

40-166

Dr. Calleja

TRABAJOS  
DEL  
LABORATORIO ANATÓMICO DE LA FACULTAD DE MEDICINA

---

I.—NUEVAS OBSERVACIONES SOBRE LA ESTRUCTURA DE LA MÉDULA  
ESPINAL DE LOS MAMÍFEROS.

II.—SOBRE LA TERMINACIÓN DE LOS NERVIOS Y TRÁQUEAS EN LOS  
MÚSCULOS DE LAS ALAS DE LOS INSECTOS.

(Nuevas revelaciones del método de Golgi).

POR

S. RAMON Y CAJAL,

profesor de Histología normal y Anatomía patológica de la Universidad  
de Barcelona.

---

ILUSTRADA CON 9 GRABADOS INTERCALADOS EN EL TEXTO

1.º abril de 1890

---

BARCELONA

ESTABLECIMIENTO TIPOGRÁFICO DE LA CASA PROVINCIAL DE CARIDAD

Calle de Montealegre número 5.

1890.





## NUEVAS OBSERVACIONES SOBRE LA ESTRUCTURA DE LA MÉDULA ESPINAL DE LOS MAMÍFEROS

POR S. RAMÓN Y CAJAL.

Las nuevas aplicaciones del método de Golgi al tejido nervioso embrionario han complicado extraordinariamente el problema de la estructura medular. A los cilindros-ejes y expansiones protoplasmáticas de las células nerviosas, que en gran parte se conocían, hay que añadir el infinito número de ramificaciones colaterales que los cilindros-ejes suministran tanto en su curso por la sustancia blanca, como durante su paso por la gris. Estas ramificaciones colaterales hémoslas descrito en trabajos anteriores, y su existencia así como la de las ramificaciones de las raíces posteriores, ha sido confirmada por los célebres histólogos Kölliker y Edinger. (1)

El trabajo actual versará sobre la estructura medular de los mamíferos jóvenes. El gato, perro, ratón y rata blanca, ya recién nacidos, ya de pocos días, han sido los materiales de estas nuevas observaciones. La razón de elegir animales jóvenes la indicamos ya en otro lugar: es porque sólo en ellos se impregnan con alguna constancia las fibras nerviosas, sin duda porque la mayor parte de ellas carecen aún de mielina.

El método de impregnación seguido ha sido el de Golgi rapidísimo (induración de pequeños trozos de médula por uno, dos ó tres días lo más, según los resultados que se apetezcan, en la mezcla osmio-binómica). (2)

En general, estas nuevas experiencias confirman plenamente las anteriores en gran parte ejecutadas sobre embriones de pollo. Añadiremos solamente algunos detalles nuevos, y expondremos el esquema de relaciones dinámicas que mejor se armoniza con los recientes descubrimientos.

### SUSTANCIA GRIS

1.<sup>a</sup> **Asta anterior.** Los autores distinguen en el asta anterior dos

(1) Así nos lo manifiestan en atentas cartas después de haber examinado preparaciones que les remitimos y de haber ejecutado otras según la técnica que nosotros preferimos.

(2) Véanse nuestros trabajos: «Contribución al estudio de la estructura de la médula espinal. *Rev. trim. de Histol. nor. y pat.*» Marzo 1889, y «Sur l'origine et les ramifications des fibres nerveuses de la moelle embryonnaire. *Anatomischer Anzeiger*, n.º 3 y 4, 1890.



grupos celulares: uno interno llamado *comisural*, por Lenhossek; otro externo y anterior designado con el adjetivo *radicular*, para dar á entender que de tales células derivan las raíces anteriores.

Estos grupos no aparecen bien distintos en las médulas de perro y gato recién nacidos; pero aún cuando lo fueran es imposible asignar á cada uno células de naturaleza especial. Ya hemos demostrado en un trabajo anterior que las fibras de la comisura proceden de todas las regiones de la sustancia gris, circunstancia que se confirma también en la médula de los mamíferos recién nacidos como lo probará el examen de la fig. 2. Y en cuanto al grupo radicular, nuestras recientes observaciones acreditan que, si bien en él residen la mayor parte de las células cuya expansión nerviosa ingresa en la raíz, contiene también células cuyo *cilindro* está destinado á formar las fibras de la sustancia blanca. Aparte de esto, en el llamado grupo interno ó en la zona correspondiente á él, se ven constantemente células radicales y casi siempre de gran talla (fig. 1.<sup>a</sup>).

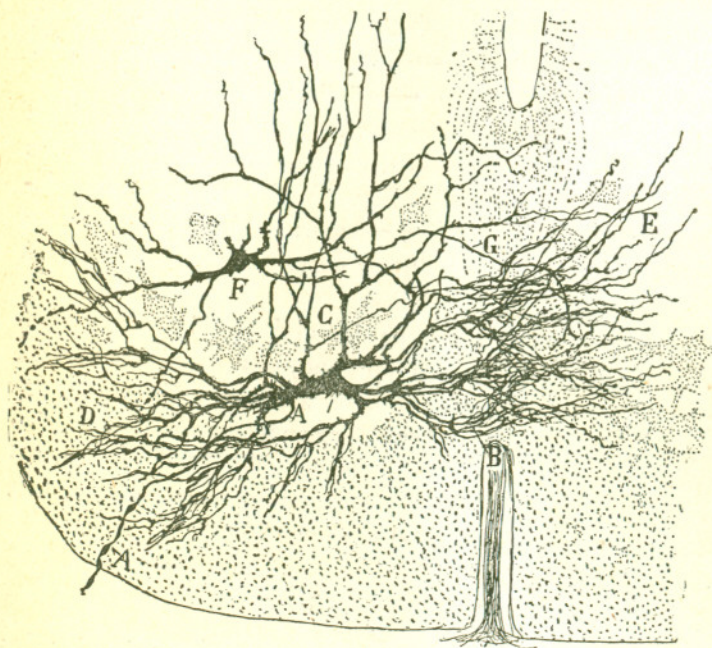


Fig. 1.<sup>a</sup> Dos células del asta anterior del perro recién nacido.  
—A. Célula motriz con el nacimiento del cilindro-eje; B, Expansiones protoplasmáticas internas que pasan por la línea media; C, Expansiones posteriores; D, Expansiones antero-externas dispuestas en penachos cónicos que penetran en la sustancia blanca.  
—F, Célula comisural cuyo cilindro-eje G, se bifurca en el cordón del otro lado.

La particularidad morfológica verdaderamente característica de las células radicales es el gran número de ramas protoplasmáticas que poseen, y el penacho de filamentos varicosos en que cada una de éstas termina.

Dichas ramas protoplasmáticas pueden distinguirse en: *internas* ó *comisurales*; *antero-externas* ó de los cordones, y *posteriores* ó de la sustancia gris (fig. 1 ).

Las internas (B) atraviesan la comisura anterior de un modo transversal por entre los fascículos más profundos del cordón de Turk, y después de formar pinceles de hebras sumamente granuladas ganan la sustancia gris del lado opuesto, donde se terminan libremente. Resulta así formada una verdadera comisura protoplasmática, pues las expansiones del otro lado se comportan lo mismo, aplicándose íntimamente á las que llegan en sentido contrario. Esta comisura está situada generalmente delante de la blanca ó nerviosa, aunque también puede entrelazar sus fibras con las de ésta.

Las expansiones antero-externas, asimismo muy numerosas, penetran entre los haces de la sustancia blanca, donde se arborizan en penachos granulados terminados en punta. Con frecuencia se advierte que cada uno de estos penachos resulta de la asociación de muchas ramitas protoplasmáticas procedentes de células radicales diversas, situadas ya en plano transversal ya en plano longitudinal distinto (fig. 1, D).

De la reunión de las expansiones antero-laterales de muchos pisos de células radicales fórmanse tabiques prismáticos protoplásmicos, tendidos longitudinalmente en la sustancia blanca y terminada hacia adelante en aristas agudas.

De estas aristas emergen comunmente las fibras radicales, (que son, como es sabido, cilindros-ejes de las células en cuestión, y por ellas penetran en la sustancia gris gran número de fibrillas colaterales de la sustancia blanca.

Las expansiones protoplásmicas posteriores suelen ser larguísimas, avanzando á veces hasta cerca del asta posterior, y dicotomizándose repetidamente hasta terminarse libremente por cabos varicosos. Distínguense estas expansiones de las anteriores é internas por la ausencia de penachos terminales. (C)

La precedente descripción es aplicable con ligeras variantes á todas las radicales anteriores. Advirtamos solamente que las células situadas más esternamente rara vez alcanzan con sus expansiones internas la región comisural.

Partiendo del supuesto de que las expansiones protoplásmicas sirven para establecer conexiones mediatas entre células próximas ó entre éstas y fibras nerviosas, opinión que armoniza con el parecer de Kölliker y con el dictamen de His, es imposible desconocer que las expansiones internas ó comisurales tienen por fin unir dinámicamente las células nerviosas radicales de entrambos lados. También es verosímil que los penachos puntiagudos penetrantes en el espesor del cordón anterior y precisamente en los parajes de entrada de las fibras colaterales y salida de cilindros-ejes, tengan la misión de establecer con estas fibras comunicaciones por contacto, cuyos



detalles y alcance se nos escapan actualmente. En cuanto á las expansiones posteriores, no es fácil determinar la conexión que establecen, pues el número infinito de fibras tanto protoplásmicas como nerviosas que recorren la sustancia gris, hacen casi imposible el hallazgo de esos contactos específicos que para nosotros constituyen la condición anatómica de la transmisión nerviosa.

Tocante á las demás células del asta anterior, notaremos solamente, aparte su menor tamaño, su pobreza en expansiones protoplásmicas y la delgadez del *cilinder*.

Compárense al efecto las dos células de la fig. 1.<sup>a</sup> La anterior es radicular mostrando en A su robusto y varicoso *cilinder*; mientras que la posterior F es comisural y nos revela en G su mucho más fina expansión funcional. Respecto del modo de conducirse las expansiones protoplásmicas, no puede sacarse actualmente ninguna deducción que servir pueda á la determinación de las vías de conexión dinámica de tales elementos.

En cuanto á los cilindros-ejes de las células del asta anterior, hemos comprobado lo espuesto en otro lugar. Unos, los más gruesos, van á formar, sin ramificarse en su camino, las raíces anteriores; otros constituyen la comisura blanca; otros finalmente se continúan con un tubo del cordón antero-lateral (fig. 2).

Todas estas fibras nacen de un pequeño cono protoplásmico celular (á veces de una gruesa rama protoplásmica), se adelgazan y afinan en seguida conservando su finura mientras transitan por la sustancia gris; pero en cuanto llegan á la blanca y aún antes de este punto, se enrecian, adquiriendo aspecto varicoso que conservarán ulteriormente convertidas en tubos de la sustancia blanca. Durante su camino por la sustancia gris, unas veces no suministran colateral ninguna (al menos no se revelan en las mejores impregnaciones), pero otras emiten una ó dos, rarísima vez tres finas ramitas que se consumen en la sustancia gris, terminando por arborizaciones varicosas.

