

# L'innervation sympathique du myocarde et du faisceau de His

Autor(en): **Fattorusso, V.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **61 (1940-1941)**

Heft 256

PDF erstellt am: **10.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-272999>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## L'innervation sympathique du myocarde et du faisceau de His

PAR

V. FATTORUSSO

(Séance du 5 novembre 1941.)

On sait à l'heure actuelle que plusieurs tissus reçoivent une double innervation: par des fibres d'origine cérébro-spinale et par des fibres d'origine sympathique. Au point de vue morphologique, on peut caractériser une partie des structures sympathiques que l'on rencontre dans le système nerveux périphérique des vertébrés supérieurs, de la façon suivante: il s'agit de cordons plasmatiques nucléés (noyaux de Schwann, cellules interstitielles), dans lesquels baignent des fibres amyéliniques très grêles, anastomosées en réseau à mailles tantôt lâches, tantôt serrées; en outre les cordons s'anastomosent entre eux, pour constituer un vaste plexus. C'est à l'ensemble de ces structures syncytiales, que J. BOEKE a donné le nom de *plexus fundamental sympathique* (Sympathischer Grundplexus). Il y a déjà fort longtemps, que des auteurs italiens (CREVATIN 1904, RUFFINI 1905, CECCHERELLI 1908) avaient vu des réseaux sympathiques à l'aide de techniques au chlorure d'or; néanmoins nous devons à des chercheurs plus récents, notamment à BOEKE et à STOEHR jr, une description détaillée de l'innervation sympathique du muscle squelettique et lisse, du tissu conjonctif et graisseux, des glandes et du myocarde. BOEKE a démontré par des expériences nombreuses de section et dégénérescence des nerfs spinaux et crâniens, la nature sympathique du plexus fondamental; celui-ci est formé par des fibres post-ganglionnaires partant des ganglions sympathiques centraux ou périphériques.

Les cordons plasmatiques, qui, en s'anastomosant, forment le plexus fondamental sympathique, présentent, sur des imprégnations à l'argent, une structure nettement réticulaire, et sont parfois même constitués par une *rangée d'anneaux en*

*chaîne*. C'est là une disposition très caractéristique, qui est visible, non seulement sur des imprégnations à l'argent, mais aussi sur des colorations vitales au bleu de méthylène (LEEUE 1937) et sur des préparations au chlorure d'or. Malgré cela, quelques auteurs (NAGEOTTE 1938, SCHIMERT 1938, etc.), en défendant la théorie classique du neurone indépendant, ont attribué à un artefact les images obtenues par le nitrate d'argent. Il se peut que le plasma nerveux, fixé et imprégné, ne présente pas les mêmes propriétés que le plasma vivant. La coloration vitale au bleu de méthylène, cependant, en nous montrant des réseaux sympathiques sur un tissu non fixé, nous donne la garantie que les structures observées sur des imprégnations ne s'éloignent pas sensiblement de l'état vivant. Quoi qu'il en soit, sur un point nous sommes fixés: c'est que partout dans les tissus, où nous réussissons par une technique appropriée à mettre en évidence des cordons plasmatiques réticulaires à caractères bien définis, il se trouvait *in vivo* un plasma nerveux d'origine sympathique, comme les expériences de section et dégénérescence le prouvent.

En considérant les rapports entre le plexus fondamental sympathique et le tissu innervé, il y a lieu de se demander si le réseau nerveux entre en liaison *directe* avec le plasma des cellules innervées, ou bien s'il les *entoure* seulement. A priori, les deux possibilités nous paraissent admissibles, car nous savons que les éléments nerveux terminaux libèrent certaines substances qui peuvent agir sur des plasmas vivants avec lesquels ils ne sont pas en contact direct. Sur ce point très délicat, les avis sont partagés: d'une part BOEKE décrit sous le nom de *réseau périterminal* une liaison directe entre plexus fondamental sympathique et plasma des cellules innervées; d'autre part, STEFANELLI (1937) et PENSA (1936) nient cette disposition, en l'attribuant à un artefact. Pour le moment, il nous est possible de constater sur des préparations bien imprégnées l'existence de cette formation intermédiaire; nous ne pouvons pas, cependant, préciser dans quelle mesure une pareille disposition se vérifie *in vivo*, en remarquant qu'elle n'est pas nécessaire pour expliquer l'action de l'élément nerveux sur le tissu innervé.

