

ATLAS

der

Pathologischen Histologie

des

Nervensystems

Herausgegeben von

Prof. V. BABES (Bucarest), P. BLOCQ (Paris), Prof. EHRLICH (Berlin),
Prof. HOMEN (Helsingfors), Dozent V. MARCHI (Modena), Prof.
P. MARIE (Paris), G. MARINESCO (Bucarest), Prof. MENDEL (Berlin),
Prof. MÖLI (Berlin), Dozent C. v. MONAKOW (Zürich), Prof.
RAMON Y CAJAL (Madrid) und Prof. VANLAIR (Lüttich).

Redigirt von

Dr. VICTOR BABES

Professor der pathologischen Anatomie und Bacteriologie
an der Universität Bucarest.

IV. Lieferung.

L'anatomie fine de la moelle épinière.

Mit 8 lithographischen Tafeln.

BERLIN 1895.

Verlag von August Hirschwald.

68, Unter den Linden.



L'anatomie fine de la moelle épinière

par S. R. Cajal,

Professeur à la faculté de médecine de Madrid.

L'anatomie fine de la moelle épinière, inaugurée en 1842 par Stilling à l'aide de la méthode des coupes comparées, a été, depuis, l'objet d'innombrables recherches. Ce travail opiniâtre de plus de quarante années, n'avait pu cependant satisfaire, par les résultats obtenus, aux exigences chaque jour plus impérieuses de la physiologie et de la pathologie. Au lieu des notions certaines et positives que réclamaient ces sciences on n'avait fait qu'accumuler hypothèses sur hypothèses. La fine anatomie de la moelle surtout de la substance grise en était devenue extrêmement peu sûre. Aussi, bien des savants, craignant de tomber dans de nouvelles erreurs, abandonnèrent-ils tout idée de travail relatif à la structure si compliquée de la substance grise. Tournant alors leurs efforts vers l'anatomie macroscopique de la substance blanche de la moelle, ils se servirent des méthodes anatomopathologiques pour déterminer le nombre et le trajet, dans l'axe encéphalorachidien, de cordons ou systèmes de fibres dont cette substance blanche est composée.

De quoi dépendait donc le minime résultat obtenu dans les recherches de fine structure de la moelle? De l'insuffisance des moyens d'analyse, et, il faut bien le dire, d'une erreur de méthode.

L'impatience d'arriver au but, c'est-à-dire, de recueillir dans la physiologie et la pathologie humaines le fruit des investigations histologiques, fit choisir à la plupart des savants des derniers temps, comme objet exclusif d'étude, la moelle adulte de l'homme ou des animaux supérieurs. Voilà l'erreur de méthode. Ils attaquaient en effet la question par son côté le plus ardu.

Par bonheur pour la science, quelques savants remarquables tels que His, Golgi, Nansen, Flechsig, Edinger, von Lenhossèk, Retzius, van Gehuchten etc., virent ce qu'il y avait d'erroné dans cette manière de procéder; ils comprirent que c'est seulement dans la moelle des embryons ou

celle des vertébrés inférieurs que nous pouvions trouver le plan simple, presque schématique, à l'aide duquel on arriverait à débrouiller la trame par trop compliquée de la moelle adulte de l'homme.

En utilisant ces matériaux d'étude, on put alors tirer de grands services de moyens d'analyse ordinaires tels que le carmin, l'hématoxyline comme l'a fait His dans ses remarquables recherches d'histogénèse médullaire, tels que la méthode de Weigert, comme l'a exécutée Flechsig sur les fœtus et animaux jeunes, pour pouvoir suivre les systèmes de fibres à myéline au moment de leur apparition.

Mais là s'arrêtèrent les progrès; l'insuffisance de ces méthodes et de bien d'autres ne leur permettait pas d'avantage.

Il fallut la découverte d'un moyen d'analyse extrêmement délicat, surpassant de beaucoup tous les précédents, en un mot, de la méthode rapide au chromate d'argent de Golgi, pour donner lieu à un retour éclatant à l'étude de la fine anatomie de la moelle et des autres parties du système nerveux. Grâce à la propriété singulière que possède le chromate d'argent de ne se déposer que dans un petit nombre de cellules et de fibres nerveuses, rien n'est plus facile que de reconnaître la morphologie des corpuscules nerveux et de déterminer leurs relations avec les racines sensibles et motrices. Se passer de cette importante méthode d'étude, comme on le faisait il y a quelques années en prétextant de son inconstance ou de son infidélité (ce qui suppose un examen bien superficiel de ce précieux moyen d'analyse), c'est renoncer, sciemment, à tout progrès dans l'anatomie fine de la substance grise, c'est se réduire à n'avoir uniquement de la moelle et du cerveau que des notions de structure grossière telles que peuvent en fournir la méthode des dégénéralions secondaires ou celle des atrophies de Gudden.

Vu la délicatesse et la transparence extrêmes des expansions des cellules nerveuses, étant donné le plexus serré et compliqué que leurs ramifications engendrent dans la substance grise, nous n'hésitons pas à affirmer que, seules les imprégnations métalliques de Golgi (ou leurs analogues) sont capables de rendre manifestes par des couleurs opaques les ramuscules nerveux les plus fins; elles seules peuvent nous aider à découvrir avec une netteté suffisante le mode de connexion des corpuscules nerveux.

Ni le carmin, ni la nigrosine, ni aucune des méthodes essayées jusqu'ici pour colorer la substance grise, et basées sur l'emploi d'agents colorants d'origine organique, ne peuvent permettre de discerner les unes des autres les expansions appartenant à différentes cellules; elles ne permettent pas plus de voir, en toute évidence, les fibres nerveuses dépourvues de myéline. — La méthode d'Ehrlich ne fait pas elle même exception à cette règle. Malgré son grand pouvoir colorant et électif elle ne peut montrer d'une manière tout à fait précise et indubitable les expansions cellulaires les plus fines. On peut s'en

convaincre aisément en comparant une bonne préparation de rétine colorée au bleu de méthylène et une autre imprégnée par le chromate d'argent. Sans compter que la méthode d'Ehrlich n'est applicable, ni aux centres nerveux, ni aux organes pour lesquels il est absolument indispensable de recourir à des coupes.

Pour notre part, nous sommes si persuadés des avantages fournis par la méthode de Golgi appliquée aux embryons, pour l'étude des centres nerveux, que nous l'avons utilisée de préférence dans toutes nos recherches des dernières années; et les résultats obtenus ont eu pour conséquence: d'un côté d'élargir notre conception de la structure de la moelle, et de l'autre, de nous permettre d'interpréter beaucoup mieux les faits bien connus des dégénéralions pathologiques et les données de la physiologie relatives au mécanisme des actes réflexes. La contradiction apparente, que quelques auteurs trouvaient entre les nouvelles découvertes et l'ancienne anatomie de la moelle, s'est transformée, après mûr examen, en une harmonie parfaite.

Nous n'avons point l'intention de donner dans ce travail une étude complète de la moelle épinière, pas plus que d'y faire une exposition critique de toutes les contributions apportées dans ces dernières années à la connaissance de cette partie du système nerveux. Nous inspirant du caractère de la publication dans la quelle paraît ce travail, nous nous restreindrons à présenter, sous forme de dessins copiés aussi exactement que possible d'après nature, les faits de structure médullaire qui nous semblent les mieux établis et les plus faciles à contrôler.

Néanmoins, afin de rendre les dessins plus intelligibles, il nous a paru bon de faire précéder l'explication des planches d'un court résumé de la morphologie et des connexions des corpuscules nerveux. — Voici les propositions que l'on doit avoir toujours présentes à la mémoire dans le cours de ce travail; elles condensent tous les progrès réalisés dans les dernières années.

1. — Chaque fibre nerveuse représente la continuation de l'expansion fonctionnelle d'une cellule.
2. — Les expansions protoplasmiques des cellules nerveuses se terminent librement dans la substance grise, comme Golgi l'avait déjà démontré.
3. — Les expansions nerveuses des cellules centrales se terminent, de même, au moyen d'arborisations libres, variqueuses, situées soit autour de corpuscules nerveux, soit sur des cellules non nerveuses (cellules motrices, cellules sensitives, etc.).
4. — La communication entre les cellules nerveuses de la substance grise a lieu par contact, (avec interposition possible d'une substance conductrice) et ce contact a pour éléments: d'un côté le corps et les expansions

protoplasmiques, de l'autre les arborisations collatérales ou terminales des prolongements nerveux.

5. — Les appendices protoplasmiques et le corps cellulaire ont un rôle conducteur, tout comme les fibres nerveuses; la preuve en est qu'ils sont en contact avec les ramifications ultimes de ces dernières des quelles ils reçoivent le courant nerveux, et que dans certains organes ils sont seuls à constituer la chaîne conductrice.
6. — Il est probable, que dans les organes des sens comme dans les centres nerveux, l'arborisation protoplasmique et le corps cellulaire ont pour attribution de recueillir les courants, tandis que le cylindre axe est destiné à transmettre ces derniers à d'autres cellules. — Autrement dit le corps cellulaire et les prolongements protoplasmiques seraient les éléments récepteurs et le cylindre axe l'élément transmetteur du courant nerveux.
7. — Toutes les fibres de la substance blanche, comme Golgi et nous l'avons démontré, émettent à angle droit un grand nombre de collatérales qui se portent dans la substance grise pour s'y terminer par d'amples arborisations libres. — Le riche plexus de fibres à myéline que l'on voit dans la substance grise autour des cellules nerveuses, sur des préparations au Weigert-Pal, est constitué par les collatérales de la substance blanche.
8. — Ce sont aussi des collatérales qui forment la commissure postérieure de la moelle, et les fibres fines de la commissure antérieure.
9. — Les cellules de la substance grise de la moelle sont de deux espèces: les cellules radiculaires ou motrices, c'est-à-dire, les cellules dont les cylindres axes composent la racine antérieure, et les cellules des cordons, c'est-à-dire les cellules dont l'expansion nerveuse se continue, en devenant verticale, avec un tube de la substance blanche.
10. — Les cellules des cordons donnent naissance, d'ordinaire, aux voies courtes de la substance blanche. On distingue ces éléments nerveux d'après le cordon dans lequel se porte leur expansion nerveuse en:
 - 1^o Cellules du cordon antéro-lateral du même côté;
 - 2^o Cellules du cordon postérieur du même côté;
 - 3^o Cellules du cordon antérieur du côté opposé (cellules commissurales ou à cylindre axe formant la commissure antérieure).
11. — Eu égard à la manière dont se continue l'expansion nerveuse avec les tubes de la substance blanche, on range les cellules des cordons en trois catégories:
 - 1^o corpuscules dont le cylindre axe se divise dans la substance blanche en une fibre ascendante et une fibre descendante;
 - 2^o corpuscules dont l'expansion fonctionnelle se ramifie en deux ou

plusieurs tubes se portant en différents points de la substance blanche, c'est-à-dire, en différents cordons (cellules à cylindre-axe complexe ou combiné);

3^o corpuscules dont le prolongement cylindre-axile se continue par simple coude avec une fibre des cordons, cette fibre pouvant être ascendante ou descendante.

12. — Les cylindres axes de toutes les cellules, excepté peut-être celui des cellules radiculaires, émettent à leur passage à travers la substance grise des collatérales ramifiées entre les cellules nerveuses.

13. — Les fibres des racines postérieures ne pénètrent pas directement dans la substance grise, mais se divisent, en arrivant dans la substance blanche, en une branche ascendante et une branche descendante. Ce sont les collatérales de ces branches et peut-être l'arborisation terminale de ces dernières qui pénètrent dans la substance grise où elles produisent des ramifications en rapport, probablement, avec tous les corpuscules nerveux de la moelle.

Ces principes établis, rien n'est plus facile maintenant que l'interprétation de la structure de la moelle telle quelle est reproduite dans les planches suivantes.

Planche I.

Cette planche représente une coupe de la moelle dorsale de la souris blanche âgée de 8 jours. On a obtenu l'impregnation de cette moelle en ajoutant au mélange osmio-bichromatique une petite quantité d'acide chromique, afin de décalcifier la colonne vertébrale en partie ossifiée et d'atteindre à une coloration presque exclusive des collatérales et des cylindres axes.

Pour donner une idée aussi précise que possible des arborisations des collatérales, on les a copiées une à une dans les coupes où elles se montraient avec une netteté absolue. L'aspect de ces arborisations est fort semblable, comme on le voit, à celui des terminaisons nerveuses périphériques musculaires et cutanées, et le fait qu'elles ont été copiées sur une moelle déjà très avancée dans son développement fait préjuger qu'elles n'éprouveront plus, dans l'état adulte, des modifications importantes.