Las fibras radicales anteriores son entre todas las más raramente provistas de estas colaterales. Sólo una vez en un corte de médula de rata recién nacida, pudimos notar una colateral recurrente que se perdía en la sustancia gris inmediata. (1)

El perseguiimiento de los cilindros-ejes del asta anterior es á menudo difícilísimo. Sobre la dificultad que ofrece ya su impregnación completa en médulas de mamífero joven, hay que añadir la que resulta del curso estrechamente tortuoso é intrincado que presentan. La fig. 2, que exhibe rigurosamente copiados los trayectos de algunos cilindros, dará idea cabal

(1) No obstante, recientemente hemos visto en embriones de paloma 4 ó 5 fibras radicales anteriores provistas de una colateral, corta, recurrente, que se arborizaba en la parte más anterior del asta de igual nombre.

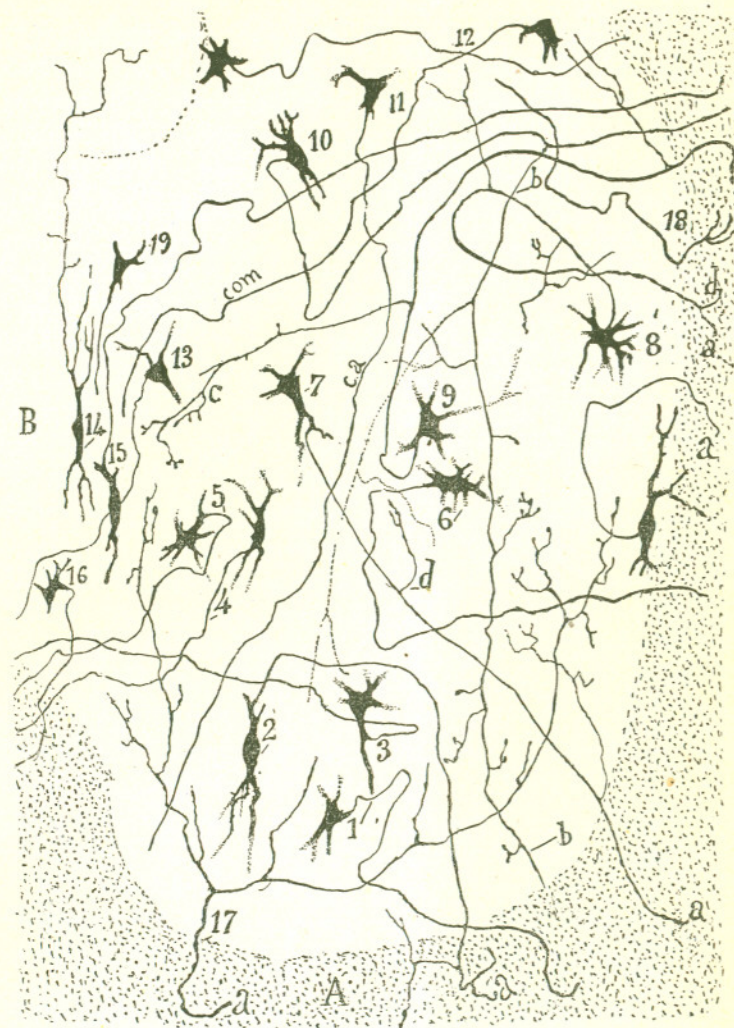


Fig. 2.<sup>a</sup> Región del asta anterior, y parte central de la sustancia gris de la médula del perro recién nacido.

—A, Cordón anterior; B, Región del epéndimo;

—1, Célula del cordón anterior, terminada por acodamiento en una fibra longitudinal; 2, Otra que daba dos fibras y una colateral en la sustancia blanca; 3, 4, 5, 12, 13 y 16, Células cuyos cilindros-ejes iban á la comisura anterior; 7, Célula del cordón anterior que suministraba dos colaterales en la sustancia gris; 8, Célula cuyo cilindro-eje iba al cordón lateral después de trazar un círculo y dar una colateral (a y d); 9 y 10, Células del cordón lateral, cuyos cilindros-ejes suministraban extensas colaterales, sobre todo la b, que llegaba hasta el cordón anterior; 15, Célula periependimal cuyo cilindro iba al cordón lateral; 12, Célula casi del asta posterior, cuyo cilindro iba á la comisura; 11, Célula cuyo cilindro iba probablemente al cordón anterior; 14, Célula cuyo *cilinder* se siguió hasta la columna de Clarke; 17, Fibra recia, terminación de un cilindro-eje de la sustancia blanca; 18, Cilindro-eje que se dividía en tres fibras.

—La letra a, indica que el *cilinder* marchaba ascendentemente en la sustancia blanca; d, quiere decir descendente.

Nota. Se han suprimido por claridad las expansiones protoplásmáticas.

Los cilindros-ejes han sido copiados con escrupulosa exactitud de preparaciones clarísimas donde se mostraban casi exclusivamente impregnados, y por tanto el perseguiimiento de su curso no ofrecía la menor dificultad.



del curso retrógrado aparente, y de las vueltas que algunos de ellos trazan antes de llegar á la sustancia blanca. Por lo cual es imposible admitir sin grandes reservas y limitaciones, lo que los autores han escrito sobre el origen y marcha de las fibras de los cordones, fiados en los aspectos que dan las preparaciones tratadas por el método de Weigert. Tal fibra que parece ir á la comisura, retrograda bruscamente á veces para rematar en el cordón antero-lateral de su lado.

La continuación de los cilindros-ejes con las fibras de la sustancia blanca tiene lugar las más de las veces por acodamiento (figs. 2.<sup>a</sup> 7, 1, etc.). Otras veces se terminan en T, pero con una rama más delgada que la otra, y en alguna ocasión (2) el *cilinder* remataba en tres ramas, una de las que ascendía verticalmente. En cuanto á la dirección de las fibras acodadas, nos ha parecido ascendente en la mayor parte de los casos; con todo hay también cilindros que descienden, y aun se ve alguna vez que cuando un cilindro-eje termina en T es la fibra más recia la que desciende. Sobre este punto se requieren aún nuevas investigaciones.

**Región central.** Las células de la región central son más pequeñas comunmente que las del asta anterior, y entre todas, las más diminutas, yacen cerca del epéndimo. La forma de tales elementos es estrellada, aunque abunda también la fusiforme de indeterminada orientación.

Los cilindros-ejes parten ya del cuerpo ya de una expansión protoplasmática. Los unos se dirigen á la comisura anterior, y los otros al cordón lateral. Casi todos los que penetran en este cordón suministran en la sustancia gris algunas ramitas colaterales terminadas por arborizaciones varicosas. La continuación con un tubo de la sustancia blanca se verifica por acodamiento; pero hay casos también como ya indiqué en mi anterior trabajo, en que se ve un *cilinder* terminar en T, y alguna vez se observa una terminación por dos ó tres fibras de la sustancia blanca, todas de marcha ascendente (fig. 2.<sup>a</sup> 18).

Añadamos aún que ciertos cilindros-ejes emanados de las células de esta región marchan evidentemente al cordón anterior.

**Asta posterior.** Distinguiremos en ella cuatro partes: 1.<sup>a</sup>, base del asta; 2.<sup>a</sup>, vértice de la misma ó zona plexiforme; 3.<sup>a</sup>, sustancia de Rolando; 4.<sup>a</sup>, columna de Clarke.

*Base del asta.* Es la zona más próxima á la región central, caracterizada por un aspecto más groseramente plexiforme que el vértice y por contener células de tamaño bastante considerable; casi todas las células son estrelladas excepto en la parte más externa, es decir, por fuera y detrás de la formación de Rolando, en donde se ven siempre elementos triangulares y fusiformes que contornean dicha formación.

Los *cilindros* de las células del asta posterior, como indican los autores, y como nuestras preparaciones prueban de un modo absoluto, marchan en su mayor parte al cordón lateral vecino para continuarse por acodamiento

con una fibra longitudinal. Para algunos cilindros, la continuación se establece en el territorio del manojo lateral de las pirámides (véase fig. 3.<sup>a</sup> L y J).

Aparte estas células que nos parecen constituir la mayoría, existen algunas por lo común de gran tamaño, y yacentes con preferencia en la parte más externa de la base del asta (abundan aquí las células triangulares recias), cuyo cilindro-eje marcha á la comisura anterior. Añadamos otro grupito de corpúsculos pequeños situados detrás y fuera de la columna de Clarke, cuyas expansiones nerviosas se continúan evidentemente con tubos del cordón de Burdach y quizás del de Goll, aunque esto no puede determinarse bien por no estar claramente limitados estos cordones en los mamíferos recién nacidos ó de pocos días (fig. 3.<sup>a</sup> Y).

No hemos logrado determinar el paradero de todos los cilindros-ejes de las células de la base del asta posterior. Quizás existan otras conexiones. En un caso acertamos á perseguir un *cilinder* cerca del cordón anterior. Y finalmente, por dos veces, nos ha sido dado observar que las expansiones nerviosas de algunas gruesas células triangulares que contornean por fuera y delante la sustancia de Rolando (fig. 3.<sup>a</sup> com.), se dirigen adentro, cruzan la línea media ó comisura posterior, y terminan en el otro lado de un modo desconocido.

Los cilindros-ejes de las células de la base del asta posterior, emiten casi siempre algunas colaterales de conexión que marchan comunmente hacia dentro y adelante, rematando por arborizaciones varicosas (figura 3.<sup>a</sup> b, c, d,).

*Vértice del asta posterior ó zona plexiforme.* Llamamos plexiforme á esta región por el infinito número de fibrillas colaterales posteriores que á su nivel se ramifican y entrecruzan, constituyéndose un plexo tan intrincado y tupido, que en las impregnaciones algo completas es imposible distinguir el curso de ningún filamento (véase la fig. 5, C).

Las células son más pequeñas por lo general que las yacentes en la base, y hállanse rodeadas por todas partes del finísimo plexo mencionado. Su forma es estrellada y las expansiones, extraordinariamente abundantes, penetran en la sustancia de Rolando, trazando flexuosidades y suministrando multitud de ramitas cortas, como espinosas. En muchas células nos ha parecido que el *cilinder*, ricamente ramificado, se hacía vertical; pero en otras, tales como las que dibujamos en la fig. 3.<sup>a</sup> J, podía seguirse fácilmente hasta la parte más posterior del cordón lateral.

Como no presumimos haber llegado á impregnar todas las células de este territorio, ignoramos si existen cilindros comisurales ó también destinados al cordón posterior. La fig. 3.<sup>a</sup> coa, mostraba un *cilinder* que parecía marchar en esta dirección; pero desgraciadamente la impregnación estaba interrumpida.