Pour terminer ces quelques données sur la morphologie générale du sympathique périphérique, il nous faut noter que STOEHR jr décrivait autrefois un *Terminalreticulum* comparable à l'*Allgemeines Grundnetz* de HELD; c'est-à-dire un voile réticulé très fin entourant et dépassant les cellules dans toutes les directions, *sans limites définies*. A cette conception, admise

encore par quelques auteurs, s'oppose celle de BOEKE qui, sous le nom de plexus fondamental sympathique, entend des cordons plasmatiques réticulaires, à *limites latérales bien nettes*, qui entrent en rapport avec les cellules innervées à l'aide d'un élément intermédiaire, le réseau pérterminal.

Le rôle de l'innervation sympathique que nous venons de décrire varie naturellement suivant les tissus; d'une façon générale, on lui attribue une *fonction efférente régulatrice (ou trophique)*. Mais c'est à la physiologie d'interpréter dans chaque cas les données morphologiques sur lesquelles ses théories doivent s'appuyer.

\* \* \*

Il a paru un grand nombre de travaux sur l'innervation du myocarde et du faisceau de His chez les mammifères; cependant les renseignements sur une innervation sympathique dans le sens que nous venons de préciser, sont extrêmement rares. En effet, à part FUKUTAKE (1925), qui pose la question d'une double innervation du myocarde, sans d'ailleurs la résoudre, c'est seulement dans la V. Innervationsstudie de BOEKE (1933), que nous avons trouvé une description et surtout des dessins de formations réticulaires sympathiques dans le myocarde. Au contraire, plus récemment, SCHIMERT (1937), dans un travail sur l'innervation du cœur, soulignait qu'il n'avait jamais observé des fibres sympathiques ayant le caractère d'un réseau.

Nous n'avons trouvé aucune documentation sur une innervation sympathique par cordons plasmatiques réticulaires nucléés (plexus fondamental) du tissu spécifique du cœur, et en particulier du faisceau de His des mammifères.

Un autre point demande à être élucidé: c'est la question des *cellules interstitielles* dans le faisceau de His. Nous possédons des études très documentées sur ces éléments du système nerveux périphérique en ce qui concerne le tube digestif (CAJAL 1894, LAWRENTJEW 1926, BOEKE 1933, OTTAVIANI e CAVAZZANA 1939), le stroma de l'iris (BOEKE 1936), le sinus carotidien (MEIJLING 1938), la gaine du poil (PIDOUX 1940); il ne semble pas que des cellules interstitielles aient été observées en rapport avec le faisceau de His.

Pour apporter une contribution à la connaissance de l'innervation du myocarde et du faisceau de His, nous exposons ici quelques données très brèves sur l'innervation de ces deux tissus par des cordons plasmatiques (plexus fondamental sympathique de BOEKE) et sur l'existence de cellules interstitielles dans le faisceau de His.

A la fin de cette introduction, nous tenons à exprimer à M. le Prof. E. LANDAU nos remerciements pour nous avoir inspiré ce travail, et guidé, par ses précieux conseils, à sa réalisation.

