

## CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE LA ESTRUCTURA DE LA MÉDULA ESPINAL

Los buenos resultados obtenidos por el método de Golgi en el estudio del lóbulo óptico embrionario, donde, como hemos expuesto en otra parte, aparece la estructura fundamental de la sustancia gris con una claridad y una simplicidad que facilitan singularmente el análisis, nos impulsaron á utilizar este mismo recurso en la médula joven de los mamíferos y en la de los embriones de pollo de los últimos días de incubación.

Esperábamos hallar, trabajando en órganos nerviosos jóvenes, una trama estructural que sin diferir sustancialmente de la de los adultos, nos mostrara los rasgos fundamentales de la de éstos, y permitiera abordar con más fruto el estudio de la médula y cerebro humanos.

Los datos que vamos á exponer, aunque hartó incompletos, arrojan alguna luz sobre cuestiones tan litigiosas como el origen de las raíces posteriores de la médula, la conexión entre los diversos grupos celulares, el origen de la neuroglia, etc.

Nuestras investigaciones han recaído principalmente en fetos de pollo desde los 5 días de incubación en adelante, y en la médula de mamíferos recién nacidos. Más adelante procuraremos extender nuestras pesquisas á los fetos de mamífero.

El punto de vista que nos ocupará por ahora es el estructural. Una médula de embrión de pollo de 12 días posee perfectamente formados todos sus elementos. Describirlos en sus conexiones será describir en lo fundamental la estructura de la médula adulta de los vertebrados superiores. Del problema evolutivo, tan importante bajo ciertos aspectos, diremos poco, porque, sobre ser insuficientes nuestras observaciones, pensamos ocuparnos de este tema en un trabajo ulterior. Por hoy, exponremos el resultado de nuestras pesquisas sobre: 1.º los elementos neurológicos medulares; 2.º las fibras de la sustancia blanca; 3.º el origen de las raíces, y 4.º la disposición de las células nerviosas.

### 1.º NEUROGLIA

En la neuroglia es preciso distinguir dos formaciones: el *epitelio ependimal* ó células radiales, y los *corpúsculos estrellados* ó aracniformes.

*Células ependimales.* Golgi (1) ha sido el primer autor que valiéndose de su método ha demostrado por modo evidente la forma y disposición verdaderas de las células epiteliales ó del ependimo. Descríbelas este autor como células larguísimas, recias en su parte interna donde alber-

(1) Sulla fina Anatomia degli organi centrali, etc., p. 18.

gan el núcleo, y delgadísimas en su porción periférica, la que después de atravesar radialmente toda la médula, vendría á terminarse debajo de la pia-mater.

Después de Golgi, Magini (1) ha descrito también en el cerebro embrionario de los mamíferos unas fibras radiales semejantes. Por nuestra parte, mucho antes de haberlas observado en la médula las habíamos notado en el lóbulo óptico de la rana y en el embrionario del pollo (2). A decir verdad los métodos corrientes (disociación, cortes, etc.) demuestran ya la existencia de largas expansiones en los corpúsculos epiteliales, y algunas de estas largas células han sido bien descritas por ciertos autores; Vignal por ejemplo (3); pero sólo el método de Golgi ha puesto

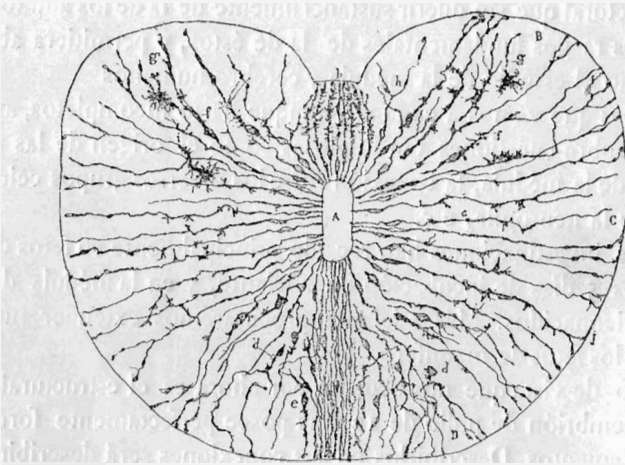


Fig. 1 —Corte de la médula dorsal de un embrión de pollo de 9 días de incubación. Colocación por el método Golgi —A, conducto central; B, cordón anterior; C, cordón lateral; D, cordón posterior; a, surco posterior; b, surco anterior.

en claro la constancia y generalidad de la disposición mencionada, en las células epiteliales de los centros nerviosos embrionarios.

Nuestras pesquisas en la médula embrionaria del pollo confirman plenamente las descripciones de Golgi y Magini. Pero séanos permitido añadir algunos detalles.

Prescindiendo de la cuestión evolutiva y examinando las células del endimio ya formadas, por ejemplo, las de una médula del 9.º día de incubación (fig. 1.<sup>a</sup>), notamos desde luego que todas ellas no son iguales,

(1) Nouvelles recherches histologiques sur le cerveau du fœtus.—Nota inserta en los *Arch. ital. de Biologie* 1888. 24 nov. fasc. 1, t. X.

(2) Manual de histología y técnica.—Pág. 615 cuad. 7, 1888.

(3) Développement des éléments de moelle épinière chez les mammifères *Arch. de Physiol. nor. et pathol.* 1884.

ni en forma ni en longitud. Cada región del corte medular puede decirse que posee sus especiales células.

Al nivel de la comisura posterior (a) son rectas, delgadas, presentándose asociadas en un haz de fibras paralelas que arrancando del conducto central, vienen á terminar por gruesos mamelones en el fondo (apenas indicado) del surco posterior, es decir, por debajo de la *pia-mater*.

Si examinamos estas células en una fase más temprana del desarrollo (5 días por ejemplo), advertiremos que todas ellas alcanzan por dentro la superficie epitelial; pero si la médula procede de un embrión de 12 ó 14 días se echará de ver que no todas ellas llegan á dicha superficie, pareciendo como que se han retraído hacia la periferia (fig. 1.<sup>a</sup> e). Igual disposición se manifiesta en la comisura posterior de la médula del gato recién nacido (véase lám. XI, b).

Al nivel de la comisura anterior, las células endodimales se presentan del modo que representamos en la fig. 1.<sup>a</sup>, b. Las centrales del grueso haz ó penacho en que se agrupan son rectas ó casi rectas; pero conforme van ocupando una situación más lateral se disponen en arco tanto más pronunciado cuanto más externo. Este arqueamiento de las células endodimales anteriores, se debe probablemente al volumen de los núcleos y al espesor más considerable que el cuerpo protoplasmático presenta cerca del extremo interior. Nótese una particularidad: Cada una de estas células, durante su curso por la zona puramente epitelial de la comisura, conserva su individualidad; pero en cuanto alcanza el trayecto más exterior, en que se ha de ver cruzada y en íntimo contacto con las fibras nerviosas comisurales, cambia de aspecto; tórnase granulosa y de sus contornos brotan pequeñas, cortas y varicosas arborizaciones que sostienen á las fibras nerviosas, algo así como los aisladores de un poste á los alambres telegráficos. (Fig. 1.<sup>a</sup>, b.)

Una disposición parecida, aunque no tan evidente, revelan los cortes de la médula lumbar del gato recién nacido. (Lám. XI, fig. 1.<sup>a</sup>, G.) Aquí el surco anterior está sumamente desenvuelto y en el fondo de él vienen á cesar las células endodimales anteriores.

Las células endodimales de los demás radios de la médula embrionaria del pollo, son larguísimas y de dirección convergente. (Fig. 1.<sup>a</sup>, c.) El cabo interno, relativamente grueso, constituye la zona epitelial propiamente dicha, sobresaliendo algo de la superficie general del endodimo; y el externo después de ofrecer numerosos espesamientos y pequeñas ramas espinosas en su curso, remata por un espesamiento debajo de la *pia-mater*.

En general, el extremo periférico de las células endodimales es único; pero alguna vez se muestra dicotomizado, disposición relativamente frecuente en los elementos del cordón anterior y posterior (fig. 1.<sup>a</sup>, h y d),

en cuyos parajes es de notar además una orientación menos rigurosa de los mismos.

Desde el 8.º día de incubación obsérvanse siempre entre los elementos endimales largos, otros más cortos, que no alcanzan por su cabo interno la cavidad central. (Fig. 1.ª, d, f, r, g, e.) Estos elementos cortos son también los más dislocados y representan, como veremos luego, las formas primeras de las células en araña ó de Deiters.

Las células endimales ó radiales poseen todas un núcleo alargado lanceolar, que sobresale del protoplasma como una dilatación en virola. Como cada fibra tiene su núcleo á altura diferente, de ahí la apariencia de muchas capas nucleares concéntricas que los cortes medulares teñidos al carmín nos suelen presentar. El núcleo no se tiñe por el proceder de Golgi; y como se le ve á través de una capa delgada de protoplasma ennegrecido por el cromato de plata, aparece de color castaño claro.

Alguna vez obsérvanse dos núcleos en una misma célula. (Fig. 1.ª, r.) La mayor frecuencia de estos elementos binucleados allí donde se ven de preferencia las células endimales más cortas y periféricas, quizás está en relación con el modo de origen de éstas. Nos parece verosímil que las fibras radiales completas ó primordiales se escindan en su región central, con lo cual podrían originar dos corpúsculos cortos, uno central y otro periférico, corpúsculos que, por otra parte, se encuentran en gran abundancia en las médulas adelantadas (de 10 al 16 día ó más).

