

les y colaterales procedentes de tubos nerviosos medulados, llegados de la raíz anterior y nacidos verosimilmente en corpúscu-

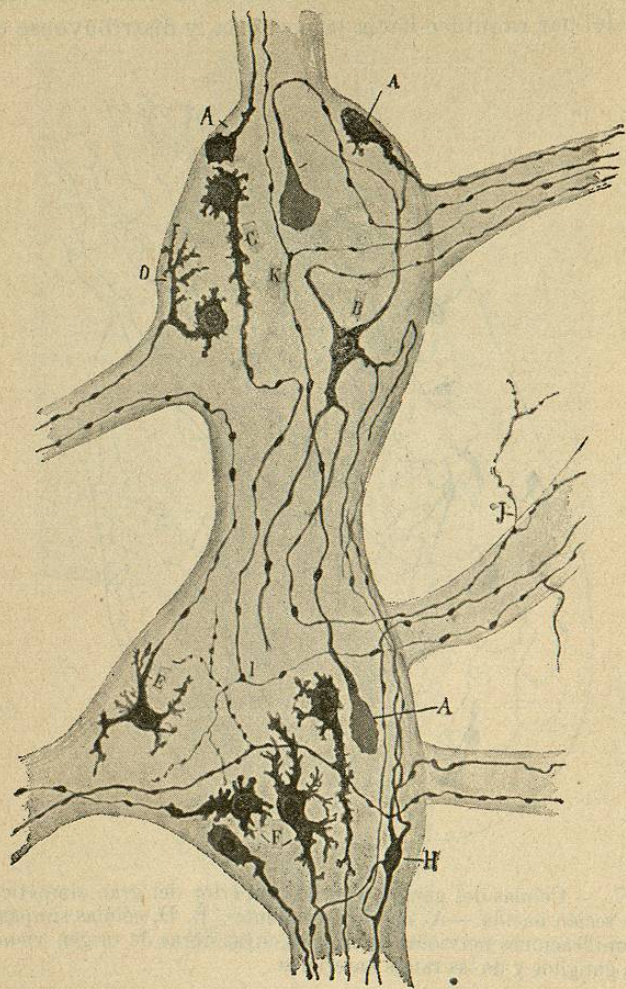


Fig. 197. — Ganglio del plexo de Auerbach del intestino del conejo. Método de Ehrlich. — A, células de axon único y largo; H, células al parecer provistas de muchos axones. (Según La Villa).

los motores especiales del asta anterior (fig. 169, e). Mediante estas últimas ramificaciones, el gran simpático puede ser influido por la médula espinal y por el bulbo raquídeo; y á favor de

las primeras, una fibra de Remak puede conducir una parte de la excitación que la recorre á otros ganglios simpáticos, haciendo á éstos solidarios de su actividad (fig. 169). En otros términos, en cada ganglio se originan fibras simpáticas motrices directas (las incorporadas á los *rami comunicantes*), y fibras motrices indirectas ó de asociación interganglionar (las que pasando por el cordón longitudinal, llevan la excitación á otros focos simpáticos). Acaso estas últimas fibras constituyan también en definitiva, y después de suministrar colaterales intraganglionares, los axones de ramos simpáticos viscerales ó de *rami comunicantes* correspondientes á metamerias lejanas.

Textura algo distinta de la de los ganglios de la cadena simpática, poseen los simpáticos viscerales, por ejemplo, los de los plexos de Auerbach y Meissner del intestino. Como mostramos en la fig. 197, tomada de un trabajo de La Villa, el azul de metilo revela en estos focos dos tipos celulares: elementos de axon largo y dendritas cortas (fig. 197, A), descubiertos por Dogiel; elementos estrellados que, al parecer, no poseen sino expansiones de la misma especie (Cajal) (fig. 197, B, H), las cuales se ramifican y emergen con los cordones nerviosos de cada ganglio. En torno de los focos se ven aún, así como entre los planos de fibras musculares, ciertos elementos nerviosos pequeños, multipolares, sin diferenciación de expansiones, los cuales fueron señalados primeramente por nosotros en el intestino de los mamíferos y han sido confirmados por Dogiel y La Villa.