Nous avons voulu éviter toute confusion, en représentant les collatérales en noir, les cylindres-axes en rouge, et les arborisations ultimes des tubes nerveux en vert. Les corps des cellules nerveuses ont été simplement indiqués en rose.

Commençons l'examen de la figure par le cordon postérieur. Ce qui attire tout d'abord notre attention ce sont les fibres radiculaires sensibles (B) avec leurs bifurcations dans l'épaisseur du cordon de Burdach et les collatérales qui, nées de branches ascendantes et descendantes de ces bifurcations, se portent dans presque toute la substance grise.

Les collatérales sensibles qui sont visibles dans cette planche peuvent être distinguées en:

- 1^o collatérales longues ou réflexo-motrices;
- 2^o collatérales du centre de la corne postérieure;
- 3^o collatérales épaisses ou profondes de la substance de Rolando;
- 4^o collatérales fines ou superficielles de cette même substance;
- 5^o collatérales de la substance grise centrale et interne.

1. — Le deux collatérales longues ou reflexo-motrices que nous figurons en (f) sont peut-être les plus belles et les plus complètes que nous ayons obtenues dans nos nombreuses imprégnations de la moelle épinière. Elles sont très volumineuses et aussi grosses que les fibres nerveuses longitudinales dont elles proviennent; elles traversent la partie interne de la substance gélatineuse, à laquelle elles n'abandonnent aucun ramuscule (ce qui ne manque pas d'un certain intérêt), passent, ensuite, sans se ramifier, à travers la substance grise centrale, et une fois parvenues au foyer des cellules motrices, se tournent vers la périphérie et se décomposent en d'élégantes arborisations terminales variqueuses et libres (j). Les ramuscules ultimes s'appliquent intimement contre le corps des cellules motrices pour lequel elles réservent une cavité ou nid comme on le voit en (g). En outre de ces arborisations terminales, les collatérales réflexo-motrices émettent dans le parcours de la substance grise centrale quelques ramuscules destinés à cette substance et à la corne antérieure.

Nous ferons remarquer, relativement à l'origine des collatérales réflexo-motrices, que celles-ci ne prennent jamais naissance dans le cordon de Goll, mais seulement dans le cordon de Burdach et dans une région de celui-ci peu éloignée du point où se font les bifurcations des radiculaires postérieures. Cette disposition apparaît encore d'une manière plus précise chez le chien nouveau-né et chez le poulet du 16^{ème} au 18^{ème} jour d'incubation. C'est ce qui nous porte à admettre que les collatérales réflexo-motrices ne procèdent pas de tout le trajet des branches ascendantes et descendantes des radiculaires postérieures, mais bien de la portion de leur trajet qui se trouve dans la partie externe du cordon de Burdach et surtout au voisinage de la bifurcation même.

La branche ascendante de la radulaire postérieure, lorsqu'elle occupe dans son parcours longitudinal le long du cordon postérieur, le territoire du cordon de Goll, ne fournit point de collatérales sensitivo-motrices; elle donne alors quelques collatérales courtes pour la corne postérieure et la substance grise centrale, et ces collatérales sont si peu nombreuses qu'il est nécessaire d'examiner bien des coupes pour être entièrement convaincu de leur existence. En outre, d'autres collatérales courtes naissent aussi du voisinage de la bifurcation des radiculaires postérieures.

2. — Les collatérales du centre de la corne postérieure (foyer gris revêtu par la substance de Rolando) sont extraordinairement nombreuses (i). Dans cette planche nous n'en avons représenté qu'une seule, pour ne pas nuire à sa clarté. On les trouvera en plus grand nombre dans les autres figures. Elles naissent de tout le cordon postérieur, mais plus particulièrement du faisceau de Burdach, comme les collatérales réflexo-motrices; elles se distribuent

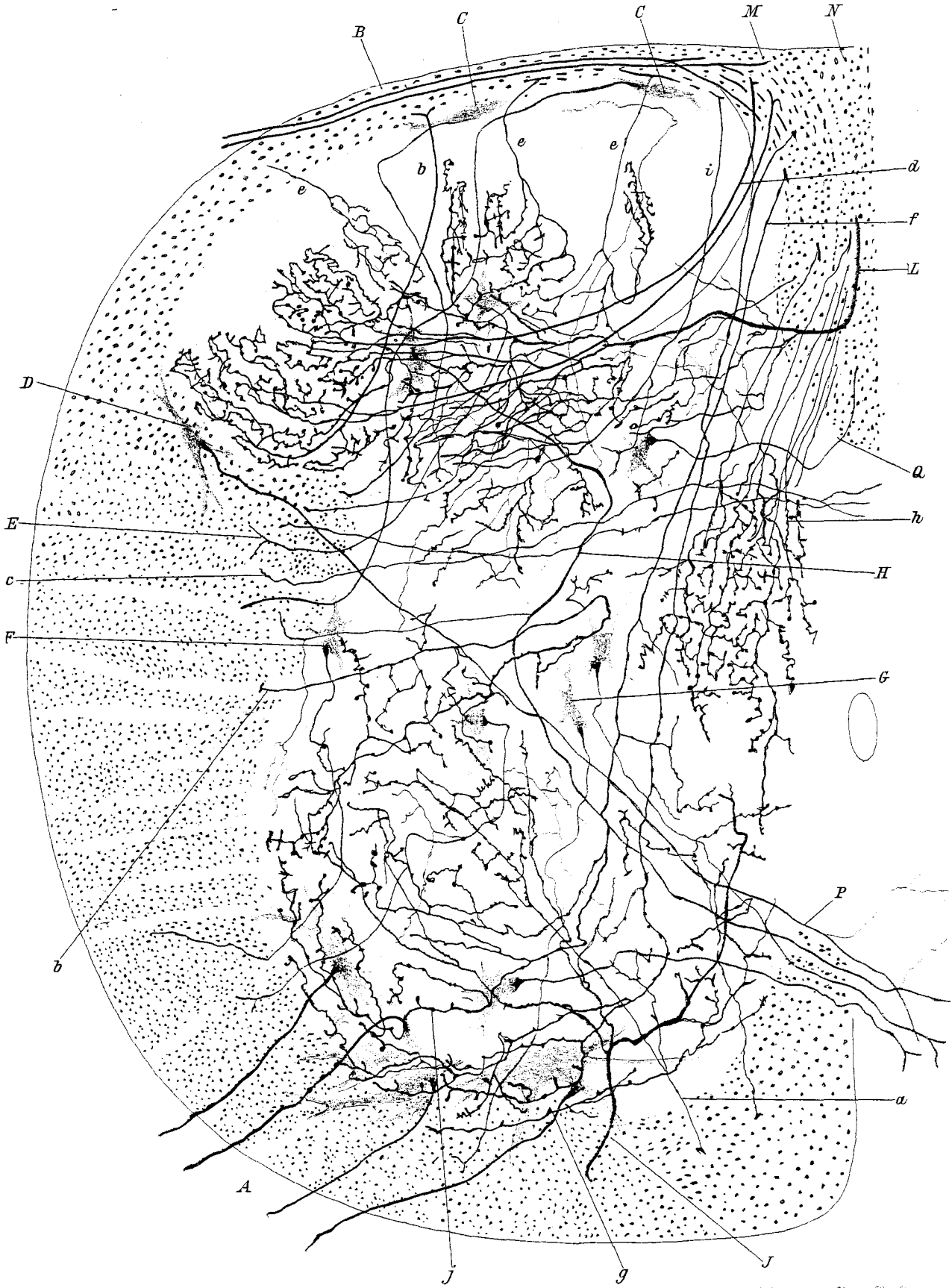
entre les cellules de la corne postérieure, constituant là un plexus enchevêtré qui se montrera plus distinct dans les planches II, V et VI.

3. — Collatérales profondes ou grosses de la substance de Rolando (d). Chez la souris et le rat, elles s'imprègnent facilement et présentent une grande épaisseur; de sorte que quelques-unes d'entre elles représentent des branches de bifurcation de fibres du cordon postérieur. Elles partent du cordon de Burdach et du même point que les collatérales réflexomotrices, se dirigent vers la périphérie en décrivant un arc de cercle, et se résolvent, après avoir traversé le centre de la corne postérieure, en une arborisation luxuriante et compliquée, étendue principalement dans la moitié antérieure de la substance gélatineuse. Les branches les plus postérieures de ces arborisations se coudent pour se porter en avant, en décrivant des arcs à convexité postérieure, et cela avant de fournir leurs ramuscules ultimes. Bien que ces collatérales aient d'ordinaire pour point d'origine la région des bifurcations du cordon de Burdach, on les voit parfois émerger aussi de régions plus externes de ce cordon, comme on peut le voir en (l).

4. — Les collatérales fines ou superficielles de la substance de Rolando naissent de tout le domaine du cordon postérieur et se distribuent exclusivement dans le territoire de la substance gélatineuse. On peut en distinguer deux espèces, suivant leur origine: les externes, ou provenant de la zone marginale de Lissauer (e), et les internes qui partent du cordon de Burdach. Dans la planche V, représentant une coupe de moelle embryonnaire de poulet au 18^{ème} jour d'incubation, nous verrons ces collatérales, qui sont probablement les dernières à se développer, à un degré d'évolution encore plus avancé.

5. — Les collatérales de la substance grise centrale et interne forment un groupe bien délimité. Elles procèdent de la portion antérieure ou profonde du cordon de Burdach et d'une partie de celui de Goll (h). Leurs arborisations, très variqueuses et enchevêtrées, se concentrent autour et entre les cellules dont l'amas correspond à peu près à la place occupée dans la région lombaire par la colonne de Clarke. Cependant certaines de ces collatérales atteignent la région de la corne antérieure.

Le reste des collatérales représentées appartient au cordon antéro-latéral. En (b) nous avons dessiné une belle collatérale du cordon latéral qui après être parvenue près de la ligne médiane rebrousse chemin pour se dichotomiser dans la partie latéral de la corne antérieure. Enfin en (a) nous reproduisons deux collatérales du cordon antérieur, et en (c) une autre collatérale pénétrant dans la commissure postérieure.



Cette même planche I contient aussi deux tubes nerveux venant de la substance blanche et munies d'arborisations finissant librement dans la substance grise. Le tube (L) venait du cordon de Goll, se dirigeait transversalement vers la périphérie et se décomposait bientôt en une ample arborisation étendue dans la corne postérieure. À notre avis, cette fibre intéressante représente la terminaison d'une branche ascendante ou descendante d'une fibre radulaire sensitive. Malheureusement, l'imprégnation de ces fibres terminales se produit très rarement; aussi n'est-il pas possible d'affirmer que toutes les radulaires sensibles se terminent de cette même manière.

Quant à l'autre fibre terminale (J) elle provenait du faisceau fondamental du cordon antéro-latéral, et remplissait de ses ramifications presque toute la corne antérieure.

Dans le but de rendre la planche I encore plus instructive nous avons représenté en ébauche le corps de quelques cellules nerveuses avec le trajet de leurs prolongements fonctionnels. En (A) nous figurons les cylindres-axes de plusieurs cellules motrices; en (G) on voit une cellule dont le cylindre-axe s'avavançait vers le cordon antérieur où il se bifurquait en deux branches l'une ascendante, l'autre descendante, et en (F) nous donnons une expansion nerveuse destinée au cordon latéral.

Les cellules dont le cylindre-axe se porte dans la commissure antérieure sont très nombreuses; elles sont répandues dans toute la substance grise, moins la substance de Rolando, qui en est totalement dépourvue.

Nous appelons l'attention sur le corpuscule nerveux (D) siégeant en pleine substance blanche du cordon latéral et dont le prolongement cylindre-axe traversait obliquement la corne antérieure pour entrer dans la commissure.

Le cylindre-axe d'une cellule commissurale du cordon postérieure (H) n'était pas moins intéressant; pendant son parcours dans la substance grise il émettait deux branches: l'une récurrente qui se perdait dans la partie la plus postérieure de la substance de Rolando; et l'autre, qui selon toute évidence, se continuait avec une fibre longitudinale de la substance blanche du cordon latéral, après avoir fourni une fine collatérale à direction antérieure. La cellule d'où émanait cette expansion nerveuse, correspond, sans aucun doute, aux cellules dites à cylindre-axe complexe ou combiné, c'est-à-dire, aux corpuscules dont l'expansion de Deiters forme quelques tubes répartis dans différentes régions de la substance blanche.

Pour terminer ce qui a trait à la planche I nous esquissons en (Q) un corpuscule qui envoyait son expansion fonctionnelle à la région fondamentale ou profonde du cordon postérieur, et en (C) deux grosses cellules marginales de la substance gélatineuse dont les prolongements nerveux pénétraient dans la région limitante du cordon latéral (couche limitante latérale).

