

CAPÍTULO XV

PUENTE DE VAROLIO

Células nerviosas pontales. — Fibras transversales y pedúnculos cerebelosos medios. — Vía piramidal y sus colaterales. — Colaterales sensitivas.

La protuberancia ó puente de Varolio, de cuya disposición macroscópica hemos tratado ya, es un ganglio transversal voluminoso, impar, colocado por delante y en torno de la vía piramidal, y enlazado con los pedúnculos cerebelosos medios.

El volumen de este foco guarda relación con el desarrollo del cerebelo ; así, es pequeño en el ratón y conejo, más grande en el gato y perro, y llega al sumo en el hombre, dotado, como es sabido, de un cerebelo muy voluminoso. Esta solidaridad entre ambos centros, se comprende hoy muy bien, porque sabemos que los axones de los elementos pontales constituyen los pedúnculos cerebelosos medios, y cada uno de aquellos se termina probablemente sobre una célula de Purkinje.

Cuatro factores principales entran en la constitución de la protuberancia : *las células ganglionares pontales, la vía piramidal y sus colaterales, las colaterales sensitivas y las fibras transversales* ó tubos de los pedúnculos cerebelosos medios. Estos elementos se disponen de tal suerte, que los haces verticales ó de la vía piramidal se entrecruzan y entrelazan por capas y en ángulo recto con los fascículos transversales ó cerebelosos ; los huecos resultantes entre los citados fascículos están ocupados por substancia gris, la cual forma un ganglio intersticial continuo, en ambas mitades del puente, extendido desde cerca de la superficie pontal hasta el plano ventral del lemnisco interno y externo, plano que separa la protuberancia propiamente dicha del piso inferior de la calota.

En la superficie anterior del puente, la substancia gris hállase cubierta por un primer piso de haces transversales continuados con los pedúnculos cerebelosos medios. Naturalmente, la disposición y volumen de los cuatro citados factores de construcción, habrá de variar con la mayor ó menor riqueza fibrilar de los pedúnculos cerebelosos medios y la cuantía de las células nerviosas intersticiales ; pero la estructura y conexiones de aquellos no cambia esencialmente en ningún mamífero.

Células nerviosas del puente. — Examinadas en cortes transversales coloreados por el método de Nissl, se echa de ver que constituyen una masa continua, apretada, que rellena todos los huecos que dejan entre sí los hacecillos longitudinales y transversales. Existen también extensos conglomerados, el principal de los cuales yace en el rafe, entre las dos vías piramidales, extendiéndose desde el lemnisco á la corteza blanca protuberancial ; este foco medio, delgado por abajo, crece hacia arriba en espesor transversal, conforme las pirámides se apartan de la línea media (ratón, conejo y gato). A cada lado, y por fuera de la vía piramidal, obsérvase también otro foco voluminoso. Finalmente, los pequeños acúmulos, generalmente alargados, tienen su asiento en los territorios

Relación estrecha entre su volumen y el del cerebelo.

Sus elementos constitutivos ; sus relaciones mutuas poco variables.

Repartición.

Sus dos focos principales.

recorridos por manojos apretados, es decir, entre los haces longitudinales de la vía piramidal y los transversales de los pedúnculos cerebelosos medios.

La talla de las células es mediana, oscilando entre 20 y 30 μ . Hacia los lados, entre los haces motrices, nótanse á menudo corpúsculos más grandes, los cuales no faltan tampoco cerca del rafe, en la vecindad del lemnisco interno. La forma es poligonal, fusiforme ó triangular, asemejándose, á primera vista, en los preparados de Nissl, á la de los corpúsculos de la oliva, á quienes se parecen, además, las células pontales por la finura de los gránulos cromáticos del protoplasma.

[Estas células se colorean muy débilmente por los métodos neurofibrilares, que muestran un armazón filamentoso muy pálido y extremadamente delicado, incluso en las preparaciones mejor impregnadas.]

Pero la total morfología de estos elementos, sólo el cromato de plata es capaz de revelarla. La reacción negra de Golgi fué aplicada primeramente por Livio Vincenzi (1), que obtuvo resultados muy incompletos, y posteriormente, y con éxito más lisonjero, lo fué también por Held, nosotros y Pusateri. En las figuras 437 y 438, mostramos los tipos más comunes de células encontrados por nosotros en la protuberancia del niño de quince días. Son éstos : un *tipo grueso*, un *tipo mediano ó pequeño* y un *tipo veloso ó musgoso* de axon corto.

a) *Tipo grueso* (fig. 437, C). — Es el más abundante, hallándose, sin excepción, en toda la extensión de la protuberancia. El soma suele ser redondeado, pero afecta también la figura poligonal, piriforme y triangular. De sus ángulos brotan seis, siete ó más dendritas robustas, lisas al principio, las cuales no tardan en ramificarse prolijamente, engendrando penachos de ramúsculos flexuosos sumamente varicosos y algo espinosos. Algunas veces, las últimas ramas trazan semicírculos que, al encontrarse con los descritos por otras dendritas, forman nidos y anillos donde se alberga el soma de vecinos elementos, disposición que es propia también de los ganglios simpáticos. Naturalmente, esta morfología celular, así como la dirección y número de las dendritas varía mucho, según la topografía : cuando el corpúsculo vive en un ancho espacio, desarrolla de preferencia la forma radiada ; pero si está cogido entre haces, alárgase en el sentido de éstos, y afecta figuras de huso con doble penacho polar, de pera con penacho monolateral, etc., etc.

El axon es robusto y nace á menudo de la superficie de la célula más pobre en dendritas, bien que en esto hay muchas excepciones ; traza después una revuelta y marcha flexuoso y varicoso sin emitir colateral alguna (no obstante la aserción de Held que las cita), hasta un paquete de tubos transversales, en cuyo espesor penetra, continuándose con una fibra de los pedúnculos cerebelosos medios. La mayoría de los axones cruza después la línea media y se prolonga con los tubos pedunculares del opuesto lado ; pero existen otros que se continúan con fibras pedunculares homolaterales. Esta última especie de axones se la

*Su aspecto :
1° en las pre-
paraciones de
Nissl.*

*2° en las pre-
paraciones
neuro-fibrila-
res.*

*3° en los cor-
tes de Golgi.*

Sus tres tipos.

*Dendritas en
nidos.*

*Variabilidad
topográfica de
los caracteres
de este tipo.*

*Axones direc-
tos y cruzados
sin colaterales
iniciales ni bi-
furcación.*

(1) Vincenzi : Sulla morfologia cellulare del midollo allungato e istmo dell'encefalo. Torino, 1885.

reconoce, sobre todo, en el perro, gato y hombre ; no falta, empero, en absoluto en el ratón y conejo. La continuación de dichos cilindros-ejes con las fibras de los pedúnculos, tiene lugar siempre por inflexión, es decir, que no existe nunca bifurcación.