Añadamos, para terminar, que cada ganglio simpático está envuelto en una túnica fibrosa continuada con el neurilema, y que entre las células y fibras se hallan unos corpúsculos neuróglícos recios, pobres en expansiones.

Caracteres químicos del tejido nervioso. — El análisis de la médula y encéfalo dan una composición inmediata de gran complicación. Figuran en la sustancia gris y blanca la *albúmina*, la *lecitina*, el *protagón*, la *colestonina*, la *cerebrina*, la *neurina*, el *ácido glicero-fosfórico*, y numerosos compuestos inorgánicos, como el *fosfato de potasa*, el *de sosa*, el *de hierro* y el *de magnesia*, el *cloruro de sodio*, el *sulfato potásico* y el *ácido fosfórico libre*. La *cerebrina* y *colestonina* abundan especialmente en la

substancia blanca, y la *lecitina* en la gris. Ewald y Kühne han hallado además un nuevo producto llamado *neuro-keratina*, caracterizado por resistir á la digestión artificial y parecerse notablemente á la *keratina* de los epitelios.

Propiedades fisiológicas del tejido nervioso. — La propiedad específica del tejido nervioso es la capacidad de transmitir, bajo una forma todavía desconocida, los cambios dinámicos ocurridos, ya en los órganos de los sentidos, ya en los centros nerviosos. Desde el punto de vista del origen del movimiento, cabe distinguir tres sistemas nerviosos: el *sensorial* ó *sensitivo-sensorial*, por virtud del cual toda mutación ocurrida en la periferia de nuestro organismo ó en el interior de nuestros músculos es propagada al sensorio; el *motor* ó *centrífugo*, representado por los nervios motores y glandulares, cuya misión es conducir á los órganos subordinados (músculos, glándulas) las excitaciones generadas en los centros; y el *sistema intermediario* ó de asociación, representado por una gran parte de las células del encéfalo y médula (exceptuadas las vías sensitivas y motrices directas), y cuyo oficio parece ser poner en relación tal orden de excitaciones sensitivo-sensoriales con determinados conductores centrífugos ó motores.

En los nervios, el papel transmisor está representado por el cilindro-eje; las demás partes constitutivas del tubo nervioso desempeñan oficios de nutrición ó de protección. Así, la mielina sirve verosímilmente de materia aisladora de la corriente nerviosa; la vaina de Schwann semeja un aparato protector de la fibra y contentor de la mielina; los discos de soldadura aprovechan para mantener el cilindro-eje en su posición central y dar acceso á las corrientes de imbibición; las cisuras de Lantermann parecen desempeñar este mismo papel, facilitando, por su permeabilidad á los plasmas nutritivos, la fácil renovación del líquido que baña el conductor nervioso. No entraremos en el estudio del mecanismo del acto reflejo, ni de las propiedades eléctricas y fisiológicas del tejido nervioso, cuestiones muy importantes que no cabe abordar aquí, dada la concisión que nos hemos impuesto, y que además pertenecen de derecho á la fisiología. Por ahora expondremos solamente algunas de las inducciones fisiológicas

más verosímiles derivadas de nuestros recientes estudios sobre la morfología y conexiones de las células nerviosas.

1.º Las corrientes nerviosas no marchan en sentido indiferente al través de las células; el cilindro-eje es recorrido siempre por un movimiento *celulífugo*, y las expansiones protoplásmicas por un movimiento *celulípeto*, ó en otros términos, las expansiones protoplásmicas y cuerpo celular recogen las corrientes, y el cilindro-eje las transmite á otros corpúsculos (Cajal, van Gehuchten) (1).

2.º La relación entre los elementos nerviosos de los centros se verifica por contacto ó articulación entre arborizaciones nerviosas, de una parte, y el cuerpo celular y expansiones protoplásmicas, de otra. El movimiento nervioso se transmite, pues, del cilindro-eje de una célula á las expansiones protoplásmicas de otra.