Los mamíferos jóvenes (véase la lám. XI) ofrecen las células laterales del endimo mucho más cortas. Casi todas ellas se ramifican á poco trecho, emitiendo dos ó más ramas divergentes á su vez, recubiertas por una infinidad de expansiones finas, cortas y musgosas. (Lám. XI, fig. 1.ª, e.) Las ramas divergentes de las células endimales laterales del gato y perro recién nacidos, no pueden verse bien en los cortes transversales, sino en los longitudinales de la médula. Depende esto, de la dirección de dichas ramas que, en general, son ascendentes ó descendentes, conservando siempre cierta divergencia. En las mejores impregnaciones de la médula del gato, estas fibras divergentes sólo hemos podido seguirlas hasta la sustancia blanca. Así, que no sabemos si llegan á la superficie medular.

En general, puede afirmarse que, cuanto más edad tiene un embrión, más cortas y complicadas se presentan las fibras endimales laterales. Las ramificaciones finales que suelen faltar en las médulas de pollo de 5 y 6 días de incubación, son cosa corriente en los del 10 en adelante días. En cambio, los elementos de las comisuras los hemos encontrado bastante estables, y juzgamos probable que la disposición que muestra el dibujo de la lám. XI (gato recién nacido), y que también hemos ha-

llado en el perro y gato de 20 á 30 días de edad, se conserva con ligeras variantes en la médula adulta.

*Células en araña.*—Las células aracnoides ó de Deiters no son medianamente reconocibles en la médula embrionaria de pollo hasta el décimo día de incubación. El paraje donde se las ve primeramente, es la parte anterior del asta motriz; luego se las halla en la sustancia blanca de los cordones antero-laterales, y por último en el resto de la médula. (Véase la fig. 1.<sup>a</sup>, g.)

¿De dónde provienen estas células en araña? Para nosotros la contestación es bien sencilla. Las células citadas no son otra cosa que elementos del endimio dislocados y profundamente transformados. Lo prueba de un modo indubitable la existencia, en las preparaciones de médula embrionaria del pollo de 7, 8, 9, 10 y hasta 14 días de incubación, de todas las fases intermedias entre los elementos filamentosos é irradiados del endimio y los corpúsculos estrellados en araña. (Véase la fig. 3.<sup>a</sup> de la lám. XI.) Estas gradaciones no sólo se refieren á la forma sino á la posición. Cuanto más avanzada se halla la médula en desarrollo, menos alargados y centrales se muestran los corpúsculos neuróglícos. En la médula misma de los mamíferos recién nacidos, una gran parte de los corpúsculos neuróglícos conservan aún, una forma estirada y una orientación convergente. (Véase la lám. XI, fig. 1.<sup>a</sup>, s, r, h, etc.) Es más; la médula adulta del perro, conejo y hombre, exhibe todavía en la sustancia blanca de los cordones, células neuróglícas radiales, en las cuales se distingue á menudo un filamento central negro, de contorno limpio, que puede seguirse hasta muy adentro de la sustancia gris; y uno ó dos filamentos larguísimos irradiados á la periferia. A veces, se presenta uno sólo de estos filamentos más largos, dando á la célula neuróglíca un aspecto algo semejante al de los corpúsculos nerviosos.

A fin de distinguir las entre sí, en lo sucesivo daremos nombres especiales á estas diversas expansiones de las células en araña. Al apéndice convergente interno y al externo, denominaremos expansiones *primordiales* distinguidas en *ependimal* y *periférica*. Las demás irradiaciones divergentes, flexuosas y granuladas, de los citados corpúsculos recibirán la designación de apéndices secundarios; pues que secundariamente se desarrollan, es decir, mucho después que las expansiones interna y externa. Podrían llamarse también ramitas de adaptación, pues, merced á ellas, llenan los huecos y se adaptan á los intersticios de los elementos y fibras nerviosas que, por aparecer primero, reglan la forma y disposición que se verán obligados á tomar los corpúsculos neuróglícos.

Las expansiones *primordiales* distingúense con frecuencia no sólo en las células neuróglícas de la médula, sino en la sustancia blanca y gris del cerebro y cerebelo. Así, en el perro, hemos visto muchas veces, entre

las varias expansiones de las células de Deiters de la sustancia blanca una tan larga que, después de atravesar las dos capas grises de la lámina cerebelosa se terminan cerca ó en la misma superficie de ésta. Las células en horquilla descritas por Golgi, es decir, aquellas que yacen al nivel de las de Purkinje, poseen una ó varias expansiones primordiales externas, habiéndose atrofiado la ependimal.

Para estudiar las transiciones por las que las células neuróglícas pasan antes de su definitiva configuración, nada mejor que examinar un corte de médula de un mamífero joven, tal como se ve figurado en la fig. 1.<sup>a</sup> de la lám. XI. Por consecuencia de la adaptación á la forma especial de los elementos nerviosos de cada región medular, las células neuróglícas varían algo en los diversos territorios de la sustancia gris y blanca.

Examínense por ejemplo las de la sustancia gelatinosa de Rolando. Desde luego salta á la vista su extraña configuración, que pudiera compararse, para la mayor parte, á la de un plumero. (Lám. XI, fig. 1.<sup>a</sup>, k.) El mango (expansión primordial externa) es grueso, arqueado, oblicuado hacia afuera en la parte lateral del asta. El cuerpo que yace en el límite mismo de la sustancia gelatinosa, es grueso y emite una infinidad de filamentos tenues, apretados, de los que la mayor parte bajan convergiendo en penacho á través del asta posterior. En el límite externo é interno de la referida sustancia se ven á menudo células neuróglícas arqueadas (lámina XI, fig. 1.<sup>a</sup>, s) que contornean el asta posterior. En la región en que el cordón lateral se encuentra próximo al asta posterior, las células neuróglícas son numerosas y casi todas ellas conservan los apéndices primordiales (h). Los corpúsculos en araña más diferenciados y distantes de su forma primitiva, se hallan en la sustancia del asta anterior (B, y g) y región gris central.

Examinando detenidamente los apéndices secundarios de estas células neuróglícas, se advierte que son mucho más cortos y granulados que los de las adultas. Muchos de ellos tienen aspecto laminar y representan crestas semejantes á las de los corpúsculos corneales.

Como se ve, el problema del origen de los corpúsculos neuróglícos no presenta hoy grandes dificultades; pues la filiación ependimal se revela aún en los corpúsculos semi-adultos por la orientación convergente y conservación de los apéndices primordiales. Golgi (1), Ranvier (2), Renaut (3) y Vignal (4), tenían, pues, razón contra la opinión

(1) Loc. cit. p. 180.

(2) De la neuroglie *Arch. de physiol. nor. et pathol.*, 1883.

(3) *Arch. de physiologie nor. et path.*: 2.<sup>a</sup> série, vol. IX., 1881.

(4) Developpement des éléments de la moelle epiniere des mammifères, *Arch. de Physiol. etc.*, 1884.

de aquellos que como Eichhorst (1) suponían en dichas células un origen leucocítico. En cambio, Ranvier, Renaut y Vignal se equivocan, á nuestro juicio, en estimar los corpúsculos neuróglícos como células anastomosadas, en cuyas mallas se contendrían los elementos nerviosos. Nos parece que, al opinar así, han sido movidos de un espíritu de generalización laudable, cual es el de asimilar la textura de la neuroglia á la de las células del cuerpo de Malpígio de la piel y aun á las fibras de Müller de la retina. Por verosímil me incliné yo también en otro tiempo á esta opinión; pero no siempre lo verosímil es cierto; y en el caso actual el método de Golgi y las preparaciones por disociación nos han demostrado palnariamente la individualidad absoluta de todas las células neuróglícas, incluyendo las fibras de Müller, tanto en el estado adulto como en el embrionario.

La sola cuestión que á nuestro juicio queda por resolver es el cómo ocurre y á qué causas obedece la dislocación sufrida por las células en araña en sus fases primitivas.

Pudiéranse aquí invocar movimientos activos; pero esto no explicaría el por qué estas células ciegamente emigradas conservan su orientación y hasta sus apéndices fundamentales. Así que nosotros nos inclinamos á pensar que todo depende de la segmentación de los corpúsculos endodimales. Estos se alargaron primero ocupando todo el espesor medular, luego se escindieron en una porción central y otra periférica. La central conservará su carácter epitelial, formando parte del revestimiento del endodimo, sin otras variaciones que la ramificación y transformación de su expansión periférica; la periférica, una vez desligada de su convergencia forzada, se transformará poco á poco en un corpúsculo en araña. Conspira también en favor de esta opinión: 1.º el aumento sucesivo de las células neuróglícas, en los embriones de pollo de 12, 14, 16, etc. días. 2.º El encuentro de fases de partición en algunas fibras radiales.

Esto en cuanto á los elementos neuróglícos autóctonos. Respecto de aquellos que en el adulto aparecen insertos sobre los vasos, abrigamos algunas dudas. Examinando el cerebro de un embrión de pollo de 14 ó 16 días, se echa de ver que á más de los corpúsculos alargados de tipo endodimal, existen otros de cuerpo prolongado y perpendicularmente inserto en la pared de un capilar, mediante un apéndice recio, á veces sumamente corto, y siempre perfectamente confundido con las células endoteliales. Lo más singular es que no siempre se advierte individualidad marcada en tales elementos. Obsérvase á menudo que los

---

(1) Ueber die Entwicklung des menschlichen Rückenmarkes und seiner Formelemente. *Virchow's Archiv. B. LXIX.*, 1875.

filamentos divergentes emergen no de un corpúsculo suelto, sino de un ligerísimo espesamiento de la pared endotelial. En los capilares que pululan en el cerebro de los embriones de pollo de 14 días de incubación, llegan á faltar hasta los mismos espesamientos, naciendo separadamente del endotelio pequeñas puntas que se dirían apéndices de Golubew por su forma espinosa y dirección perpendicular. Sólo que estos apéndices son mucho más delgados que los de crecimiento vascular y convergen siempre algo á una zona limitada de la pared. Además, las púntas de crecimiento verdaderas se manifiestan en gran número en estos capilares, tiñéndose de castaño claro por el cromato argéntico y mostrándose tan distintas en tamaño y situación que la confusión no es posible. Entre las células endoteliales sin espesamiento y con delgadas expansiones y las que soportan un grueso pedículo de cuyo remate irradian infinidad de fibrillas varicosas, hállanse, en los cerebros de embrión de pollo de los últimos de días incubación, todas las transiciones. En el mismo cerebro humano Golgi ha descrito, y nosotros hemos confirmado repetidas veces, la existencia de esta especie de corpúsculos neuróglícos perivasculares ¿Qué pensar del origen de tales elementos, ó lo que es lo mismo, del de aquellas tenues puntas nacidas sobre el endotelio vascular y las que, andando el tiempo, serán células neuróglícas casi aisladas?

