

La sensibilité récurrente des racines rachidiennes antérieures *

par le Pr Yves LAPORTE **

Laboratoire de Neurophysiologie, Collège de France

L'histoire de la découverte de la sensibilité récurrente des racines rachidiennes antérieures par Magendie (1822, 1839, 1847) ainsi que les difficultés de sa mise en évidence sont décrites.

La sensibilité récurrente a été également démontrée chez l'homme au cours d'interventions neurochirurgicales. Des études électro-physiologiques récentes confirment le trajet récurrent dans les racines antérieures de certaines fibres afférentes et précisent leur nature (fibres myélinisées fines et fibres amyéliniques). L'origine périphérique de ces fibres n'est pas connue.

C'est en 1822 que François Magendie, dans une note exemplaire par sa concision et sa clarté, décrit les premières expériences démontrant que les racines antérieures et postérieures des nerfs rachidiens n'ont pas les mêmes fonctions. Il rapporta qu'après avoir sectionné, chez un jeune chien, les racines postérieures lombaires et sacrées d'un seul côté, le membre correspondant aux nerfs coupés était devenu complètement insensible, mais qu'à sa « grande surprise il le vit se mouvoir d'une manière très apparente ». Réussissant ensuite à sectionner, sur un autre animal, les racines antérieures lombaires et sacrées d'un seul côté, en laissant intactes les racines postérieures, il observa que le membre était complètement « immobile et flasque

* Communication présentée à la séance du 19 novembre 1983 de la Société française d'histoire de la médecine.

** Laboratoire de Neurophysiologie, Collège de France, place Marcellin-Berthelot, 75231 Paris Cedex 05.

tandis qu'il conservait une sensibilité non équivoque ». Prudemment, il conclut que « les racines postérieures paraissent plus particulièrement destinées à la sensibilité, tandis que les antérieures semblent plus spécialement liées avec le mouvement ».

Dans une seconde note, publiée également en 1822 dans le journal qu'il avait créé (*Journal de Physiologie expérimentale et pathologique*), Magendie rapporta les effets de l'excitation des racines par des stimulus mécaniques (pincement, piqûre, tiraillement) ou électriques (courant galvanique). Il nota que les réactions douloureuses provoquées par l'excitation des racines postérieures étaient presque toujours accompagnées par des contractions musculaires et que les contractions musculaires résultant de l'excitation des racines antérieures pouvaient être accompagnées par des réactions de l'animal montrant que ces racines possédaient un certain degré de sensibilité. Ces faits lui parurent « établir que le sentiment n'est pas exclusivement dans les racines postérieures non plus que le mouvement dans les antérieures ». Ces observations, bien qu'elles ne fussent pas nécessairement en contradiction avec celles que Magendie avait décrites dans sa première note, conduisirent beaucoup de ses lecteurs à croire qu'il avait changé d'opinion. Elles contribuèrent, d'ailleurs, à affaiblir sa position dans la longue controverse qui devait l'opposer à Bell quant à la priorité de la démonstration expérimentale de la différence de fonction des racines rachidiennes. Fort justement, tous les auteurs modernes l'attribuent sans réserve à Magendie, notamment Olmsted (1944) et Cranefield (1974), dans l'ouvrage duquel sont reproduits la plupart des notes et articles se rapportant à cette controverse.

Les mouvements que Magendie avait observés après stimulation de racines postérieures intactes étaient certainement des mouvements réflexes et l'on peut regretter qu'il n'ait pas poursuivi leur analyse, laissant à d'autres — notamment à Marshall Hall — le mérite de découvrir l'activité réflexe de la moelle épinière. Par contre, il s'attacha à étudier les manifestations de sensibilité des racines antérieures qu'il appela successivement « sensibilité en retour » (1839) et « sensibilité récurrente » (1847) parce que chaque racine antérieure reçoit sa sensibilité de la racine postérieure correspondante. En effet, après section d'une racine postérieure, la stimulation de la racine antérieure correspondante n'est plus algogène.

Pas moins de vingt-cinq ans s'écoulèrent entre la première allusion à cette sensibilité et la note présentée par Magendie à l'Académie des sciences en 1847, qui fut apparemment déterminante pour convaincre les physiologistes de la réalité du phénomène (voir Flourens, 1858). C'est qu'entre temps la sensibilité récurrente des racines ventrales avait connu bien des vicissitudes. En effet, après l'avoir démontrée au cours de leçons données au Collège de France en 1839 et décrite dans une communication à l'Académie des sciences de la même année, Magendie n'arrivait plus à la mettre en évidence (comme d'ailleurs d'autres physiologistes, en particulier Longet, qui reçut un prix de l'Académie des sciences pour un travail dans lequel il affirmait que la sensibilité récurrente n'existait pas, et même Claude Bernard).