**Sustancia de Rolando.** Las nuevas observaciones realizadas en



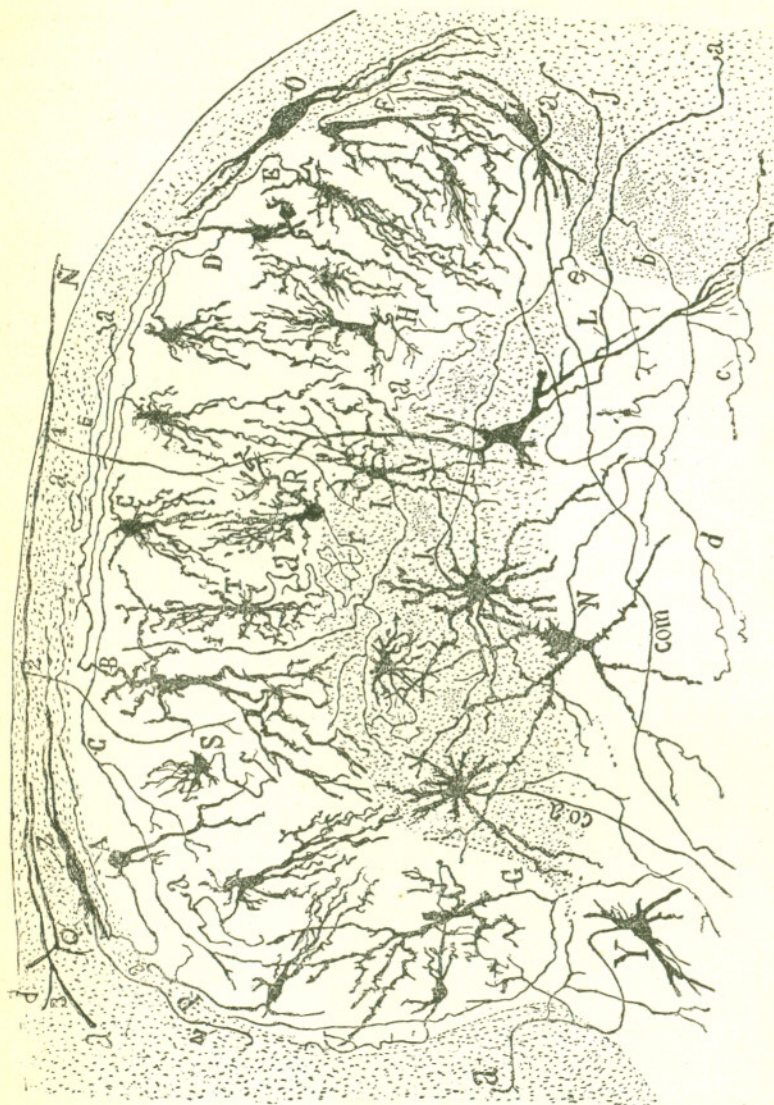


Fig. 3.ª Corte transversal del vértice del asta posterior y sustancia de Rolando de la médula del perro recién nacido. En esta figura se han reunido elementos de diversos cortes, y para que no se perjudicara la claridad se ha prescindido de la representación de muchas ramas protoplasmáticas, sobre todo en el vértice del asta posterior.

—A, B, D, F, Cilindros-ejes de pequeñas células posteriores de la sustancia de Rolando los cuales se disponían en dirección transversal y tomaban dirección ascendente en a, (esta letra indica siempre dirección longitudinal en la fibra que la lleve); C, Célula cuyo cilindro-eje se arborizaba durante su trayecto transversal; E, Célula cuyo cilindro-eje sufría a poco una dicotomía; G, Célula muy irregular cuyo cilindro-eje daba una ramificación colateral para luego tornarse antero-posterior y marginal; P, Otra célula cuyo cilindro ofrecía una división;

—R, S, T, H, Células situadas más anteriormente, algunas dirigidas de arriba abajo, cuyas expansiones nerviosas venían a hacerse longitudinales y más o menos anteriores, terminándose por arborizaciones complicadas de curso algo incierto.

—I, Célula del vértice del asta posterior cuyo cilindro parecía ir hacia atrás, (i); J, L, N,

Células del vértice del asta posterior cuyos cilindros iban al cordón lateral, después de emitir en e, b y d, colaterales para la sustancia gris.

—Y, Célula cuyo cilindro-eje se acodaba en el cordón de Burdach.

—O y Z, Células fusiformes recias marginales; Q y N, Dos fibras radiculares terminadas por bifurcación, después de dar en 1 y 2, colaterales; com., cilindro-eje de una célula marginal que parecía ir a la comisura posterior; coa., cilindro-eje que pudo seguirse hasta cerca de la comisura anterior.

Nota Todas estas células están rigurosamente copiadas de preparaciones clarísimas; lo que aquí se representa es preciso no tomarlo por esquemas, sino por hechos absolutamente positivos.

la médula del perro y gato recién nacidos confirman nuestras anteriores descripciones.

En la fig. 3 hemos procurado copiar los elementos que con mayor evidencia se mostraban en nuestras preparaciones. Para dar claridad a la figura, hemos suprimido algunas expansiones protoplasmáticas secundarias, tanto de las células de Rolando, como de las situadas en la base y vértice del asta posterior.

Comenzando de atrás adelante, se observa: 1.º, un estrato de gruesas células fusiformes que costean la formación de Rolando (células limitantes); 2.º, después, una hilera de células alargadas tendidas de atrás adelante y algo convergentes a la base del asta posterior (fig. 4 B, C); 3.º, por último, células colocadas en plano más anterior pero también entremezcladas a las precedentes y cuya forma es alargada ya de atrás adelante, ya de arriba abajo, ó bien simplemente estrellada. Los elementos más irregulares suelen ser los situados en los límites interno (G) y externos (F) de la sustancia de Rolando.

Todas estas células se caracterizan por su pequeñez (de 7 a 14  $\mu$ ), así como por el número é irregularidad de sus expansiones protoplasmáticas. Tan delgadas, abundantes, varicosas y ramificadas aparecen éstas en muchas células, que se diría se trataba de corpúsculos neuróglícos. Pero la presencia del cilindro, de una parte, y la comparación con las verdaderas células neuróglícas de la sustancia de Rolando, por otra, evitarán siempre el error (1).

Los cilindros-ejes tienen dirección y paradero diferentes en cada categoría celular. Los de las gruesas células fusiformes limitantes (fig. 4, O) se dirigen ya hacia afuera, ya hacia adentro, pareciendo continuarse con una fibra del cordón posterior, bien que tal continuación no hemos logrado observarla de un modo evidente.

Los cilindros-ejes de las células alargadas situadas por delante y en el mismo espesor de la sustancia de Rolando, son finísimos; nacen de la parte posterior del cuerpo celular ó de una gruesa expansión protoplásmica posterior; llegan a la zona limitante y allí, después de torcer y marchar para-

(1) Véase nuestra memoria: «Contribución al estudio de la estructura de la médula espinal.» *Rev. trim. de Histología*. Marzo de 1889.



lamente á la sustancia gris, se terminan haciéndose verticales. Esta verticalidad era evidente para los cilindros B, E y F (fig. 3). Algunas veces antes de recodar el cilindro suministraba una ramita que conservaba la dirección primitiva y aún penetraba más adentro en la sustancia gris (C, F,  $\alpha$ ). En algún caso el cilindro ya longitudinal yacía en pleno cordón posterior, pareciendo como que se continuaba con una fibra del mismo; en cambio, no hemos podido determinar esta continuación en otros elementos análogos.

La reunión de muchos de estos cilindros-ejes de dirección transversal en el contorno posterior de la sustancia de Rolando origina una capa de fibras arciformes á la que se añaden también muchas colaterales oblicuas del cordón posterior.

El cilindro-eje de los corpúsculos situados más adelante, tales como los marcados en la fig. 3 con las letras R. S. T. H., es difícilísimo de perseguir en los cortes transversales, á causa de su dirección general que es vertical. En los longitudinales se advierte que se ramifica repetidamente llegando á perder su individualidad (células de la segunda especie de Golgi). Muchas de sus ramas si no todas, después de formar un plexo vertical en la parte interna de la sustancia de Rolando, terminan por arborizaciones varicosas y libres.

El conjunto de las fibras de este plexo, constituye un manojo tendido verticalmente sobre el vértice del asta posterior y regiones próximas de la formación de Rolando, manojo que, á nuestro juicio, no es otro que el llamado *longitudinal* de Kölliker (1).

Para acabar de formar juicio de la extrema complicación de la sustancia de Rolando, hay que recordar que se asocian á las células y sus expansiones las siguientes partes: 1.º células neuróglícas en penacho de filamentos abundantísimos y como algodinosos, las cuales están orientadas de atrás adelante y algo convergentes: 2.º fibrillas colaterales del cordón posterior y raíces posteriores, las que atraviesan dicha formación de un modo meridiano reunidas en hacecillos curvilíneos, se ramifican y terminan, en gran parte al menos, en el vértice del asta posterior.

La naturaleza de la sustancia gelatinosa de Rolando, ha sido y es aún objeto de grandes controversias. Las dudas que sobre tal asunto abrigan los neurologos, dimanen de la impotencia de los métodos, que no alcanzan á presentarnos perfectamente teñidos los elementos de dicha sustancia. Sólo el método de Golgi aplicado según mis consejos en los animales recién nacidos (gato y perro), proporciona preparaciones demostrativas de tales elementos á condición de que la induración preliminar sea muy corta (de 20 á 30 horas).

La mayor parte de los autores reconocen la existencia de células ner-

(1) Handbuch des Gewebelehre des Menschen, 5, Aufl. 1667.

viosas en la sustancia gelatinosa de Rolando, basándose ya en las propiedades que bajo la acción de las materias colorantes ofrecen los elementos componentes de esta zona, ya en la forma mas ó menos estrellada y fusiforme de los mismos. Entre los sabios que piensan de esta suerte figuran: Meinert (1), Krause (2), Freud y Darkschenwitsch (3), Schwalbe (4), Gierke (5), Golgi (6), H. Virchow (7), Obersteiner. Todos están contestes en que además de los dichos elementos, entra por una gran parte en la construcción de la espresada sustancia, la materia *intersticial*, *puntiforme* ó *neuróglíca*.

Corning (8) y Lachi (9), se inclinan á estimar la sustancia de Rolando como formada de células nerviosas conservadas en estado embrionario y derivadas directamente de la *zona interna* del tubo medular primitivo.

Bechterew (10) afirma que dicha materia es simple aglomeración de corpúsculos conectivos ó neuróglícos.

Y Lenhossék (11) asegura se trata de tejido epitelial ectodérmico, que ha conservado su caracter primitivo, habiéndose keratinizado para servir como órgano de sostén á la trama medular.

Como se ve por lo expuesto, Meinert, Krause, Golgi, Virchow, etc., estaban en lo firme sosteniendo la naturaleza nerviosa de la formación de Rolando; pero faltaba la demostración absoluta, que no podía tener lugar sino poniendo en evidencia la presencia de las expansiones nerviosas ó funcionales de las células de dicha región medular. Esto es lo que nosotros pensamos haber conseguido, como lo prueban los adjuntos dibujos, rigurosamente copiados del natural, así como los que publicamos en nuestros trabajos anteriores.

**Sustancia gelatinosa central.**—Así se llama una materia de aspecto finamente fibrilar situada al rededor del epéndimo (figs. 2, 3 y 5).

- (1) Striker's Handbuch, 1870.
- (2) Handbuch des menschlichen Anatomie, 1886.
- (3) Neurol. Centralbl., 1886.
- (4) Lehrbuch der Neurologie, 1883.
- (5) Die Stützsubstanz des Centralnervensystems. Arch. f. mik. Anat. 1886, Bd. 26.
- (6) Sulla fina Anatomia degli organi centrali del sistema nervioso, 1885.
- (7) Ueber Zellen in der Substantia gelatinosa Rolando Neurol. Centralbl. 1887 (Ref.).
- (8) Ueber die Entwicklung der Substantia gelatinosa Rolando beim Kaninchen, Arch. f. mik. Anat. 1888, Bd. 33.
- (9) Sulla origine della sostanza gelatinosa di Rolando. Estr. degli Atti dell'Acad. Med. Chir. di Perugia. Vol. I. 1889.
- (10) Ueber einem besonderen Bestandtheil der Seitenstränge des Rückenmarks. Arch. f. Anat. und Phys. Anat. Abth. 1886.
- (11) Untersuchungen über die Entwicklung der Marckscheiden etc. im Rückenmark der Maus Arch. f. mik. Anat. Bd. 33, 1889.