No osaremos pronunciarnos sobre esta delicada cuestión, pues creemos que su resolución demanda nuevas observaciones, y el empleo de métodos cuyos resultados puedan fácilmente compararse con las revelaciones del de Golgi.

A decir verdad, si se nos forzara á emitir una opinión hipotética sobre este asunto, casi nos decidiríamos por un origen francamente endotelial. La circunstancia de que los citados corpúsculos carecen de apéndices primordiales; la de que el pedículo citado y, sobre todo, el pequeño espesamiento que en sus fases primitivas le representa se continúa perfectamente con la pared endotelial; el aparecer dichas puntas, en una época en que los capilares ostentan espinas de crecimiento; la ausencia de núcleo en las fases primeras; la circunstancia de colorarse en pardo lo mismo que los vasos jóvenes por el método de Golgi, siendo así que ni los leucocitos ni las células conectivas se tiñen jamás, dan á la precedente hipótesis cierta verosimilitud.

#### FIBRAS DE SUSTANCIA BLANCA.

Hemos examinado las fibras de los cordones de la médula desde el 5.º día de incubación (pues antes de esta época el método de Golgi no las impregna) en adelante, y siempre se nos han manifestado con los mismos caracteres.



Uno de estos y de los más curiosos, consiste en la existencia á lo largo de cada fibra de numerosísimas ramitas colaterales nacidas en ángulo recto (1). Hé aquí un hecho extraño cuyo hallazgo nos produjo una sorpresa extraordinaria; pues es bien sabido que los autores dan las fibras de la sustancia blanca por elementos perfectamente individualizados en todo su trayecto. Las citadas colaterales son mucho más finas que las fibras longitudinales de que proceden; nacen en ángulo recto ó casi recto al nivel de ligero ensanchamiento triangular, dirigense todas convergiendo á la sustancia gris donde se terminan, conservando siempre su dirección transversal ó el plano medular en que nacieron. La

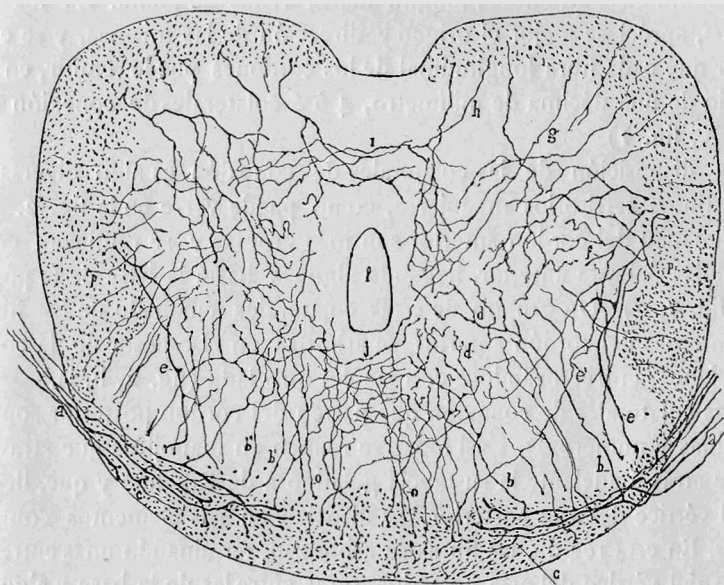


Fig. 2. Corte de una médula de pollo al 9.º día de incubación.—Región dorsal —Coloración al método Golgi —a, fibras de la raíz posterior.—b, colaterales de los tallos radiculares.—g, colaterales de las fibras del cordón anterior —h, colaterales que cruzan la comisura anterior.—d, arborización terminal de las colaterales radiculares.—j, colaterales del cordón de Goll que cruzan en parte la comisura posterior.

terminación tiene lugar por arborizaciones libres; de ramitos varicosos y sumamente flexuosos, los que, juxtaponiéndose en gran número y entrecruzándose con los procedentes de otras arborizaciones, engendran un plexo tupidísimo en el seno del que hallanse estrechamente abrazadas las células nerviosas (véanse la fig. 2 del texto, y las de la lámina X). Las fibras de que los autores hablan como residentes entre las células, existen realmente, pero no forman red sino plexo, pues jamás el proceder de Gol-

(1) Véase nuestra nota preventiva del 10 de febrero del año actual, sobre la estructura de la médula embrionaria.—*Gaceta médica catalana*.

gi, único que permite la perfecta visión y persecución de estas fibrillas, revela la menor anastomosis ni entre las ramas de una misma arborización, ni entre las procedentes de arborización distinta (véase la fig. 2).

Cuando las susodichas fibrillas, que nosotros llamaremos para-abreviar *colaterales de conexión*, se examinan en médulas embrionarias del 12.º día de incubación en adelante (fig. 2), se observa que su número es extraordinario, y que todos sin excepción los tubos de los cordones las suministran. Para estudiarlas de una manera cumplida, es preciso examinar cortes transversales y longitudinales. En los primeros (fig. 2) se advierte que las colaterales proceden de ciertos puntos gruesos que no son otra cosa que fibras longitudinales vistas de punta. En los segundos, apréciase mejor el origen y dirección de las mismas, y se echa de ver que cada fibra longitudinal de los cordones puede emitir, en un espacio de una décima de milímetro, 4 ó 6 colaterales de conexión (lámina X, fig. 1).

La disposición de las colaterales de conexión es algo diversa en los distintos territorios medulares, como puede verse en la fig. 2. Las que dimanen del cordón anterior son más gruesas y se ramifican entre las células del asta anterior, llegando algunas hasta la base de la posterior (fig. 2, g). Un grupito de estas colaterales emanado de las fibras más internas del cordón anterior, se arboriza en el espesor de la comisura blanca, entrecruzándose con las del otro lado (fig. 2, h, i).

Las colaterales de conexión que parten del cordón posterior son las más finas y numerosas. Casi todas se reúnen en manojitos que atraviesan de atrás á adelante la sustancia gelatinosa de Rolando y que, llegadas al vértice del asta posterior, se disocian en sus elementos componentes. En esta región, las fibras se arborizan, terminando unas entre las células del vértice del asta posterior, otras entre las de la base y algunas que se prolongan notablemente hacia adelante, llegan hasta el plexo del asta anterior. Muchas de las que nacen del cordón de Goll (fig. 2, o) después de esparcirse por la columna de Clarke se entrecruzan en la línea media, constituyendo el plexo llamado *comisura gris* por los autores.

Las colaterales de conexión constituyen una disposición general constante de la médula de los vertebrados. Aunque no las hemos comprobado en todos ellos, los resultados obtenidos en la médula de los mamíferos jóvenes donde el método de Golgi produce tan buenos efectos como en la embrionaria, vienen en apoyo de esta generalización. Además, el estudio de la médula de los vertebrados adultos y de los jóvenes con ayuda del proceder de Weigert ó de Pal permiten descubrir un sistema análogo de fibras, solamente que, en los mamíferos jóvenes, muchas de ellas carecen de mielina y, en los adultos, la complicación de las mismas hace difícilísimo su estudio. De aquí la necesidad del método

de Golgi, que como es sabido, posee la inmensa ventaja de teñir solamente, en muchos casos, un número limitado de fibrillas.

Para juzgar de la disposición de las mismas, hemos procurado copiar en la lám. X, fig. 2 y 3, la manera como se presentan en los cortes longitudinal y transversal del asta posterior de la médula lumbar de un gato recién nacido. La inspección de estas figuras, demuestra del modo más claro que las colaterales del cordón posterior, atraviesan casi todas, reunidas en manojos, la sustancia de Rolando (fig. 2, b y fig. 3, a), convergen al vértice del asta posterior donde sus arborizaciones constituyen un plexo tupidísimo, extendido hasta la base del asta. Los huecos blancos que en el dibujo quedan (d, fig. 3, lám. X), son los nidos donde se alojan las células nerviosas. Los detalles del nacimiento y arborización final de las colaterales se ven más claramente aún, por hallarse éstas en menor número, en la fig. 2, en la que c y b representan orígenes de colaterales y g arborizaciones terminales.

Las colaterales de conexión que acabamos de describir han sido vistas y descritas por los autores, ya con el nombre de fibras radicales, ya con el de fibras de los cordones, es decir, tubos medulares que, según común acuerdo de los histólogos, representan comisuras longitudinales entre pisos distintos de células nerviosas. La mayor parte de ellas, sino todas, ofrecen una envoltura de mielina tanto más espesa cuanto más próximo el animal á la época adulta.

El error cometido por los autores, depende de la insuficiencia de los métodos. Ninguno de los agentes que tiñen la mielina, y que permite seguir estas fibras durante su curso transversal, colorea el arranque y la terminación de las tales, por la razón sencilla de que al nivel de estos parajes falta aquella envoltura. Así que, en los puntos donde se ven cesar en la periferia, han creído ver un recodo por el cual vendrían á ser fibras longitudinales; y al nivel de su terminación en la sustancia gris han supuesto, ó la existencia de redes de origen, ó la unión con el protoplasma de las células nerviosas.