Magendie et Claude Bernard (ce dernier consacra plusieurs leçons à la sensibilité récurrente dans son ouvrage sur la physiologie et la pathologie

du système nerveux [1858]) comprirent plus tard que la condition générale de l'animal au moment de la stimulation des racines était déterminante. Une laminectomie intéressant plusieurs vertèbres et pratiquée dans les conditions qui prévalaient à cette époque, c'est-à-dire sans anesthésie, entraînant généralement une hémorragie importante, mettait l'animal dans un état que nous appellerions aujourd'hui de choc post-opératoire. Dans ces conditions, la stimulation de la racine antérieure de l'animal, pas plus d'ailleurs que la section de la peau, ne provoquait de réactions ; celles dues à la stimulation de la racine postérieure persistaient encore, probablement à cause du nombre très important de fibres afférentes mises en jeu. Aussi, Magendie (1847) fut-il conduit à recommander, pour observer la sensibilité récurrente, de ne découvrir la moelle épinière que d'un seul côté et seulement sur l'étendue d'une ou deux vertèbres, et d'attendre quelques heures après la laminectomie pour que la condition générale de l'animal puisse s'améliorer.

Claude Bernard qui, en 1839, avait suivi au Collège de France les cours où Magendie démontrait la sensibilité récurrente, se rappela d'ailleurs que l'expérience était préparée tôt le matin et que ce n'était que « dans l'amphithéâtre après avoir laissé reposer l'animal qu'on interrogeait la sensibilité des racines antérieures » (les cours de Magendie avaient lieu à 11 heures). Claude Bernard, frappé par les difficultés rencontrées pour démontrer la sensibilité récurrente, la donna même en exemple dans sa célèbre *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, pour illustrer le principe du déterminisme expérimental ; ce principe qui n'admet pas d'effets contradictoires et qui conduit à rechercher les différences dans les conditions expérimentales qui font que l'on observe ou non un phénomène.

La démonstration expérimentale par Magendie et Claude Bernard de la sensibilité récurrente des racines rachidiennes repose sur les faits suivants :

— la stimulation du bout distal d'une racine antérieure sectionnée en son milieu est algogène à condition que la racine postérieure correspondante soit intacte ; la section de la racine postérieure fait disparaître la douleur consécutive à cette stimulation ;

— la sensibilité de la racine antérieure disparaît également si le nerf spinal résultant de la fusion des racines antérieures et postérieures est sectionné quelques millimètres au-delà du pôle distal du ganglion ce qui, pour Magendie (1839), montrait « que la sensibilité fournie par la racine postérieure à l'antérieure se transmet dans un point plus éloigné » ;

— la stimulation du bout central d'une racine antérieure n'est pas algogène. Cette dernière observation est surprenante pour les neurophysiologistes contemporains, car l'on sait depuis plusieurs années qu'un nombre appréciable de fibres amyéliniques ayant leur corps cellulaire dans le ganglion rachidien pénètrent dans la moelle épinière par les racines ventrales(1) (voir la revue de Coggeshall, 1980), ce qui constitue en fait la seule véritable

(1) Les termes racines « ventrales » et « dorsales » ont respectivement remplacé les termes « antérieurs » et « postérieurs », chez les animaux dont la moelle épinière est horizontale.

exception à la loi de Bell-Magendie. Néanmoins, elle s'accorde bien avec les difficultés éprouvées par les expérimentateurs contemporains, pour mettre en évidence les actions réflexes dues à la stimulation de ces fibres amyéliniques (voir Voorhoeve, 1982).

La sensibilité récurrente des racines antérieures a également été démontrée chez l'Homme. En effet, il a été constaté au cours d'interventions neurochirurgicales, que la stimulation mécanique des racines antérieures est algogène et que la sensation douloureuse disparaît après anesthésie locale des racines postérieures correspondantes. La stimulation thermique d'une racine antérieure à l'aide d'une thermode chauffée à 50° est également algogène, ce qui, par analogie avec ce que Von Euler (1947) a observé chez le Chat, montre que les fibres dont la stimulation engendre cette douleur sont des fibres myélinisées fines du groupe A δ et des fibres amyéliniques. Le refroidissement de la racine qui active au contraire les fibres de gros diamètre n'est pas algogène. D'ailleurs, la stimulation électrique des racines ventrales avec des stimulus d'intensité trois fois plus forte que le seuil des fibres motrices α , c'est-à-dire très au-dessous du seuil des fibres myélinisées fines et des fibres amyéliniques, n'engendre pas de douleur (Frykholm et al., 1953).

Quelle pourrait être la disposition anatomique qui rende compte de la sensibilité récurrente des racines ventrales ? L'hypothèse la plus simple est que certaines fibres afférentes (c'est-à-dire les prolongements distaux des cellules en T situées dans les ganglions rachidiens) feraient un détour dans les racines ventrales.