\* \* \*

Les recherches ont porté sur des cœurs d'un certain nombre de mammifères: chat, veau, lapin, cobaye et mouton: seuls les résultats obtenus chez ce dernier animal seront mentionnés ici. Le matériel a été fixé pendant une dizaine de jours dans le formol neutre à 50 %. Après avoir essayé plusieurs procédés pour la mise en évidence des fibres nerveuses, nous avons adopté la méthode de BIELSCHOWSKY modifiée par AGDUHR (1930); on obtient ainsi une imprégnation très homogène du centre à la périphérie de la pièce, et toute trace de précipité est évitée. La solution de nitrate d'argent à 3 % a été renouvelée dès qu'elle apparaissait trouble. C'est surtout le lavage avant la réduction qui demande une détermination pour chaque tissu, car de sa durée dépend en partie l'intensité de l'imprégnation. Nous avons obtenu de bons résultats sur le cœur par un lavage de trois heures et en réduisant ensuite par le formol à 20 % ou par le glucose. L'inclusion à la paraffine se fait comme d'habitude, et on coupe à une épaisseur variable de 3 à 20 microns, suivant que l'on veut étudier des détails cytologiques, ou bien examiner l'allure générale des fibres nerveuses. Les coupes déparaffinées sont portées dans un bain acide au chlorure d'or et ensuite légèrement colorées à l'hémalum. Cette méthode permet une économie de temps et de réactifs considérable, l'imprégnation s'effectuant en bloc; cependant, comme toutes les méthodes de ce genre, elle est très capricieuse, ce qui revient à dire qu'elle est influencée par des facteurs que nous ne pouvons pas encore déterminer; de ce fait, on obtient parfois des séries dans lesquelles les fibres nerveuses ne sont pas suffisamment imprégnées.

Les dessins qui sont reproduits ici ont été exécutés à la chambre claire: ils sont une représentation fidèle des structures nerveuses visibles au microscope avec obj. Zeiss à imm. 2 mm et ocul. comp. 20 ×.

\* \* \*

Les réseaux sympathiques ont échappé à une partie des chercheurs, parce qu'il faut obtenir une imprégnation particulièrement heureuse pour les étudier: même sur des préparations où la mise en évidence des fibres cérébro-spinales avec leurs terminaisons a été excellente, on n'observe souvent aucune trace de réseaux sympathiques. Mais, dès qu'ils sont bien

imprégnés et que l'œil s'est habitué à les voir, on est frappé par la netteté avec laquelle ils apparaissent et par leur abondance dans le myocarde des mammifères.

La forme la plus simple d'un réseau sympathique est présentée sur la fig. 1, où l'on voit un cordon plasmatique qui contient des fibres amyéliniques très fines, pourvues de nombreuses nodosités et anastomoses; un noyau de Schwann, allongé et pâle, accompagne la formation. Il faut souligner que nous ne trouvons pas dans le myocarde un réseau continu dans toutes les directions, comparable à l'*Allgemeines Grundnetz* de HELD; nous voyons plutôt des réseaux inclus dans des cordons plasmatiques nucléés, dont la largeur est sensiblement constante. Ceci nous paraît exclure qu'il s'agisse d'une imprégnation partielle d'un réseau continu.

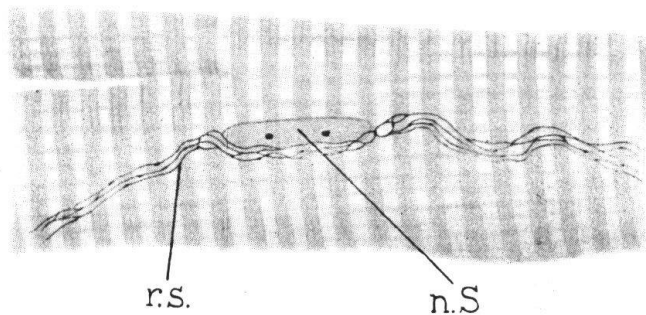


FIG. 1. — Réseau de fibres sympathiques (r. s.) dans le myocarde. Un noyau de Schwann (n. S.) est en rapport avec le cordon plasmatique. Méthode Bielschowsky.