Sobre la naturaleza de esta sustancia, subsisten casi las mismas dudas que tocante á la de Rolando. Estas dudas dependen de no haber usado el único método capaz de darnos, con perfecta precisión, la morfología y carácter de los elementos ya nerviosos ya neuróglícos.

Aplicado este método en las médulas de mamíferos jóvenes ó recién nacidos, revela, de la manera más evidente, que la sustancia susodicha resulta del entrecruzamiento apretadísimo de tres cosas: 1.º Las expansiones externas de las células epiteliales (fig. 5.ª Z), expansiones filiformes ramificadas y divergentes; que no alcanzan ya como en la médula embrionaria

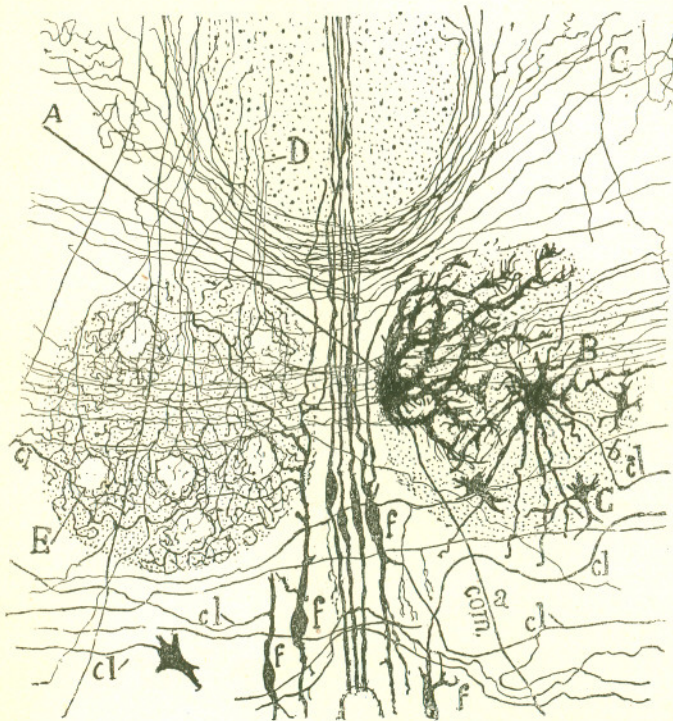


Fig. 4.ª Corte transversal de la región media posterior y columna de Clarke. A la derecha se han representado en A, B y C, los tipos celulares de la columna de Clarke. A la izquierda, la columna Clarke, presenta las fibras de conexión que en ella se terminan con los huecos ó reservas destinados á algunas células.

—D, Fibras de conexión del cordón de Burdach; E, Terminación de una de estas fibras, por arborización libre en torno de una célula de dicha columna; G, Arborizaciones terminales de las fibras arciformes de la comisura posterior; F, Células fusiformes situadas junto al epifolio de la línea media y cuyos cilindros-ejes cl, marchan al cordón lateral. Estas dos letras cl, indican siempre, que el cilindro-eje se logró seguir hasta dicho cordón. Las letras com., señalan un cilindro comisural.

la superficie de los cordones. 2.º Células neuróglícas aracniformes, ricas en expansiones algodonosas dirigidas comunmente de delante atrás (figura 5 V). 3.º Células nerviosas ya pequeñas ya gruesas, bien estrelladas,

bien fusiformes cuyas expansiones contribuyen á enriquecer el plexo perependimial (fig. 2, células 14, 15, 16, 13 y 19).

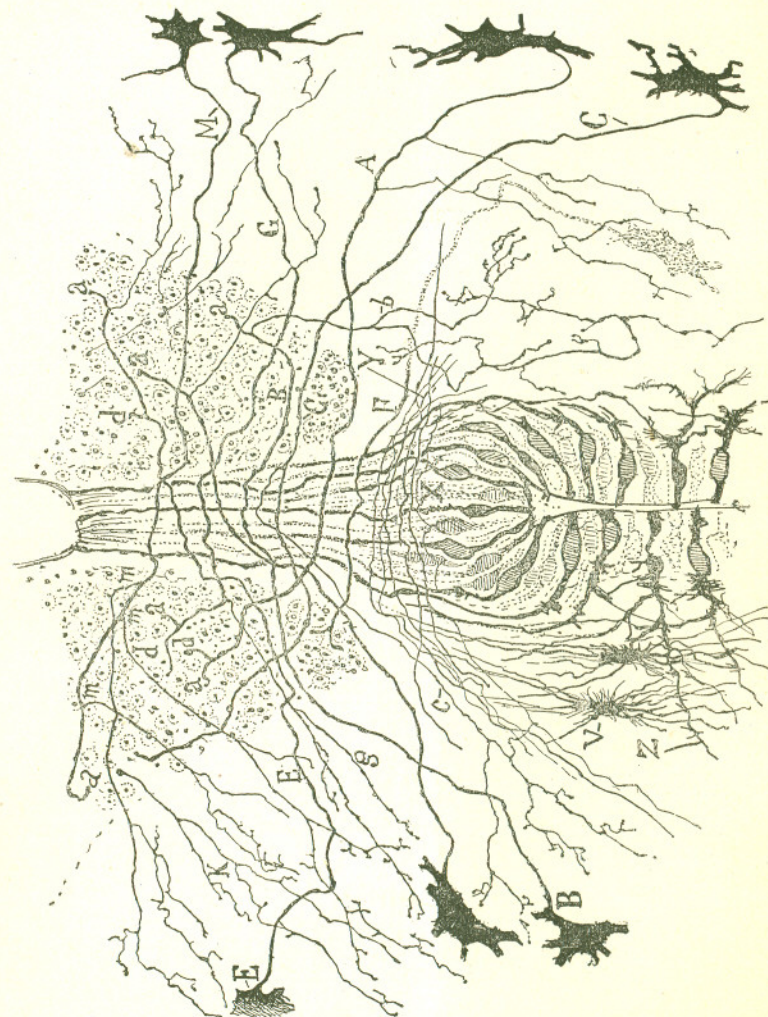


Fig. 5.ª Corte de la región de la comisura anterior de la médula del gato de pocos días. En esta preparación se han reunido los cilindros-ejes comisurales más correctamente impregnados de numerosos cortes medulares.

—A, Cilindro-eje bifurcado a su terminación en rama ascendente (a) y descendente (d) después de dar algunas colaterales cerca de su origen; B, Célula cuyo cilindro-eje se acoda al terminar (a), después de dar una hermosa colateral en el otro lado (b), que se ha representado detalladamente; C, Otro cilindro, que suministra en la línea media una magnífica colateral (c), para la sustancia gris del otro lado; G, Otro cilindro análogo; E, Otro que se divide en dos ramas, una descendente y otra de trayecto horizontal más largo (a), con una colateral; M, Otro cilindro con tres colaterales en el opuesto lado (m); K, ramitas de conexión anteriores; V, Células neuróglícas antero-posteriores; X, manójo antero-posterior de células epiteliales; Y, Grupo de finas fibras comisurales; Z, Extremos externos de las células laterales del endimio.

Nota. Para mayor claridad se han suprimido las expansiones protoplasmáticas de las células.



Insistiendo un tanto sobre estos últimos elementos, digamos desde luego que sólo se les hallan en la región lateral, es decir, por fuera del epitelio, y un poco por detrás. En la línea media posterior, el espacio está ocupado por un haz de apretados elementos epiteliales, cuyas expansiones filiformes llegan á la superficie medular, abarcando toda la extensión del surco posterior. La línea media anterior comprende, sobre todo en las médulas jóvenes, un haz recio de células epiteliales panzudas, con cierta disposición arqueada (fig. 5.<sup>a</sup> X), de las que surgen fibras que finan en el fondo del surco medio anterior. No queda, por tanto, espacio para los demás elementos, sino á los lados del epéndimo. Las células nerviosas son en su mayor parte fusiformes con expansiones dirigidas en sentido antero-posterior. El *cilinder* emerge comunmente de una rama protoplásmica (fig. 2.<sup>a</sup> 14 y 15). Esta expansión en los elementos más anteriores, parece perderse en la comisura anterior. Otras veces ofrece marcha contraria tendiendo como á formar la comisura posterior. En una ocasión hemos visto el *cilinder*, llegar, después de atravesar la parte interna de la columna de Clarke, hasta cerca del cordón de Burdach, previas algunas colaterales (14).

Finalmente las células fusiformes más posteriormente situadas, y aún algunas un tanto laterales, emiten á menudo un *cilinder* lateral, que hemos logrado seguir hasta el cordón lateral (fig. 4, f 15). Ciertos elementos fusiformes poseen una forma y una situación tan análogas á las de las células epiteliales, que sólo la presencia del *cilinder* puede distinguirlas (figura 4).

**Columna de Clarke.** Los elementos que habitan esta zona son desiguales en forma, tamaño y conexiones. Lejos de ser pobres en expansiones como indica Obersteiner (1) son sin disputa, salvo los de la sustancia de Rolando, los que poseen mayor número de expansiones flexuosas y varicosas. (fig. 4.<sup>a</sup> A).

Hasta hoy hemos hallado tres tipos celulares bastante distintos. 1.<sup>o</sup> Células curvilíneas de gran talla, situadas en el contorno y masa de la columna hacia la que vuelven todas sus expansiones protoplasmáticas, las cuales son ondulantes, estendidas en todas las direcciones como vellosas, y rema, tan en pequeñas arborizaciones varicosas y groseras (fig. 4 A). El *cilinder* de estos elementos es recio, marcha rectilíneamente adelante (com) en cuya dirección lo hemos seguido hasta cerca de la comisura anterior. 2.<sup>o</sup> Células estrelladas de gran talla, de expansiones dicotomizadas que traspasan los límites de la columna (fig. 4 B). El *cilinder* (b) de estas células en dos casos en que hemos logrado seguirlo por entero, se dirigía hacia fuera é ingresaba en el cordón lateral, quizás en la región cerebelosa de éste. Esta observación concuerda con la opinión de Pick (2) autor que

señala la columna de Clarke como el punto de partida de las fibras del *manejo ascendente cerebeloso del cordón lateral*. Es indudable que tales *cilindros* contribuyen á formar el *manejo horizontal cerebeloso* de la sustancia gris. 3.<sup>o</sup> Células pequeñas, fusiformes ó estrelladas tendidas verticalmente, y cuyo *cilinder* no hemos podido analizar de un modo completo. A veces parece dirigirse verticalmente y ramificarse en el seno mismo de la columna, pero la rareza de las buenas impregnaciones de estas células impide resolver el problema de su paradero (fig. 4 C).

Por lo demás, estas deficiencias nos han privado de averiguar el grado de certidumbre que alcanzan las opiniones de Flechsig (1) Takacs (2) y Bechterew (3), autores que miran la columna de Clarke como el origen de muchas de las fibras del cordón de Goll. Es probable que estos autores hayan tomado por cilindros-ejes las fibras de conexión del cordón de Goll, que se reparten en la columna vesiculosa (fig. 4. D y E).

## SUSTANCIA BLANCA

**Comisura anterior.** Como ya hemos expuesto anteriormente, esta región está cruzada por las expansiones protoplasmáticas de algunas células del grupo interno y externo del asta anterior, así como por los cilindros-ejes de los elementos comisurales.