Planche II.

Dans cette planche nous représentons une coupe transversale et une coupe longitudinale de la moelle cervicale d'un embryon de poulet au 15^{ème} jour d'incubation. La moelle épinière de ces embryons est particulièrement favorable à l'impregnation des collatérales. L'impregnation leur est même presque exclusive si on prolonge l'action du premier bain osmio-bichromatique pendant 4 ou 5 jours. Pour obtenir les préparations qui ont servi à illustrer cette planche on a poussé le durcissement jusqu'au 5^{ème} jour inclus et on a employé la double impregnation (méthode double).

L'objet de la figure 1 de cette planche est de présenter l'ensemble des collatérales sensitives qui se montraient admirablement impregnées dans les préparations auxquelles nous venons de faire allusion.

Observons, tout de suite, que la racine postérieure est formée, comme l'ont dit nombre d'auteurs, par deux faisceaux: l'un externe composé de fibres fines (B), et l'autre interne beaucoup plus volumineux et constitué par des fibres épaisses (A).

Le faisceau externe se termine, en bifurquant ses fibres, précisément dans la région du cordon postérieur, qui plus tard, en des stades plus avancés du développement, sera la zone marginale de Lissauer. Remarquons que les fibres longitudinales, nées de ce faisceau externe, fournissent des collatérales courtes qui ont seulement pour territoire de destination la moitié externe de la substance de Rolando et peut-être aussi le centre de la corne postérieure (a). Jamais ce faisceau n'émet de collatérales reflexo-motrices, ni de collatérales commissurales, ni de collatérales pour la substance grise centrale, ou la colonne de Clarke. Notons aussi, en passant, que de toutes les collatérales de la moelle, les dernières à se développer sont celles du faisceau sensitif externe. En effet, dans la figure 1 en (a) on en voit quelques unes qui sont encore indivises, et terminées par une varicosité, sorte de cône d'accroissement en miniature. C'est seulement plus tard, comme l'indiquent les moelles

de 18^{ème} et 19^{ème} jours d'incubation, que se montreront les ramifications terminales (planche V, G).

Le faisceau interne (A) se dirige obliquement, et subdivisé en fascicules, à travers le cordon postérieur. Les fibres, arrivées à la région moyenne du cordon de Burdach, en un point presque limitrophe de la substance gélatineuse de Rolando, se divisent en branches ascendante et descendante. De l'endroit où se produisent ces bifurcations on voit partir de nombreuses collatérales volumineuses, qui, vu leur origine, peuvent être considérées comme sensibles.

Parmi ces collatérales il convient de distinguer :

- a) les collatérales pour la commissure postérieure; après avoir franchi la ligne médiane elles se ramifient dans le foyer ou centre de la corne postérieure du côté opposé (d);
- b) les collatérales pour le foyer de la corne postérieure du même côté; ce sont probablement les plus nombreuses;
- c) les collatérales longues ou réflexo-motrices (C) terminées par des arborisations péricellulaires dans le foyer moteur de la corne antérieure;
- d) enfin d'abondantes collatérales ramifiées dans la substance grise centrale et la partie interne de la base de la corne postérieure.

La commissure postérieure se montre aussi dans cette figure, constituée par des collatérales antérieures, venues du cordon antérieur ou de la partie ventrale du cordon latéral (f) et par des collatérales moyennes nées de la partie dorsale, ou la plus postérieure de ce même cordon latéral (g).

En comparant cette préparation avec d'autres provenant d'embryons plus avancés, et de mammifères nouveaux nés, nous avons été porté à penser que des trois faisceaux dont la commissure postérieure est d'habitude composée, le postérieur (voir planche VI a) est le seul qui soit uniquement constitué par des fibres sensibles.

Le reste de la figure 1 nous montre les collatérales du cordon antérieur (m) et celles qui, émanant d'ordinaire de la région interne de ce dernier, traversent la ligne médiane en avant pour se distribuer dans la corne antérieure du côté opposé (i). L'arborisation de ces collatérales de la commissure antérieure fournit souvent de branches pour les deux cornes antérieures, comme on le remarque en (i).

La figure 2 représente une coupe longitudinale de la moelle cervicale d'un embryon de poulet au 12^{ème} jour d'incubation. La coupe est orientée de façon à comprendre, d'un côté la région du cordon postérieure où se fait la bifurcation des radiculaires sensibles, et de l'autre la partie dorsale, ou la plus postérieure du cordon latéral.

En (A) nous figurons les radiculaires sensibles avec leur bifurcation en

Y dans le corps du cordon de Burdach. Remarque à faire: les branches, résultant de la division des radiculaires sensibles se rapprochent peu à peu de la substance de Rolando.

Parmi les collatérales nées des radiculaires, les unes proviennent de la tige même, encore indivise de celles-ci (a), et les autres, les plus nombreuses, de la branche ascendante ou descendante (b). En général les deux branches de la bifurcation sont d'égale épaisseur; cependant, la branche descendante est parfois, comme l'ont indiqué Cl. Sala et von Lenhossek, plus fine que l'ascendante (j). Les collatérales rassemblées en fascicules traversent la substance de Rolando, et arrivées dans le centre de la corne postérieure, se décomposent en arborisations compliquées, aplaties de haut en bas. C'est pour cette raison qu'elles se présentent de profil dans la figure 2.

Nous donnons en (d) et (f) des cellules du cordon latéral, dont les expansions fonctionnelles se bifurquaient dans la substance blanche en branches ascendante et descendante de volume inégal (e). L'arborisation protoplasmique de ces cellules apparaît aussi aplatie de haut en bas; ce qui est probablement dû à la disposition des cellules épithéliales qui se disposent en plans de fascicules divergents, écartés, de distance en distance, par des cavités transversales.

Fig. 1.

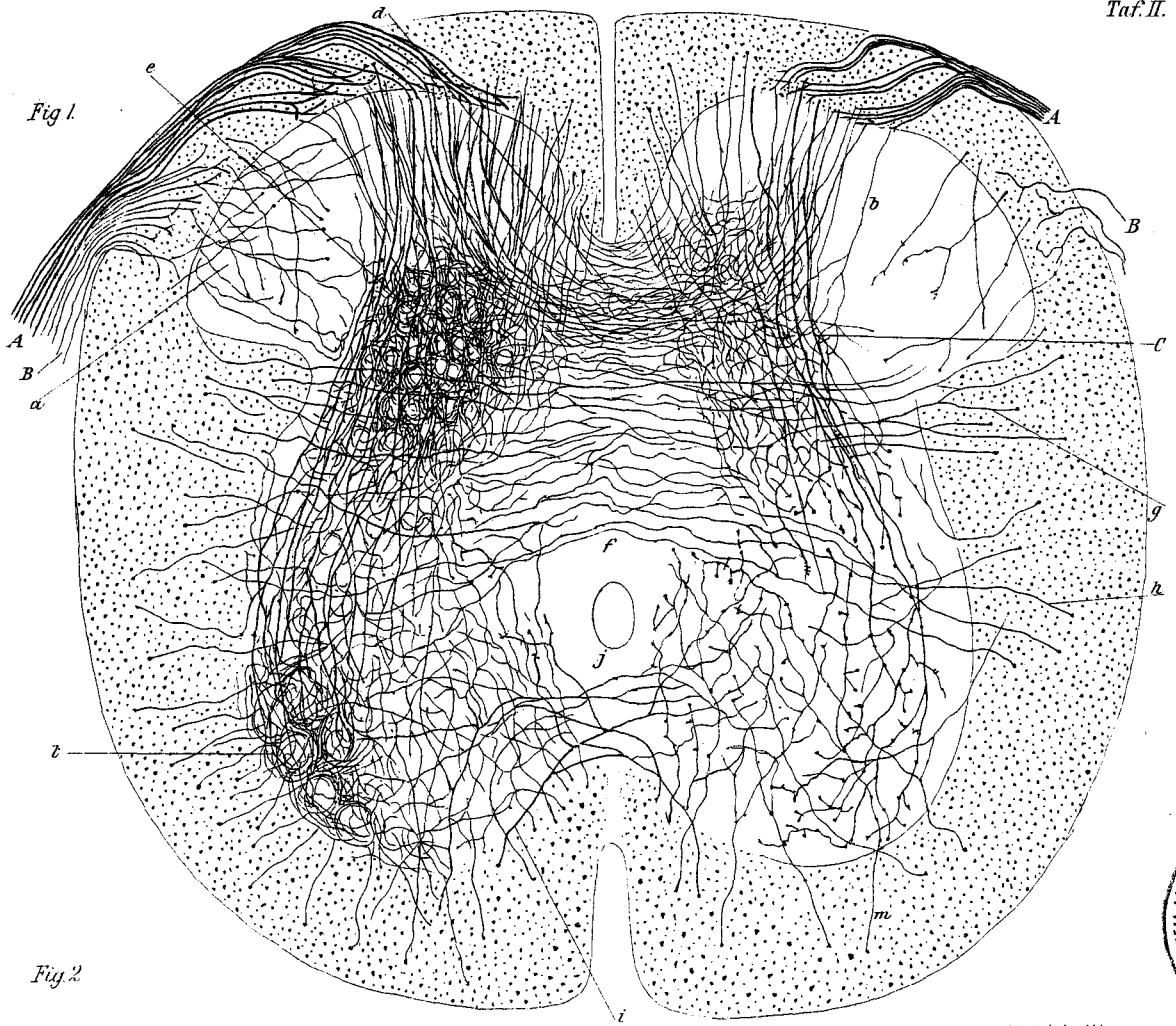


Fig. 2.

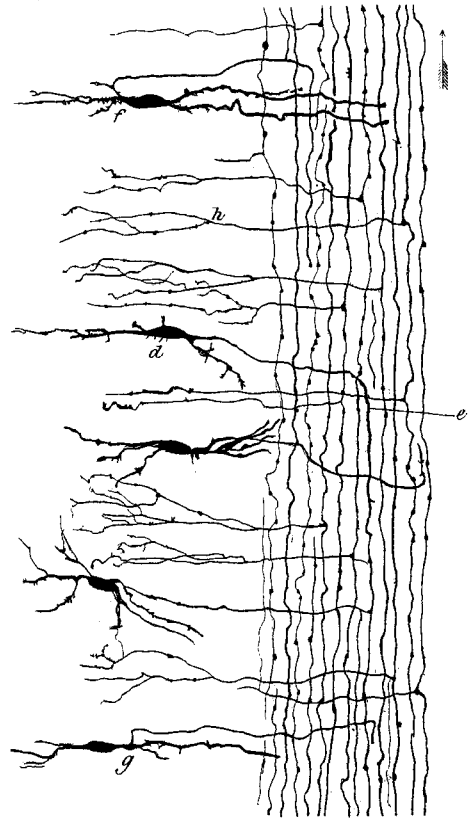
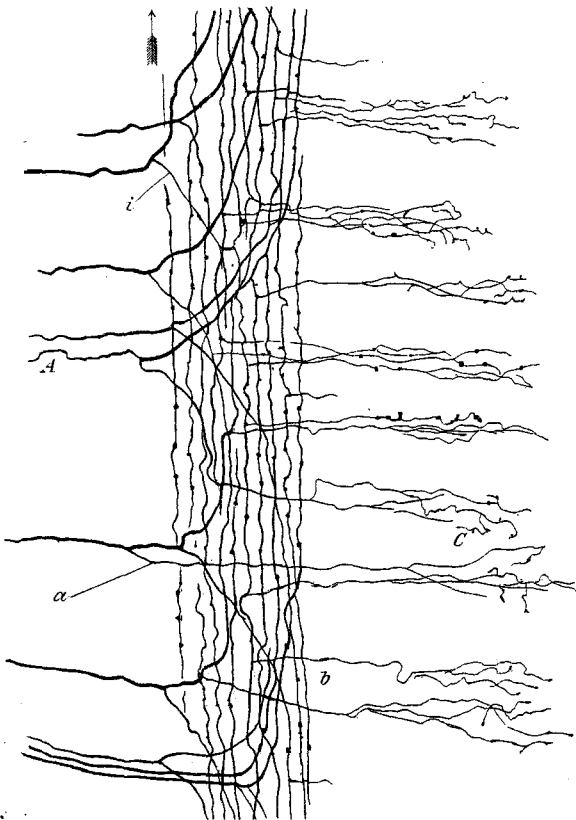


Planche III.