De tels cordons plasmatiques ont le plus souvent une direction presque parallèle aux fibres musculaires; ils peuvent cependant les croiser obliquement ou perpendiculairement. Les espaces intermusculaires du cœur sont aussi traversés par le plexus fondamental sympathique dont les réseaux ne se confondent jamais avec les fibres du tissu conjonctif (réticuline). Ce point, qui est d'importance fondamentale, a été contesté par NONIDEZ (1937), qui a identifié les réseaux sympathiques avec la réticuline. Il faut remarquer à ce propos, que, lorsque l'imprégnation n'a pas été élective pour les éléments nerveux, on voit apparaître sur les coupes les fibres et fibrilles du tissu conjonctif; cependant, ce fait étant connu depuis que l'on imprègne à l'argent, on élimine de telles préparations, pour se borner à l'étude de celles où seules les fibres nerveuses sont apparentes. NONIDEZ au contraire a, de son propre aveu, étudié et dessiné des imprégnations non électives pour le tissu ner-

veux, et de ce fait il n'a pas pu discriminer les fibres nerveuses des fibres conjonctives. On peut dire d'une façon générale que le danger de confondre le tissu nerveux avec le tissu conjonctif n'existe que sur des imprégnations mal réussies, surtout si l'on ne tient pas compte des différences essentielles dans la structure des deux formations.

Le plexus fondamental sympathique constitue un système d'innervation *en plus* des fibres nerveuses non anastomosées en réseau; ainsi nous voyons souvent les deux types de fibres suivre le même trajet ou se croiser.

Les rapports du plexus fondamental sympathique avec les vaisseaux sanguins sont aussi très intéressants. Il faut avant tout noter que les réseaux sympathiques n'apparaissent point comme une annexe du système vasculaire; bien au contraire, les cordons plasmatiques ont, dans la plupart des cas, un trajet tout à fait indépendant des capillaires, comme on peut le constater en examinant des coupes sériées. Cependant, nous avons vu maintes fois des réseaux sympathiques s'accoler et innerver soit des artères ou des veines, soit des capillaires. Il faudrait plusieurs dessins pour illustrer l'innervation sympathique des vaisseaux du cœur: il nous suffit ici d'y faire allusion et de remarquer que sur les fig. 2, 3 et 5 on voit des fibres sympathiques entrer en rapport avec des capillaires sanguins.

Comme nous l'avons déjà dit, les cordons plasmatiques nucléés s'anastomosent entre eux pour former un vaste *plexus fondamental sympathique* (BOEKE). Les endroits où l'anastomose se fait, sont parfois particulièrement intéressants, car on peut y surprendre des rapports très étroits avec l'élément musculaire. Par exemple, on constate sur la fig. 2 que trois cordons réticulaires donnent lieu, en s'anastomosant, à une sorte d'expansion qui repose directement sur la fibre musculaire. D'autres détails intéressants sont visibles sur ce dessin, notamment l'arrangement *en chaîne* des anneaux qui sont ici très caractéristiques, et quelques noyaux de Schwann en rapport avec le réseau sympathique. Pour une interprétation fonctionnelle de pareilles expansions, nous avons le choix entre deux possibilités: d'une part on peut admettre que le réseau sympathique, différent en cela d'une fibre cérébro-spinale, ne présente pas une portion conductrice de l'excitation et une partie terminale où s'opère la transmission de l'influx nerveux à l'élément innervé, mais *qu'il est partout actif* et que tout le long de son parcours il se met en liaison nerveuse avec tous les éléments qu'il rencontre; d'autre part on peut admettre que

les cordons plasmatiques étroits, dans lesquels le réseau sympathique semble replié sur lui-même (fig. 1), sont une partie conductrice de l'influx, tandis que la transmission à l'élément innervé s'opère *seulement* au niveau des expansions (fig. 2), où les mailles deviennent plus lâches et reposent directement sur le muscle. Dans les deux cas, cependant, il s'agit d'une innervation *plexiforme*, c'est-à-dire dans laquelle chaque élément n'est pas innervé séparément, mais toutes les cellules du tissu innervé reçoivent des filets de la même formation. Ce type de distribution, que l'on rencontre aussi parmi les muscles lisses, les errecteurs des poils et ceux des vaisseaux (BOEKE), diffère essentiellement de l'innervation *individuelle*, — que