Cette hypothèse paraît être confirmée par les récentes observations électrophysiologiques de C. Hunt et Y. Laporte faites sur les racines rachidiennes du Chat. La stimulation de racines dorsales sectionnées préalablement au voisinage de leur entrée dans la moelle par des chocs électriques uniques, à condition qu'ils soient assez intenses pour activer les fibres A δ et surtout les fibres amyéliniques C, fait apparaître dans de nombreux filaments obtenus par dissociation de racines ventrales correspondantes une succession de potentiels d'action de faible amplitude. Le fait qu'il soit nécessaire d'utiliser un moyenneur électronique pour les déceler et que leurs temps de latences soient très longs indique que la plupart de ces potentiels sont conduits par des fibres amyéliniques. La section du nerf spinal au voisinage immédiat du pôle distal du ganglion rachidien fait disparaître ces potentiels, tandis que les sections faites à quelques millimètres du pôle laissent persister un certain nombre de ces potentiels dans la plupart des filaments de racines ventrales. Ceci suggère qu'avant d'effectuer un détour dans les racines ventrales, certains prolongements distaux des cellules en T (fibres afférentes) cheminent pendant quelques millimètres dans les nerfs spinaux.

L'origine de ces fibres afférentes algogènes et la nature des récepteurs qui les activent ne sont pas connus. Néanmoins, une observation due à un neurophysiologiste (J. Hyde), faite au cours d'une intervention neurochirurgicale pratiquée sur elle-même à cause d'une sévère névralgie cervico-brachiale, suggère qu'elles ont une origine musculaire (Frykholm et al., 1953). En effet, au cours de l'intervention (qui montra que le nerf spinal C8,

entouré par un manchon fibreux, était soumis à une friction permanente sur l'os au niveau du trou vertébral), les racines dorsales et ventrales C8 furent stimulées mécaniquement, avec l'assentiment de la patiente. La stimulation de la racine ventrale entraîna une douleur diffuse, profonde, térébrante et sourde dans les muscles de l'épaule. Cette sensation contrastait avec celles que produisit la stimulation mécanique de la racine dorsale, perçue comme une décharge rapide, comparable à celle due à un fort courant électrique et qui irradiait de l'épaule vers le bras, l'annulaire et l'auriculaire. L'application de procaine à la racine dorsale C8 fit disparaître la douleur provoquée par la stimulation de la racine ventrale.

En conclusion, si la réalité de la sensibilité récurrente des racines ventrales, originellement décrite par Magendie, ne peut être aujourd'hui mise en doute, des incertitudes persistent sur le trajet exact des fibres afférentes dont la stimulation est responsable de cette sensibilité. L'origine (musculaire, cutanée ou articulaire) de ces fibres ainsi que la nature des récepteurs qui les activent restent également à déterminer.

BIBLIOGRAPHIE

- BERNARD Cl. — « Leçons sur la physiologie et la pathologie du système nerveux », Baillière et fils, Paris, 1858.
- COGGESHALL R. — « Law of separation of function of the spinal roots », *Physiol. Rev.*, 60, 716-755, 1980.
- CRANEFIELD P. — « The way in and the way out », Futura, New York, 1974.
- EULER C.V. — « Selective responses to thermal stimulation of mammalian nerves », *Acta Physiol. Scand.*, 14, suppl. 45, 1947.
- FLOURENS P. — « Eloge historique de François Magendie », Garnier Frères, Paris, 1858.
- FRYKHOLM R., HYDE J., NORLEN G. and SKOGLUND C. — « On pain sensations produced by stimulation of ventral roots in Man », *Acta Physiol. Scand.*, 29, suppl. 106, 1953.
- MAGENDIE F. — « Expériences sur les fonctions des racines des nerfs rachidiens », *J. Physiol. Exp. Pathol.*, 2, 276-279, 1822.
- MAGENDIE F. — « Expériences sur les fonctions des racines des nerfs qui naissent de la moelle épinière », *J. Physiol. Exp. Pathol.*, 2, 366-371, 1822.
- MAGENDIE F. — « Leçons sur les fonctions et les maladies du système nerveux », Baillière et fils, Paris, 1839.
- MAGENDIE F. — « Quelques nouvelles expériences sur les fonctions du système nerveux », *C.R. Acad. Sc.*, 8, 865-867, 1839.
- MAGENDIE F. — « Note sur la sensibilité récurrente », *C.R. Acad. Sc.*, 14, 1030-1135, 1847.
- OLMSTED J. — « François Magendie, pioneer in experimental physiology and scientific medicine in XIX Century France », in *Schuman's. New York*, 1944, p. 93-122.
- VOORHOEVE P.E. et ZWAAGSTRA B. — « Effets centraux par afférences nociceptives ventrales », *J. Physiol. Paris*, 78, 27 A, 1982.