Ya se comprenderá que lo enorme de las distancias hará imposible en el hombre, y aun en el perro, gato y conejo, observar por entero el curso de los cilindros-ejes y su paso por el rafe. En tales mamíferos, sólo es dable sorprender la incorporación de los tubos á los haces transversales ; pero, en cambio, en el ratón, según se aprecia en la fig. 439, *c*, es empresa hacedera y fácil seguir una fibra cruzada ó directa hasta el comienzo de los pedúnculos. Debemos, pues, considerar esta continuación como un hecho definitivamente adquirido para la ciencia. En igual sentido que nosotros hablan Held, Van Gehuchten y Pusateri.

Tipo mediano y pequeño (fig. 437, A, D, E). — Menos frecuente que el precedente, se distingue de él por su menor volumen y por la delgadez y cortedad de sus dendritas, que suelen ser algo más espinosas y complicadas en sus ramos finales que las de los tipos voluminosos. El axon, más delgado también, se comporta lo mismo que en la especie anterior.

Células vellosas ó musgosas de axon corto. — Nuestras recientes investigaciones en la protuberancia del niño recién nacido y de quince días, nos han permitido descubrir un tipo celular singularísimo, que reproducimos en la fig. 437, F, y fig. 438. Tan semejante es en su aspecto, extraordinariamente vellosa, á un corpúsculo neuróglíco gigante, que en un principio lo habíamos tomado por una variedad especial de neuroglia. Pero insistiendo en nuestro examen, logramos sorprender al fin el axon y determinar la naturaleza de estas extravagantes neuronas.

La forma es estrellada, triangular ó fusiforme. El volumen del soma es grande, pero parece mayor por el gran número de apéndices verrugosos y espinosos que lo recubren, y que le prestan un aspecto semejante al cuerpo de ciertas arañas. Estas vellosidades son más largas que las espinas, se ramifican prolijamente y forman una especie de musgo que tapiza también el contorno de las largas dendritas divergentes. Pero la particularidad más original de estas células es que las últimas dendritas, cubiertas de infinidad de pestañas varicosas, se entrelazan entre sí y engendran á menudo verdaderos nidos, donde se alojan los cuerpos de las células comunes. En los elementos dibujados en la fig. 438, esta disposición era muy elegante y pronunciada ; otras, la presentan menos acusada.

El axon es difícil de hallar, porque cuando nace del soma, el largo vello de éste oculta su emergencia ; así, durante algún tiempo, no pudimos cerciorarnos de su existencia. Afortunadamente, en algunas células dicha expansión nace á distancia del soma, del curso de una dendrita, circunstancia favorable, pues en éstas las vellosidades son menos complicadas y no suelen ocultar el cono inicial del axon. En ocasiones, antes de dar origen al cilindro-eje, la dendrita emite una ó dos ramas recurrentes, según se aprecia en la fig. 438, A, B. Marcha después el axon en diversidad de derroteros, y á no gran distancia de la célula, se resuelve en una arborización difusa, cuyas ramas son en gran parte recurrentes. Generalmente precede á la

Su incorporación cierta á los pedúnculos cerebelosos medios, en el ratón.

Su axon para el pedúnculo cerebeloso medio.

Su existencia en el hombre.

Su aspecto.

Su axon corto.

arborización final una bifurcación del axon, como se veía en la fig. 438, C ; otras veces se agota éste á fuerza de dar colaterales, pero después de conservar su individualidad bastante trecho. En fin, en los casos en que existe bifurcación final, el tallo generador suele emitir algunas colaterales finas varicosas y recurrentes, que pueden entremezclarse con las dendritas (fig. 438, A) de la célula de origen.

Paquetes de fibras transversales [y pedúnculos cerebelosos medios]. — Acabamos de ver que toda la protuberancia está surcada de haces transversales de tubos continuados, de una parte, con los axones de las células pontales, y de otra, con los pedúnculos cerebelosos medios. Un examen atento de estas fibras permite notar que son gruesas, varicosas, más recias que las de la vía piramidal, y absolutamente desprovistas de colaterales. Al pasar por el rafe, suelen doblarse en ángulo obtuso, cuyo vértice mira hacia atrás, particularidad que se nota, sobre todo, en los haces más hondos. Por fuera de la línea media, el curso de estas fibras varía, marchando unas por delante de las pirámides y otras por detrás, y algunas á través, para converger, arribadas que son á la cara lateral del lemnisco externo, en el pedúnculo cerebeloso medio. El grueso fascículo ó estrato fibrilar superficial de la protuberancia, consta generalmente de axones nacidos en las células más ventralmente emplazadas, aunque en esto hay excepciones. En el ratón recién nacido es dable seguir alguna vez estas fibras hasta el espesor mismo del cerebelo, en cuyas láminas de substancia blanca penetran, emitiendo colaterales.

Aspecto e itinerario.

Origen del grueso fascículo protuberancial superficial.

Presuntas fibras cerebelo-protuberanciales.

¿Existen tubos transversales ramificados en el puente? Kölliker, en virtud de consideraciones teóricas, admite ramificaciones de tubos de Purkinje del cerebelo en los ganglios pontales. Held las menciona también en la protuberancia de los pequeños mamíferos, y afirma igual procedencia. Pusateri parece haberlas visto en el hombre, aunque no detalla las ramificaciones. Nosotros no hemos logrado impregnar de un modo cierto tales conductores. En algunas pocas ocasiones (dos ó tres veces en el gato), hemos sorprendido arborizaciones robustas, extendidas en sentido dorso-ventral y emanadas de tubos transversales aislados (figura 443, e) ; pero no habiendo nunca podido seguir en suficiente espacio el tallo de origen, y figurando además en el puente otras fibras — las terminales de la vía piramidal — que se comportan casi lo mismo, debemos permanecer, en cuanto á la admisión de los referidos tubos cerebelo-pontales, en una prudente reserva.

Comienza cuerpo menor.

Acaba cuerpo menor.

Disposición de sus fascículos en los diversos mamíferos.

Vía piramidal y sus colaterales. — A su paso á través de los ganglios de la protuberancia, la vía piramidal se descompone en un grupo de hacecillos, dispuestos en plexo longitudinal, según se aprecia en los cortes longitudinales. Sólo en el ratón (fig. 439, A) aparece esta vía concentrada en compacto fascículo, ó al menos en un grupo de hacecillos sumamente próximos. En general, los haces se colocan á cierta distancia del rafe y cerca de la vía sensitiva central, abandonando á las células protuberanciales un gran espacio central ó medio, que crece todavía hacia lo alto, y dos grandes áreas laterales y ventrales.

Aspecto de sus fibras.

Cuando las fibras motrices del conejo, gato ó perro de pocos días se colorean con el cromato de plata, se aprecian que son, por lo común, más delgadas que las constitutivas de los tubos transversales, y que poseen un

trayecto casi rectilíneo. Entre ellas hay diversos calibres, cabiendo distinguirlas en gruesas, que son escasas en número, medianas las más abundantes, y finísimas, no muy copiosas.

[*Colaterales.* —] Del curso protuberancial de estas fibras piramidales, parten, según reconocimos nosotros, una cantidad extraordinaria de colaterales finísimas, ramificadas y terminadas libremente entre las células del puente. Estas colaterales llenan toda la masa gris de la protuberancia, marchando en distinta dirección, según su origen. Las que proceden de los fascículos anteriores de las pirámides, se distribuyen en la masa ventral y siguen en gran parte una dirección postero-anterior. Las que nacen de los manojos piramidales más hondos, se pierden en los tabiques grises intercalados. Las colaterales y sus ramificaciones constituyen en la substancia gris de la protuberancia un plexo tupidísimo, en el cual se ven numerosos huecos donde se alojan las células nerviosas.