Ici on a représenté les cellules de la corne antérieure et quelques unes de celles de la corne postérieure de la moelle dorsale de l'embryon de poulet au 18^{ème} jour d'incubation. C'est une époque où la morphologie de ces éléments peut-être considérée comme achevée.

Le temps du durcissement a été de 6 jours.

Pour rendre les cellules bien distinctes les unes des autres on a figuré: en noir, les funiculaires ou des cordons; en bleu, les commissurales, et en vert les radiculaires. Le cylindre-axe et les collatérales de toutes les cellules apparaissent en rouge.

Cellules radiculaires (A). — Elles sont volumineuses et forment un groupe bien circonscrit, situé tout contre la substance blanche dans le parage d'origine des racines antérieures. Leurs expansions protoplasmiques sont de grande étendue; les unes se portent en arrière parcourant ainsi une grande partie de la corne antérieure; les autres se dirigent en avant pour se dichotomiser dans la substance blanche; d'autres enfin vont en dedans, cheminant avec les cylindres-axes commissuraux vers la corne antérieure du côté opposé.

Cellules commissurales ou du cordon antérieur opposé. — Ces corpuscules qui sont les plus nombreux se rencontrent dans toute la surface de la substance grise, sauf la substance de Rolando (B, H, L). Leur taille de même que leur forme sont variables; on y voit pourtant dominer les volumes moyens et les aspects fusiforme et triangulaire. Leur cylindre-axe marche en avant et en dedans, et après avoir émis une ou deux collatérales, pénètre dans la commissure antérieure pour se continuer avec une fibre longitudinale du cordon antérieur du côté opposé. Cette continuation a lieu souvent par bifurcation et plus rarement par simple coude.

C'est plus particulièrement le territoire interne et profond du cordon antérieur qui est le point d'aboutissement de ces cylindres-axes commissuraux.

L'expansion nerveuse de ces cellules commissurales fournit, en passant par la ligne médiane ou un peu au delà, une ou deux collatérales ramifiées dans la corne antérieure du côté opposé, comme cela se produit en (b).

Cellules des cordons du même côté. — Elles représentent peut-être l'espèce la plus répandue, de toute la substance grise médullaire, y compris la substance de Rolando dont les éléments cellulaires envoient, ainsi que nous le verrons bientôt, le nombre de beaucoup le plus grand de leurs cylindres-axes au cordon postérieur et au latéral.

Le siège des cellules des cordons les fait distinguer en:

- éléments de la corne antérieure,
- éléments de la corne postérieure,
- éléments de la substance grise centrale,
- éléments de la région limitante postérieure (en arrière de la substance de Rolando),
- éléments de la substance de Rolando,
- éléments du foyer interstitiel, ou éléments situés entre les faisceaux de la zone limitante latérale.

Les cellules de la corne antérieure (c) possèdent un volume variable; elles sont triangulaires, fusiformes ou étoilées. Leur expansion fonctionnelle s'engage généralement dans le cordon antérieur et la partie ventrale du cordon latéral; elle décrit souvent pendant son trajet, des sinuosités capricieuses, et émet des collatérales ramifiées dans la substance grise.

Les cellules de la corne postérieure sont d'habitude de taille moyenne, de forme triangulaire ou étoilée. Elles envoient leur prolongement nerveux à la région fondamentale ou zone limitante latérale du cordon latéral (J). Faisons observer en passant, que presque toutes les cellules de la corne postérieure et plus particulièrement celles de son noyau central envoient leur cylindre-axe à cette région fondamentale du cordon latéral. Aussi serait-il peut-être meilleur de désigner cette zone sous le nom de voie courte de la corne postérieure ou de faisceau de la corne postérieure.

Parmi les éléments de la corne postérieure nous en avons découvert récemment une variété remarquable par sa taille gigantesque, par l'épaisseur de ses prolongements protoplasmiques et par leur étendue (E). La forme en est triangulaire; chacun des angles fournit d'ordinaire un prolongement protoplasmique volumineux: le postérieur se ramifie dans le plan le plus postérieur de la substance de Rolando; l'interne franchit la ligne médiane pour se dichotomiser dans la corne postérieure de l'autre côté, et l'externe ou les externes s'introduisent dans la portion externe de la corne postérieure et dans la partie correspondante de la substance gélatineuse. Ces corpuscules, que nous avons aussi

rencontrés dans la moelle épinière des mammifères, envoient un épais cylindre-axe à la zone limitante latérale.

Les cellules de la substance grise centrale (B), petites, triangulaires ou fusiformes, font parvenir leurs expansions nerveuses: les unes à la commissure antérieure, les autres au cordon latéral. Les cellules situées au voisinage de la commissure postérieure (M) et au côté interne de la corne postérieure contribuent à la formation de la commissure protoplasmique postérieure.

Les cellules marginales (D) sont fusiformes et volumineuses; elles sont disposées en arc de cercle contournant la substance de Rolando. D'habitude, les expansions protoplasmiques auxquelles elles donnent naissance ont trois directions: les externes pour le foyer externe de la substance de Rolando; les internes ramifiées sur la limite postéro-interne de cette substance, et les antérieures dichotomisées dans la région ventrale de cette même substance de Rolando et dans le territoire voisin du foyer ou noyau de la corne postérieure. Le cylindre-axe provenait pour la cellule (D) d'un grand appendice protoplasmique et se rendait, comme c'est la règle absolue, de ces cellules à la zone limitante latérale ou voie courte de la corne postérieure.

Nous n'avons voulu représenter dans cette planche que deux cellules de la substance de Rolando, réservant l'étude détaillée de cette portion de la moelle pour les planches IV et V. L'une de ces cellules (F) est située dans la partie moyenne de la substance gélatineuse; son cylindre-axe, après avoir donné deux collatérales, s'engageait dans la voie courte de la corne postérieure; l'autre (G) située plus profondément, fusiforme, avait un prolongement fonctionnel de même parcours et destination.

On voit toujours, en pleine substance blanche du cordon latéral, particulièrement au niveau de la moelle cervicale, des cellules nerveuses triangulaires ou fusiformes (H, O) séparées les unes des autres par des fascicules de fibres nerveuses. Nous appellerons ce foyer, déjà connu, foyer ou noyau gris interstitiel. C'est le moyen d'éviter toute périphrase. Ses éléments envoient leur expansion fonctionnelle, tantôt au cordon latéral, tantôt à la commissure antérieure (H). Dans quelques cas nous avons pu suivre le cylindre-axe jusqu'à la commissure postérieure, comme nous le verrons sur d'autres planches.

Enfin, dans la planche III nous représentons encore quelques unes des expansions constitutives de la commissure protoplasmique antérieure.

Pour la former, on voit participer, non seulement les expansions venues des cellules radiculaires les plus internes, mais encore les prolongements de quelques uns des corpuscules commissuraux voisins de la ligne médiane. Du reste, l'existence des commissures protoplasmiques est un fait d'une certaine importance pour l'explication de la diffusion des courants sensitifs à l'intérieur de la moelle épinière; en effet c'est par leur intermédiaire que les cellules nerveuses d'un côté peuvent être influencées par les collatérales sensibles du côté opposé.

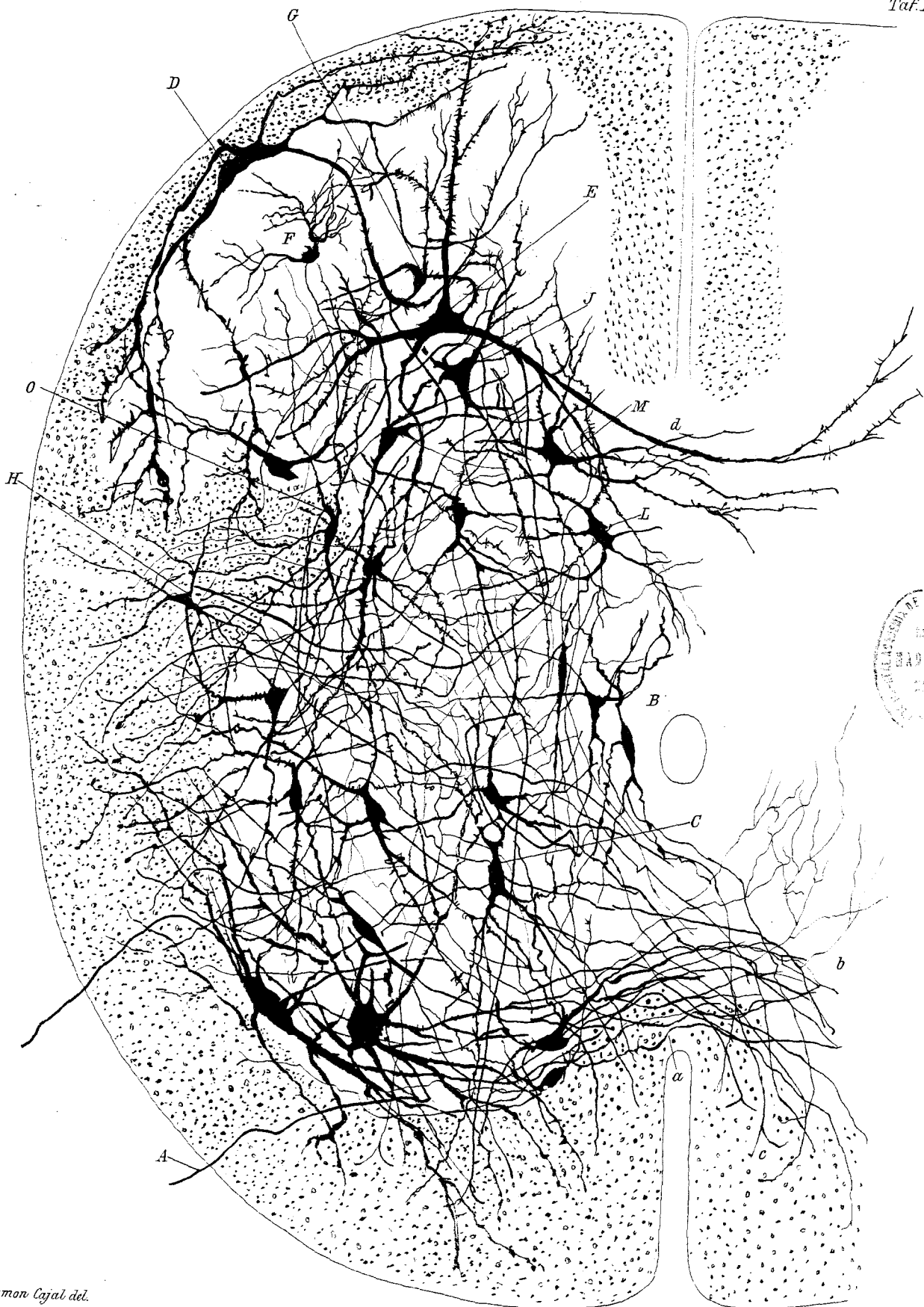


Planche IV.

Cette planche est consacrée aux cellules de la corne postérieure et en particulier à celles de la substance de Rolando, telles qu'elles se montrent chez les embryons de poulet au 10^{ème} jour d'incubation.

Il est absolument nécessaire d'étudier ces cellules chez des embryons relativement jeunes, si l'on désire poursuivre — en toute certitude — le trajet de leurs cylindres-axes. Chez les embryons de 18 à 20 jours d'incubation et surtout chez les mammifères nouveau-nés le trajet de l'expansion nerveuse des cellules de Rolando se complique, leurs arborisations protoplasmiques s'enchevêtrent énormément, et de plus, il est rare d'obtenir un corpuscule complètement impregné. On va même jusqu'à courir le risque, comme cela est arrivé à plus d'un savant, de prendre pour de la névroglie, de véritables cellules nerveuses, et cela à cause de l'infinité de leurs appendices, fins, épineux et intriqués.

Ces erreurs et ces difficultés disparaissent, lorsqu'on commence l'étude de ces éléments par les moelles du 8^{ème} au 10^{ème} jour d'incubation: on continue par les moelles des jours suivants pour se rendre compte des modifications qu'ils ont éprouvées.

En examinant la planche IV on a l'attention tout de suite attirée sur les corpuscules marginaux de la substance de Rolando (A, B, D). Ils sont encore incomplètement développés, mais ils montrent déjà leurs caractères typiques, à savoir: des expansions protoplasmiques terminées par des extrémités sphéroïdales, en pleine substance blanche, et un prolongement de Deiters (coloré en vert) qui après avoir parcouru la substance de Rolando se coude pour se continuer avec un tube de la zone limitante latérale. A cette période de leur développement ces cylindres-axes manquent de collatérales; mais celles-ci apparaîtront plus tard, et elles se ramifieront soit dans la tête de la corne postérieure soit dans la substance de Rolando.