Hay también fibras que, partiendo de los cordones, ingresan en las células; pero éstas, de las que luego hablaremos, son gruesas, escasas en número, y jamás ó rarísima vez se ramifican en su itinerario por la sustancia gris.

¿Qué representan estas fibras colaterales que acabamos de describir?

A nuestro parecer, se trata aquí de fibras de *conexión celular* que todos los tubos de la sustancia blanca envían á los diversos centros de la gris. Consideramos estas fibras como colaterales de terminación y no de origen: 1.º porque jamás las hemos visto provenir de células; 2.º porque se ramifican, empequeñeciéndose y adquiriendo sus más diminutos ramúsculos, ese aspecto varicoso propio de toda terminación

nerviosa; 3.º porque se aplican á las células, á las que forman ún lecho de maleza, como el que constituyen á los cuerpos de los corpúsculos de Purkinje, los flecos descendentes de las células pequeñas de la capa molecular del cerebelo. Finalmente, no estimamos una terminación en red ó en plexo: 1.º porque jamás hemos comprobado anastomosis indirectas entre ninguna especie de corpúsculos nerviosos; 2.º porque jamás hemos podido demostrarlas aquí.

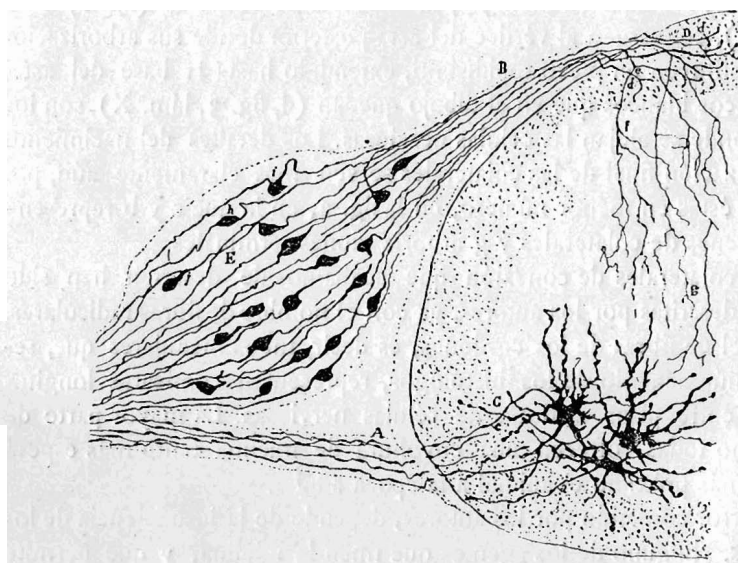


Fig. 3.—Corte de la médula, de las raíces y de un ganglio raquídeo de un embrión de pollo de 9 días de incubación.—A, raíz anterior; B, raíz posterior; C, cilindro eje de las células laterales del asta anterior; D, porción intramedular de las raíces posteriores; E, células ganglionares bipolares; d, bifurcación final de una fibra radicular; e, colateral de conexión del tallo radicular; i, arborización final de ésta; j, célula con una expansión dividida en T.

### FIBRAS RADICULARES

*Raíces anteriores.* Respecto del origen de las fibras que las componen, hemos comprobado la opinión admitida por todos los autores. Dichas fibras (fig. 3, a, b, c) proceden de las células gruesas del grupo antero-lateral del asta anterior, atraviesan rectilíneamente la sustancia blanca, mostrando gruesas varicosidades, y penetran en la raíz anterior, donde las hemos seguido alguna vez hasta más allá del ganglio raquídeo. En las preparaciones de médula embrionaria de pollo y de gato recién-nacido, jamás hemos visto que tales fibras emitan ramas colaterales.

*Raíces posteriores.* Los hechos más interesantes, relativamente á este punto, los hemos obtenido en las médulas de pollo, desde el 8.º hasta el 12 día de incubación. La impregnación de las fibras radiculares, es mucho más difícil en los jóvenes mamíferos y en los embriones de ave de mayor edad.

Las raíces posteriores provienen, como es sabido, de las células del ganglio raquídeo correspondiente. Estas células (fig. 3) son bipolares en la médula embrionaria del pollo, á diferencia de las de los mamíferos, que son unipolares. Esta diferencia es secundaria, pues tanto en las aves como en los mamíferos, la célula suministra en definitiva dos fibras: una central destinada á la médula; otra periférica consagrada á las superficies sensibles del organismo; sólo que en aquéllas, las dos fibras proceden separadamente del cuerpo celular; mientras que en éstos provienen de la bifurcación de un pedículo protoplasmático (división en T de Ranvier). Como puede verse en la fig. 3, donde se ha copiado rigurosamente un ganglio raquídeo embrionario, impregnado por un proceder especial (modificación del de Golgi), las dos ramas, central y periférica de la célula ganglionar, conservan su independencia sin ramificarse en su itinerario á través de la trama ganglionar. Obsérvase que la rama central es más fina y varicosa que la periférica, delgadez que parece exagerarse en la vecindad de la médula. Ciertas células emiten las dos expansiones nerviosas de un mismo lado del protoplasma, á veces del vértice de un pedículo (fig. 3 i, j), disposición que se aproxima á la que presentan los corpúsculos ganglionares de los mamíferos.

Una vez formada la raíz posterior por la reunión de las expansiones celulares internas, dirígese hacia atrás, aplánase transversalmente, aplícase á la cara lateral de la sustancia blanca y penetra oblicuamente en el espesor del cordón posterior. Las fibras radiculares marchan, durante su curso á través de la sustancia blanca, de fuera á dentro, llegan al cordón de Goll, y allí, y en puntos algo distintos para cada fibra, *se dividen en T, es decir, en dos ramas robustas terminales, una ascendente y otra descendente*, las que ni por su curso, espesor y conexiones, pueden distinguirse de las fibras longitudinales del cordón de Goll ó el de Burdach. La bifurcación no tiene lugar en ángulo recto perfecto, sino más bien en Y (véase la fig. 1, lám. X y la fig. 3 del texto, d), arqueándose suavemente las ramas para venir á ser, á poco trecho, rigurosamente longitudinales.

Tanto el tallo principal, como las dos ramas terminales, *suministran finas colaterales de conexión. Las del tallo* (fig. 3, e, f, g y fig. 2, b y b') son en número de dos ó tres; nacen de él casi en ángulo recto, mientras cruza transversalmente el cordón de Burdach; cruzan de fuera á dentro y de detrás á adelante la sustancia de Rolando, se dicotomizan alguna vez en su camino, y terminan, finalmente, por arborizaciones finas, varicosas y flexuosas entre las células del asta posterior (g). Con frecuencia se ven algunas colaterales larguísimas llegar hasta los corpúsculos del asta anterior, ya directamente, es decir, marchando por la sustancia gris de su lado, ya dirigiéndose á la del opuesto, después de cruzar la comisura posterior.

Las colaterales de las ramas terminales ascendente y descendente, se comportan en un todo como las de las fibras longitudinales del cordón posterior: es decir, que, de cada rama, emergen en ángulo recto y á diversas alturas, numerosas fibras finísimas que, asociándose en manojos, atraviesan de atrás á adelante la sustancia de Rolando para terminar por arborizaciones entre las células del asta posterior (lám. X, fig. 1, e y d).

¿Cuál es la suerte de las fibras terminales del tallo radicular? No hemos logrado determinarla. Solamente podemos asegurar que en la extensión máxima en que las hemos perseguido á lo largo del cordón posterior, extensión que no bajaba de dos milímetros en algunas preparaciones, no las hemos visto terminar nunca. La cesación de la fibra, marcaba siempre ó la sección del preparado, ó la cesación de la impregnación negra.

Téngase en cuenta que la extensión de dos milímetros es superior á la distancia que separa tres raíces de la médula embrionaria (1), y por tanto equivale en la médula adulta de un mamífero á varios centímetros de longitud. Alguna vez, hemos creído notar que las fibras terminales, á una distancia de 1 m. de su origen, ofrecían tendencia á situarse en plano más interno y aun en la frontera misma de la sustancia de Rolando. Ignoramos si esto es hecho accidental, ó si debe tomarse como indicio de una terminación próxima en el seno del asta posterior.

En los mamíferos recién nacidos, hemos comprobado también la existencia de la bifurcación terminal de las raíces posteriores y la existencia de colaterales; mas la extensión desmedida de los trayectos y lo incompleto de las impregnaciones, impiden por lo común un seguimiento fructuoso de las fibras.

Inútil es decir que nunca hemos podido comprobar esas complicadas disposiciones que los autores describen (véase más adelante). A nuestro juicio, todas las fibras de la raíz posterior terminan lo mismo. En todas ellas, cuando la impregnación ha permitido seguir las suficientemente, hemos comprobado la bifurcación final y las colaterales de conexión. No existen, por tanto, terminaciones por células, cosa tanto más natural cuanto que se trata de cilindros-ejes emanados de células extrarraquídeas. Y si todo cilindro se termina libremente por arborizaciones libres entre células, como nos lo anuncian las únicas terminaciones nerviosas que conocemos bien (las centrifugas y centripetas), lógico será, guiados por la analogía, que busquemos en la médula, no terminaciones en células, sino arborizaciones entre células.

Ni debe detenernos la consideración de los enlaces que la fisiología

(1) Médula de embrión de 10 á 12 días.

supone entre las células motrices y sensitivas de los centros. ¿Acaso no cabe otro modo de conexión intercelular que la anastomosis?

Las opiniones que sobre el origen de las raíces posteriores acabamos de exponer, contrarían los pareceres de todos los histólogos. Golgi (1), por ejemplo, supone que las fibras de la raíz sensitiva se terminarían en una red situada entre las células del asta posterior y constituida por las anastomosis de los cilindros-ejes de éstas que, como de tipo sensitivo, pierden á fuerza de ramificaciones y anastomosis su individualidad. Toldt y Kahler (2) y en general la mayor parte de los histólogos describen un origen muy complejo de las raíces posteriores. Comienzan por distinguir dos especies de fibras en la raíz posterior: unas gruesas tempranamente meduladas y situadas por dentro; otras finas, tardíamente meduladas y colocadas por fuera.