En los animales recién nacidos ó de pocos días (ratón, gato, perro), las ramificaciones de las colaterales son escasas : la mayoría de ellas se bifurcan y acaban por extremos libres y varicosos ; pero esta sobriedad de ramificación depende de lo incompleto del desarrollo (fig. 441, D).

En el gato de veinte días, por ejemplo, así como en el niño de quince, las colaterales alcanzan mucha mayor longitud y se dicotomizan repetidas veces, formando amplias y laxas arborizaciones, cada una de las cuales se pone en contacto con un grupo considerable de corpúsculos pontales. En la fig. 442, D, reproducimos algunas fibras de este género, tomadas del niño recién nacido. La longitud enorme de algunas de ellas en el hombre (pasa de una décima de milímetro), no permite sorprender la totalidad de la ramificación ; pero en otras colaterales más breves (figura 442, E) se advierte que ésta es laxa y se compone de ramas finas varicosas, las cuales, en unión de otras, engendran á menudo plexos tupidos, en cuyas mallas se encierra un número variable de corpúsculos pontales.

Entre los haces verticales de la vía piramidal, hállanse á veces islotes ó pléyades de corpúsculos nerviosos provistos de dendritas muy complicadas, confinadas casi exclusivamente dentro de aquéllos. Tales pléyades poseen colaterales motrices especiales, más cortas que las ordinarias, y nacidas de los fascículos inmediatos. En la fig. 440, c, mostramos estos islotes y sus colaterales, tal como aparecen en el puente del gato de ocho días. En el niño, semejantes islotes afectan mucho mayor volumen, y encierran, además de las células comunes, por lo menos un corpúsculo musgoso.

Si nos fijamos ahora en las fibras piramidales dotadas de colaterales, echaremos de ver que sólo los tubos gruesos y medianos las presentan ; los finos carecen de ellas, ó cuando más, poseen una, siendo así que en los medianos suelen contarse hasta tres y cuatro (gato, perro y niño). Es claro que la gran longitud de las fibras piramidales y su frecuente paso de un haz á otro, hacen difícil la exploración del número de sus ramillas, pudiendo ser mayor de lo que el examen de los cortes longitudinales manifiesta. En nuestro sentir, las fibras finas desprovistas de colaterales, representan la rama descendente de ciertos tubos medianos ó gruesos, cuya rama principal, según ahora veremos, se termina en el puente.

Su dirección y distribución diversas ; su plexo.

*Aspecto de la arborización de las colaterales :
1° á diversas edades ;*

2° el niño recién nacido.

Origen de las colaterales en las fibras piramidales gruesas y medianas.

Sus dos especies.

*Frecuencia diversa según el animal.
Aspecto en el hombre.*

Su frecuencia en los diversos mamíferos.

Su abundancia relativa y sus caracteres en el hombre.

Fibras motrices terminales. — Desde el punto de vista de la forma de origen, es preciso distinguir dos especies de fibra terminal, según resulta de nuestras recientes investigaciones en el puente del gato (1) y del niño :

a) Bifurcación desigual. — Es escasa en el ratón, más frecuente en el conejo y gato, y frecuentísima en el hombre (fig. 442, B). Consiste en que la fibra piramidal, en su trayecto pontal, se bifurca, constituyendo una gruesa rama que penetra en la substancia gris, un poco de arriba á abajo y trazando una curva, y un ramúsculo delicado que continúa el curso primitivo del tubo nervioso, y que en el gato hemos seguido alguna vez hasta la médula espinal. Ahora bien, estas ramas espesas deben estimarse como la principal continuación de las fibras piramidales : además de su superior diámetro, lo acredita también la disposición de su arborización final, que es robusta, muy varicosa é intrincada y se conecta con varias pléyades celulares. En la fig. 442, presentamos algunas arborizaciones de este género, que no se diferencian apenas de las generadas por fibras totalmente terminales. También en el gato y perro existen, aunque más raras y menos complicadas y extensas [fig. 440, a, b)].

b) Fibras enteramente terminales. — Estas fibras nos parecen faltar en absoluto en el ratón, rata y conejo. Si existen deben ser tan escasas que constituyen un factor insignificante de la estructura de los ganglios pontales. En el ratón, el número de fibras piramidales penetrantes en el puente, es poco más ó menos el mismo que aborda el bulbo raquídeo. Si al ingresar en éste la vía motriz, el área total de ésta parece algo disminuida, ello depende del adelgazamiento notable experimentado por las fibras después del suministro de las colaterales pontales.

En el gato, las fibras motrices terminales son raras aún ; sin embargo, en dos ó tres ocasiones las hemos sorprendido, y hemos visto que se comportan á la manera de las ramas gruesas divisorias antes citadas. Acaso afectan algo mayor espesor y poseen más extensa ramificación.

Pero en el hombre es donde las fibras terminales son relativamente abundantes, según mostramos en la fig. 442, C, A. Estas fibras corresponden verosímilmente á los conductores cortico-protuberanciales que los autores suponen situados en la porción interna del pedúnculo cerebral y extendidos desde los ganglios pontales al lóbulo frontal del cerebro. En el puente, nacen en una gran extensión de la vía piramidal, aunque se nos han mostrado más frecuentes en los haces profundos cercanos al lemnisco. Por lo demás, estos tubos son más gruesos que la mayoría de las fibras piramidales, y llegados que son á la substancia gris pontal, emiten en ángulo agudo ramas robustas, cada una de las cuales, y tras un curso variable, se descompone en otras tantas arborizaciones extensas, complicadas y varicosas, en relación con varias pléyades de neuronas pontales.

El número de estos tubos motores terminales nos ha parecido ser algo inferior al de las fibras de bifurcación desigual, y enormemente más

(1) *Cajal* : Algunos detalles más sobre la anatomía del puente de Varolio, etc. *Rev. trim. micrográf.*, tomo III, 1898.

escaso que las colaterales de la vía piramidal.

¿Las fibras terminales entrarían en relación con elementos especiales del ganglio pontal ó con las mismas células que reciben la influencia de las colaterales? La cuestión es importante, sobre todo desde el punto de vista de ciertas teorías modernas acerca del modo de acción de la vía piramidal (la de Van Gehuchten, por ejemplo, acerca de la doble vía cortico-ponto-cerebelosa). Nuestras investigaciones no nos permiten, por desgracia, aclarar este punto, que debe abandonarse á ulteriores y más profundos análisis.

Colaterales sensitivas. — En ciertas preparaciones de la protuberancia en las cuales las colaterales motrices no aparecen teñidas, suelen mostrarse en la región próxima al rafe una infinidad de hebras finas dorso ventrales prolijamente divididas y en su mayor parte nacidas del lemnisco interno ó cinta de Reil ó al menos de tubos longitudinales ascendentes perfectamente entremezclados con los de la vía sensitiva central (conejo, gato, perro).