Les cellules propres de la substance de Rolando sont petites, fusiformes ou étoilées; leurs expansions protoplasmiques, grêles et variqueuses, vont dans diverses directions; fréquemment elles se disposent en deux groupes ou faisceaux, l'un antérieur arborisé dans la substance de Rolando, l'autre postérieur à ramifications ultimes variqueuses, siégeant en plein cordon postérieur. Ces cellules sont, parfois, nettement fusiformes; elles possèdent alors seulement deux prolongements l'un antérieur, l'autre postérieur.

Pour ce qui est du trajet des cylindres-axes de ces cellules, on assiste à une très grande diversité; on peut dire, néanmoins, que la plupart, après un détour plus ou moins compliqué, pénètrent dans la zone limitante latérale ou voie courte du cordon postérieur (H, O, R, L).

Certaines de ces cellules, comme celles reproduites en (Q et N) envoient leur prolongement nerveux dans un territoire qui correspond probablement à la zone de Lissauer de la moelle adulte.

La cellule (I) méritait d'être signalée pour son cylindre-axe qui donnait naissance à deux fibres distinctes du cordon postérieur (cellule à cylindre-axe combiné). Il en était peut-être de même pour la cellule (J) bien qu'on n'ait pu suivre sur un parcours suffisant l'une des deux branches qui semblait se diriger vers la partie moyenne du cordon postérieur.

Les cellules dont les prolongements fonctionnels se portent en dedans, dans la région des faisceaux de Goll et de Burdach, paraissent être plus rares. Dans les coupes qui ont servi à composer la planche IV, les cellules (P et M) étaient seules à faire partie de ce groupe.

L'imprégnation de moelles encore plus jeunes (du 6^{ème} au 9^{ème} jour) révèle un plus grand nombre de cellules à cylindre-axe combiné. Cela tient à la brièveté des distances parcourues et à l'absence de détours compliqués, circonstances qui permettent de mieux poursuivre ces sortes de cylindres-axes.

Parfois les moelles du 7^{ème} au 9^{ème} jour d'incubation font voir une disposition des cylindres-axes combinés qui doit être considérée comme une de leurs phases embryonnaires: Les fibres nerveuses destinées aux divers cordons blancs naissent séparément du corps cellulaire lui même, et non du cylindre-axe, à une plus ou moins grande distance de la cellule comme cela se produit plus tard. C'est là une disposition qui rappelle les grains embryonnaires du cervelet dans leurs phases de cellules bipolaires horizontales.

La planche IV montre en outre deux bons exemples de cellules de la corne postérieure (E, F) et une cellule de la limite interne du foyer gris interstitiel (G), Leur cylindre-axe allait à la voie courte de la corne postérieure ou zone marginale du cordon latéral, où il se continuait avec une ou deux fibres longitudinales par coude ou par bifurcation.

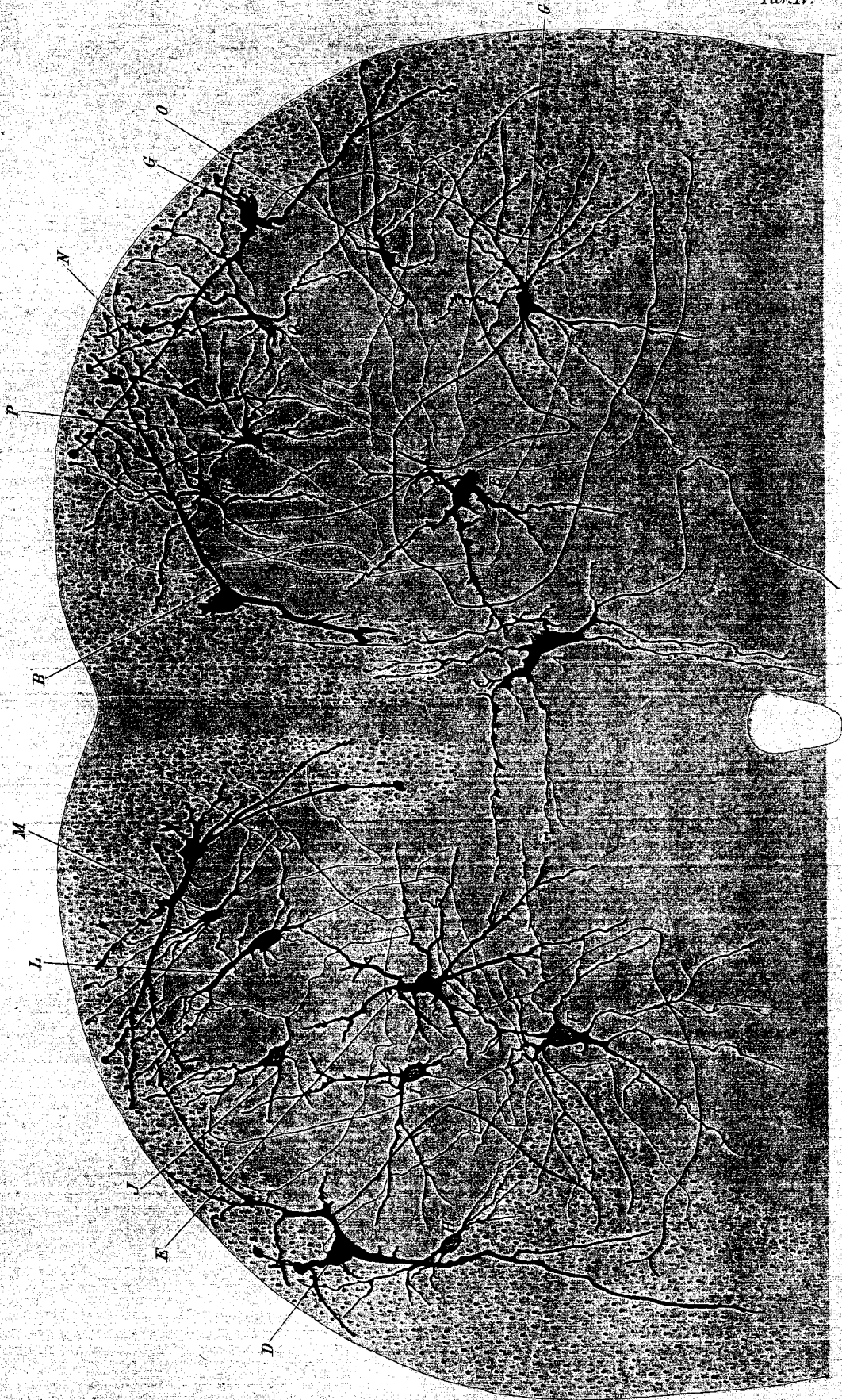


Planche V.

Nous avons voulu montrer dans cette planche les cellules et les collatérales de la substance de Rolando presque entièrement développées — c'est-à-dire — telles qu'elles se présentent chez des embryons de poulet au 19^{ème} jour d'incubation.

Cellules.

On est immédiatement frappé de cet fait que toutes les expansions des cellules de la substance gélatineuse ont quitté la substance blanche; elles ne s'étendent à présent que dans la substance grise (K, J, I, h, etc.) où elles forment un feutrage ou plexus très serré et très enchevêtré.

Chaque expansion protoplasmique donne maintenant naissance à une infinité d'appendices courts, épineux, d'où pour ces cellules, un aspect passablement analogue à celui des cellules névrogliales. Quant à leur cylindre-axe qui est très fin, il est difficile de le suivre longtemps à cause des sinuosités compliquées de son parcours. Très souvent il émet pendant son trajet deux ou trois collatérales ou d'avantage. Celles-ci se ramifient dans la substance gélatineuse même, et contribuent, par suite, à embrouiller encore le plexus nerveux touffu qui enserre les éléments nerveux (m, g, d, etc.).

Les préparations d'embryons presque à terme confirment ce qu'apprennent, sur le trajet des ces cylindres-axes, les imprégnations d'embryons plus jeunes, c'est-à-dire que: pour certaines cellules, le cylindre-axe pénètre dans le cordon latéral, dans cette région du cordon latéral appelée par nous, voie courte de la corne postérieure (m, j, h, f); pour d'autres il se porte dans la partie externe du cordon de Burdach (i), et pour quelques autres, il va à la zone marginale de Lissauer ou territoire des bifurcations du faisceau externe de la racine postérieure (d).

Pour ce qui a trait à la morphologie de ces cellules on constate une très grande variété; pourtant les éléments fusiformes et piriformes sont prépondérants; les corpuscules étoilés ne sont pas rares, non plus, surtout dans les zones profondes de la substance de Rolando. Faisons observer aussi que

les corpuscules les plus postérieures, situés sur la limite de la substance de Rolando, n'envoient aucun prolongement protoplasmique en arrière (k).

Si nous continuons l'examen de la planche V nous apercevons deux corpuscules quelque peu différents de tous les autres par leur forme et leur orientation. Au lieu de la direction méridienne ou convergente, particulière à la plupart des cellules de Rolando, ces deux corpuscules présentent l'un une direction transversale, l'autre une direction oblique; de plus, leurs deux branches protoplasmiques polaires se ramifient en des points de la substance gélatineuse passablement éloignés. Ainsi la cellule (c), qui est fusiforme, envoyait l'un de ses appendices protoplasmiques à la partie externe, et l'autre à la partie interne; la cellule (j), plus réduite et plus profondément située, envoyait l'un de ses bouquets protoplasmiques pour la région centrale et l'autre pour la région interne. Dans les deux corpuscules l'expansion nerveuse naissait d'un appendice protoplasmique, et se continuait avec une fibre longitudinale de la voie courte de la corne postérieure, après avoir fourni des collatérales à la substance gélatineuse.

Comme on peut le voir sur la planche VI, les cellules de la substance de Rolando ont la même morphologie, chez les mammifères et chez les oiseaux.

Collatérales.

Un autre fait attire encore l'attention dans la planche V; c'est le grand développement des collatérales de la substance de Rolando chez les embryons au 19^{ème} jour d'incubation (D). Ce grand développement des collatérales est la cause du manque d'uniformité d'aspect dans la substance de Rolando; on voit que celle-ci est en effet divisée, par un multitude de petits faisceaux méridiens, en nombreux lobules convergeant vers le centre de la corne postérieure.

La description précédente de la planche I nous a appris que deux espèces de collatérales se distribuent dans la substance gélatineuse: les profondes ou épaisses (E), qui chez l'embryon de poulet ne sont pas aussi volumineuses que chez la souris blanche et le chien; elles proviennent du faisceau de Burdach et se ramifient dans la partie interne et profonde de la substance de Rolando, après avoir parcouru obliquement son lobule interne. Les collatérales superficielles ou fines (C, D) qui sont très abondantes, émanent de la totalité du cordon postérieur; elles se disposent en fascicules tantôt méridiens, tantôt marginaux (C, F) et couvrent de leurs ramifications toute la surface de la substance de Rolando. Ces ramifications produisent entre les cellules de cette dernière un des plexus nerveux les plus compacts et les plus enchevêtrés.

Malgré la délimitation défectueuse des territoires de distribution des collatérales superficielles parcourant la substance rolandique, la moitié externe de cette substance nous a semblé être plus particulièrement le lieu de rendez-vous



des collatérales nées dans la zone marginale de Lissauer; la moitié interne étant réservée aux collatérales profondes venues du cordon de Burdach.

Les espaces clairs visibles sur cette figure correspondent à la place du corps des cellules nerveuses.

La constitution de ce plexus est due encore à la participation des fibres suivantes:

collatérales nerveuses des cellules marginales;

collatérales nerveuses des cellules de la substance gélatineuse;

collatérales profondes ou épaisses, que nous venons de décrire et qui pour la plupart naissent du cordon de Burdach.

Quant aux collatérales longues ou réflexo-motrices (A) elles constituent un faisceau volumineux né dans la région du cordon de Burdach où l'on voit les bifurcations des fibres du faisceau radiculaire interne. En ce point, la substance blanche pousse en avant un prolongement en forme de bec. Ces collatérales peuvent aussi se détacher des régions un peu plus internes.

Enfin nous avons encore dessiné dans cette planche V quelques cellules du centre de la corne postérieure et du foyer gris interstitiel.

Les cellules (O) du centre de la corne postérieure envoient leurs expansions protoplasmiques dans la commissure postérieure. C'est la démonstration du fait que la commissure protoplasmique postérieure des embryons plus jeunes n'est pas une disposition transitoire, car on la voit se perpétuer et se renforcer chez les embryons du 19^{ème} jour.