Las fibras finas se doblan sobre el vértice de la sustancia de Rolando para ascender formando un haz de fibras longitudinales (*Randzone* de Lissauer); pero luego se tuercen y penetran á través de la sustancia de Rolando dispuestas en haces horizontales, para perderse en el asta posterior (parte anterior de la sustancia gelatinosa y parte limitante de la esponjosa), donde constituyen un plexo nervioso. Algunas de las delgadas ingresan quizás, sin ir á la sustancia de Rolando, en el cordón posterior.

Las gruesas se dividen en dos manojos, *interno* y *externo*. Este atraviesa la sustancia de Rolando, se dobla hacia arriba y al abordar la sustancia esponjosa, se continúa con el *manejo longitudinal* (de Kölliker) del asta posterior. El haz interno consta de fibras ascendentes y descendentes que van á terminar á la parte interna del asta posterior, asta anterior y columna de Clarke. Una parte de las fibras del haz interno, no terminarían en células, sino que pasarían á formar parte del cordón posterior.

Opiniones parecidas vierten en sus recientes memorias Takacs (3), Bechterew (4) y V. Lenhossek (5). Este último autor distingue igualmente dos especies fibrilares en la raíz posterior: *gruesas é internas*, *delgadas y externas*. Las internas después de accidentado trayecto penetrarían en la sustancia gris del asta posterior para terminar en las células más laterales del grupo principal del asta anterior y en una red de fibras

(1) Sulla fina Anatomia degli organi centrali del sistema nervoso. 1886.

(2) Lehrbuch der Gewebelehre, p. 194. 1838.

(3) Anleitung beim Studium des Baues der Nervösen Centralorgane, etc., p. 187. Wien. 1888.

(4) Ueber den Verlauf der hinteren Wurzelfasern im Rückenmarke. *Neurolog. Centralbl.* 1887.

(5) Ueber die hinterem Nervenwurzeln, ihre Endigung in der grauen Substanz des Rückenmarkes etc, *Arch. f. Anat u. Physiol.* 1887.

extendida por la porción central de la sustancia gris, columna de Clarke, etc.

El manajo lateral, cruza en ángulo recto la sustancia de Rolando, llega á la parte anterior de ésta, en donde abandona algunas fibras que terminan en células nerviosas; pero la mayor parte se doblan para dirigirse hacia afuera y salir lateralmente después de construir, una especie de herradura. En definitiva, estas fibras ladeadas se terminan unas en la frontera externa del asta posterior, otras en el cordón longitudinal de ésta, y algunas en la sustancia esponjosa del cordón lateral.

Obersteiner (1) profesa análogo parecer, estableciendo en la raíz posterior idénticas distinciones. Las fibras delgadas, después de formar la *zona limitante* de Lissauer atraviesan en ángulo recto la sustancia de Rolando, perdiéndose en el asta posterior.

El manajo de tubos gruesos se divide en dos partes: *interna* y *lateral*. El lateral acaba en la sustancia gris del asta posterior, no sin que envíe antes algunos tubos al asta anterior y otros hacia arriba en sentido longitudinal.

El grupo interno posee fibras de muy diversa distribución. Unas se arquean para ir, en dirección longitudinal, al cordón de Goll; otras marchan á unirse, después de atravesar la parte interna del asta posterior, á las células de la columna de Clarke; algunas, en fin, concluyen en corpúsculos de la comisura posterior. Como medio de unión de las raicillas nerviosas y las células del asta posterior y aun anterior, acepta este autor la red *nerviosa intersticial* de muchos autores.

Edinger (2) ha expuesto últimamente una marcha algo más sencilla. Da por probada la existencia de las dos especies de fibras: *internas* y *laterales* ó gruesas y delgadas. Las internas penetran en el cordón posterior, en donde tuercen para hacerse verticales y ascender á lo largo de él hasta el bulbo, donde terminan en núcleo gris especial (*núcleo del cordón posterior*). Las fibras laterales ó finas con algunas gruesas atraviesan la sustancia de Rolando y piérdense, como dice Lissauer, en una red fibrilar que separa las células del asta posterior. En general, de todas las fibras que se dirigen á la sustancia gris, sólo algunas penetran directamente, es decir, en el plano de la raíz posterior. La mayor parte, antes de terminarse en el asta posterior, ascienden ó descienden un gran trecho, á lo largo del cordón posterior.

Las opiniones expuestas, sacadas de los últimos trabajos publicados

(1) *Untersuchungen über die Entwicklung des Markscheide und der Faserverlauf im Rückenmark des Maus.*—*Arch. f. mik. Anat.* 1889. Bd. 33.

(2) *Ueber die Fortsetzung der hinteren Rückenmarksvurzeln zum Gehirn.* *Anatomischer Anzeiger*, Feb. 1889.



en esta difícil materia, son en gran parte coincidentes. Desde luego llama la atención el tono de duda, con que los autores hablan al tratar de la *terminación real* de las fibras radiculares. Todos hablan de plexos nerviosos, probablemente unidos á las células, ó de anastomosis directas más ó menos verosímiles, pero ninguno se atreve á decir que ha visto *continuación sustancial entre las raíces y las células*; lo que abona nuestra opinión de la terminación libre de las raíces, es decir, de aquellas colaterales del tallo radicular, que son las que equivocadamente, y faltos de medios analíticos suficientes, han tomado los autores como fibras independientes que atravesarían la materia de Rolando. La comparación de las preparaciones de médula joven teñida por el proceder de Weigert, con las impregnadas por el de Golgi, prueba además que los autores han tomado, en parte al menos, como radiculares directas, muchas de las colaterales de conexión del cordón de Goll, las que si bien pudieran provenir en definitiva de radiculares (recuérdese que las ramas terminales de éstas caminan á lo largo y forman una gran parte de las del cordón de Goll suministrando colaterales), no es menos cierto que no nacen de ellas directa ó inmediatamente, es decir, de la raíz del mismo plano transversal.

Es de notar, por último, que todos los autores hablan de fibras ascendentes que no van á la sustancia gris, viniendo á formar parte del cordón de Goll; y alguno hay (Edinger), que indica que algunas ascienden y otras descienden á su entrada en la sustancia blanca; lo que nos prueba que han entrevisto las ramas terminales de los tallos radiculares, sólo que han tomado por fibras distintas las dos ramas de la bifurcación.

En cuanto á que las fibras radiculares terminan y no nacen en células medulares, nuestra opinión está corroborada por los resultados obtenidos por el método de las degeneraciones medulares experimentales (por sección previa de las raíces), y por las investigaciones de His, que tienden á demostrar que los núcleos de origen de los nervios sensitivos no hay que buscarlos en la médula, sino en los ganglios raquídeos. Edinger, que se inclina á este dictamen, lo limita un tanto cuando dice (1) que quizás existan en el asta posterior, células ganglionares análogas á las del ganglio raquídeo, de donde pudieran arrancar fibras centrales y periféricas (radiculares posteriores), disposición que en parte ya describió Freud en la médula del Petromyzón. Contra esta sospecha, nosotros debemos recordar que, al menos, en los ganglios embrionarios de las aves, nunca hemos visto fibras radiculares posteriores que no provinieran de los corpúsculos ganglionares bipolares.

(1) Loc. cit., p. 122.

## CÉLULAS NERVIOSAS DE LAS ASTAS MEDULARES

Por el comportamiento de su *cilinder* pueden distinguirse en: 1.<sup>a</sup> células comisurales; 2.<sup>a</sup> células de los cordones; 3.<sup>a</sup> células radiculares; 4.<sup>a</sup> células de anejió mediata ó de *cilinder* plexiforme.

1.<sup>a</sup> *Células comisurales* (veáse la fig. 4.<sup>a</sup> del texto). Las fibras que se reunen en la comisura anterior provienen, como ya Golgi, Etinger, etcétera, lo han sospechado, de células yacentes en toda la extensión de la sustancia gris. No es posible, pues, señalar, como hace Lenhossek, un grupo especial de células del asta anterior (**grupo comisural**), de cuyas expansiones nerviosas se formaría la comisura.

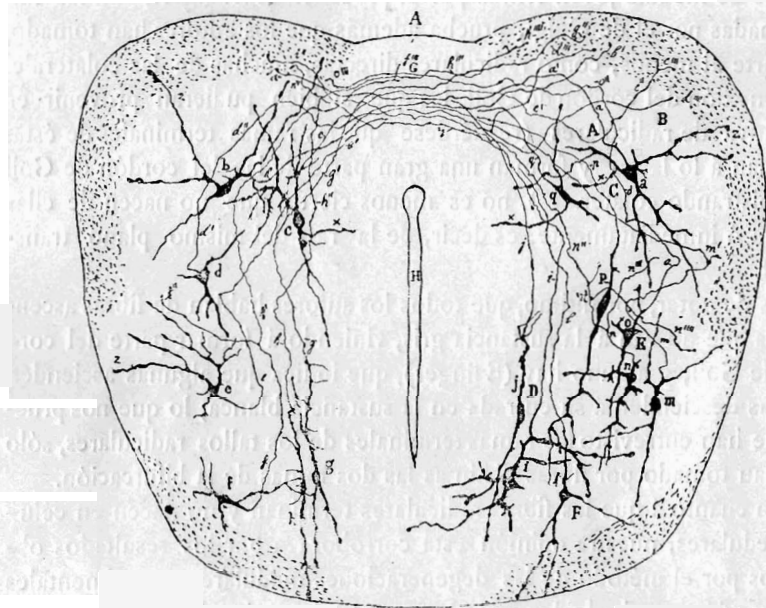


Fig. 1.—Células comisurales de la médula embrionaria del pollo de 7 días de incubación. —A, surco anterior de la médula; B, asta anterior; D, E y F, células del asta posterior.