Un examen detenido de estos cilindros-ejes en la médula lumbar del gato y perro recién nacidos, nos ha revelado algunos detalles que vamos á añadir á nuestros anteriores estudios.

Los cilindros-ejes comisurales son robustos varicosos, y no suelen dar rama colateral ninguna, mientras transitan por la sustancia gris. Alguna vez solamente (fig. 5 A) se advierten colaterales. Durante el paso del *cilinder* por la región media ó algo más allá, es decir, en plena sustancia blanca del cordón opuesto adviértese á menudo el origen de una colateral, la que después de inflexionarse y penetrar en la sustancia gris del asta anterior, acaba por una rica y varicosa arborización. En la fig. 5 los cilindros-ejes, B, C, D y M, presentaban estas singulares colaterales, que vienen á representar anticipaciones de las ramillas que tales cilindros suministrarán en cuanto adquieran curso vertical en el espesor del cordón antero-lateral. Algunas fibras comisurales presentan dos y hasta tres colaterales en su trayecto horizontal sobre el cordón del lado opuesto (M).

No todas las comisurales tienen igual espesor. Las hay finas y recias. Estas dimanan naturalmente de las células comisurales más robustas.

(1) Anleitung beim Studium des Baues der nervösen Centralorgane, etc., 1888.

(2) Beiträge zur normalen und pathologischen Anatomie des Centralsystems Arch. f. Psychiatr. Bd. VIII, 1878.

(1) Die Leitungsbahnen, etc.

(2) Ueber die hinteren Wurzelfasern im Rückenmarcke. Neurolog. Centralbl. 1887.

(3) Arch. f. Anat. und Phys. Anat. Abth. 1887.



En la parte más posterior de la comisura se observan, si la impregnación es muy fina y completa, multitud de finísimas fibrillas (Y) dirigidas ya transversalmente ya de un modo curvilíneo, con concavidad hacia atrás como limitando el contorno anterior del epitelio. No parecen venir estas hebras de las comisurales del lado opuesto, ni las hemos visto nunca continuar con células de la sustancia gris: así que ignoramos su verdadera naturaleza. No obstante, nos inclinamos á considerarlas como fibrillas de conexión provenientes del cordón antero-lateral del lado opuesto que se entrecruzarían al nivel de la comisura, para arborizarse en la sustancia gris. Milita en pro de este dictamen: 1.º el aspecto varicoso, la finura y las ramificaciones de tales fibrillas, circunstancias que recuerdan las fibras de conexión; y 2.º la existencia perfectamente demostrable en las médulas embrionarias de pollo de colaterales de conexión entrecruzadas en la comisura anterior. En el embrión el origen y terminación de estas fibras se observa fácilmente en un mismo corte, gracias á la cortedad de las distancias.

Como fondo de la región comisural vense en la fig. 5 las células epiteliales alargadas del epéndimo, cuyas expansiones anteriores se prolongan en haz hasta el fondo del surco anterior (fig. 5 X).

**Comisura posterior ó gris.** En los cortes bien impregnados de la médula del perro, rata, etc., aparece la comisura compuesta de tres haces: 1.º *posterior ó arciforme*, 2.º *medio ó transversal*, 3.º *anterior ó arciforme*.

1.º El *posterior arciforme*, consta de fibras finas, varicosas, que se aplican íntimamente al cordón de Burdach ó á su región correspondiente, contorneándole en forma de herradura (fig. 6 D). Las fibras que la forman son, por lo menos en su mayor parte, filamentos colaterales nacidos de los tubos del cordón de Burdach y quizás del mismo de Goll, que después de entrecruzarse en la línea media con los del otro lado, rematan por arborizaciones libres y complicadísimas en la porción interna del vertice ó zona reticulada del asta posterior. (Véase la fig. 6.)

Este manojo, así como el medio están provistos de mielina en el adulto, y han sido descritos por los autores, particularmente por Lenhosseck. (1)

2.º El *manejo medio*, lleva dirección casi transversal, cruza la columna de Clarke sorteando por entre sus elementos, y se termina por cada lado en la parte externa de la base del asta posterior, y contorno externo de la sustancia de Rolando (fig. 6, E). Antes de llegar á este paraje, las fibras componentes se disocian un tanto, irradiando y perdiéndose en una zona bastante extensa, zona que se dilata hacia atrás hasta la porción más externa del vertice del asta ó zona plexiforme.

El origen de estas fibrillas es todavía algo dudoso. Con todo, algunas de ellas, es indudable, representan ramillas colaterales de los tubos del cordón lateral del lado opuesto. Esta continuidad la hemos visto clarísima-

(1) Loc. cit.

mente en la médula de la rata de pocos días. La región del cordón lateral que las origina es muy limitada, correspondiendo á la porción que rodea por fuera y atrás la sustancia de Rolando. Semejante procedencia explica la dirección curvilínea que el manojo comisural en cuestión ofrece al terminarse esternamente al nivel del cordón lateral.

Alguna vez dicho fascículo está subdividido en dos ó más, de igual curso y orígenes.

En cuanto á la terminación de estas fibras, no abrigamos dudas. Esta tiene lugar por arborizaciones libres que abrazan muchos elementos de la parte externa de la zona plexiforme del asta posterior (y algo quizás de la región de la base) del lado opuesto.

3. El *fascículo anterior* está situado inmediatamente por detrás del epéndimo, y por tanto delante de la columna de Clarke. Lo componen fibras finas y gruesas dispuestas en arco de concavidad anterior (fig. 6 F), las cuales, á cierta distancia de la línea media, se esparcen en todos sentidos.

La terminación de algunas de estas fibras se efectúa á menudo en la sustancia gris central ó en parajes más anteriores, teniendo lugar por arborizaciones libres varicosas. Pero tocante al origen, abrigamos muchas dudas, sobre todo en lo que concierne á las fibras más recias que poseen todas las apariencias de cilindros-ejes. ¿Es que se trata aquí de fibrillas de conexión del cordón anterior? Si así fuera se explicaría fácilmente el mayor espesor, pues las colaterales del cordón antero-lateral son mucho más gruesas que las otras.

Independientemente de estas fibras de conexión hemos visto en dos casos tomar participación en la comisura gris á verdaderos cilindros-ejes, característicos por su espesor y curso casi rectilíneo. Una vez se trataba de un *cilinder* nacido de una célula gruesa triangular de las que limitan por fuera y detrás la sustancia de Rolando (fig. 3. *com.*). Otra vez, el *cilinder* provenía de una célula fusiforme de la sustancia gris periepéndimal. De todos modos, la escasez de observaciones nos priva de sacar deducciones de estos hechos.

Por lo demás, el dictamen de los autores sobre el origen de las fibras de la comisura gris no es menos incierto, ni mejor fundado. En general, afirman una procedencia de las células del asta posterior y una terminación en el cordón de Goll del lado opuesto (Fechsig). Lenhossék (1) que distingue dos haces, anterior y posterior, en la comisura gris, supone que á más de las que rematan en la sustancia gris del asta posterior, algunas fibras se continuarían también con las raíces posteriores.

Desconociendo la existencia de las colaterales de conexión, los sabios que se han ocupado del curso de las fibras de la comisura gris han tomado casi siempre dichas colaterales por cilindros-ejes, y por tanto se han afanado por buscarlas un origen celular, siendo así, que si conforme á

(1) Loc. cit.



nuestro parecer (plenamente demostrado en los embriones), se trata simplemente de ramificaciones de los tubos de la sustancia blanca libremente terminadas, no existe ya célula de origen, sino mas bien células de aplicación ó de contacto.

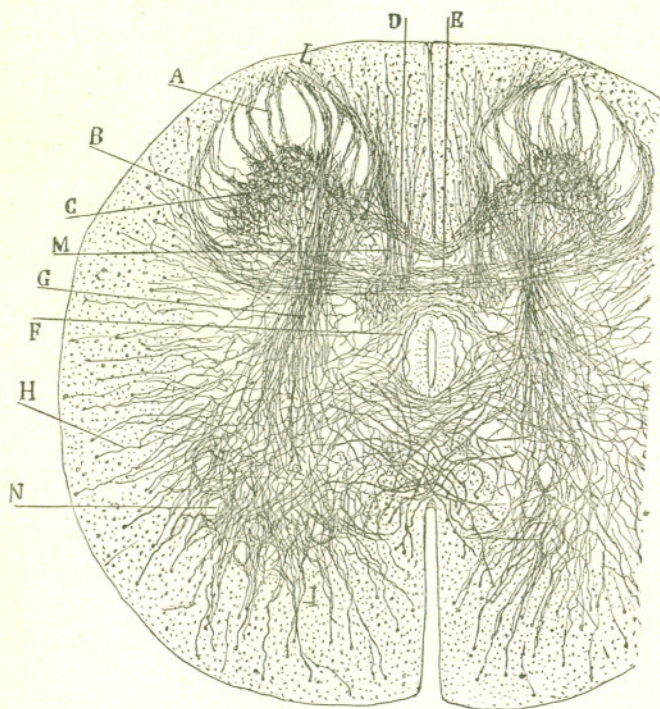


Fig. 6.ª Corte transversal de la médula dorsal del perro recién nacido. En este corte se representa la disposición general de las fibrillas de conexión que parten de los tubos de los cordones.

—A, manojos colaterales del cordón posterior que cruzan la sustancia de Rolando; B, colaterales externas de curso arciforme; C, plexo tupidísimo constituido en el vértice del asta posterior por las arborizaciones de las fibrillas colaterales posteriores; D, manejo arciforme posterior de la comisura gris; E, manejo medio de la misma; F, manejo arciforme anterior; G, gran manejo sensitivo-motor continuado en gran parte con las raíces posteriores (ramitas colaterales de los ramos de bifurcación); M, fascículo de fibras destinado a la columna de Clarke; H, fibras colaterales del cordón anterior; N, huecos para las células motrices rodeados de innumerables arborizaciones de fibrillas de conexión; L, punto de donde arrancan muchas de las fibras del manejo sensitivo-motor.

Añadamos aún para completar el estudio de las fibras de la comisura posterior la existencia de numerosas ramitas protoplásmicas de los vecinos elementos ya de la columna de Clarke, ya de los que yacen en la parte interna de la base del asta posterior. Estas ramas varicosas y delgadas se entrecruzan con irregularidad con las del opuesto lado.

**Fibrillas de conexión.** Descritas en trabajos anteriores, aquí sólo indicaremos alguna particularidad acerca del modo de asociación y terminación de las mismas.

La fig. 5 representa un corte transversal de médula de perro recién nacido en donde las colaterales de conexión se impregnaron de un modo casi exclusivo. Obsérvese como las colaterales del cordón posterior en el paraje correspondiente á la *zona limitante*, de Lisauer, y quizás en más extensión (no hay que olvidar que se trata de médula joven) atraviesan en manojos arciformes la sustancia de Rolando, para terminarse en el vértice del asta posterior, donde constituyen un plexo de arborizaciones extremadamente rico y tupido (*zona plexiforme del asta posterior*).

No todas las colaterales del cordón posterior se agotan aquí; hay algunas que alcanzan la sustancia gris central y aún la del asta anterior.