Les cellules (a et b) avaient un cylindre-axe qui pénétrait aussi dans la commissure postérieure. Ce fait relativement rare donne à penser que la commissure postérieure est construite sur le même plan que l'antérieure. D'ailleurs nous ne sommes jamais parvenu, il faut l'avouer, à suivre jusqu'à la substance blanche du côté opposé les cylindres-axes commissuraux postérieurs.

Planche VI.

Nous voyons ici une coupe de la moelle dorsale d'un chien nouveau-né. On a voulu rassembler dans cette coupe les facteurs principaux des substances grise et blanche.

On a coloré la névroglie en brun,
les cellules nerveuses en bleu,
les cylindres-axes qui traversent la substance grise, en rouge,
et les collatérales et fibres de la substance blanche en noir.

Névroglie. — Chez le chien nouveau-né la névroglie a déjà dépassé le stade primitif ou épithélial; beaucoup de cellules ont émigré vers les substances grise et blanche où elles ont acquis la forme étoilée. Cependant presque tous les corpuscules névrogliaux gardent encore une certaine orientation rayonnée rappelant leur direction originelle; un grand nombre d'entre eux envoient même à la périphérie de la moelle une ou deux expansions terminées sous la pie mère par un renflement conique.

Les cellules qui conservent le mieux leur forme et direction primitives sont celles de la portion interne de la corne postérieure, non loin de la ligne médiane. En ce point, chaque corpuscule névroglial possède un corps chargé d'expansions épineuses et tourné en dedans, et un prolongement radié, volumineux, qui après avoir franchi toute l'étendue de la moelle, interposée entre son origine et la périphérie, se termine d'ordinaire sous la pie mère. Quelques-unes de ces cellules déplacées et en cours d'émigration vers l'extérieur de la moelle, gissent en pleine substance de Rolando ou un peu plus en dedans; elles se distinguent par l'espèce de duvet qui couvre leur corps et une partie de leur expansion périphérique.

Si nous étudions, à la place de la moelle du chien nouveau-né, celle du chien de 1 mois, nous observons que presque toutes les cellules allongées et en voie d'émigration ont pris la forme étoilée, et ont quitté la substance grise pour se porter entre les faisceaux de la substance blanche, leur siège, désor-

mais définitif; et pourtant beaucoup d'entre elles conservent encore une certaine orientation rayonnée, indice de leur origine.

La figure VI nous donne aussi une idée de la disposition des corpuscules épithéliaux ou cellules de l'épendyme. On aperçoit sur les bords de ce canal trois régions épithéliales bien distinctes: l'angle antérieur, l'angle postérieur, et les bords latéraux.

L'angle antérieur (N) est formé d'un faisceau de cellules épithéliales curvilignes qui se maintiendront à peu de chose près sous cette forme jusqu'à l'âge adulte. Ces éléments partent de la face antérieure de l'épendyme et se terminent, au moyen d'extrémités renflées, dans le fond du sillon antérieur. Quelques-unes de ces cellules conservent leur individualité pendant tout leur trajet; d'autres se divisent et finissent par deux ou plusieurs extrémités variéuses.

L'angle postérieur (M) est le siège d'un autre faisceau postéro-antérieur d'éléments épithéliaux délicats et peu modifiés; ils commencent sur le bord postérieur de l'épendyme et se terminent dans le sillon médullaire postérieur. Chez quelques-unes de ces cellules, le corps s'éloigne de l'épendyme pour se rapprocher de la périphérie de la moelle; il peut même émigrer jusque dans la substance blanche.

L'épithélium latéral est composé de cellules rayonnées, dont le corps borde le canal épendymaire; leurs appendices périphériques se sont atrophiés et on ne peut jamais les voir parvenir jusqu'à la circonférence de la moelle. Parfois le prolongement périphérique se décompose en ramuscules divergents, qui sillonnent les régions voisines de la substance grise.

Cellules nerveuses radiculaires. — Elles atteignent, chez le chien, un grand développement; elles fournissent un nombre extraordinaire d'expansions protoplasmiques, dont les groupes suivants attirent l'attention: un gros faisceau qui cheminant en arrière, cotoie le cordon latéral; plusieurs autres faisceaux qui vont à la substance blanche du cordon antérieur, et enfin quelques faisceaux qui se dirigent en dedans, écartant sur leur passage les fibres de la substance blanche; ceux-ci s'entrecroisent sur la ligne médiane avec les faisceaux d'expansions protoplasmiques du côté opposé, et donnent ainsi naissance à la commissure antérieure.

Cellules funiculaires et commissurales. — Elles diffèrent peut-être de point des cellules correspondantes de l'embryon de poulet, comme on peut en juger par les corpuscules (L, D, E, G). Il en est de deux variétés; des petites, fusiformes ou triangulaires, et des volumineuses triangulaires ou étoilées.

Cellules de la corne postérieure (I). — Elles affectent un aspect triangulaire ou étoilé; leur cylindre-axe va presque toujours à la zone limitante

latérale du cordon postérieure. Leurs expansions protoplasmiques apparaissent, comme chez les autres mammifères, hérissées d'épines et pourvues de nombreux appendices variqueux.

Les éléments nerveux voisins de la commissure postérieure envoient dans celle-ci quelques prolongements protoplasmiques qui s'y entrecroisent avec ceux du côté opposé.

Cellules de la substance de Rolando (J). — Elles présentent chez le chien exactement la même morphologie que chez l'embryon de poulet de 18 à 20 jours. Elles sont allongées d'arrière en avant, et presque toutes montrent deux bouquets protoplasmiques polaires, l'un antérieur et l'autre postérieur, variqueux et couverts d'épines.

Cellules marginales (H). — Elles sont fusiformes ou semilunaires; elles bordent la substance de Rolando et envoient leur expansion fonctionnelle à la voie courte du cordon postérieur ou zone limitante latérale.

Cellules de la colonne de Clarke (F). — Les cellules de Clarke apparaissent toujours plus ou moins bien imprégnées dans la moelle lombaire du chien nouveau-né. Jusqu'à présent nous n'avons pu en découvrir que deux types morphologiques:

1. des cellules étoilées, volumineuses (F) munies d'expansions protoplasmiques, distribuées dans le territoire même de la colonne: ces expansions sont recouvertes d'une infinité d'appendices courts semblables à du duvet ce qui donne aux cellules de Clarke un aspect tout particulier;

2. des cellules triangulaires ou fusiformes (O) à expansions protoplasmiques longues, peu épineuses, dépassant le territoire de la colonne et contribuant souvent à renforcer la commissure postérieure. Le cylindre-axe de ces cellules se porte (fréquemment, sinon toujours) au cordon latéral, peut-être à la voie cérébelleuse; quant à celui des corpuscules villeux ou du premier type, il nous a paru se diriger vers la commissure antérieure.

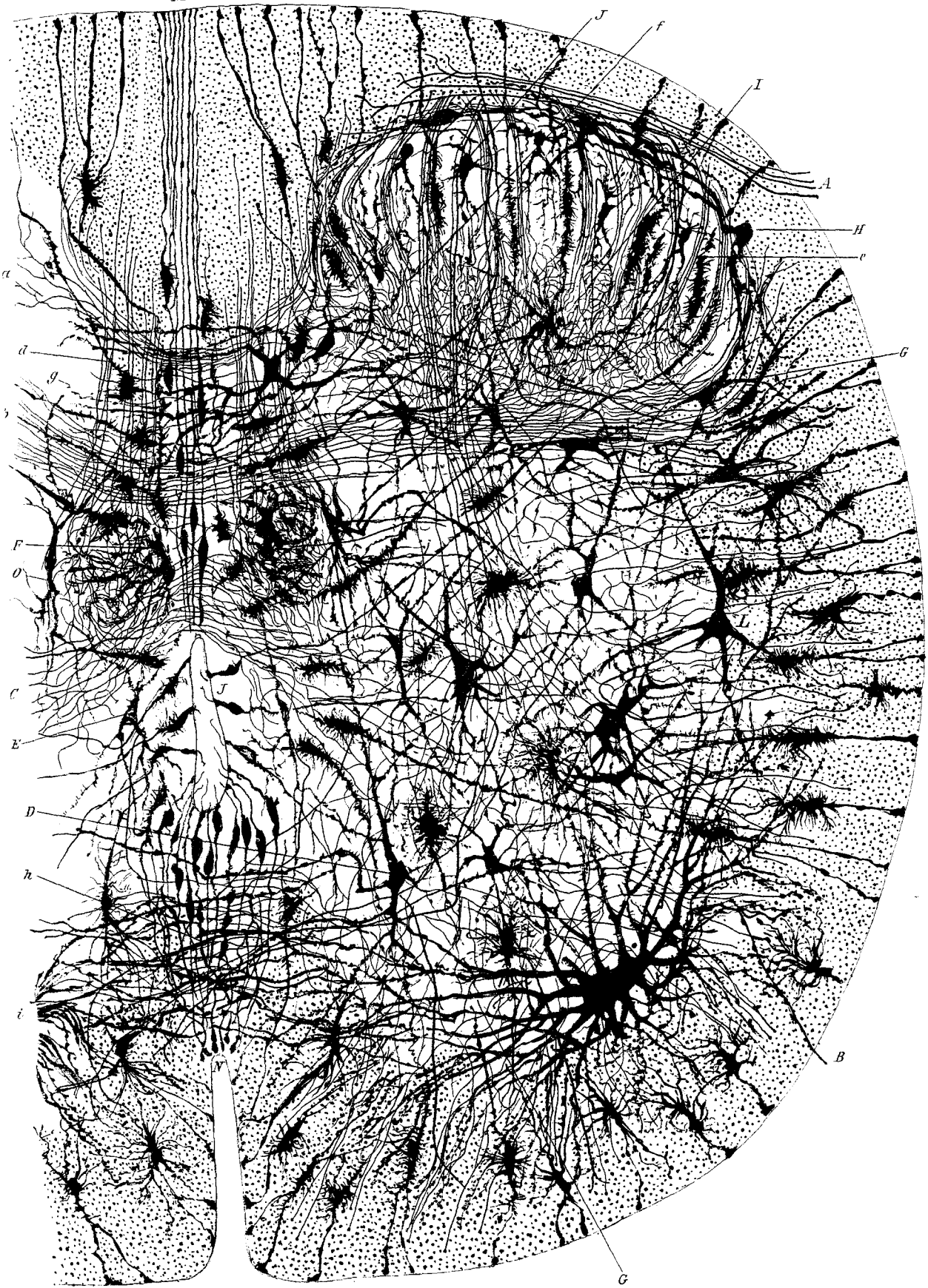
Collatérales de la substance blanche. — Elles présentent chez le jeune chien les mêmes caractères que chez les embryons d'oiseaux ou chez la souris et le rat nouveau-nés.

Dans la région lombaire les collatérales commissurales postérieures atteignent un grand développement; elles se divisent, comme l'ont fait connaître plusieurs auteurs, en trois faisceaux:

Faisceau arciforme postérieur (a) provenant du cordon de Burdach et se terminant dans la partie interne de la corne postérieure du côté opposé;

Faisceau moyen ou rectiligne (b), subdivisé parfois en faisceaux secon-

M



Ramon Cajal del.

Abb. Schubar, Litt. Anat. Boctim.

daires; il part de la région la plus postérieure du cordon latéral (peut-être du faisceau pyramidal croisé) et se ramifie dans la région moyenne et externe de la corne postérieure de l'autre côté;

Faisceau arciforme antérieur (C) plus diffus et moins bien délimité que les deux faisceaux précédents; ses fibres prennent leur origine dans les zones antérieures du cordon latéral.

Pour ce qu'est du faisceau réflexo-moteur (f) la planche VI nous le montre émergeant du cordon de Burdach en un point peu éloigné de la bifurcation des radiculaires. Il part de là en fascicules séparés qui après avoir traversé la substance de Rolando, ne tardent pas à se rapprocher les uns des autres au niveau de la base de la corne postérieure, pour de nouveau s'écarter, et se perdre dans le territoire de la corne antérieure.

Nous avons vu dans les dessins précédents qu'une multitude de collatérales ramifiées dans la substance grise intermédiaire et surtout, dans une région peu éloignée de la ligne médiane, partent de la partie profonde ou antérieure du cordon de Burdach. Dans la moelle lombaire ces collatérales, ou celles qui les représentent, forment un ou plusieurs faisceaux bien manifestes (d) qui se terminent dans le corps de la colonne vésiculeuse de Clarke. Les arborisations ultimes de ces fibres variqueuses et compliquées produisent des plexus touffus dont les mailles renferment les corpuscules nerveux.