No son igualmente abundantes estas colaterales en toda la extensión del lemnisco. En el gato, donde particularmente las hemos estudiado, faltan casi por completo en el tercio externo de éste, son escasas en el tercio medio y se presentan con gran abundancia en el tercio interno, singularmente en el grueso cordón por que remata junto al rafe la cinta de Reil. Se demuestra asimismo que dichas colaterales son nulas ó rarísimas en el tercio posterior de la protuberancia, aumentando en caudal hacia arriba y llegando al máximo en la vecindad del ganglio interpeduncular [de Gudden].

Desde el punto de vista de la longitud y modo de distribución de las colaterales sensitivas, conviene distinguir las en tres especies : colaterales internas ó nacidas del cordón sensitivo interno (así llamamos al espesamiento interno del lemnisco), colaterales medias, y colaterales externas.

Las colaterales internas (fig. 443, D) son las más finas y numerosas. Nacen de los tubos del cordón sensitivo interno, marchan de un modo laberíntico trazando flexuosidades y revueltas durante cierto trecho, y, después de corto trayecto, se terminan resolviéndose en nidos complicados, cuyas ramas corren en variedad de direcciones, disponiéndose á menudo en asas, y trazando revueltas que hacen casi imposible su total persecución. Estos nidos rodean las células de un cierto ganglio triangular colocado cerca del rafe y en la proximidad del lemnisco (fig. 443, D), ganglio que para distinguirlo del resto de los focos grises de la protuberancia, designaremos *foco dorsal ó triangular del rafe*. En los preparados de Nissl aparece en tal paraje un grupo de corpúsculos bastante voluminosos, estrellados ó fusiformes, bastante bien deslindados de los del resto del puente. La morfología general de estas células no se separa mucho de la que poseen los demás elementos pontales, y en cuanto al curso del axon no parece discrepan tampoco del seguido por dichas células, toda vez que marcha hacia adelante y se continúa (por lo menos en algunos casos) con un tubo transversal del puente.

Relaciones de las colaterales y terminales motrices.

Su origen aparente en la cinta de Reil medial.

Frecuencia según las regiones de la cinta y de la protuberancia.

Sus tres categorías.

Sus arborizaciones.

Núcleo dorsal del rafe.

A pesar de su vecindad del rafe, son pocas las colaterales del grupo interno que lo cruzan ; la inmensa mayoría de ellas representa por consecuencia una corriente sensitiva homolateral. Por lo demás, en este grupo interno entran también algunas pocas colaterales cuyo origen no hemos podido determinar, y que parecen provenir de tubos longitudinales colocados detrás del lemnisco. En un caso hemos sorprendido una colateral nacida del curso horizontal de un tubo arciforme, conforme mostramos en la fig. 443, *f*.

Sus arborizaciones.

Las *colaterales medias* son menos abundantes, pero más robustas, nacen tanto del cordón interno como de sus inmediaciones, y marchan dicotomizándose hacia adelante, paralelamente al rafe, hasta alcanzar la corteza blanca ventral de la protuberancia. En su curso dorso-ventral forman un plexo alargado ancho por detrás, más estrecho por delante, que se aproxima gradualmente al rafe [(fig. 443,) E]. En la mitad ventral del ganglio protuberancial la mayoría de estas fibras corre ya en pleno rafe, donde constituye un ancho pincel ó mejor un tabique fibrilar central compuesto de filamentos varicosos, cuyas escasas ramas ondulantes y flexuosas dejan entre sí huecos prolongados ocupados por las células protuberanciales medias ventrales. Estos elementos, entre los cuales domina la forma en huso y la dirección dorso-ventral, forman una especie de ganglio difuso, único y central por delante, bifurcado por detrás y mal separado lateralmente de los corpúsculos pontales dependientes de la vía piramidal. Semejante foco, que llamaremos, para distinguirlo del posterior, *foco ventral del rafe*, gana en espesor hacia lo alto, hasta que, rechazado á los lados por el ganglio interpeduncular [de Gudden], desaparece por completo así como su compañero dorsal.

Núcleo ventral del rafe.

Las colaterales *sensitivas externas* son mucho más raras y se distribuyen en una estrecha faja triangular situada entre las colaterales medias y los fascículos más internos de la vía piramidal, á los cuales no puede llegar. Alguna de estas fibras son espesas y se resuelven en robustas arborizaciones (fig. 443, *a, b, c*).

Las diversas colaterales sensitivas en el conejo.

La descripción precedente se refiere sobre todo al gato recién nacido ó de pocos días. En el conejo, la disposición es esencialmente idéntica. Nótese, empero, algunas variantes. El lemnisco aparece en algunos parajes dividido en segmentos, de los cuales el interno grueso y redondeado y el medio, no muy alejado de éste, suministran casi todas las colaterales. Las del grupo interno se ramifican en un *ganglio dorsal del rafe* robusto y ancho, observándose que no pocas colaterales cruzan el rafe, constituyendo una comisura transversal flexuosa y laxa. Algunas de estas ramillas más internas, en vez de cruzar la línea media se resuelven en ella, casi á igual distancia de ambos focos dorsales, en elegantes cestas que envuelven algunos corpúsculos estrellados ó fusiformes medios. Las colaterales destinadas á la región ventral del puente (región vecina del rafe), nacen preferentemente del segmento medio de la vía sensitiva central.

Comienza cuerpo menor.

Acaba cuerpo menor.

Función de las diversas regiones protuberanciales.

La existencia de las referidas colaterales sensitivas en el espesor de un ganglio nervioso donde, según dejamos dicho, tienen también su terminación las colaterales de la vía piramidal, plantea un problema tan

difícil como importante. Estos dos órdenes de colaterales ¿se relacionan con las mismas células protuberanciales ó cada uno de ellos afecta indiferentemente á todas ellas?

Por lo que se refiere á las regiones próximas á la línea media, y sobre todo al *foco dorsal del rafe*, la respuesta no es dudosa ; en este punto no penetran las colaterales motrices, las cuales tienen su radio de distribución más externo, por lo menos en el gato, perro y hombre. Debemos, por tanto, inferir de esta disposición, que las células residentes en el núcleo dorsal del rafe, reciben solamente la influencia de las colaterales sensitivas.

Campo protuberancial medio.

Por lo que toca al campo de distribución de las colaterales medias, la respuesta es dudosa, porque si bien dominan éstas, no faltan nunca algunas fibrillas llegadas de la vía piramidal. Semejante mezcla y confusión de conductores, no implica necesariamente uniformidad de conexiones. La individualidad de las vías podría ser aquí mantenida también. No hay sino imaginar que las neuronas relacionadas con las colaterales motrices, no son precisamente las conexionadas con las sensitivas. Pero esto es una mera hipótesis que exige confirmación.

Campo medio.

En cuanto á los territorios próximos á la vía piramidal, y particularmente los situados por delante, por fuera y entre los haces de la misma, deben estimarse como exclusivamente motrices ; al menos hasta ahora no hemos visto penetrar en ellos más que colaterales de la vía motriz.

Campo externo.