Como puede observarse por la fig. 4.<sup>a</sup>, las células comisurales afectan diversidad de formas, y como éstas guardan alguna relación con su localidad, convendrá distinguirlas en cuatro grupos: anterior ó del asta anterior (A); medio (E) ó de la base del asta posterior; postero-interno (D) ó de la parte interna de esta región; postero-externo (F) ó de la parte posterior del asta de igual nombre. Estos grupos son arbitrarios, pues no están deslindados en la realidad; pero indican con alguna aproximación los parajes donde parecen residir ciertas variedades de células comisurales. Digamos también que el estudio de las células comisurales sólo hemos podido hacerlo de un modo algo detallado en la médula embrionaria de ave. La figura 4, donde hemos reunido los principales

tipos hallados en diversas preparaciones, representa un corte de médula á los 7 días de incubación. Advertimos de pasada que las células en ella dibujadas no contienen un solo trazo arbitrario ó de interpretación. Cada uno de sus apéndices, con especialidad el *cilinder*, han sido copiados literalmente de preparaciones irreprochables, como limpieza y aislamiento de las células.

El grupo anterior está formado de células gruesas, estrelladas, residentes en toda el asta anterior y región central de la sustancia gris. (Véanse las células a, b, c, etc., de la fig. 4.) El *cilinder* procede generalmente del cuerpo celular, no se ramifica en su camino, y, después de pasar por la comisura anterior, se termina al nivel del cordón antero-lateral del lado opuesto, continuándose con una fibra longitudinal. En general, esta continuación se nos ha presentado como un simple acodamiento; pero alguna vez, como, por ejemplo, en la célula c, nos ha parecido ser una división en T.

El grupo medio (E) se compone de células algo más pequeñas, de forma triangular, alargada ó en huso, que yacen en la base y parte externa del asta posterior. El *cilinder* procede del cuerpo y con más frecuencia de una rama protoplasmática (véanse células m y n, fig. 4); marcha hacia adelante, trazando grandes flexuosidades, é ingresa en la comisura, continuándose con una fibra del cordón anterior; pero antes (y esto sucede con frecuencia) de su ingreso en el asta anterior suministra una ó más colaterales externas que, dirigiéndose hacia el cordón lateral, parecen continuarse por acodamiento con una de sus fibras (m y n). De donde resulta que una célula *puede continuarse con dos fibras de los cordones*, la una situada en el lado derecho y la otra en el izquierdo.

En este mismo grupo yacen alguna vez células (d), cuyo *cilinder* se bifurca al otro lado de la comisura, para construir dos fibras longitudinales del mismo cordón anterior.

El grupo interno ó postero-interno lo componen células fusiformes, delgadísimas y anteroposteriormente tendidas junto al epitelio (g, h, j). Poseen tales células dos expansiones protoplasmáticas principales: anterior y posterior. La anterior, y á una distancia variable, origina el *cilinder*, el cual es finísimo, dirígese hacia adelante, costeano la formación endodermal, y después de pasar por delante de ésta, ingresa en el cordón del otro lado. La célula h, mostraba el cilindro dividirse en T en el seno del cordón anterior.

El grupo posterior, está formado por células pequeñas, estrelladas, á veces fusiformes (f): su *cilinder* se dispone (por lo menos en algunas) como el del grupo lateral, es decir, que á más de la fibra comisural emite alguna otra que se pierde en el cordón lateral.

*Células de los cordones.* Yacen como las comisurales en toda la sus-

tancia gris. Como es natural, cada una de ellas envía su *cilinder* (comúnmente) á la sustancia blanca más inmediata. Así, las fibras del cordón antero-lateral se constituyen de los cilindros-ejes del asta anterior, y las del posterior, de los cilindros del asta posterior y sustancia gelatinosa de Rolando,

En la fig. 5 hemos representado los principales tipos de células de los cordones, halladas en diversos cortes transversales de médula embrionaria de pollo (de 5 á 8 días de incubación). Como se verá por la inspección del dibujo, no parecen existir verdaderos grupos celulares. No

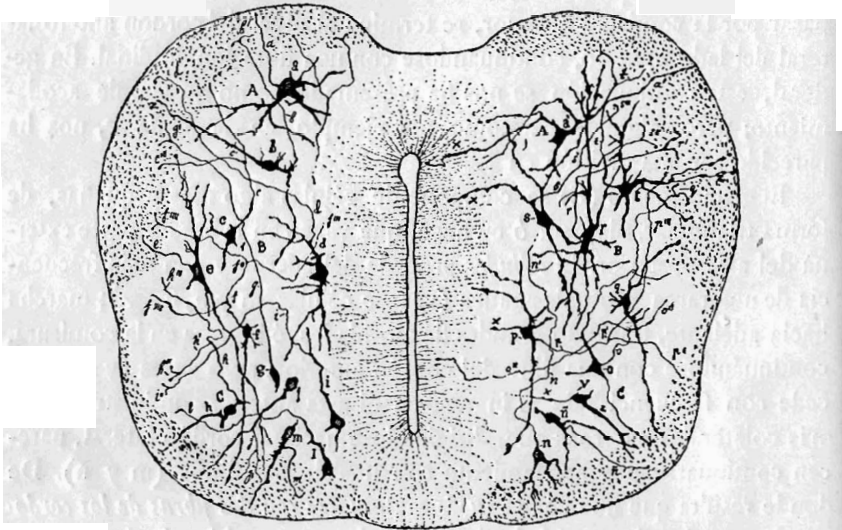


Fig. 5.—Células de los cordones de una médula fetal de pollo de 7 días de incubación.—Coloración por el método de Golgi. En esta figura se han reunido células esparcidas en varias preparaciones.

A, asta anterior; B, región gris central; C, asta posterior.—a, célula radicular anterior; b, célula cuyo *cilinder* se incorpora al cordón anterior; c, célula cuyo *cilinder* se ramifica y marcha al cordón lateral; m, i, j, células cuyos cilindros van al cordón posterior.

Nota: todo *cilinder* lleva en esta figura, la misma letra que la célula de que procede, sólo que se ha dibujado cursiva, para distinguirla de las letras de las células.

obstante, y para facilitar la descripción, dividiremos las células en tres especies: las del asta anterior; las de la región media, y las del asta posterior.

El grupo anterior consta de células gruesas, en su mayor parte estrelladas y provistas de apéndices protoplasmáticos largos y varicosos.

Bajo el punto de vista del *cilinder*, pueden considerarse en este grupo dos variedades: células cuyo *cilinder* no se divide, sino en el espesor mismo del cordón antero-lateral para constituir una fibra longitudinal, es decir, dos fibras, una ascendente y otra descendente (véanse las célu-

las b y r); y células cuyo *cilinder* se dicotomiza antes de llegar al cordón antero-lateral, donde forma, ó dos fibras ascendentes (c) ó una fibra en T y otra ascendente (t, s). Añadamos aún células cuyo *cilinder* único se continúa por acodamiento con una sola fibra. Quizás estos cilindros-ejes, así como los acodados de las variedades anteriores, representen impregnaciones incompletas. Por hoy no podemos hacer otra cosa sino hacer constar la disposición observada.

El grupo central revela disposiciones análogas. Hay células con un *cilinder* no ramificado y acodado al parecer á su arribo en la sustancia blanca (e, d). Se ven otras cuyo *cilinder* se termina dividiéndose en T (q). Hállanse algunas en donde éste emite dos fibras longitudinales del mismo sentido (p), la una situada en el cordón lateral y la otra en el posterior.

Probablemente á esta especie de cilindros-ejes pertenecen unas fibras laterales que emergiendo en ángulo recto de una fibra longitudinal del cordón lateral, terminan atrás en el mismo plano y después de haber cruzado la parte más externa del asta posterior en otra fibra longitudinal del cordón posterior (véase la fig. 2, e). Ocasiones hay en que son tres fibras longitudinales las emitidas por el referido *cilinder*, una para el cordón lateral y dos algo alejadas para el posterior. La existencia de un tallo corto y más grueso en la parte interna de estas fibras, precisamente al nivel del grupo latero-central, indica que se trata probablemente de un *cilinder* de alguna de las células de este grupo, célula que por una singularidad de acción del proceder de Golgi no se impregna al mismo tiempo que aquél.

El grupo posterior, encierra células pequeñas, fusiformes, globosas ó estrelladas. Las que habitan en el vértice del asta, se distinguen por su aspecto fusiforme y cierta convergencia de orientación que recuerda su origen endodermal (células n, ñ, v, c, m, h). El *cilinder* proviene en algunas del cuerpo celular (n, o); pero más á menudo de una rama protoplasmática (m, j, i, etc.). Adviértense desde luego, que el *cilinder* no va en todas las células al cordón posterior; puede dirigirse al lateral (f, g), y en cuanto á su terminación, unas veces se continúa con una sola fibra (m, n, e); otras termina en T (i, j), y con frecuencia se bifurca en su camino para terminar en paraje distinto, continuándose con dos fibras longitudinales (n, f). Cilindros-ejes hay que eriten tres ramas colaterales (f), de las cuales dos parecen ir á los cordones y una á la comisura anterior. Por último, en la fig. 5 (o) se ve uno que emitía á más de la rama del cordón un filamento interno, endodermal, que penetraba entre los corpúsculos epiteliales.

Es indudable que muchos de estos cilindros-ejes, no estaban completamente impregnados; por lo que, á la descripción precedente, habrá

que hacer muchas adiciones y correcciones; pero los resultados obtenidos prueban ya: 1.º que muchos cilindros-ejes terminan por una división en T ó sea por un filamento ascendente y otro descendente; 2.º Que algunas células se continúan con más de un filamento longitudinal de la médula; 3.º Que algunas otras se continúan (mediante una rama comisural y otra lateral) con dos ó más fibras, situadas en cordones de opuesto lado.