Estas colaterales se reúnen en un grueso manejo que, arrancando del cordón de Burdach y de Goll, atraviesan el tercio interno de la sustancia de Rolando; cruzan dirigiéndose un poco hacia afuera la región del asta posterior, y terminan divergiendo en abanico en toda la extensión del asta anterior (fig. 6 G). Dicho manejo, que llamaremos antero posterior ó *sensitivo motor*, está constituido en su mayor parte de fibrillas colaterales nacidas de las ramas ascendente y descendente de las raíces posteriores, y quizás también de colaterales del tallo radicular. Distingúense de las otras colaterales del cordón posterior por su mayor espesor, y por no ramificarse comúnmente al nivel del vértice del asta posterior, conservando su individualidad hasta muy adelante en que acaban por arborizaciones de gran extensión que se *entrecruzan y tocan de mil modos las células y expansiones protoplásmicas de las células motrices* ó radicales anteriores. Es probable que se relacionen también con otras células del asta anterior; pero sobre este punto nada puede afirmarse en concreto.

Consideramos extraordinariamente verosímil que, merced á este haz de colaterales, *se establece la comunicación entre las raíces sensitivas y las células motrices*, pues no existe, que sepamos, ningún otro sistema de fibras que establezca tal relación. Por lo demás, estas fibras antero-posteriores han sido vistas ya é interpretadas de igual modo por los autores; sólo han errado éstos en suponerlas radicales posteriores independientes, cuando son simples colaterales, y en admitir anastómosis entre sus cabos anteriores y las ramas protoplásmicas ó red nerviosa intersticial del asta anterior, siendo así, que rematan por arborizaciones perfectamente libres (véase el esquema B fig. 7).

Las fibras radicales posteriores suministran también innumerables ramillas que, cruzando la sustancia de Rolando, se arborizan en ésta y vertice del asta posterior; de lo cual se desprende que las raíces posteriores se comunican por *ramas cortas* con elementos del asta posterior y con *ramas largas* con células de la anterior.

Las fibras colaterales de dirección transversal, constituyen en su mayor parte la comisura posterior. En la fig. 6 E, se advierten los tres principales manojos con los puntos de arranque y terminación. En ocasiones, en vez de tres hállanse 4 ó más manojitos comisurales.



Las fibras de la comisura posterior, al menos en su mayor parte, nos parece que tienen por misión poner en relación la parte posterior del cordón lateral y porción esterna del posterior con los elementos del vértice del asta posterior del opuesto lado. Esto no excluye otras conexiones que en el estado actual de la ciencia no pueden anatómicamente determinarse. Las más inciertas de estas relaciones son para nosotros las establecidas por las fibrillas más anteriores de la comisura (manejo arciforme anterior) (figura 6, F).

De todas las colaterales, las que parecen tener una distribución más limitada son las de la columna de Clarke. Nacen estas fibras del cordón de Burdach, tanto de la parte alta como de la baja, descienden en manojitos ondulados que contornean por dentro la sustancia de Rolando, y finalmente rematan por ricas y varicosas arborizaciones entre las células de la columna de Clarke. El plexo así formado es tupidísimo y comparable al del vértice del asta posterior. Como en éste, resaltan en blanco los parajes habitados por las células (fig. 6, M y 4, D, E).

Las colaterales del cordón anterior y parte del lateral, no se asocian en haces, sino que se dispersan en todas direcciones, constituyendo un tupido plexo en toda la extensión de la sustancia gris, anterior y central. Solamente cerca de su origen y mientras marchan por la sustancia blanca, se disponen estas colaterales en hacecillos (fig. 6, I) situados precisamente en los tabiques recorridos por las expansiones protoplásmicas.

Por lo demás, las colaterales anteriores se hacen notar por su espesor y por la extensión considerable de su arborización terminal. En algunas preparaciones donde sólo han salido impregnadas tales fibras, adviértese que las arborizaciones se acumulan en torno de las células del asta anterior, constituyendo á modo de nidos, revelados por ciertos espacios claros de dimensión semejante á la de las células (fig. 6, N). Otra cualidad de semejantes colaterales es que comienzan en su mayor parte á ramificarse ya en plena sustancia blanca.

Tocante á la arborización terminal de las colaterales, los nuevos estudios confirman las experiencias anteriores. Las ramitas de la arborización son varicosas, cortas y más recias que el tallo de origen, proceden á menudo en ángulo recto, y tienen con frecuencia trayecto recurrente. El aspecto de estas ramitas es granuloso, como áspero, y casi todas rematan por un pequeño bulbo ó ensanchamiento redondeado. Estas cualidades que recuerdan en un todo el comportamiento de la arborización terminal de una fibra nerviosa motriz, nos enseñan sin temor á dudas, cuándo se trata de una arborización terminal, y cuándo de una simple ramificación ocurrida en el trayecto de una fibra que acaba en otro paraje.

**Terminación de los tubos de sustancia blanca.** La terminación de los tubos de la sustancia blanca se realiza probablemente en la gris por una recia arborización terminal que representa la última colateral,

y decimos probablemente porque la extrema longitud de los *cilinder*, de la sustancia blanca, imposibilita aún en los cortes longitudinales de médula embrionaria, la observación total de su curso, es decir, su arranque en la célula, su marcha por la sustancia blanca, y su terminación presunta en la gris. Pero, si no es posible ver en un solo corte la extensión completa de un *cilinder*, distínguense á menudo los comienzos y las terminaciones. Así, por ejemplo, es frecuente ver, que una fibra de la sustancia blanca, gruesa, varicosa, imposible de confundir con una fibrilla de conexión, cambia de repente de dirección, tornándose transversal, para penetrar en la sustancia gris en donde remata por una robusta y estensísima arborización terminal (figura 2.<sup>a</sup> 17). Estos bruscos acodamientos de las fibras de la sustancia blanca se hallan en todos los cordones, y nosotros estimamos extraordinariamente verosímil la interpretación que acabamos de exponer; pues si fueran orígenes y no fines de cilindros, podría descubrirse la célula de arranque, y sobre todo, no habría el sinnúmero de ramitas varicosas en que concluye por perderse la individualidad de la fibra.

Es claro que tales terminaciones por arborización libre sólo podrán observarse en las fibras que los autores llaman *comisurales longitudinales cortas*.

Aquellas que, como las del cordón de Goll, el manejo cerebeloso del cordón lateral, etc., se reputan como conductores largos, finados en el bulbo ó más arriba, no presentarán quizás dichas arborizaciones de remate.

No obstante, nuestros estudios tocante á la topografía de las fibras que se terminan libremente, no son tan completas que consientan confirmar ó rectificar la categorización de Flechsig, y otros acerca de las vías de conducción de los manojos de la sustancia blanca.

## CONCLUSIONES.

Nuestros estudios sobre la médula pueden condensarse en las siguientes proposiciones:

1. Conforme á lo establecido por Forel (1), His (2) y Kölliker (3), las células nerviosas son corpúsculos independientes, no anastomosados ni por sus ramas protoplásmicas ni por sus cilindros-ejes. La red nerviosa de la sustancia gris de que hablan aún ciertos neurólogos modernos, red que corresponde á la sustancia puntuada y fibrilar de Leidig (4), y á la red cen-

(1) Einige hirnanatomische Betrachtungen und Ergebnisse *Arch. f. Psychiatr. Bd. XVIII*

(2) Die Neuroblasten und deren Entstehung im embryonalen Mark, 1889.

(3) Histologischen Mittheilungen. *Aus den. Sitzungh. des Phys. med. Gesellschaft.* Nov. 1889.

(4) Vom Bau der thierischen Körper. Bd. I, 1868. Ueber sogenannte Leidigsche Punktsubstanz.



tral de Hallei (1), es simple resultado de la insuficiencia de los métodos. Cuando se utiliza el método de Golgi, según nuestros consejos, aplicándolo en los embriones ó animales jóvenes, dicha sustancia reticulada se resuelve constantemente en un conjunto de fibrillas emanadas de células y libremente terminadas.

2. Dicha independencia puede observarse lo mismo, como ya demostró Golgi, en las células neuróglas y epiteliales de los centros. Estas últimas no forman red en su parte esterna, como indica His (2), sino que rematan por cabos libres, engruesados en forma de cono de base plana periférica, que constituye una limitante externa en la superficie medular (estado embrionario).

3. Las células epiteliales laterales del endimo se modifican en el adulto, acortándose y no pasando de la sustancia gris; mientras que las de la línea media anterior y posterior, conservan su longitud formando haces que alcanzan el fondo de los surcos medulares medios.

4. Las fibras de la sustancia blanca son cilindros-ejes nacidos de las células de la gris, los cuales, después de una marcha longitudinal más ó menos larga, terminan en otros parajes de la sustancia gris por arborizaciones libres.

Cada tubo debe su origen á una célula; pero la célula puede originar más de un tubo de la sustancia blanca. Una de las disposiciones es que el *cilinder*, una vez llegado á los cordones se divida en un tubo ascendente y otro descendente. Otra consiste en que el *cilinder* emita dos ó más expansiones de igual sentido, situadas ya en el mismo paraje, ya en radios distintos de la sustancia blanca; y por último, la más frecuente es la continuación por simple acodamiento.

5. Durante el paso del *cilinder* por la sustancia gris puede emitir alguna colateral de conexión análoga á las emanadas de la sustancia blanca.

6. El *cilinder* ya medulado y convertido en fibra longitudinal de la sustancia blanca, emite infinidad de colaterales libremente terminadas por arborizaciones varicosas en la sustancia gris, bien de su lado bien del opuesto. Estas ramitas establecen probablemente conexiones por contacto entre una fibra blanca y gran número de células nerviosas.

7. En la sustancia de Rolando hay células nerviosas pequeñas, ricas en expansiones. El *cilinder* de las más posteriores parece ir al cordón posterior; mientras que el de las anteriores marcha verticalmente, arborizándose en el espesor mismo de la sustancia gris donde quizás termina libremente, teniendo por misión probable relacionar células situadas en distintos pisos de la sustancia de Rolando.

8. Las demás regiones de la médula parecen albergar células de dos

clases: comisurales anteriores; y de los cordones anterior, posterior y lateral. En la parte externa y anterior del asta motriz abundan además las células radicales anteriores.

9. Las raíces anteriores proceden de células cuyos cilindros-ejes son recios, varicosos y rara vez provistos de colaterales.

10. Las raíces posteriores son, como His ha puesto en claro, cilindros ejes de los ganglios raquídeos. Después de arborizarse abundantemente en la sustancia gris, á lo-largo de la médula, rematan verosimilmente por cabos libres. En estos cilindros-ejes hay que considerar: rama de bifurcación ascendente y descendente, colaterales del tallo y colaterales de las ramas de terminación.

11. Es probable que la rama ascendente de las fibras radicales posteriores se prolongue hasta el cerebro, ó por lo menos sea muy larga, y que la descendente sea corta, en armonía con lo que enseña la marcha de la degeneración tras la sección de un grupo de raíces posteriores.

12. La comisura anterior está formada por: 1.º fibrillas de conexión; 2.º cilindros-ejes de las células comisurales; 3.º arborizaciones protoplasmáticas de algunas células del asta anterior.

13. La comisura posterior se constituye, en su mayor parte por lo menos, de colaterales de conexión del cordón lateral y del posterior.

Para terminar y á fin de que pueda fácilmente comprenderse el curso probable de algunos cilindros-ejes, así como las conexiones que verosimilmente se establecen entre algunos órdenes de células, copiamos aquí dos esquemas (fig. 7).