Ce faisceau de collatérales pour la colonne de Clarke, pourrait être considéré comme le lieu de passage du courant sensitif qui aurait pour point de départ la portion distale des branches de bifurcation des radiculaires postérieures. En suivant cette route, l'excitation sensitive pourrait aller à la voie cérébelleuse, si comme il semble prouvé, les fibres de cette voie prennent naissance dans les cellules de la colonne de Clarke.

Enfin les collatérales innombrables dont les arborisations remplissent les interstices du noyau de la corne postérieure, où elles forment un plexus des plus compactes ont leur origine dans tout le cordon postérieur. Ces collatérales forment, ainsi qu'on le voit en (e), des fascicules méridiens provenant de cantons distincts du cordon postérieur, fascicules qui partagent la substance de Rolando en lobules, comme cela a été déjà dit pour la moelle embryonnaire. D'ailleurs, nous n'avons point reproduit ici les collatérales destinées à la substance de Rolando, afin de ne pas amener de confusion.

Planche VII.

Les données que nous avons recueillies dans l'étude de la moelle embryonnaire vont nous servir maintenant à interpréter la moelle adulte. C'est dans ce but que nous représentons ici une coupe de moelle cervicale humaine colorée par la méthode de Weigert-Pal et par le carmin. Dans une moitié de cette moelle, les cellules nerveuses apparaissent colorées en rouge, et les tubes à myéline des substances blanche et grise, en violet. Dans l'autre moitié on a laissé en blanc l'aire des cordons pour montrer clairement l'origine et le trajet des collatérales.

Commençons l'examen par la substance blanche. Ce qui attire notre attention c'est d'une part le nombre extraordinaire de tubes nerveux qui la forment, et de l'autre la multitude de travées conjonctivo-vasculaires qui subdivisent les cordons en faisceaux secondaires. L'observation de territoires de chaque cordon, à l'aide d'objectifs un peu puissants nous apprend que, partout dans la substance blanche les tubes épais se trouvent mêlés aux tubes fins, et que parmi ces tubes fins il en est de si minces qu'ils semblent être, non des tubes ou cylindres-axes longitudinaux, mais des collatérales nerveuses.

C'est exactement ce qui a lieu dans la moelle embryonnaire impregnée par la méthode de Golgi: à côté des fibres épaisses il s'en trouve d'autres qui se distinguent par leur extrême ténuité. A notre avis, qui est basé sur l'étude d'un grand nombre de coupes longitudinales de la moelle embryonnaire, les fibres fines ne sont pas toujours la continuation de cylindres-axes fins; pour la plupart elles représentent les branches grêles inégales, ascendantes, ou descendantes, de la bifurcation des cylindres-axes des cellules funiculaires.

C'est ce qui explique pourquoi les fibres minces se trouvent aussi bien dans le territoire du cordon antérieur que dans le voisinage de la substance de Rolando et dans la zone limitante latérale (les deux dernières régions, comme nous l'avons vu, reçoivent les expansions nerveuses des petits cellules ou cellules de Rolando). De toutes façons il est bon de noter que la zone de Lissauer et la zone limitante latérale, où se rendent un si grand nombre

des prolongements de Deiters des petites cellules ou cellules de Rolando, sont précisément les régions de la substance blanche les plus riches en fibres fines.

Cependant une grande partie des tubes déliés de la zone de Lissauer représentent aussi, et sans le moindre doute, la continuation des branches de bifurcations des radiculaires du faisceau sensitif externe, comme on le voit en (G).

Les collatérales de la substance blanche sont, dans la moelle adulte, revêtues d'une gaine de myéline; mais rien, ni dans leur origine, ni dans leur parcours, ni dans leur terminaison, ne les différencie d'une manière sensible des collatérales embryonnaires impregnées par la méthode de Golgi.

Il semble, à première vue, que l'on puisse confondre les collatérales qui sillonnent la substance grise avec les cylindres-axes nés des cellules médullaires et se rendant à la substance blanche. Il n'en est rien, et la distinction devient des plus faciles pour peu qu'on ait égard aux caractères suivants:

1^o. Les collatérales sont fines, extrêmement nombreuses, et forment dans la substance grise un plexus échevêtré; les cylindres-axes au contraire sont rares, plus rares mêmes que les cellules visibles dans chaque coupe; ils sont épais, et leur trajet est relativement simple.

2^o. Les collatérales vont de la substance blanche à la grise réunies en fascicules plus ou moins convergents qui s'insinuent et s'épanouissent entre les cellules; tandis que les cylindres-axes cheminent isolément; il n'y a qu'un seul point, le plan antérieur de la commissure antérieure, où ils se rassemblent en fascicules.

Le plexus de collatérales de la substance grise n'est pas, dans la moelle adulte, aussi touffu que dans la moelle embryonnaire; cela tient probablement à ce que l'arborisation terminale de ces fibres est dépourvue d'enveloppe de myéline.

Les collatérales, à leur origine, c'est-à-dire, au point où elles partent des tubes longitudinaux, manquent aussi de myéline. Par ce fait, notre opinion que les collatérales naissent au niveau d'un étranglement des tubes longitudinaux, se trouve confirmée en vraisemblance. D'ailleurs, c'est chose facile de se convaincre, qu'en effet les tubes nerveux possèdent de distance en distance des interruptions de leur gaine de myéline; on peut par exemple trouver ces étranglements en observant sur toute leur longueur les fibres des cellules cérébelleuses de Purkinje ou celles des cellules pyramidales du cerveau.

Étudions maintenant dans la planche VII les faisceaux de collatérales les plus importants. Nous allons y reconnaître de suite tous ceux de la moelle embryonnaire.

Le faisceau réflexo-moteur (H) est puissant, il se montre composé de plusieurs fascicules secondaires, à trajet quelque peu sinueux; aussi est-il

rare de pouvoir les suivre sur tout leur parcours dans une seule et même coupe. Ce faisceau, provient, comme chez les embryons, de la partie externe et profonde du cordon de Burdach, c'est-à-dire, d'une région voisine du point de bifurcation du faisceau radiculaire interne (B). On ne voit, participer à l'édification du faisceau réflexo-moteur aucune collatérale provenant soit du cordon de Goll soit de la portion antérieure ou zone fondamentale du cordon postérieur.

Les collatérales du foyer ou centre de la corne postérieure (E) se reconnaissent aisément, malgré la compression latérale éprouvée, semble-t-il, par cette région, et les dislocations consécutives survenus dans la substance de Rolando. Les plus externes viennent de la zone de Lissauer et de la région contiguë du cordon latéral; les plus internes du cordon de Burdach. Toutes les collatérales se groupent en fascicules traversant en méridiens la substance de Rolando, pour se disséminer dans le centre de la corne postérieure; ils forment, là, un plexus très compliqué.

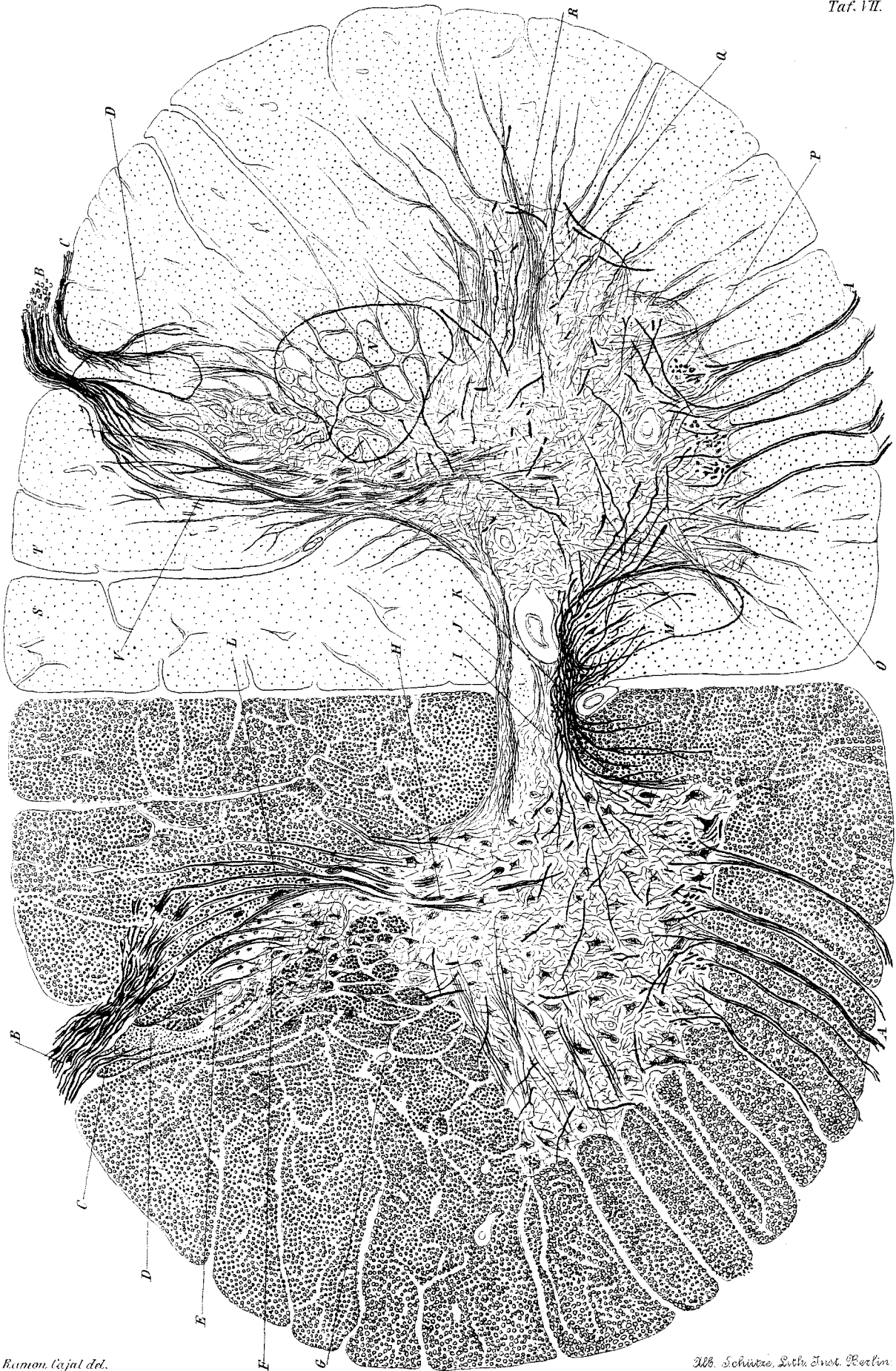
Quant aux collatérales propres de la substance de Rolando, elles doivent manquer de myéline car on ne les voit jamais sur les préparations au Weigert.

Les collatérales du cordon antéro-latéral se présentent comme chez les embryons; ils partent de différents districts de ce cordon, et se réunissent en fascicules qui cheminent avec les travées conjonctivo-vasculaires et se répandent dans toute la corne antérieure (O, Q).

Les commissures se trouvent constituées, comme chez les embryons, par des cylindres-axes directs et des collatérales, celles-ci se distinguant des premiers par la ténuité de leur enveloppe de myéline.

La commissure antérieure est formée par deux plans: un plan antérieur (K) de tubes nerveux directs venus de tous les points de la corne antérieure et de la substance intermédiaire d'un côté pour pénétrer ensuite dans le cordon antérieur du côté opposé pour y devenir longitudinaux (M), et constituer en dehors du faisceau pyramidal direct une voie courte mal circonscrite, qu'on pourrait l'appeler voie courte croisée du cordon antérieur, et un plan postérieur (I) dû à un petit nombre de collatérales du cordon antérieur.

La commissure postérieure est peu développée dans la région cervicale; néanmoins on y voit, d'une façon bien nette, et avec des contours bien



tranchés le faisceau arciforme postérieur (commissure sensitive), et parfois aussi une partie du faisceau moyen (y).

Pour les fibres radiculaires, leur disposition, telle qu'elle a été décrite chez les mammifères jeunes, se reproduit ici dans la moelle cervicale humaine.

Les fibres radiculaires antérieures partent d'un groupe diffus de cellules siégeant dans la partie antérieure et l'angle interne de la corne motrice. Elles traversent, rassemblées en petits faisceaux curvilignes, le cordon antérieur et pénètrent dans la racine motrice (A). Quelques-unes de ces fibres, avant de pénétrer dans la substance blanche, deviennent verticales sur un court espace de leur trajet dans la substance grise (P), comme le prouvent les groupes de tubes sectionnés transversalement que l'on voit au début des petits faisceaux radiculaires.