3.º En las células bipolares (acústicas, olfatorias, retinianas, bipolares sensitivas de los vermes, según Lenhossék y Retzius, bipolares sensitivas de los ganglios espinales de los peces, etc.), la expansión periférica suele ser gruesa y debe considerarse como de significación protoplásmica, pues está destinada á recoger las corrientes (movimiento *celulípeto*). En las células unipolares de los ganglios espinales de los batracios, reptiles, aves y mamífe-

(1) En los casos en que el axon nace de una expansión protoplásmica, á gran distancia del soma, la fórmula citada no puede aplicarse en todo su rigor; por esta razón nosotros hemos modificado la antigua fórmula, demasiado exclusiva, por esta otra, aplicable á todos los casos sin excepción: *el soma y apéndices protoplásmicos tienen conducción axipe-ta*, es decir, que conducen siempre hacia el axon ó expansión funcional, *en tanto que el axon posee conducción dendrífuga ó somatófuga* (según su punto de emergencia), es decir, que la onda por él circulante puede llegar indiferentemente, ora del soma, ora de una prolongación dendrítica. La dislocación del axon en muchas células (corpúsculos monopolares raquideos, granos del cerebelo, células de cayado del lóbulo óptico, etc.), así como las disposiciones singulares adoptadas tanto por las ramificaciones nerviosas, como por las dendríticas, están regidas por las tres leyes económicas siguientes: ahorro del espacio destinado á las células, ahorro de materia de los conductores y ahorro de tiempo de conducción (1).

(1) Para más detalles sobre este punto, consúltese nuestro artículo: *Leyes de la morfología de las células nerviosas. Revis'a trimestral micrográfica*, núm. 1, 1897.

ros, la expansión periférica del brazo único puede estimarse como rama protoplásmica ú órgano de transmisión celulípeto, y la central, más fina, como fibra nerviosa ú órgano de transmisión celulífuga. El tallo que soporta las dos expansiones no existía en la época embrionaria, formándose por estiramiento del cuerpo celular.

4.º La morfología de la célula nerviosa es independiente de su volumen y calidad fisiológica (motora, sensitiva, etc.), y parece guardar relación con el número y situación de las arborizaciones que la rodean. Así, las células desprovistas de expansiones protoplásmicas directas (células ganglionares sensitivas) ó que ofrecen un solo tallo de aspecto protoplásmico (muchos espongioblastos retinianos), sólo se relacionan con una ó dos especies de fibras nerviosas terminales. En cambio, las células de la médula espinal, cerebro y cerebelo, ricas en apéndices protoplásmicos, reciben la influencia de numerosas fibrillas nerviosas aferentes.

5.º El alargamiento radial de las pirámides cerebrales y la diferenciación de las prolongaciones protoplásmicas en basales, somáticas laterales, colaterales del tallo y penacho terminal, parecen tener por objeto mantener conexiones bien separadas con fibrillas nerviosas terminales de origen diverso, las cuales, por lo común, se arborizan en pisos distintos de la corteza cerebral.

6.º El movimiento nervioso puede comenzar en una sola célula periférica, por ejemplo, en un cono de la foseta central de la retina, en una célula ciliada acústica, etc.; pero en cuanto es transmitido á los centros, el número de células nerviosas que intervienen en su conducción crece en avalancha, por cuanto las arborizaciones centrales de cada cilindro-eje tocan al cuerpo y expansiones de un gran número de elementos ganglionares; por lo cual resulta muy verosímil que, en el trabajo cerebral, la representación ó la percepción sensorial más sencilla (visual, táctil, acústica, etc.) sea una resultante de la actividad de miles de células nerviosas (1).

(1) Según resulta de los cálculos de los fisiólogos, la velocidad de transmisión de la corriente nerviosa es de unos 30 metros por segundo. Este movimiento sería oscilatorio, pero de una naturaleza especial, con una lon-

7.º Las células neuróglícas quizás sirven, como ha indicado mi hermano, no sólo de sustentáculo á las células y fibras, sino, muy especialmente, de medio aislador de los conductores nerviosos.