El esquema 1, muestra el curso del cilindro-eje de tres células. La una (a) es comisural, la otra (b) es del cordón anterior, y la tercera (c) del cordón lateral. Nótese que estas últimas terminan en arco por una gruesa colateral después de un curso más ó menos largo (suponemos que representan conductores cortos). La célula primera (a) emite una fibra que después de llegar al cordón del lado opuesto y suministrar una colateral para el asta anterior del otro lado, se termina en T, es decir, en fibra ascendente y descendente. En conformidad con nuestra hipótesis de que la terminación de los cilindros-ejes de la sustancia blanca se verifica en la gris, figuramos en c la última colateral. Claro está que esto último es pura hipótesis y que ignoramos completamente el paradero de las dos ramas, ascendente y descendente. Quizás la descendente, que en ocasiones es muy delgada (falta también á menudo) sea cortísima y suministre poquísimas colaterales; y acaso la ascendente, que nos parece ser la más constante, llegue en su curso hasta el bulbo ó más arriba.

El examen de este esquema permite comprender la importancia de las fibras de conexión. Con ayuda de éstas cada célula de tal ó cual región de la sustancia gris se conecta con un número considerable de células de igual categoría y situación, ó quizás también de orden y emplazamiento di-

(1) Centralem Nervensystems. *Morphol. Jahrbuch*, XII 1886.

(2) Zur Geschichte des menschlichen Rückenmarkes, etc., 1886.



versos colocadas en distintos pisos de la médula. Resultan, pues, muchas de las fibras de la sustancia blanca *comisuras longitudinales por contacto*. Y como algunas fibras de la sustancia blanca son descendentes (aunque la mayoría nos ha parecido ascendente), y otras terminan en fibra ascendente y descendente, la conexión podrá tener lugar ya con elementos situados por debajo ya con los colocados por encima, ya con los yacentes en ambas direcciones. Si, como parece probable, todas las células de igual categoría se enlazan de esta suerte, nada más fácil de comprender que la propagación

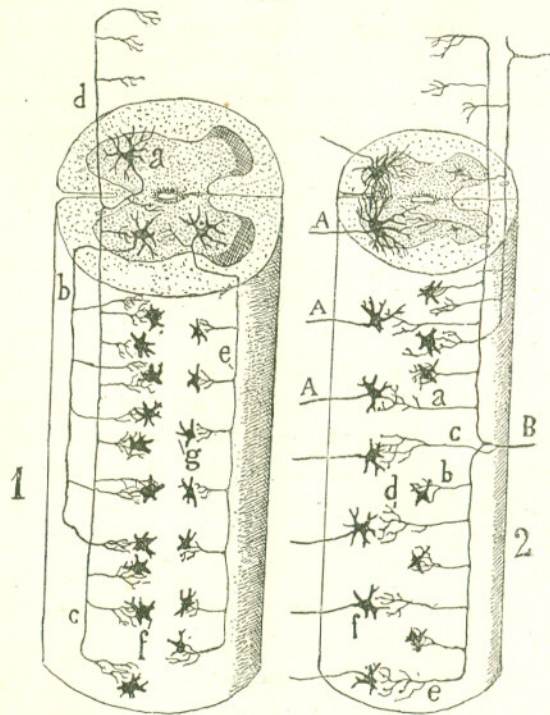


Fig. 7. Esquemas representativos de la forma, terminación y relaciones de los cilindros-ejes medulares.

—1: a, célula comisural que termina por una bifurcación en T, cuyas fibras ascendente (a) y descendente (c) terminan por una rama colateral arciforme, después de conexiarse con elementos del asta anterior (f) por sus colaterales; e, cilindro eje de una célula del asta posterior conexonado por sus colaterales con la serie celular posterior g.  
—2: A, célula motriz y raíz anterior; B, radicular posterior; c, rama del tallo; a, rama corta de las ramas de bifurcación destinada para las células del asta posterior; a, rama larga conexonada probablemente con las células motrices o anteriores; e, terminación probable por una gruesa colateral arciforme.

de una corriente á lo largo de la sustancia blanca. A más de este modo de conducción por caminos periféricos, podría existir también una comunicación directa de las células por ramas protoplasmáticas. Con todo, esta conducción nos parece menos probable, porque las arborizaciones proto-

plásmicas son aplastadas de arriba abajo y tienen pocos contactos las células de un piso con las de los inmediatos.

La fig. 7, esquema 2, revela la disposición probable de los cilindros-ejes motores y sensitivos y las vías de enlace establecidas entre ambas especies de raíces.

La radicular posterior B, bifurcada en el cordón posterior, suministra: ramas cortas (b) destinadas á conexiarse con los elementos del asta posterior, y ramas largas (d) terminadas al nivel de las células motrices. La marcha probable de la corriente nerviosa, dadas tales relaciones anatómicas, parece ser la siguiente: llega la conmoción sensitiva á los ganglios raquídeos, de los que se propaga por las fibras radiculares posteriores, de una parte, á las células motrices (c), de otra, á las células sensitivas ó del asta posterior (b). La corriente que alcanza las células motrices, marcha á lo largo de las raíces anteriores (A) y se termina en los músculos; la que llega á las sensitivas, se propaga por los cilindros de éstas ya al cordón lateral, ya al posterior (cordón de Burdach y quizás de Goll), determinándose una transmisión longitudinal á lo largo de la sustancia gris y blanca que puede llegar hasta el cerebro. Si, como es opinión corriente, la rama ascendente de las radiculares posteriores, va directamente hasta el bulbo ó más arriba sin penetrar en la sustancia gris, tendríamos dos vías de trasmisión hacia el cerebro: una directa y otra por intermedio de células. Explicanse sin esfuerzo con estos datos el reflejo medular inconsciente. Si la escitación sensitiva es moderada, la corriente se filtrará por las colaterales primeras de las raíces é irá á los elementos motrices sin ascender; si es enérgica, la energía nerviosa, será suficientemente copiosa para llenar todas las vías de conducción, tanto directas como indirectas, y la impresión, modificada con la colaboración de muchas células del asta posterior y quizás de otros parajes, conservará energía suficiente para llegar al encéfalo.

Como se ve, la conducción está asegurada (dentro de nuestra hipótesis de que las colaterales sirven para establecer transmisiones entre elementos de capa distinta), aunque las raíces posteriores sean conductores cortos y se terminaran, contra todas las presunciones, tras moderado trayecto longitudinal en el cordón posterior.

No queremos multiplicar los esquemas dinámicos y las conexiones anatómicas que cabría establecer dentro de los nuevos hechos descubiertos con ayuda del método de Golgi. Lo expuesto (que no debe tomarse sino como hipótesis más ó menos verosímiles, pues la demostración anatómica rigurosa falta aún en muchos puntos) tiene por objeto establecer la posibilidad de una interpretación fisiológica en éste, á primera vista, caos de complicaciones en que parece sumida la anatomía fina de la médula desde las últimas investigaciones.

La síntesis es prematura; lo sabemos, y por eso no queremos abusar de las hipótesis, seguros como estamos de que nuevos hechos han de ve-



nir á ensanchar y corregir en muchos puntos las nociones actuales sobre la estructura del sistema nervioso. Y donde las lagunas que llenar son grandes, y la tarea difícilísima es en la determinación de las conexiones individuales de cada célula ó de cada grupito de células nerviosas congéneres. Uno de los problemas que sólo el porvenir resolverá es el siguiente: Dada una raíz sensitiva, determinar todos los elementos nerviosos con que sus ramillas terminales se conexionan bien hacia lo alto, á través de la sustancia gris y blanca, bien hacia delante por los contactos que sus colaterales establecen en el asta anterior.

La magnitud del intento sube de punto, y descorazona el más resuelto, cuando se imagina el número infinito de células de la sustancia gris á las que cada raíz posterior puede enviar colaterales, y la serie no menos grande de estaciones de tránsito que en el curso longitudinal de las raíces, hasta el cerebro pueden existir, si como es probable dichas radicales se terminan libremente antes del bulbo.

Graves y dificultosas son las cuestiones que la fisiología y la anatomía de consuno deben vencer si aspiran á comprender perfectamente el mecanismo del aparato más complejo, pero también el más elevado y noble que la naturaleza viva ofrece á nuestra inacabable curiosidad. No satisfaremos nosotros seguramente esa sed de verdad que nos devora, impacientes por recoger el fruto en un campo en que apenas si ha sido arrojada la semilla. Pero entretanto, admiremos á tantos investigadores como porfían tenazmente en hacinar hechos y detalles, verdaderos materiales de construcción del gran edificio científico, á cuyo amparo sólo nuestros descendientes hallaran el reposo de la verdad, y el dominio sobre la naturaleza. Que el hombre no aspira sólo á conocer, sino á obrar sobre lo que conoce, plegando la naturaleza á las exigencias de su felicidad y de su interés.

1.º de Abril de 1888.

## POST SCRIPTUM

Escritas las anteriores líneas recibimos una nota preventiva de A. Kölliker, sobre el mismo tema (1). Vemos con satisfacción que este autor ha confirmado la mayor parte de los hechos que describimos en nuestras memorias anteriores. Sus trabajos han versado sobre embriones de mamífero así como sobre animales recién nacidos y de pocos días. En todos ellos ha visto las fibrillas colaterales como nosotros las describimos, con su origen en las fibras de la sustancia blanca, y su terminación por arborizaciones libres en la gris; las fibras radicales posteriores con sus bifurcaciones finales y sus colaterales de conexión; los cilindros-ejes de las células y su comporta-

miento en la sustancia gris y blanca: la formación de las comisuras anterior y posterior por fibras de conexión, etc. Notamos igualmente que aceptada como probable, no sólo la independencia de las células nerviosas, imaginada por His y Forel, sino la transmisión nerviosa por contacto entre expansiones nerviosas y protoplásmicas, tal y como nosotros defendemos hace dos años. Cuando se publique la extensa memoria que este sabio anuncia, detallando los resultados de sus numerosas esperiencias, pensamos ocuparnos de tan importante trabajo.

Por ahora, réstanos solamente tributar el más sincero agradecimiento al sabio profesor, que, dejando á un lado desconfianzas y preocupaciones, se ha impuesto la tarea de comprobar nuestros trabajos, amparándolos con el prestigio de su grandísima autoridad y dándoles á conocer, en un país donde la ciencia tiene tantos y tan meritísimos cultivadores.

(1) Ueber feinerem Bau des Rückenmarks, *Aus d. Sitzungsber. d. Würzburger. med. Gesellschaft.* 8 Marzo, 1890.



Los éxitos obtenidos en el sistema nervioso embrionario con el método de induración rapidísimo (24 horas), suscitaron en nosotros el pensamiento de aplicarlo en los insectos, á fin de ver si era posible impregnar los nervios de las fibras musculares de las alas sobre los que, puede decirse, nada sabemos de positivo.

Porque aunque Ciaccio (1) ha descrito recientemente en algunos músculos del ala, placas terminales y divisiones de fibras nerviosas conexionadas quizás con las estriás de Krause, los métodos usados son tan inciertos y defectuosos, sobre todo para los músculos que se resuelven fácilmente en fibrillas primitivas ó columnas de Kölliker, que es imposible pronunciarse con alguna seguridad sobre el asunto.