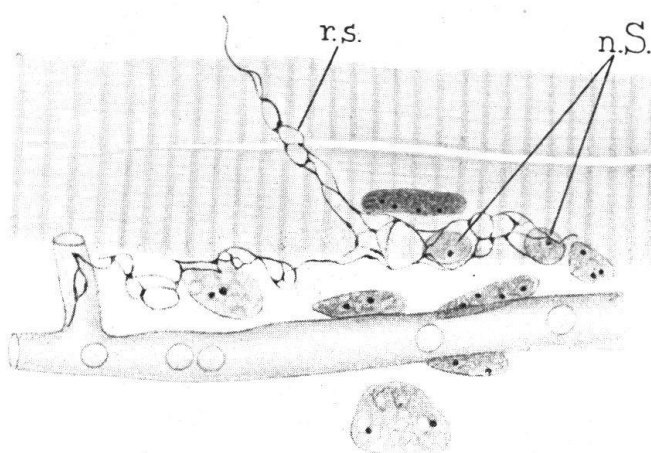


FIG. 2. — Réseau de fibres sympathiques (r.s.) accompagné par deux noyaux de Schwann (n.S.) dans le myocarde. Méthode Bielschowsky.

l'on trouve, par exemple, dans les muscles squelettiques, — par des fibres cérébrospinales.

Sur un certain nombre de préparations, nous avons rencontré une grande variété dans la forme des réseaux sympathiques et dans leurs rapports avec le myocarde; nous avons été frappé surtout par le fait qu'il y a un *nombre limité* de types de réseaux à caractères bien définis, qui se répètent toujours; il se peut que ces différences aient une signification soit au point de vue origine, soit au point de vue fonctionnel.

Mieux qu'une longue description, la fig. 3, reproduite exactement d'après une préparation de 10 microns, montre l'aspect histologique de l'innervation sympathique du myocarde; toutes les caractéristiques du plexus fondamental que nous avons mentionnées y sont visibles.

Nous avons ainsi terminé ces quelques observations sur



l'innervation par réseaux sympathiques du myocarde des mammifères. Nous confirmons en plusieurs points la seule description antérieure que nous avons pu repérer: celle de BOEKE (1933). En ce qui concerne la description de SCHIMERT (1937), de fibres nerveuses parallèles ou entrecroisées, mais qui ne s'anastomosent pas en réseau comme dans le plexus fondamental de BOEKE, elle nous paraît juste, et nous avons aussi rencontré souvent une pareille disposition. Seulement, *en plus*

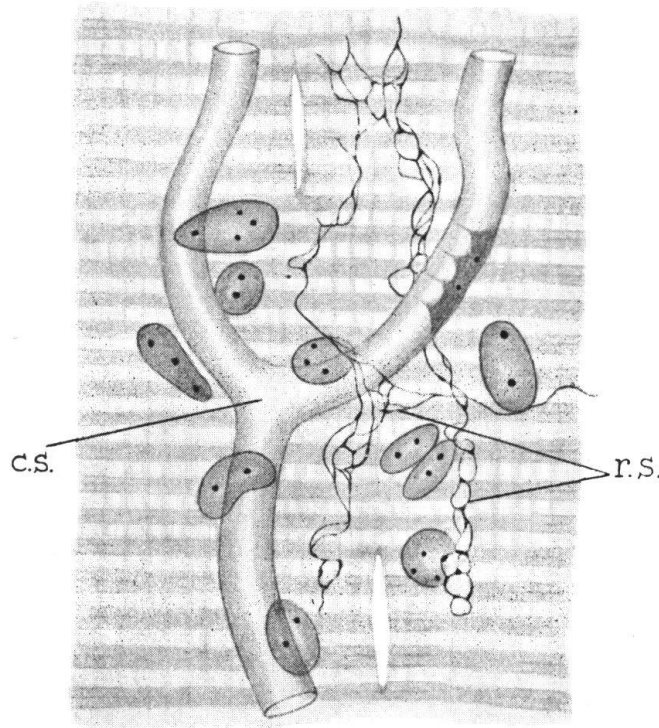


FIG. 3. — Réseau de fibres sympathiques (r. s.) en rapport avec le myocarde et avec un capillaire sanguin (c. s.). A noter la forme caractéristique des anneaux en chaîne. Coupe de 10 microns. Méthode Bielschowsky.