Desarrollo del tejido nervioso.—Este tejido representa una diferenciación del *ectodermo*, y su formación se inicia en el embrión del pollo á las veinticuatro horas de la incubación, bajo la forma de un surco de la hoja externa (surco primitivo), el cual, por fusión de sus bordes, no tarda en convertirse en conducto.

Semejante conducto representa la cavidad del epéndimo; sus paredes, construidas de células epiteliales ectodérmicas, forman la médula y el encéfalo primordiales.

Las *fases iniciales* del desarrollo del tejido nervioso han sido bien estudiadas por W. His en la médula espinal. Según este embriólogo, ya desde la fase de surco primitivo, el epitelio ectodérmico destinado á engendrar la médula, consta de dos clases de células: *elementos epiteliales* de figura alargada, extendidos desde el epéndimo hasta la superficie ectodérmica, y *células germinales*, de forma esférica, situadas cerca de la cavidad ó surco medular, y caracterizadas por sus frecuentes mitosis (fig. 198, A).

Fase de los neuroblastos.—El surco medular se ha cerrado, convirtiéndose en conducto, y las dos clases de células constitutivas de sus paredes se transforman sucesivamente. La *célula*

gitud de onda de unos 18 milímetros. Como estas ondas son recogidas por la extensa superficie de las expansiones protoplásmicas para concentrarse en el cilindro-eje, es de presumir que la tensión del movimiento nervioso sea mayor en éste que en aquéllas y que la velocidad de transmisión en el axon sea superior á la del soma y prolongaciones dendríticas.

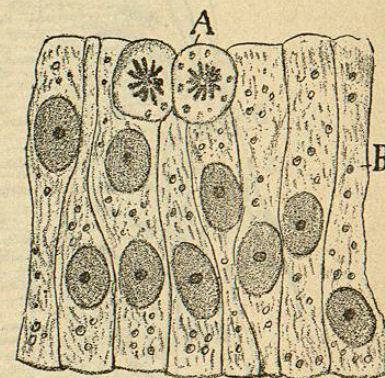


Fig. 198. — Trozo de la pared del surco medular. — A, células germinales; B, epitelio.

germinal emigra hacia la región media del epitelio y emite una expansión gruesa, que se estira progresivamente, y que no es otra cosa que el cilindro-eje primordial. En esta fase, la célula toma el nombre de *neuroblasto* (His). Por su parte, las células epiteliales se alargan, distinguiéndose en dos segmentos: interno, liso, portador del núcleo, separado de las células epiteliales

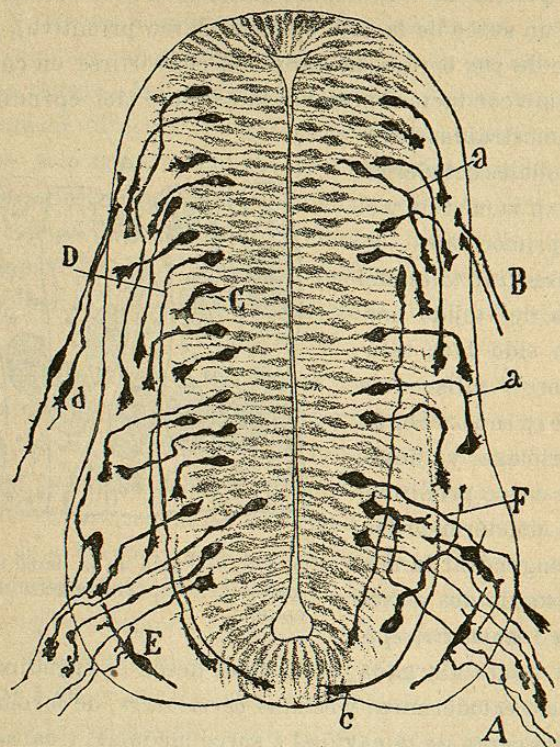


Fig. 199. — Neuroblastos de la médula espinal del pollo al tercer día de incubación. — A, raíz anterior; B, raíz posterior; a, conos de crecimiento de las células cordonales; d, células sensitivas; c, conos de crecimiento de neuroblastos comisurales; E, célula motriz.

vecinas por espacios irregulares llenos de neuroblastos, y el externo ó periférico, á menudo ramificado y orlado de apéndices espinosos, que, poniéndose en contacto con los emanados de células vecinas, engendra una trama como esponjosa, en cuyo seno se formará la sustancia blanca (fig. 201).