En resumen ; de nuestras recientes observaciones, no acabadas aún, resulta como conclusión probable que el puente de Varolio es un ganglio mixto motor en sus tres cuartos externos ó más, y sensitivo en la proximidad del rafe. Ambos focos engendrarían tubos nerviosos continuados con los pedúnculos cerebelosos medios.

Resumen.

Comienza cuerpo menor.

[*Opiniones diversas sobre los pedúnculos cerebelosos medios.* —] Muchos autores, siguiendo á Bechterew, admiten dos especies de conductores en los pedúnculos cerebelosos medios : unos ascendentes nacidos en el puente y terminados en el cerebelo, otros descendentes originados en las células de Purkinje de éste, y acabadas en el puente ó en otros focos centrales.

Los dos pedúnculos, ascendente y descendente, según Bechterew.

La admisión de esta doble vía se funda, no en observaciones anatómicas directas, sino en consideraciones relativas á la distinta época de medulización de los tubos transversales del puente. Bechterew (1) observó primeramente que estas fibras transversales forman dos sistemas en el niño de pocas semanas : uno situado próximamente, es decir, en la parte anterior del puente, y el cual se medula muy tardíamente, y otro distal situado detrás del precedente y tempranamente medulado.

El sistema distal ó tempranamente medulado (*sistema espinal* de Bechterew, *fibras cerebello-pontales descendentes* de Kölliker), comprende dos categorías de conductores : los unos acabarían en ambas mitades pontales ; mientras que los otros, después de pasar por capas más profundas, cruzarían el lemnisco interno y finirían, quizá, en el dominio de la calota, en cuya substancia reticular, así como en el *nucleus reticularis tegmenti* de Bechterew, penetrarían lateralmente.

Destino de las fibras del pedúnculo descendente. 1º según Bechterew.

(1) *Bechterew : Neurol. Centralbl.*, 1885.

De este núcleo partirían ahora nuevas fibras descendentes enlazadas con las cerebelosas mencionadas, y constitutivas de una vía espinal diseminada por la substancia reticular gris del bulbo, y destinada á llevar la influencia cerebelosa á los focos motores de la médula espinal.

2º según Kölliker.

Según Kölliker (1), que acepta en sus líneas generales esta doctrina de Bechterew, las fibras centrífugas cerebelosas ó descendentes seguirían dos derroteros : unas marcharían desde las células de Purkinje de un lado al hemisferio cerebeloso opuesto, pasando por el puente ; otras ganarían en éste la vía motriz é irían al cerebro. Pero estas vías estarían interrumpidas en los ganglios pontales, donde los tubos de Purkinje tendrían un empalme, á favor de arborizaciones finales, con las neuronas destinadas al cerebelo y cerebro. Mingazzini y Pusateri, con algunas variantes, admiten también la doble vía centrífuga y centripeta de los pedúnculos cerebelosos medios. Este último autor dice haber coloreado por el método de Golgi, tanto las fibras cerebelosas acabadas en la protuberancia, como las que, en sentir de Bechterew, tendrían su término en la substancia reticular gris de la protuberancia.

Opinión de Mingazzini y Pusateri.

Nuestra primera opinión análoga á la de Bechterew.

Nosotros (2), en un primer trabajo sobre las conexiones cerebelosas, efectuado con el método de Marchi (extirpación superficial de las láminas cerebelosas para no herir sino tubos de Purkinje y examen de las degeneraciones resultantes), nos habíamos pronunciado también en pro de la existencia de estas fibras descendentes, que suponíamos cruzadas en el rafe y continuadas acaso con tubos de la substancia reticular gris del puente. Además, el método de Golgi nos permitió también colorear en el puente del ratón algunas fibras de este género.

Nuestra segunda opinión, existencia probable del pedúnculo cerebeloso descendente.

Pero actualmente, en vista de la dificultad extrema de hallar dichos conductores en el puente de los pequeños mamíferos, explorados con el método de Golgi, creemos que la citada vía descendente de Bechterew tiene menos importancia de la que se creyó en un principio. No negaremos la existencia de fibras de este género; pero presumimos que, si existen, son una minoría insignificante por comparación con los conductores ponto-cerebelosos ascendentes que constituyen la masa principal de los pedúnculos cerebelosos medios. Por otra parte, los errores cometidos con el método de Marchi y el de Flechsig, métodos en contradicción muchas veces con los resultados más evidentes de los procedimientos anatómicos directos, nos obligan á ser muy cautos en la adopción de aquellas hipótesis que no hallan apoyo en las revelaciones del método de Golgi.

Además, recientes observaciones nos han enseñado que los tubos horizontales del cuerpo trapezoide invaden constantemente en los pequeños mamíferos el espesor del puente (cuarto inferior en el conejo y ratón), cruzando no sólo la región del lemnisco interno, sino el espesor de la substancia gris pontal. En el gato, estas fibras superiores llegan todavía más arriba. Así que juzgamos probable que algunos de tales tubos gruesos arciformes, erráticos y como perdidos en la substancia gris protuberancial, hayan sido tomados más de una vez, y aun por nosotros mismos (3), por conductores de la susodicha vía descendente cerebelo-pontal ó cerebelo-ponto-medular.

Resumen de las dos vías

[*Existencia y caracteres de la vía motriz indirecta.* —] Hemos visto anteriormente [(3)] que la vía motriz se bifurca en el puente, engendrando dos sistemas centrífugos : uno largo ó *cortico-ponto-cerebeloso*, constituido

(1) Kölliker : Lehrbuch der Gewebelehre, etc., 6 Auflage, 1896, Bd II, pág. 334.

(2) Cajal : Algunas contribuciones al conocimiento de los ganglios del encéfalo ; VI, Conexiones distantes de las células de Purkinje ; I, Puente de Varolio. *Anal. de la Socied. españ. de Hist. natural.* 2.ª serie, tomo III ; 1.º de agosto de 1894.

(3) Cajal : *Loc. cit.* ; I, Puente de Varolio.

sucesivamente por la neurona motriz cerebral, las colaterales de sus axones, en el puente, las células protuberanciales [abrazando con las terminaciones de sus cilindro-eyes á las células de Purkinje], y finalmente, los axones de Purkinje, los cuales, según Marchi y otros, se terminarían, después de ingresar en el cordón antero-lateral de la médula, en los focos motores ; y otro *directo ó cortico-espinal* representado por el tallo de los axones de la vía piramidal que descienden á lo largo de la cápsula interna, bulbo y médula espinal.