*de cela*, nous avons observé des cordons plasmatiques nucléés, renfermant un fin réseau sympathique dans lequel les anastomoses nous sont apparues évidentes.

\* \* \*

Nous n'avons trouvé aucune indication concernant l'innervation du faisceau de His par le plexus fondamental sympathique; il s'agissait donc de pouvoir ajouter encore un tissu, — le tissu spécifique cardiaque — au nombre de ceux dont on a démontré histologiquement une innervation par le *plexus fondamental sympathique*.

Le faisceau de His chez les mammifères est entouré par une gaine conjonctive richement innervée, non seulement par des terminaisons sensibles de fibres cérébro-spinales, mais aussi par des cordons plasmatiques renfermant des réseaux sympathiques, comme nous l'avons déjà signalé pour les espaces intermusculaires du myocarde. Ici aussi, les réseaux sympathiques se distinguent toujours très nettement du tissu conjonctif, et on peut suivre les cordons plasmatiques nucléés sur des longueurs parfois considérables.

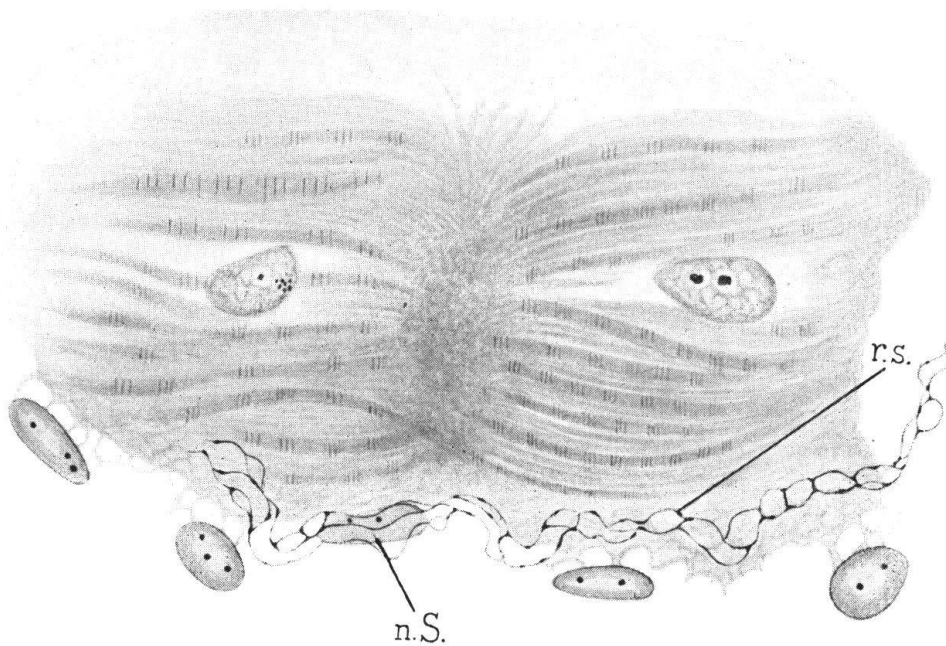


FIG. 4. — Réseau de fibres sympathiques (r. s.) formant un cordon plasmatique pourvu d'un noyau de Schwann (n. S.) dans le faisceau de His. Méthode Bielschowsky.

Sur la fig. 4, nous présentons un cordon du plexus fondamental sympathique, qui chemine entre les fibres de Purkinje, à une certaine profondeur dans le faisceau de His. Il s'agit ici de la même formation que nous avons examinée dans le myocarde; le plasma nucléé contenant le réseau sympathique renferme aussi un noyau de Schwann. On trouve de pareilles formations très fréquemment à l'intérieur du faisceau de His et les cordons plasmatiques suivent parfois des trajets compliqués.

Nous avons pu observer sur nos préparations une liaison plus intime entre le plexus fondamental sympathique et les fibres de Purkinje, à l'aide du *réseau pérterminal* de BOEKE.