Fase de la formación de los apéndices protoplasmáticos. — En la fase anterior, el cuerpo del neuroblasto se muestra desnudo, piriforme, y el cilindro-eje, todavía muy corto, acaba, como nosotros descubrimos y han confirmado His, Retzius, Lenhossék, etcétera, mediante una masa cónica orlada de apéndices y crestas ramificadas (fig. 199), especie de arborización terminal rudimentaria (*cono de crecimiento* de Cajal). Mas luego, ora en el cuerpo celular, ora en el arranque del cilindro-eje, aparecen una ó varias expansiones espinosas, cortas, groseras, que no

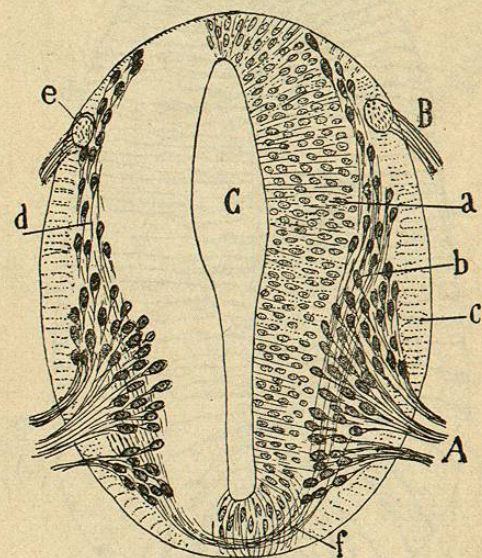


Fig. 200. — Corte esquemático del conducto medular del embrión humano (4.ª semana). — A, raíces anteriores; B, raíces posteriores; C, epéndimo; a, núcleos del epitelio; b, neuroblastos. (Según His).

tardan en estirarse y ramificarse, para formar el conjunto de las ramas protoplásmicas. Sólo más adelante, cuando estos apéndices están casi del todo modelados, se muestran las colaterales del cilindro-eje (Cajal, Lenhossék, Retzius), y la arborización nerviosa terminal. Estas colaterales se inician en la médula espinal en el cordón anterior, apareciendo después las del posterior.

Formación de la neuroglia. — Al principio no existen, como

armazón del tejido nervioso, más que las células epiteliales mencionadas, las cuales se extienden desde la cavidad central á la superficie medular, donde rematan por engrosamientos cónicos de base periférica. En el encéfalo de los peces, batracios y reptiles, esta disposición se mantiene toda la vida, no existiendo en ellos más neuroglia que la representada por los apéndices periféricos de las células epiteliales; pero en la médula y encéfalo

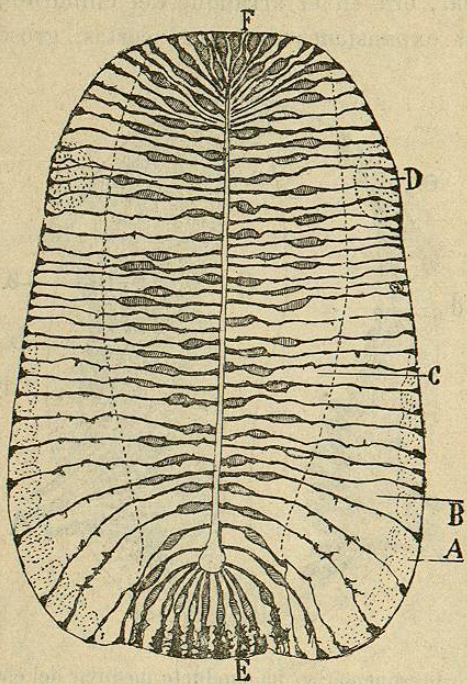


Fig. 201.—Células epiteliales primitivas.—A, región del cordón anterior; B, asta anterior; D, cordón posterior; E, epitelio de la región comisural anterior.