La existencia de la vía indirecta que nuestros trabajos sobre la protuberancia han demostrado, tiene en su apoyo numerosos hechos de anatomía patológica y fisiológica. Ya Turner y Meynert, fundándose en que la atrofia de un hemisferio cerebral va seguida de la del hemisferio cerebeloso opuesto, admitieron entre ambos centros un enlace cruzado, que tendría lugar por intermedio de los ganglios de la protuberancia y pedúnculos cerebelosos medios. La naturaleza de este enlace, naturalmente, se desconocía entonces ; y así, cuando contra esta manera de ver se alzaron Gudden, Vejas y Mingazini, alegando que la extirpación de un hemisferio cerebeloso, no provoca atrofia del pedúnculo cerebral, era imposible dar una contestación satisfactoria que armonizase todas estas experiencias contradictorias. Pero la conciliación es posible, y estriba, como hace notar van Gehuchten (1), en que la relación cerebro-cerebelosa no se establece directamente, sino á favor de un empalme ó contacto entre colaterales ó terminales motrices arborizadas en el puente y las células de este ganglio, cuyos axones se terminan en el cerebelo : puesto que la neurona ponto-cerebelosa es ascendente, es decir, que tiene el soma ó centro trófico en la protuberancia y no en el cerebelo, es natural que la extirpación de este órgano no produzca atrofas en la vía motriz. Además de los hechos anatómo-patológicos y evolutivos que implican la existencia de esta vía motriz indirecta ó cerebelosa, hay experiencias fisiológicas que hablan en su favor. Así Wertheimer y Lepage (2), habiendo cortado las pirámides en el bulbo del perro, han observado que la excitación de los centros motores de la corteza provocaba todavía movimientos. Parecidos resultados ha obtenido Starlinger (3), quien en varios perros, cuya vía piramidal fué seccionada, apenas notó trastornos motores, recobrando rápidamente los animales la normalidad de sus reacciones motrices espontáneas.

Un punto importante relacionado con esta cuestión de la doble vía motriz, es saber si, además del sistema ponto-cerebeloso nacido del empalme con colaterales motrices ó ramas gruesas de bifurcación, minuciosamente descrito en páginas anteriores, existe otro sistema ponto-cerebeloso, empalmado exclusivamente con fibras terminales motrices, es decir, con ese *fascículo pontal cortico-protuberancial* de Flechsig, que según Dejerine emanaría de la zona motriz de la corteza cerebral. La existencia de este nuevo sistema motor indirecto ha sido confirmada por el examen micrográfico con el método de Golgi. En las páginas anteriores hemos visto que, en efecto, en la protuberancia del hombre se ramifica un número notable de fibras motoras terminales ; pero hemos notado, además, que tales conductores directos faltan ó son escasísimos en los mamíferos de escasa talla, en los cuales la vía indirecta está casi exclusivamente formada por las colaterales motrices y las células ponto-cerebelosas. El establecimiento de una vía formada por fibras terminales representaría, pues, no una disposición esencial,

directa e indirecta.

*Pruebas de la existencia de la vía indirecta:
1° anatómicas
y anatómo-patológicas ;*

2° experimentales.

*Vía indirecta:
1° por colaterales piramidales ;
2° por terminales piramidales.*

Mayor importancia de la vía motriz indirecta por colaterales.

(1) *Van Gehuchten* : Anatomie du système nerveux, 1896, 2° vol., p. 447.

(2) *Wertheimer et Lepage* : Sur les fonctions des pyramides antérieures du bulbe. *Compt. rend. d. l. Soc. de Biol.*, 29 juin. 1896.

(3) *Starlinger* : Die Durchschneidung beider Pyramiden beim Hunde, *Jahrb. f. Psychiatrie*, 1896.

sino un perfeccionamiento de la vía cortico-ponto-cerebelosa de colaterales, perfeccionamiento reservado exclusivamente para los mamíferos de gran cerebelo, y singularmente para el hombre. La creación de semejante disposición podría haber ocurrido por sucesivo adelgazamiento y atrofia de la rama descendente ó espinal de algunas fibras piramidales.

*Resumen de
la vía motriz.*

Resulta, pues, de todo lo expuesto, que en el hombre existen tres vías motrices ó cortico-medulares : 1.^a, *la directa ó cortico-ponto-medular* ; 2.^a, *la indirecta de colaterales ó cortico-ponto-cerebelo-medular*, y 3.^a, *la indirecta de terminales ó cortico-ponto-cerebelo-medular* de los autores.

Apuntes históricos. — Los puntos principales de la estructura de la protuberancia han sido resueltos por Meynert y Bechterew, que ignoraron, sin embargo, la morfología de las células pontales y sus conexiones precisas con el cerebelo y la vía piramidal.

La morfología de las células fué primeramente precisada por Vincenzi, que no pudo, empero, determinar la marcha del axon.

Mis estudios sobre la protuberancia, además de permitirnos demostrar plenamente algunos aciertos, deducidos de ciertos experimentos anatomo-patológicos (tales como el paso de los axones de las células protuberanciales á los pedúnculos cerebelosos medios homo y contralaterales), condujeron á los siguientes resultados: 1.º, existencia de las colaterales pontales de la vía piramidal y de sus relaciones de contacto con las células de la protuberancia ; 2.º, presencia de las bifurcaciones desiguales de los tubos motores; 3.º, existencia de un tipo celular específico en la protuberancia humana ; 4.º, detalles sobre las terminaciones en el hombre de las fibras del manojito cortico-protuberancial ; 5.º, demostración del curso y terminación de las colaterales sensitivas ; 6.º, en fin, por primera vez, llamamos la atención de los sabios sobre la importancia fisiológica de las colaterales motrices pontales, mostrando que, merced á ellas, la excitación arribada del cerebro á la protuberancia se bifurca en dos corrientes, una de las cuales se termina sobre las células de Purkinje del cerebelo.

Cuando nosotros publicamos nuestro primer trabajo sobre el tema donde se consignaba el descubrimiento de las colaterales motrices, ignorábamos que antes que nosotros las había señalado, bien que muy lacónicamente, Held (1), en un trabajo sintético y sin figuras sobre el bulbo y cerebelo. Este autor no debió hallar acaso sino tal cual colateral esporádica, toda vez que no dió importancia al hecho ni se preocupó de su significación fisiológica. Su descripción se reduce á esto : «también las pirámides muestran aquí (en el puente) algunas colaterales sumamente delgadas y poco ramificadas en los jóvenes animales». En este trabajo, extraordinariamente sucinto, nombra también Held, sin describirlas, las colaterales del lemnisco interno. La noticia que da de ellas se reduce á esto: «En el plexo nervioso del puente, colaboran también colaterales de los cordones longitudinales del puente, así como de la fronteriza capa del lemnisco» (2).

En fin, Pusateri (3), que trabajó sin tener conocimiento de nuestra primera comunicación sobre el tema, confirmó á su vez la existencia de las colaterales motrices en la protuberancia humana, y señaló la presencia de las arborizaciones del fascículo cortico-protuberancial, aunque limitándose no

(1) Held : Beiträge zur feineren Anatomie und des Kleinhirns und des Hirnstammes. *Arch. f. Anat. u. Physiol.*, Anat. Abtheil., 1893. He aquí el pasaje : «Auch die Pyramidenbahn zeigt hier solche Collateralen ; sie sind jedoch ausserordentlich dünn und wenig verzweigt auf jüngeren Stufen».

(2) El texto, dice así : «bildet sich dies Flechtwerk von Nervenfasern aus Collateralen der Langstränge der Brücke sowie der sie dorsal abgrenzenden Schleifenschicht».

(3) Pusateri : Sull'anatomia del ponte di Varolio nell'uomo. *Riv. di patol. ner. e mentale*, Vol. I, Fasc. 1, 1896.

más á nombrarlas, sin dar de ellas dibujo ni descripción por las cuales se acredite que no las ha confundido con ramos colaterales.