*Células radiculares.*—Las únicas que aparecen continuadas con raíces nerviosas son las que moran en el grupo externo del asta anterior. El *cilinder* no se ramifica, é ingresa directamente en la raíz anterior. No hemos podido ver nunca célula alguna del asta posterior en **continuación** con tubos radiculares (fig. 3).

Por lo demás, las células radiculares del asta anterior son **gruesísimas**, ricas en prolongaciones que irradian en todos sentidos, algunas de las que terminan en la misma superficie libre de la médula, por abultamientos redondeados. Dichas ramas, se distinguen por sus varicosidades y por la multitud de espinas ó filamentos secundarios, **que á manera de musgo las recubre** (véase la fig. 3, c y fig. 5, a y a').

*Células de cilinder plexiforme.*—A esta variedad **pertenecen casi todas** las células de la sustancia gelatinosa de Rolando, vértice del asta posterior y algunas de la columna de Clarke.

El estudio de esta especie celular, lo hemos hecho de preferencia en la médula del perro y gato recién nacidos. En las médulas embrionarias de pollo, quizás por consecuencia del atraso evolutivo en que algunas de estas células se hallan, los resultados obtenidos no han sido tan decisivos.

Véase la fig. 1 de la lámina XI. En una mitad de la médula están representados los elementos nerviosos y en la otra los conjuntivos. Examinando los corpúsculos del asta posterior, se verá que el diámetro de ellos va creciendo de atrás adelante, hasta confundirse con los de la región central. Exceptúanse no obstante las células marginales posteriores, cuya talla es mucho mayor que la de los elementos de la sustancia de Rolando.

Entre los elementos del asta posterior de los mamíferos jóvenes, algunos deben **verosímilmente corresponder á las variedades comisural** y de los cordones antes descritas; pero la dificultad de seguir los *cilindros*, hace punto menos que imposible su determinación. Así, que en el estudio del asta posterior de los mamíferos, tendremos que abandonar toda idea de clasificación por conexiones y atenernos á un criterio puramente topográfico. Por tal motivo, describiremos las células por orden de situación, de atrás á adelante, sin preocuparnos, por ahora, de sus propiedades fisiológicas.

La primera hilera celular, es decir, aquella que está en el mismo lí-

mite posterior de la sustancia de Rolando, la forman células gruesas (30 á 40  $\mu$ ) fusiformes ó estrelladas. Su dirección es transversal ó arqueada, contorneando la superficie posterior de la mencionada sustancia (lám. XI, 30) que separan del cordón de Burdach. El *cilinder* es grueso, sale de un extremo de la célula y se dirige horizontalmente ya hacia adentro, ya hacia fuera, aproximándose y aun penetrando alguna vez, después de un trayecto horizontal larguísimo, en la sustancia blanca del cordón posterior. Como todos los cilindros de las células marginales llevan una dirección análoga y están situados en la misma zona, constituyen allí, es decir, en el límite posterior de la sustancia de Rolando, una capa de fibras arciformes, varicosas, transversalmente dirigidas. No hemos podido comprobar en ellas ni ramificaciones, ni continuación con fibras del cordón de Goll ó de Burdach, bien que su ingreso en la sustancia blanca, hace probable una terminación en ellas.

Más adelante (14) y concéntrica á la precedente, yace una capa de corpúsculos alargados piriformes orientados de atrás adelante, que por ofrecer algún parecido con los espongioblastos de la retina los nombraremos *espongioblastos medulares*. El diámetro del cuerpo protoplasmático oscila en el gato de 1 á 20 días, entre 7 y 8  $\mu$ . El cuerpo celular, está situado hacia atrás y toca casi la sustancia blanca, no emitiendo ramas protoplasmáticas posteriores. En cambio, hacia adelante se prolonga en un tallo recio que, cruzando gran parte de la sustancia de Rolando, se termina por un penacho de hilos varicosos, y de curso sumamente irregular. En los mamíferos más adelantados (gato y perro de 25 á 30 días), el número de ramas aumenta, emergiendo no sólo del tallo principal, sino de las partes laterales y aun de la posterior del cuerpo celular. Obsérvase también que en éstos, los espongioblastos forman más de una hilera, confundiéndose paulatinamente sus formas con las de los corpúsculos fusiformes subyacentes. El *cilinder* es fino, procede de la parte posterior del cuerpo celular (31 y 32), marcha hacia atrás, en dirección oblicua, asociándose á menudo por su horizontalidad á la capa de fibras transversales limitantes, y en las fronteras de la sustancia blanca se bifurca ó da una ramita colateral. El *cilinder* entonces toma una dirección longitudinal, dentro mismo de la sustancia gelatinosa. Algunas veces hemos visto estos *cilindros* recodar penetrando bastante adentro en el espesor de esa sustancia; por lo que, no habiendo podido seguirlos en todo su curso, nos abstenemos de calificarlos (véase la lám. XI, fig. 1, 14 y 19).

Las células que ocupan una línea inmediatamente concéntrica á las anteriores, poseen una forma fusiforme ó estrellada. Aun en las estrelladas, domina un cierto alargamiento de atrás á adelante (véase la lámina XI, fig. 1, 17, y la fig. 3 y 4). Las células fusiformes son diminutas (de 6 á 8  $\mu$  de espesor), dirígense hacia adelante, y poseen dos

tallos protoplasmáticos principales, anterior y posterior. El *cilinder* parte unas veces del cuerpo, pero más á menudo del arranque de una rama protoplasmática, dirígese luego hacia adelante y se divide á poco trecho, en numerosas ramas, cuyo curso no hemos logrado seguir completamente. En alguna célula hemos creído notar que el *cilinder* se dirigió hacia adelante, alcanzando hasta la parte interna de la columna de Clarke (17, fig. 1 y fig. 4).

Las estrelladas (fig. 1, 19 y fig. 3) se distinguen de las anteriores por el gran número de ramas que suministra el cuerpo celular y por el aspecto enmarañado y varicoso de las mismas. El *cilinder*, como puede verse en la fig. 3, lám. XI, es de gran complicación (a). Procede del cuerpo celular ó del arranque de alguna rama protoplasmática, y, á poco trecho, comienza á emitir tantas ramas y ramitas, que es difícilísimo apreciar toda la extensión de la arborización.

El plexo así formado, ocupa la mitad anterior de la sustancia de Rolando y quizás algo del vértice del asta posterior, y sus mallas, aunque extendidas en todas direcciones, propenden á estirarse en el sentido de la longitud de la médula. Así que, solamente en los cortes radiales de la sustancia de Rolando puede apreciarse bien el referido plexo.

En cuanto á la terminación de las ramitas, parécenos efectuarse al nivel de ciertas arborizaciones cortas y varicosas, situadas entre todos ó los más de los corpúsculos de la sustancia de Rolando.

De lo expuesto resulta que la referida sustancia de Rolando está muy principalmente compuesta de células nerviosas. El aspecto finamente granuloso que presenta en los cortes teñidos al carmín ó á la hematoxilina, depende del estrecho entrecruzamiento de las innumerables y delicadas expansiones protoplasmáticas de los corpúsculos fusiformes estrellados, espongioblastos y marginales, expansiones que son sumamente flexuosas y enmarañadas.

Añadamos á este plexo tupidísimo, los plexos longitudinales formados por los cilindros-ejes ramificados de las citadas células, los tubos de conexión que llegados del cordón posterior cruzan hacia adelante, y los penachos algodonosos y convergentes de las células neuróglícas, y se tendrá la explicación de la apariencia granulosa indescifrable que en las preparaciones ordinarias ofrece la sustancia de Rolando.

Las células que moran en el vértice del asta posterior (lám. XI, figura 1, o) son estrelladas con expansiones que divergen en todas direcciones.

El *cilinder* suele dirigirse hacia adelante y ramificarse en su camino á través de la base del asta. No hemos podido determinar bien sus conexiones. Quizás entre estas células haya alguna de tipo comisural ó de los cordones. Desgraciadamente el método de Golgi (y menos los de-



más) no consiente seguir sus cilindros-ejes en la médula de los mamíferos con la facilidad que en la embrionaria de pollo.

En la parte externa del vértice del asta posterior, se ven siempre en la médula lumbar del gato células estelares ó triangulares gruesas (11 y 18, fig. 1, lám. XI), cuyas ramas protoplasmáticas limitan y contornean una porción externa, como cilindroide de la sustancia gelatinosa. El *cilinder* de estos corpúsculos dirígese hacia adelante, y por lo menos el de la célula 11.<sup>a</sup>, parece marchar á la comisura anterior.

En la columna vesiculosa de Clarke (12, fig. 1.<sup>a</sup>, lám. XI), existen células estelares gruesas (24 y 25) y elementos pequeños, fusiformes ó estrellados, prolongados de arriba á abajo (fig. 2, lám. XI).

El *cilinder* de las gruesas, en unas nos ha parecido comisural y en otras podía seguirse hasta el cordón de Goll. El de las fusiformes ó pequeñas estrelladas (12) se dirige en sentido longitudinal, dentro de la misma columna, y á seguida se ramifica, construyendo un plexo tupido, de finísimos hilos, que llena, literalmente, el espesor de la columna de Clarke. Este plexo se nota claramente en los cortes longitudinales.

En cuanto á las restantes células del asta posterior, y las de la anterior, nada tenemos que añadir sin repetir datos ya expuestos anteriormente, con ocasión del estudio de la médula embrionaria. En la figura 1, lám. XI, podrán verse algunos de los tipos celulares del asta anterior y región central de la médula del gato recién nacido.