de las aves y mamíferos en curso de evolución, este revestimiento epitelial se atrofia; sus expansiones divergentes, en lugar de alcanzar la superficie de los centros nerviosos, se terminan por un penacho de apéndices libres, flexuosos, diseminados en plena substancia gris ó blanca (figs. 201 y 202).

Antes de sobrevenir esta atrofia de las expansiones periféricas del epitelio, las células neuróglicas ó en araña aparecen, pre-

sentándose en gran número tanto en la substancia gris como en la blanca. En el embrión de pollo, desde el décimo día de la incubación, se encuentran ya en el espesor del asta anterior corpúsculos neuróglícos casi del todo modelados.

¿De dónde provienen las células de neuroglia? Cuestión es esta

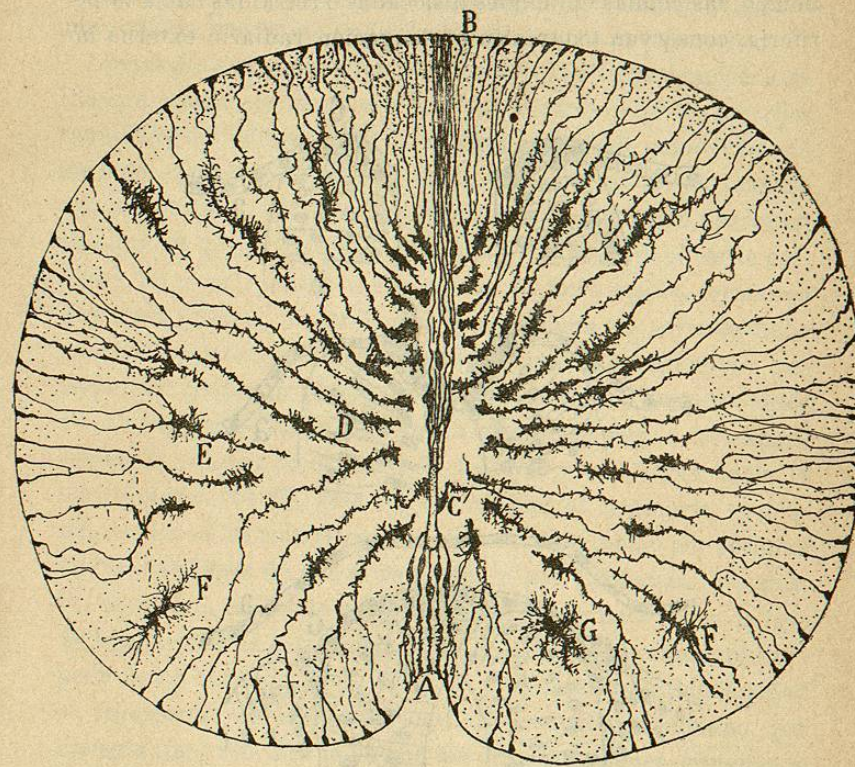


Fig. 202.—Células epiteliales y neuróglícas de la médula espinal del ratón recién nacido.—A, surco anterior donde termina un haz de células epiteliales sin transformar; B, surco posterior con otro haz de células epiteliales apenas modificadas; C, célula epitelial definitiva; D, células epiteliales que emigran para transformarse en neuróglícas; E, células neuróglícas más avanzadas en evolución; F, G, células neuróglícas casi adultas.

sumamente debatida, y que sólo en estos últimos años se ha planteado en condiciones de solución. Prescindiendo de opiniones y ciñéndonos á lo que resulta de nuestras investigaciones en los embriones de ave y de mamífero, diremos que las células de