**1.º Terminaciones nerviosas.** Como es sabido, sobre todo desde los trabajos de van Gehuchten, Cajal, Rollet, y Kölliker y Ciaccio, los músculos de las alas de los insectos no son idénticos; unos, los de los coleópteros, dípteros, etc., contienen una materia granulosa abundante, y se dejan disociar en estado fresco en fibrillas primitivas (cilindros ó columnas musculares), otros que habitan preferentemente en los ortópteros y neurópteros, no contienen dicha materia intersticial y no pueden quebrarse en fresco en fibrillas primitivas, circunstancia que los aproxima á los músculos de las patas.

Ahora bien, en esta última especie, el proceder de Golgi nada nos ha revelado, sino es ciertas puntuaciones que luego indicaremos. En cambio, con ayuda de otros métodos, nos ha parecido ver fibras nerviosas terminadas en una colina de Doyere, lo que confirma la descripción de Ciaccio.

Donde, como es natural, teníamos más interés en obtener resultados positivos es en los músculos de la primera especie; porque jamás por los métodos comunes hemos alcanzado á ver una terminación nerviosa verdadera. La suerte nos ha favorecido, pues cabalmente sólo en éstos es donde el proceder de Golgi suministra resultados positivos.

Hemos impregnado gran número de músculos de coleóptero y díptero. Las mejores impregnaciones las hemos obtenido en estos últimos, y á ellos referiremos la descripción siguiente:

Digamos desde luego que la disposición de los nervios en nada se parece á la de los músculos de las patas. En vez de una fibra terminada en placa, hay un plexo nervioso estendido al rededor de todo el fascículo, en cuya formación entran gran número de células nerviosas multipolares

(1) Della Notomía minuta di quei muscoli che negli insetti muovono le ali. Bologna 1887.



(véase la fig. 8) en un todo comparables á las del gran simpático de los mamíferos (1). Las ramas gruesas que parten del cuerpo celular marchan en todas direcciones, pero, sobre todo, en sentido transversal al haz muscular; se ramifican repetidas veces, se anastomosan entre sí alguna vez, y, después de rodear el haz, se insinúan en las junturas ó tabiques protoplásmicos de éste. Las fibras más finas rematan libremente sobre la superficie de los cilindros primitivos ó de la materia intersticial, pero sin atravesar los haces secundarios de la fibra muscular. Es preciso recordar para comprender esta disposición, que los músculos de las alas de los dípteros constan de fibras voluminosas, divididas en hacecillos secundarios por tabiques

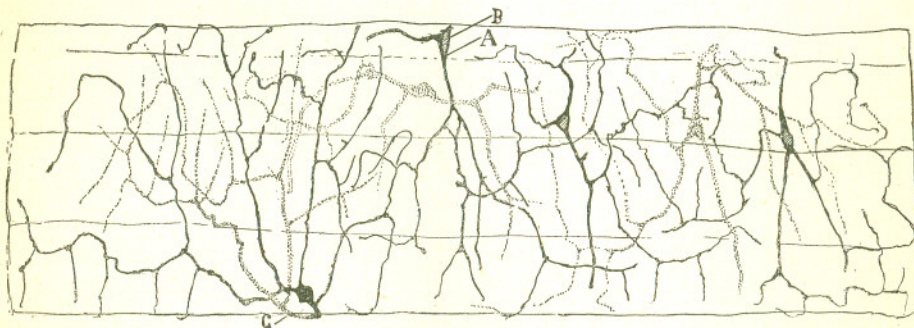


Fig. 8. Plexo de células nerviosas que rodean una fibra muscular de las alas de un muscudo (*Calliphora vomitoria*).  
—A, cuerpo de una célula; B, núcleo; C, otra célula de muy extensa arborización.  
Nota. Las células y fibras punteadas representan partes situadas al otro lado de la fibra muscular.

protoplasmáticos que arrancan de ciertos surcos ó depresiones periféricas por donde penetran las tráqueas (2). El plexo nervioso pues está situado sobre el haz general y en los tabiques que le dividen en hacecillos.

El protoplasma de estas células nerviosas se tiñe de pardo oscuro, resaltando vigorosamente sobre la sustancia muscular incolora. El núcleo se tiñe más fuertemente todavía que el protoplasma, al revés de lo que sucede con las células nerviosas de los vertebrados, cuyos núcleos suelen quedar incoloros.

No hemos podido determinar aún, si la red citada está sobre el sarcolema ó debajo. Las ramas que penetran por los tabiques es indudable que están debajo del sarcolema.

A más del plexo riquísimo de células ganglionares y sus ramas, nos ha parecido descubrir también algunos ramos nerviosos recios que venían de alguna distancia á mezclarse con el plexo susodicho. ¿Son estas fibras nerviosas de alguno de los ganglios del insecto? Tal creemos, aunque nuestras observaciones pecan de incompletas sobre este punto y no permiten sacar conclusiones definitivas.

(1) Compárense estas células con las de las vellosidades intestinales, descritas por nosotros en: Nuevas aplicaciones del método de Golgi. Marzo, 1889.

(2) Véase: Observations sur la texture des fibres musculaires des pattes et des ailes des insectes. Intern. Monatschr. f. Anat. u. Phys. Bd. V. 1888, fig. 72.

Podría quizás negarse por alguno el caracter nervioso del plexo susodicho. Pero la longitud enorme de las expansiones celulares que lo forman, disposición que sólo se ve en células nerviosas, el íntimo contacto que establecen con la materia estriada sobre todo al nivel de los tabiques, y lo perfectamente que se tiñen por el proceder de Golgi rapidísimo, nos inclinan á considerarlos como un órgano nervioso terminal, algo así como los plexos simpáticos de las fibras lisas del intestino de los mamíferos.

**2.º Terminación de las tráqueas.** El proceder de Golgi tiñe las tráqueas más finas que se esparcen entre los hacecillos musculares de

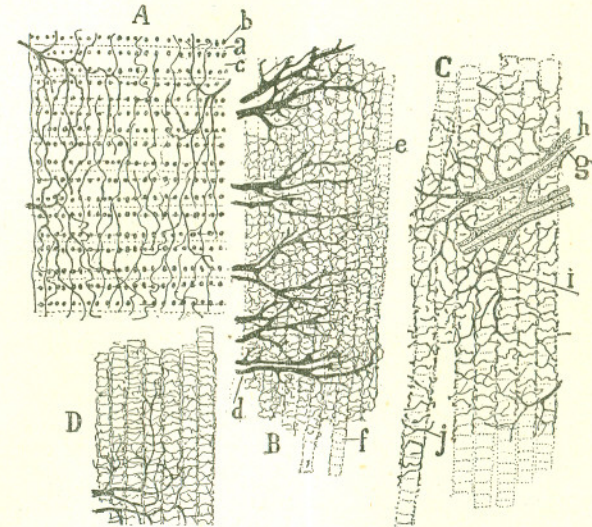


Fig. 9. Plexos de finísimas ramitas traqueales situados entre los cilindros primitivos de las fibras musculares de las alas.—Obj. 1/30 apochr. Zeiss.  
—A, Trozo de fibra muscular (primera especie) de un saltamonte (*Locusta viridissima*).  
—a, Línea de Krause no teñida; b, discos accesorios teñidos en pardo.—Se ven también finas tráqueas ramificadas en el espesor mismo de la fibra estriada.  
—B, Trozo de fibra muscular de la *Calliphora vomitoria* (mosca azul), con el plexo terminal de finísimas tráqueas; f, cilindro primitivo; d, últimas ramillas traqueales visibles sin impregnación; e, hilos delicadísimos colorados al cromato argéntico.  
—C, Un trozo de la figura anterior observado con el 1/30 apochrom. Zeiss; g, pared protoplasmática de una tráquea; h, hueco; i, ramita colateral; j, hiló del plexo interfibrilar.  
—D, Plexo traqueal de los músculos del ala de la *musca domestica*.—Obj. 1/16 Zeiss; oc. 3.—Obsérvese un retículo ó plexo mucho más fino que el anterior.

las alas (*musca domestica*, *calliphora vomitoria*, etc.) de pardo oscuro, y denuncia una particularidad curiosa é imprevista. Allí donde con los más fuertes objetivos parecen rematar libremente las más finas ramificaciones traqueales, comienza precisamente una red de hilos flexuosos, extraordinariamente delicados, tan delicados que no pasan de 0'2 de  $\mu$ , y para verlos es necesario aplicar los más poderosos objetivos (1/30 apochr. Zeiss). Los filamentos de este plexo ó red terminal nacen de las tráqueas, continuándose con la pared de éstas, y con sus giros y revueltas envuelven literalmente cada cilindro primitivo ó columna de Kölliker, llenando gran parte de la llamada sustancia granulosa ó interfibrilar. Dicho plexo está extendido por todo el fascículo, de modo que no hay cilindro primitivo que no esté completamente envuelto por las mallas del mismo. (Fig. 9, j.)



Dada la extrema finura de las fibrillas es imposible decir si están huecas y si su cavidad se continúa con la de las más finas tráqueas.

La fig. 9, C, revela un pedazo de este plexo de capilículos traqueales, tomado de un haz de la *calliphora vomitoria*, muscido donde se distinguen perfectamente. En otros muscidos tal como la *musca domestica*, el plexo es todavía más fino (fig. 9, D) y sólo puede verse con el  $\frac{1}{40}$  apochr. sin diafragma ó con el antiguo  $\frac{1}{18}$  Zeiss en iguales condiciones.

La dificultad de ver dichos finísimos hilos procede también de que su color no es negro aún en las mejores impregnaciones, sino café, más ó menos claro; lo que depende de la pequeñísima cantidad de cromato argéntico que corresponde á cada filamento, dada su extrema pequeñez. Las tráqueas más recias adquieren un matiz pardo negro á la manera de las células nerviosas.

Parecida disposición ofrecen los músculos de las alas de los coleopteros, el *hidrophilus piceus*, por ejemplo. En este insecto se ven ramitas longitudinales interfibrilares en gran abundancia, de las que parten otras delicadísimas ransversales que á un examen superficial se confundirían con las estrias de Krause, por su finura y paralelismo.

Las redecillas de tráqueas que acabamos de exponer (no aseguramos que sean redes, pues dada su delgadez, no es cosa fácil cerciorarse de si se cruzan ó se anastomosan al tocarse sus filamentos) solamente se hallan en los músculos de las alas de la primera especie (dípteros y coleópteros). En los músculos de la segunda especie tales como los de las alas del saltamonte (fig. 9. A) libélula, etc., las ramificaciones traqueales son mucho más recias, menos abundantes, y de dirección en gran parte longitudinal. Al parecer se terminan libremente en el mismo espesor de la materia estriada.

Se advierte también en estos músculos así como en los de las patas, una particularidad que ya hicimos notar en las fibras musculares de los vertebrados (1). El cromato argéntico se deposita precisamente en aquellos granos brillantes situados cerca de la línea de Krause (discos accesorios ó complementarios). El paraje longitudinal donde radican, nos ha parecido ser las fibrillas preexistentes (tabiques de protoplasma ó sarcoplasma de los autores). Esto prueba una naturaleza química especial de dichas partes, circunstancia que acreditan también otros agentes químicos. (Fig. 9, b.)

Las demás partes de la materia estriada no se tiñen en las buenas y finas impregnaciones.

Basta por ahora: más adelante estenderemos nuestras pesquisas á numerosas especies de insectos, para ver si las disposiciones descritas tienen caracter de generalidad.

21 de Marzo de 1890

(1) Nuevas aplicaciones del método de Golgi. p. 8. Set. 1889.