Les radiculaires postérieures se disposent, d'accord avec les descriptions classiques, en deux faisceaux: un externe petit ou à fibres fines (C), dont les bifurcations ont lieu dans la zone de Lissauer et parfois un peu plus en dehors, en plein cordon latéral; et un interne, plus épais (B), dont les tubes, en général volumineux, sont réunis en fascicules secondaires, allant finir dans des plans différents du cordon de Burdach. Ainsi qu'on peut le voir en (V) c'est de la région des bifurcations de ces dernières fibres que partent les divers groupes de collatérales du faisceau reflexo-moteur.

Pour terminer, nous avons indiqué dans l'autre moitié de la figure VII les principaux groupes de corpuscules nerveux de la moelle cervicale. En (E) nous donnons les petites cellules de Rolando; en (F) nous signalons la position des cellules qui chez les embryons se trouvent au foyer ou centre de la corne postérieure, d'après notre description précédente; en (G) existent quelques éléments du foyer interstitiel; et l'on voit en (L) deux corpuscules fusiformes ou marginaux de la substance de Rolando.

Planche VIII.

Cette planche est destinée à montrer la structure des ganglions rachidiens et sympathiques, telle qu'elle apparaît chez les embryons ou les animaux nouveau-nés après coloration avec la méthode de Golgi (procédé dit de double imprégnation).

Dans la fig. 1 nous avons représenté un ganglion rachidien et un autre sympathique de la souris nouveau-née. On y voit clairement (D) la bifurcation en T ou en Y de l'unique expansion des cellules sensibles et l'on constate aussi, que le prolongement interne destinée à la moelle est, en général, plus mince que celui dirigé vers la périphérie. Seulement dans quelques cellules plus petites (a) nous avons trouvé un diamètre égal ou presque égal des deux branches de bifurcation. La racine postérieure résulte de la réunion de toutes les expansions internes, elle sort de la face interne concave du ganglion. La paire rachidienne est très courte, et se divise immédiatement en deux branches l'une antérieure (G) l'autre postérieure (H) dans lesquelles on peut observer aisément la pénétration des fibres sensibles et motrices.

En E nous représentons un petit ganglion sympathique intercostal. Les cellules nerveuses, encore à peu près embryonnaires, montrent deux espèces d'expansions: les unes courtes ou protoplasmiques, très nombreuses, ramifiées à plusieurs reprises et terminées librement dans l'épaisseur du ganglion, les autres représentées par le cylindre-axe lisse, relativement volumineux, dépourvu de collatérales, et lequel, dans les quatre cellules que nous figurons, entre dans la paire rachidienne correspondante, après avoir parcouru les ramifications communicantes (F). Une fois arrivées à la paire rachidienne ces expansions nerveuses y prennent une direction périphérique se mélangeant aux fibres constitutives des branches antérieure et postérieure.

Dans quelques cas, nous avons trouvé que le cylindre-axe sympathique se divise, à son arrivée au nerf rachidien, en deux ou en plusieurs branches.

Lorsqu'il y en a deux, ainsi que l'on observe en c, l'une se dirige vers la périphérie devenant une fibre de la paire rachidienne, tandis que l'autre se tourne en dedans, et après s'être mélangée aux fibres de la racine antérieure, elle se perd dans la moelle épinière. Peut-être cette branche interne se distribue dans les vaisseaux qui se ramifient dans la pia-mater et dans le tissu même de la moelle.

Fig. 2. Nous avons reproduit ici le ganglion de Gasser d'un fœtus à terme de la souris blanche. Afin de donner à la figure un caractère plus démonstratif nous y avons ajouté la bifurcation de la racine sensitive du trijumeau dans la protubérance; seulement la longueur assez notable de cette racine, nous a obligé à en supprimer une portion considérable, placée entre le ganglion et la protubérance. La coupe est sagittale et très latérale, car seulement dans ces conditions on réussit à présenter, dans le même plan, le ganglion avec sa racine sensitive en même temps que les bifurcations des fibres dans la protubérance.

On observe, ainsi que l'on fait remarquer quelques auteurs, notamment van Gehuchten, que les cellules ganglionnaires du trijumeau sont unipolaires, de même que celles des ganglions rachidiens (C). Il y a cependant une différence, bien que secondaire, entre les cellules du ganglion de Gasser et celles des homologues rachidiennes: C'est que l'expansion interne ou la branche interne de bifurcation de ces corpuscules est à peu près égale, en épaisseur, à l'externe ou périphérique (a). Parfois, le prolongement interne est encore plus épais que l'externe (b), et seulement dans un petit nombre de cellules s'observe la disposition contraire.

Quant à la bifurcation dans la protubérance on peut la voir aisément chez la souris (c) où l'on observe aussi un fait déjà noté chez les oiseaux par van Gehuchten, savoir que la branche ascendante (F) est plus mince que la descendante (E). Nous avons réussi à suivre d'une façon complète la branche ascendante, et nous avons constaté, qu'après un trajet peu étendue dans l'épaisseur de la protubérance, elle s'incurve pour devenir horizontale et pour se terminer, au moyen de ramifications variqueuses, dans la portion la plus supérieure de la substance gélatineuse (f). Pendant leur trajet ces branches ascendantes donnent origine, en angle droit, à des collatérales très délicates, lesquelles s'arborescent dans la partie profonde de la substance gélatineuse placée en dessous (d).

Quant aux branches inférieures de bifurcation elles sont fort épaisses et, descendant le long du bulbe, elles atteignent la moelle cervicale, où, comme on le sait bien, elles se mélangent et se confondent avec les fibres sensibles du cordon postérieur. Ainsi que l'a fait remarquer Kölliker, ces branches descendantes émettent un grand nombre de ramuscules collatéraux, se réunissant



en petits faisceaux (e) et se ramifiant entre les divers étages de corpuscules nerveux situés dans la substance gélatineuse ou dans le noyau sensitif terminal du trijumeau.

En A, nous avons représenté la racine motrice du trijumeau. Sa continuation jusqu'aux noyaux masticateur et celui de la racine descendante, où se trouvent leurs cellules d'origine, ne peut s'observer dans la figure parce que ces noyaux sont placés dans des plans plus internes de la protubérance.

Fig. 3. Cette figure représente une coupe longitudinale, c'est-à-dire, parallèle à la colonne vertébrale, d'un ganglion sympathique cervicale de l'embryon du poulet au 17^{ème} jour de l'incubation. Ces coupes sont très favorables pour démontrer la pénétration des cylindres-axes des cellules sympathiques, soit dans le cordon longitudinal de la chaîne ou le chapelet de ganglions inter-vertébraux, soit dans le nerf rachidien correspondant.

En B on observe la coupe transversale du nerf rachidien, lequel est logé dans un sillon très profond creusé sur la face interne du ganglion. Les cellules sympathiques sont robustes, possédant des expansions protoplasmiques très longues et ramifiées. En ce qui concerne la direction du prolongement fonctionnel ou la fibre de Remak on reconnaît deux variétés ganglionnaires: 1. Cellules dont le cylindre-axe devient longitudinal pour entrer dans le cordon reliant la chaîne sympathique (B); 2. Cellules dont la fibre de Remak se dirige vers le nerf rachidien correspondant pour accompagner les fibres sensibles et motrices qui en émanent, vers la périphérie.

Dans C nous reproduisons les fibres nerveuses de la commissure longitudinale des ganglions, parmi lesquelles il y en a beaucoup qui ne sont que des cylindres-axes sympathiques dont les cellules d'origine siègent dans les ganglions voisins. Peut-être aussi quelques unes de ces fibres longitudinales qui traversent, sans se terminer, un ou deux ganglions, appartiennent aux racines antérieures, et même aux postérieures comme le veut von Lenhossek.

Ces fibres de passage ou longitudinales émettent quelques collatérales, partant en angle droit et se ramifiant sur une grande étendue, comme l'on voit en e, Fig. 3.

Finalement, dans l'épaisseur du ganglion, on observe aussi des arborisations nerveuses terminales fort compliquées, entourant les corps des cellules nerveuses (f). Ces arborisations que nous avons découvertes, ont été décrites en détail par L. Sala, qui a réussi à les impregner très bien chez le chat nouveau-né. Dans la Fig. 1, d, nous en reproduisons quelques unes telles qu'elles se présentent parfois dans les ganglions sympathiques de la souris nouveau-née. Ces ramifications terminales appartiennent, ainsi que nous l'avons déjà constaté dans nos premières recherches sur le grand sympathique, à des fibres motrices, c'est-à-dire, à des fibres nerveuses grosses, venant avec les rami

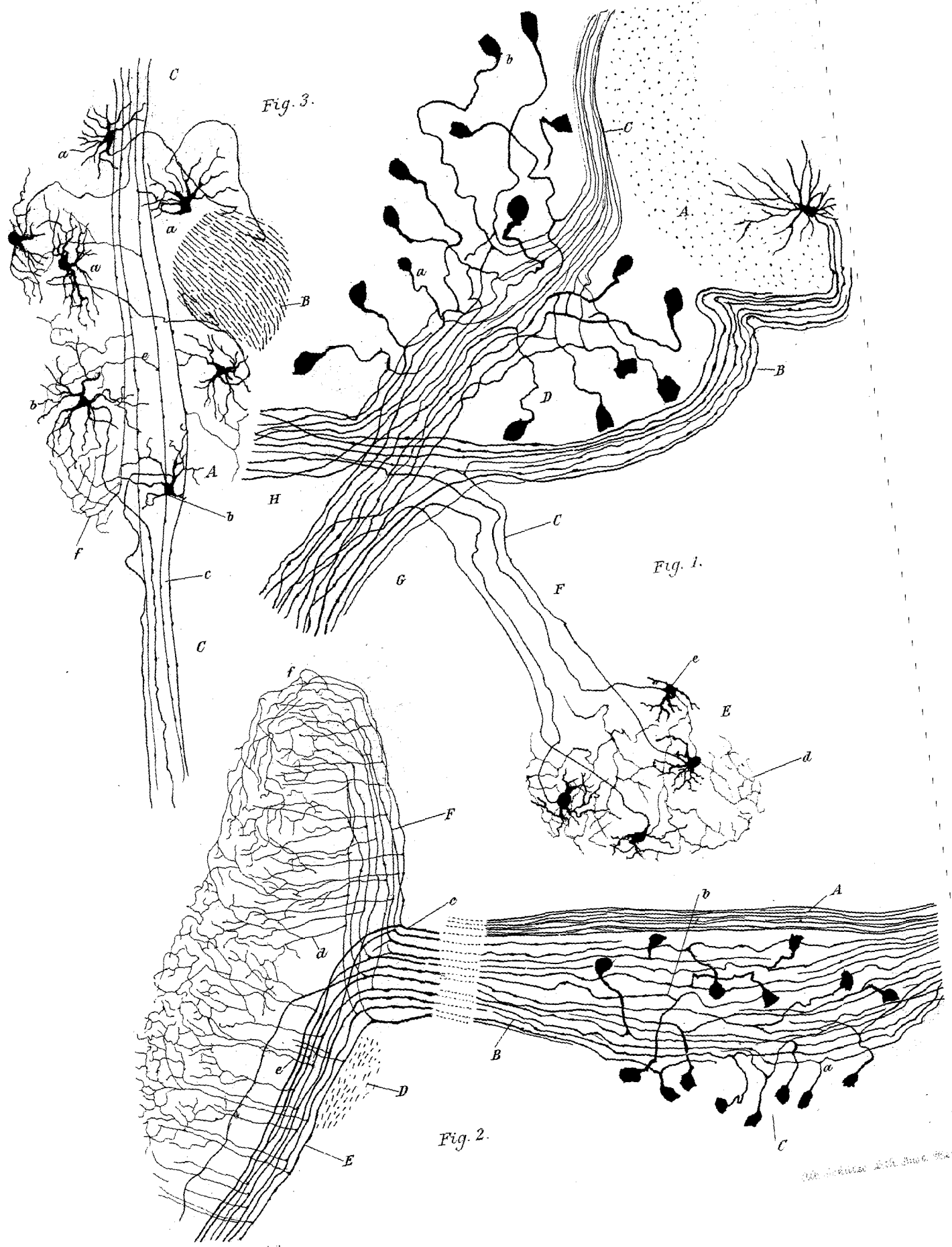


Fig. 3.

Fig. 1.

Fig. 2.

Ramon Cajal del

1896. Biblioteca de la Universidad de Madrid

communicantes, de la racine antérieure; quelques unes de ces arborisations se continuent peut-être avec des fibres sympathiques de la commissure longitudinale. Cependant il faut ajouter que nous n'avons jamais réussi à constater de visu une pareille provenance, car la longueur extrême de ces cylindres-axes commissuraux constitue un obstacle insurmontable à leur poursuite complète, depuis leur origine jusqu'à leur terminaison.