La signification de cette formation intermédiaire, que l'on rencontre sur des imprégnations à l'argent, a déjà été discutée; nous n'y reviendrons pas, et nous nous bornerons à décrire ce que nos préparations nous montrent. Dans la fig. 5, nous avons représenté une partie du faisceau de His, avec un capillaire sanguin et le plexus fondamental sympathique. Le réseau contenu dans le cordon plasmatique forme ici une expansion dans laquelle les mailles sont assez lâches et adhèrent à la cellule, sans qu'aucun élément conjonctif soit interposé. Les fibres amyéliniques qui forment ce réseau présentent des varicosités caractéristiques et sont fortement colorées sur la préparation. En plus de cela, on voit au très fort grossisse-

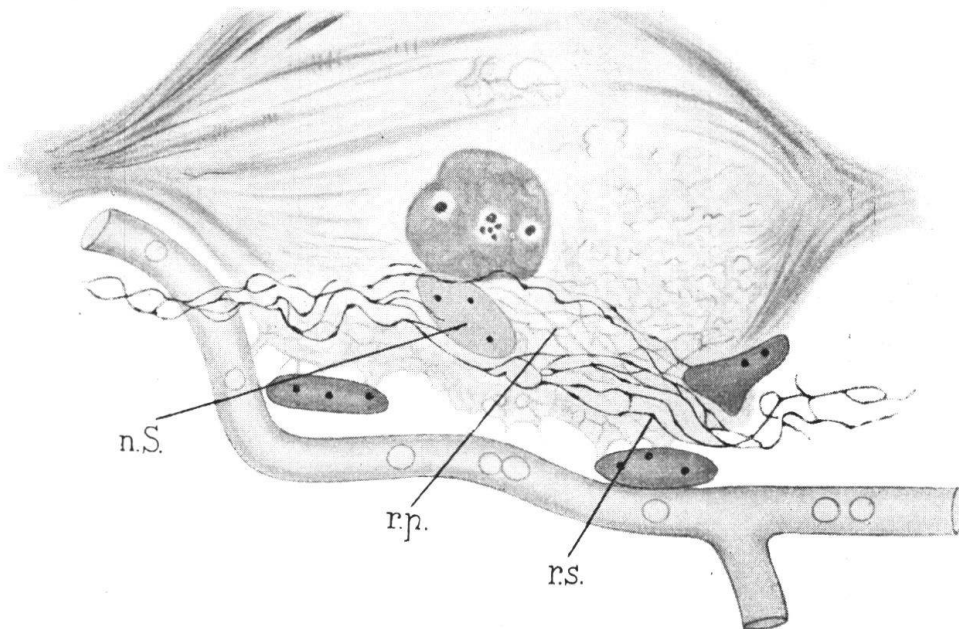


FIG. 5. — Innervation du faisceau de His par un réseau de fibres sympathiques (r. s.) qui entrent en rapport avec une fibre de Purkinje à l'aide du réseau pérterminal (r. p.). On note un noyau de Schwann allongé et pâle (n. S.). Méthode Bielschowsky.

ment, un *réseau plus fin, plus pâle et plus régulier* qui paraît établir une continuité entre le plexus fondamental sympathique et le plasma de la cellule: c'est le *réseau pérterminal* de BOEKE.

Nous avons ainsi terminé la description de l'innervation sympathique, dans le sens défini au début de cette étude, du tissu spécifique du cœur.