Para ser completos, mencionemos aún las consideraciones atinadas é ingeniosas que sobre la interpretación fisio-patológica de las colaterales motrices del puente, han publicado Van Gehuchten (1) y Lugaro (2). De ellas hemos tratado ya en la pág. 537 y siguientes. Tomo I.

Acaba cuerpo menor.

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

(1) *Van Gehuchten* : Contribution á l'étude du faisceau pyramidal. *Journ. de Neurol. et d'Hipnol.*, 1896. — A propos des contractures post-hémiplégiques. *Travaux du Laboratoire de Neurologie*, Fasc. 1, 1898.

(2) *Lugaro*: Sui rapporti fra il tono muscolare, la contrattura e lo stato dei riflessi. *Riv. di Patol. nerv. e mentale*, 1898.

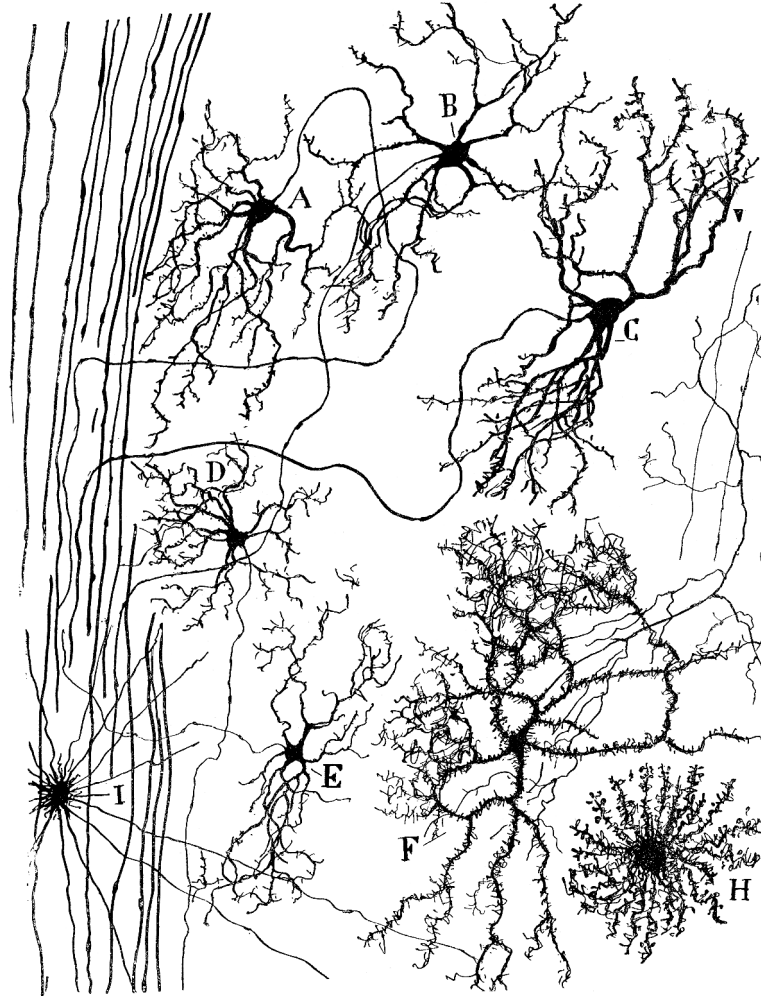


Fig. 437. — Células nerviosas y neuróglicas de la protuberancia del niño de pocos días. [Método de Golgi]. — A, B, células nerviosas de tipo mediano ; C, elementos voluminosos ; D, E, corpúsculos menudos ; F, célula musgosa ; H, células neuróglicas de cortas radiaciones ; I, elemento neuróglico de los paquetes de tubos.

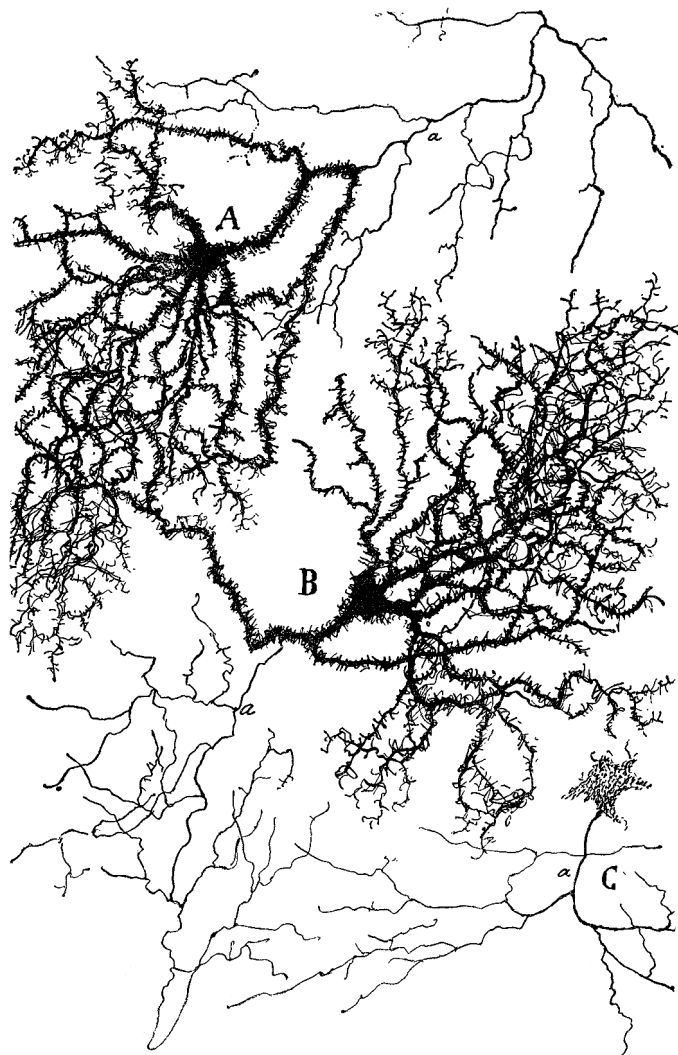


Fig. 438. — Células musgosas de la protuberancia del niño de pocos días. [Método de Golgi]. — A, B, células cuyo axon emanaba de una dendrita ; C, célula cuyo axon se bifurcaba.

