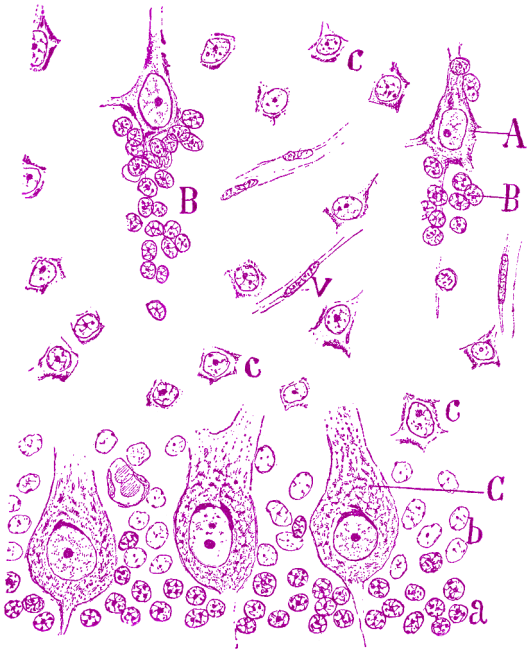

Fig. 83. ─ Capa molecular y células de Purkinje del cerebelo del conejo. Método de Nissl. ─ A, células de Golgi dislocadas ; B, pléyade de núcleos neuróglicos situados en torno del axon ; **C**, células de Purkinje ; *a*, núcleo de los granos.

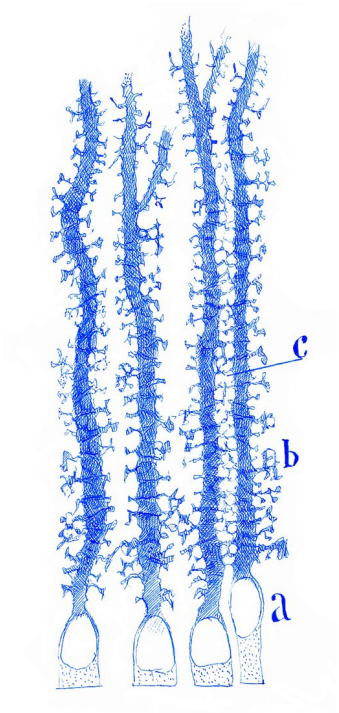

Fig. 84. ─ Células epiteliales del cerebro intermedio de la rana adulta. Método de Ehrlich. Objet. [apocromático] Zeiss, 1,30. ─ *a*, cuerpos celulares pálidos ; *b*, excrecencias colaterales fuertemente coloreadas ; *c*, crestas colaterales.

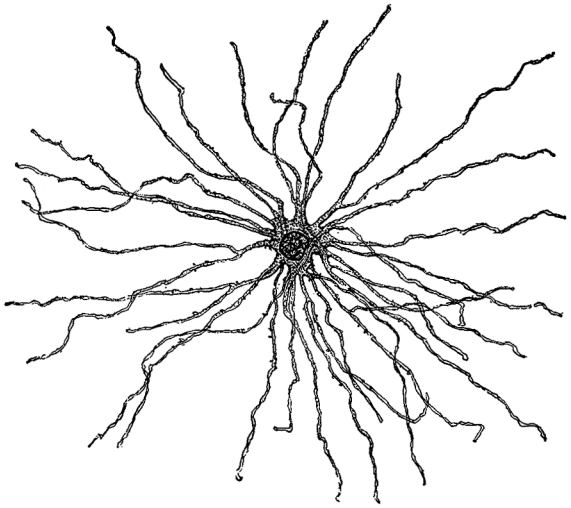

Fig. 85. — Célula de neuroglia de la substancia blanca de la médula espinal del buey. Disociación por el bicromato de potasa diluído (maceración por tres días). Coloración con picro-carmín.

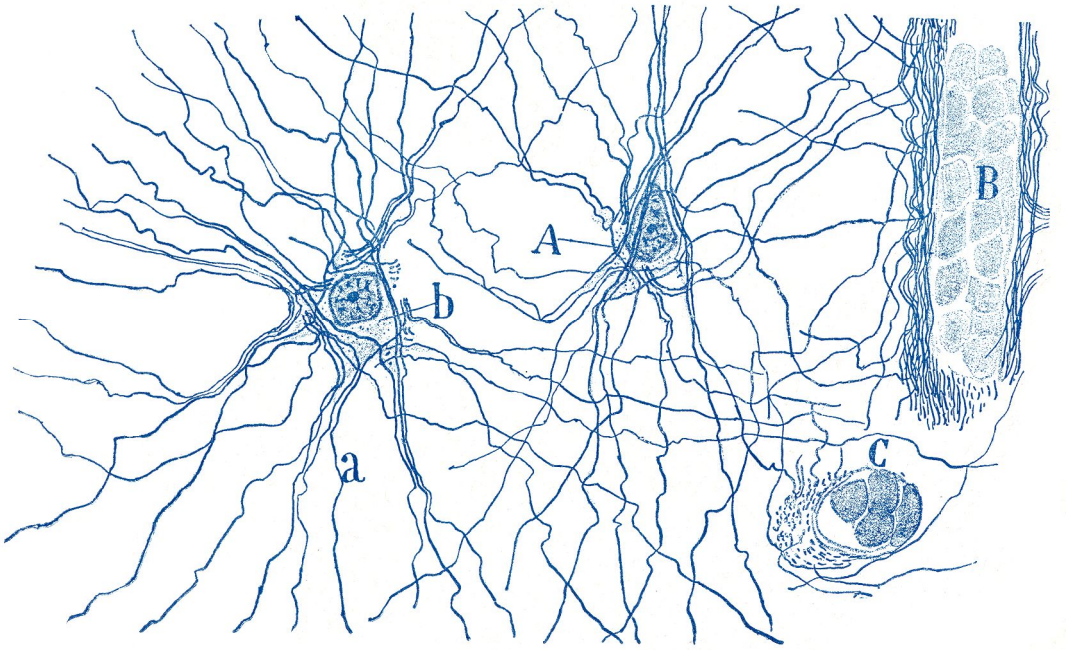

Fig. 86. — Células neuróglicas de la, substancia blanca del cerebelo humano. Método de Weigert. — A, cuerpos celulares ; B, vaso capilar cortado á lo largo; C, otro visto de través ; *a*, fibrilla neuróglica coloreada ; *b*, protoplasma incoloro.

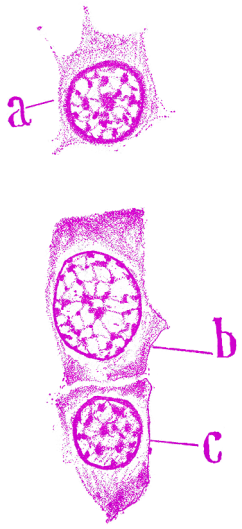

Fig. 87. — Células neuróglicas teñidas por el método de Nissl. Obj. apocromático Zeiss, l,40. — *a*, neuroglia de la substancia gris cortical del cerebro; *b*, célula gruesa de la substancia blanca del cerebelo ; *c*, otra más pequeña en contacto con la anterior ; en ellas se ven masas cromáticas periféricas.