El *cilinder* puede seguirse en las comisurales, hasta delante del epéndimo (5, 4, 9, etc.), advirtiéndose que esta especie celular, se halla hasta en la base del asta posterior (20). Las células 1 y 2 representan las radiculares anteriores. Por desgracia, las de los cordones no se han impregnado igualmente bien, por lo que nos es imposible saber si en la región antero-externa del asta posterior, existen aquellas curiosas células, con *cilinder* prolongado con dos ó más fibras de los cordones, que la médula fetal del pollo nos ofrecía.

El estudio que acabamos de hacer de la médula de los mamíferos jóvenes, es harto incompleto. Las deficiencias nacen de lo difícil que es, dada la extensión considerable de los cortes, y la multitud de elementos, el perseguimiento de las fibras. Pero, incompleto y todo, este pequeño estudio basta para valorar el alcance analítico de las revelaciones del método de Golgi en las médulas embrionarias de pollo; donde la limitación del terreno y la simplicidad estructural favorecen singularmente la persecución del trayecto de los cilindros-ejes.

#### MÉTODO DE INDAGACIÓN.

Hemos dicho ya repetidas veces, que el método que nos ha servido en nuestras investigaciones es el de Golgi. Lo vulgar y conocido de este

modo analítico y el haberlo descrito repetidas veces en anteriores publicaciones nuestras, nos releva de la tarea de detallarlo una vez más.

No obstante, debemos hacer aquí algunas indicaciones, que serán apreciadas quizás por los que deseen comprobar los hechos que anunciamos.

El proceder de induración utilizado, es el que nosotros llamamos rápido (1), que consiste en macerar las piezas por 24, 20 ó 30 horas lo más, en una mezcla de 4 partes de solución de bicromato al 3 ó al 3  $\frac{1}{2}$  por 100, y una de ácido ósmico al 1 por 100. Conseguido el endurecimiento, se las sumerge por 30 horas en una solución (ligeramente acidulada con ácido fórmico) de nitrato de plata al medio ó al 75 centigramos por 100. Los baños viejos de plata son mejores que los nuevos. Las piezas nitradas se indurarán una media hora en alcohol y se reducirán á cortes gruesos entre dos trozos de médula de sauco. Los lavatorios al alcohol de 40° deben ser rápidos: de otro modo piérdese la finura de la impregnación.

La reacción de Golgi se obtiene ya en las médulas de 5 días de incubación, es decir, cuando el tejido epitelial se ha diferenciado en nervioso. El *máximum* de acción oscila entre el 8.º y 12.º día. Los resultados varían según la cantidad del líquido indurante, el volumen y número de las piezas, y, sobre todo, el tiempo de induración. Sobre esto no pueden dictarse reglas: la práctica sólo hace maestros. En general, puede decirse que las induraciones rápidas (de 12 á 20 horas de acción), facilitan la impregnación de la neuroglia; las semirrápidas (de 20 á 24 horas), la de las células nerviosas; y las lentas (de 24 á 36 horas), la de las fibras de sustancia blanca, raíces posteriores y colaterales de conexión. Estos resultados sólo son valederos áproximadamente para temperaturas de 15 á 20 centígrados. Téngase en cuenta, que sobre todas las demás condiciones domina la del tamaño y número de las piezas.

Imposible obtener una mediana impregnación con piezas voluminosas y poco líquido. Nosotros sumergimos de ordinario tres ó cuatro trozos de columna vertebral embrionaria, despojada lo más posible de los órganos que la rodean, en 20 c. c. de líquido ósmico-bicrómico. El trozo más largo no pasa de 3 ó 4 milímetros. Tenemos cuida lo además de limpiarlos en gran parte de sus cubiertas cartilaginosas, ó de reducirlos á más pequeños trozos á virtud de secciones transversales, en el momento de sumergirlos en el baño de plata. Porque es preciso recordar que el cromato de plata sólo se suele depositar en las capas más superficiales de las piezas.

---

(1) Véase nuestro *Manual de Histología normal y técnica micrográfica*, p. 625.

Iguales procederes y precauciones utilizamos para la impregnación de la médula de mamíferos recién nacidos. Sólo hay que alargar un tanto más el tiempo de induración (36 á 48 horas). En todo caso, la reacción deja de presentarse pasados los tres días de acción de la mezcla ósmico-bicrómica. Añadamos aún que el único paraje donde se obtienen buenas preparaciones es la médula lumbar, cerca de su extremidad, es decir, en lo más embrionario de la médula.

El método que hemos utilizado para impregnar los ganglios espinales de los embriones de pollo, es mucho más incierto. Es indudable que se nos escapan algunas de las condiciones determinantes de una buena impregnación, pues sólo alguna que otra vez, entre muchas tentativas, logramos preparaciones irreprochables. Esta irregularidad es tanto más de lamentar, cuanto que no poseemos otro recurso analítico capaz de teñir las células ganglionares y sus prolongaciones axiles.

De todos modos, hé aquí nuestro *modus operandi*: Las piezas de médula embrionaria que ya han sido ensayadas en el nitrato de plata, y en las cuales no se ha obtenido reacción completa (quizás por un exceso de induración en la mezcla ósmico-bicrómica), son abandonadas al sol, durante dos ó tres días, en una solución saturada de bicromato potásico. Trasládanse después á la solución ordinaria de nitrato de plata acidulado, donde permanecen 24 horas. Procédese luego á su partición, lavado y montaje, como en el método corriente.

Examinadas al microscopio estas preparaciones, si la reacción ha salido bien, se advierte que las células y fibras medulares, se han impregnado en gran extensión, así como los ganglios y nervios espinales. Los nervios periféricos pueden seguirse á través de los músculos hasta sus arborizaciones de terminación. Por cierto que cabe ya ver las ramitas del *cilinder* en lo que con el tiempo será placa de Rouget. Y, por último, aparecerán teñidas diversas células de tejido, como conjuntivas, vasculares, cartilaginosas y musculares.

## EXPLICACIÓN DE LAS LÁMINAS X y XI.

### LÁM. X.

*Fig. 1.*—Corte longitudinal y tangencial de los cordones posteriores de la médula del embrión de pollo de 11 días.—Coloración por el método de Golgi.

—a, fibra radicular posterior; b, bifurcación de una de estas fibras; c, colateral de conexión salida de una rama de bifurcación; d, otra colateral de conexión; e, otra colateral.

—*Fig. 2.*—Corte sagital del cordón posterior de la médula lumbar de un perro recién nacido.

—a, fibras longitudinales del cordón posterior; b, colateral de conexión emanada en ángulo recto; otro origen de fibra de conexión; d, haz de fibras de conexión que atraviesa en sentido postero-anterior la sustancia gelatinosa de Rolando; g, ramificación terminal de una colateral de conexión; f, fibras longitudinales varicosas del vértice del asta posterior, probablemente emanadas de los cilindros-ejes de las células de esta región.

—Fig. 3.—Corte antero-posterior de la médula lumbar del perro recién nacido. Comprende la figura solamente el territorio del asta posterior, sustancia de Rolando y cordón posterior. Impregnación por el método de Golgi.

—a, haz de fibras colaterales de conexión que, naciendo de fibras longitudinales del cordón posterior, atraviesa la sustancia de Rolando para terminar en el vértice del asta posterior; b, fibras de marcha arciforme; c, fibra colateral emanada del cordón de Goll; e, ramificación de una colateral de conexión; d y d, huecos donde se alojan las células del asta posterior; f, arborizaciones flexuosas de fibras colaterales; g, epéndimo.

## LÁM. XI.

Fig. 1.—Corte de la médula lumbar (cerca de su terminación) del gato recién nacido. Proceder de Golgi. En una mitad del corte medular se han representado los elementos neuróglícos, y en la otra los nerviosos.

—A, asta posterior; B, asta anterior; C, cordón anterior; D, cordón posterior; E, cordón lateral; a, epéndimo; b, células ependimales de la comisura posterior (las partes engrosadas representan los núcleos); c, células ependimales de la comisura anterior; d, surco anterior de la médula; e, células ependimales laterales; f, células neuróglícas orientadas de la columna de Clarke; g, células neuróglícas estrelladas de la sustancia gris central; h, células neuróglícas alargadas de la parte posterior del cordón antero-lateral; i, células estiradas del cordón anterior; j, células en festones de la sustancia de Rolando y cordón posterior; k, células en forma de plumero con un grueso apéndice periférico; r, célula alargada de la sustancia de Rolando; s, célula arciforme del límite de esta sustancia;—1, célula radicular anterior; 2 y 3, otras células radiculares; 4, 5 y 6, células comisurales antero-internas; 7 y 9, células de los cordones; 8, 10 y 11, células comisurales laterales; 12, células fusiformes verticales de la columna de Clarke; 14 y 15, espongioblastos de la sustancia de Rolando; 31 y 32, cilindro-eje de un espongioblasto; 30, célula marginal de la sustancia de Rolando; 30, el cilindro marginal de estas células; 17, célula fusiforme de la sustancia de Rolando; 19, célula estrellada de la misma región; 24 y 25, gruesas células estrelladas de la columna de Clarke; o, células del vértice del asta posterior; 22 y 23, pequeñas células de la región central de la sustancia gris.

—Fig. 2.—Célula alargada de la columna vesiculosa de Clarke de la médula del gato recién nacido: a, cilindro eje; b, ramas protoplasmáticas, tortuosas y granuladas.

—Fig. 3.—Célula estrellada de la mitad interna de la sustancia de Rolando: a, cilindro-eje que suministra numerosas ramas colaterales que forman un plexo á lo largo de la médula; c, punto de ramificación del *cilinder*; d, ramitas varicosas terminales; b, rama protoplasmática.

Fig. 4.—Célula fusiforme ó alargada de la mitad interna de la sustancia de Rolando: a, cilindro-eje; b, ramificaciones de éste; c, ramas protoplasmáticas varicosas y enredadas.