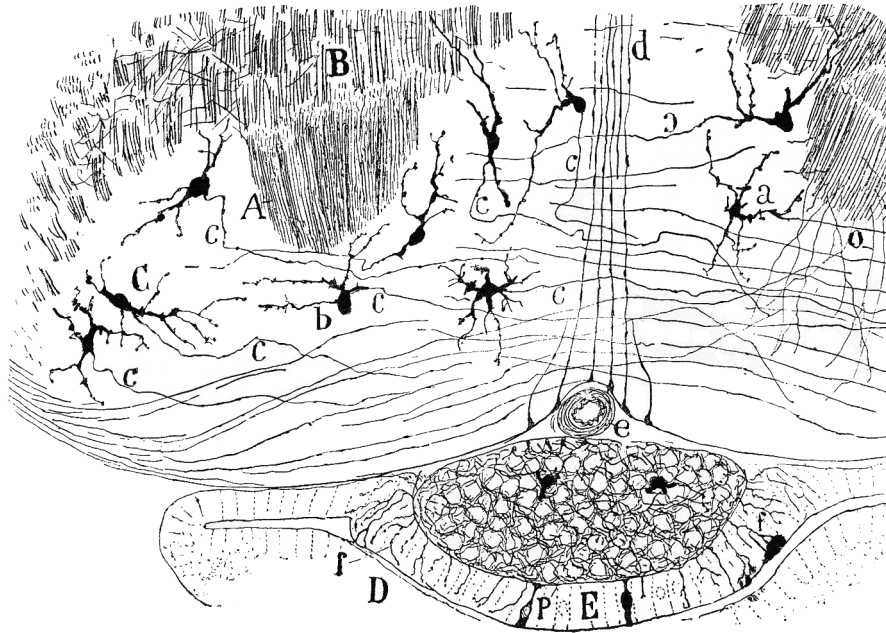


Fig. 439. — Corte transversal de la protuberancia del ratón de dos días. [Método de Golgi]. — A, pirámides ; B, lemnisco interno ; C, células protuberanciales ; c, axones continuados con fibras transversales ó pontocerebelosas ; d, haz de fibras epiteliales ; o, colaterales motrices ; D, glándula pituitaria.

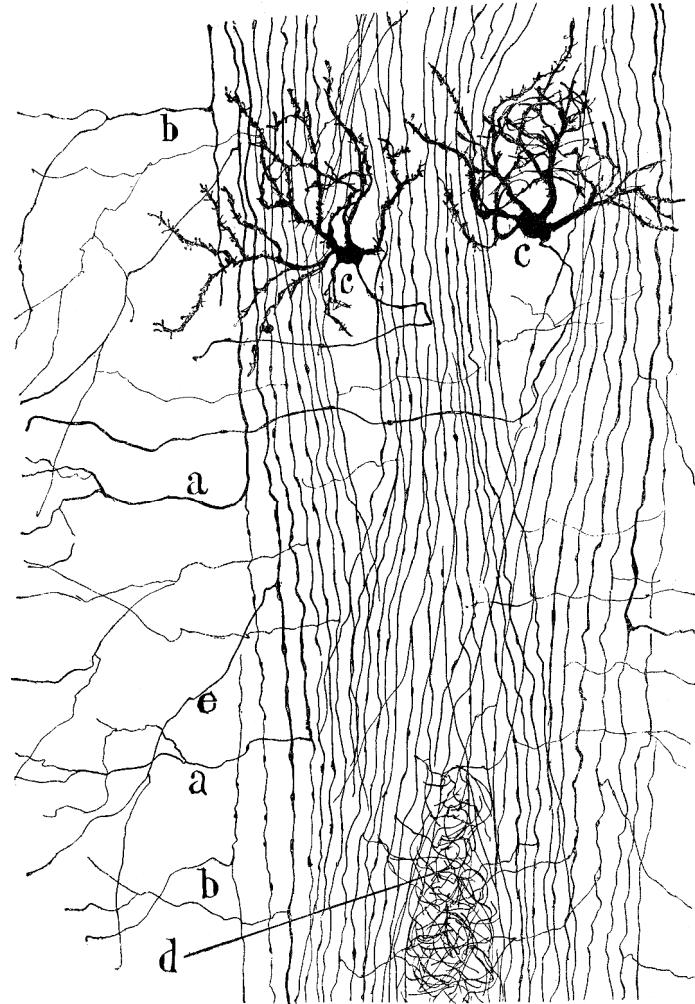


Fig. 440.— Corte longitudinal del puente de Varolio del gato de quince días. Método de Golgi. — *a*, colaterales piramidales gruesas que representan, por su diámetro, fibras terminales ; *b*, colaterales ordinarias ; *c*, células del puente de Varolio situadas entre los haces de fibras piramidales ; *d*, plexos de colaterales de la vía piramidal ; *e*, colaterales descendentes.

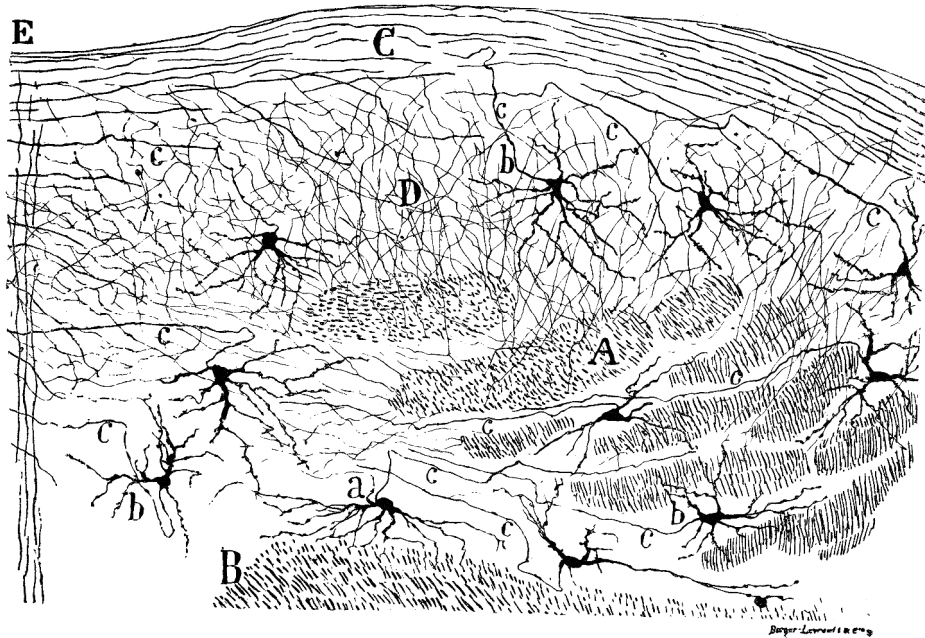


Fig. 441.— Corte transversal de la protuberancia del perro recién nacido. [Método de Golgi]. — A, haces de la vía piramidal ; B, lemnisco interno ; D, plexo nervioso formado por colaterales de las pirámides ; a, célula cuyo cilindro-eje marchaba hacia afuera ; b, células cuyo cilindro-eje iba hacia el rafe.

NOTA. El cilindro-eje está marcado con la letra c.



Fig. 442. — Fibras colaterales y terminales de la vía piramidal en los ganglios protuberanciales. Niño de quince días. [Método de Golgi]. — A, C, fibras terminales ; B, ramas gruesas de bifurcación ; D, colaterales ; E, plexos pericelulares continuados por colaterales.



Fig. 443. — Colaterales sensitivas de la protuberancia del gato de pocos días. [Método de Golgi]. — A, B, lemnisco interno ; C, haces de la vía piramidal ; D, plexos pericelulares del foco ventral del rafe ; E, colaterales sensitivas medias ; F, axones de células protuberanciales ; G, cruce en el rafe arciformes destinadas á la porción externa del lemnisco ó vía acústica [central] ; *a, b, c*, colaterales medias acabadas por arborizaciones densas ; *d, e*, gruesas fibras terminales motrices ; *f*, colateral de una fibra arciforme ramificada en el foco ventral del rafe.