\* \* \*

On rencontre dans le système nerveux périphérique des éléments cellulaires traversés par des fibres nerveuses: on les nomme *cellules interstitielles*, et il existe plusieurs hypothèses sur leur nature. Suivant les auteurs, on les a considérées tantôt comme cellules ganglionnaires périphériques (CAJAL 1894), tantôt comme cellules conjonctives (DOGIEL 1895), tantôt comme lemnoblastes de même provenance que les noyaux de Schwann (STOEHR jr 1937). Nous ne voulons pas discuter ici ce problème: il nous suffit de signaler que le tissu spécifique du cœur présente des cellules interstitielles ayant le caractère

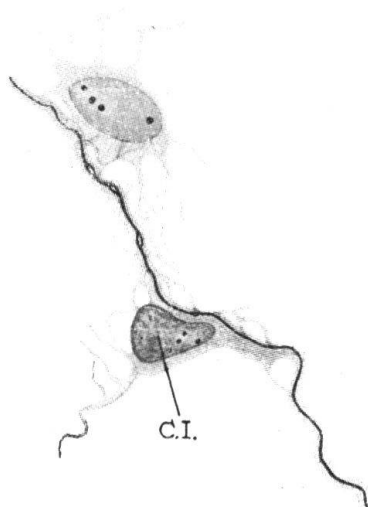


FIG. 6. — Cellule interstitielle dans le faisceau de His. Le noyau (c. i.) ne suggère pas une provenance nerveuse, et les prolongements de la cellule engainent la fibre nerveuse sur une certaine longueur. Méthode Bielschowsky.

d'un fibroblaste traversé par des fibres nerveuses en situation *intracytoplasmique*, comme on en a décrites dans le stroma de l'iris (BOEKE 1933). Nous en avons dessiné un exemple dans la fig. 6, qui montre aussi que le cytoplasme de la cellule interstitielle se continue sous forme de *gaine* autour de la fibre nerveuse sur une longueur considérable. L'aspect du noyau ne suggère pas une provenance nerveuse. En tout cas, nos préparations nous ont montré que des *cellules interstitielles*, comparables à celles déjà décrites dans d'autres tissus, existent aussi au niveau du tissu spécifique du cœur.

\* \* \*

Résumé: par l'étude de nos préparations, nous avons pu confirmer les constatations de BOEKE (1933) concernant l'existence d'un plexus fondamental sympathique dans le myocarde;

en outre, nous avons pu prouver que cette même formation innerve aussi le tissu spécifique du cœur au niveau du faisceau de His, et que ce dernier présente des cellules interstitielles.

*Lausanne, Laboratoire d'histologie, août 1941.*

---

### Bibliographie.

- AGDUHR, E., 1930: *Anat. Anz.* 69. — BOEKE, J., 1924: *Proc. roy. Acad. Sci. Amsterd.* 27. — Id., 1933-1939: *Innervationsstudien I-V. Z. mikrosk.-anat. Forsch.* 33-46. — CAJAL, S. R., 1911: *Hist. d. syst. nerv.* 2. — CECCHERELLI, G., 1908: *Intern. Mschr. f. Physiol. u. Anat.* 25. — CREVATIN, S. V., 1904: *Mem. d. R. Accad. dell'Ist. d. Bologna*, Ser. 5, 10. — DOGIEL, A. S., 1895: *Anat. Anz.* 10. — FUKUTAKE, K., 1925: *Z. Anat. Abt. I*, 76. — LAWRENTJEW, B. J., 1926: *Z. mikrosk.-anat. Forsch.* 6. — LEEUWE, H., 1937: Utrecht. — MEIJLING, H. A., 1938: *Act. Neederl. Morph. norm. e. path.* 1. — NAGEOTTE, J., 1938: *Anat. Anz.* 87. — NONIDEZ, J. F., 1936: *Anat. Anz.* 82. — Id., 1937: *ibidem* 84. — OTTAVIANI, G. et CAVAZZANA P., 1939: *Arch. ital. anat. e embr.* 43. — PENSA, A., 1936: *Monit. zool. ital.*, Suppl. 47. — PIDOUX, Y., 1940: *Bull. Hist.* 17. — RUFFINI, A., 1905: *Rev. gén. Hist.* 9. — SCHIMERT, O., 1937: *Z. Zellforsch.* 27. — Id., 1938: *Z. mikrosk.-anat. Forsch.* 44. — STEFANELLI, A., 1937: *Z. Zellforsch.* 28. — STOEHR, Ph. jr, 1937: *Z. Zellforsch.* 27.
-