

DEUXIÈME PARTIE

PHYSIOLOGIE DE L'APPAREIL LOCOMOTEUR

L'appareil de la locomotion comprend : 1^o les muscles et leurs tendons ; 2^o les os, c'est-à-dire les leviers mis en mouvement par les puissances musculaires ; 3^o les ligaments qui unissent entre elles les différentes pièces du squelette.

Des mouvements dans leurs rapports avec les fonctions du système nerveux. — L'étude des fonctions du système nerveux nous a permis de reconnaître que la plupart des phénomènes qui se passent dans l'organisme animal sont des actes réflexes, ayant leur point de départ dans une impression sensoriale périphérique, qui est transformée, à son tour, en incitation motrice ; celle-ci va mettre en jeu un organe contractile et donne lieu à la production d'un mouvement.

Pour mieux faire comprendre notre pensée, nous allons citer quelques exemples de ces actes réflexes, empruntés aux différentes fonctions que nous étudierons ensuite en détail.

Lorsque l'œil est frappé par un objet extérieur qui nous attire, l'impression visuelle que développe la vue de cet objet est transformée par les centres nerveux en une incitation motrice qui met en activité l'appareil locomoteur. Il en résulte un déplacement du corps vers l'objet, qui a son point de départ dans une impression visuelle. De même, lorsque nous introduisons des aliments dans notre bouche, celle-ci ne tarde pas à être envahie par un flot de salive. L'impression gustative qui résulte du contact de l'aliment avec la muqueuse buccale est réfléchi par les centres nerveux sous forme d'une incitation motrice qui donne lieu à une dilatation des vaisseaux des glandes salivaires, à un afflux plus

considérable de sang dans les glandes, à une transsudation plus abondante de salive à travers les parois de ces vaisseaux. De même encore, quand l'aliment parvient dans l'estomac, l'impression *inconsciente* résultant du contact de l'aliment avec la muqueuse de cet organe est transmise aux centres nerveux et réfléchi par ceux-ci sous forme d'une incitation motrice ; celle-ci donne lieu d'une part à la sécrétion du suc gastrique, d'autre part à des mouvements particuliers des parois de l'estomac, mouvements péristaltiques. Lorsque le sang arrive au contact des parois internes du cœur, il se développe une impression, inconsciente également, qui est transformée par les centres nerveux en une incitation centrifuge ayant pour effet de faire contracter le cœur, qui se vide ainsi de son contenu. — Lorsque le sang veineux chargé d'une quantité suffisante d'acide carbonique arrive en contact avec le *centre respiratoire* situé dans le bulbe, il en résulte une incitation motrice qui met en jeu les muscles inspiratoires, lesquels dilatent la cage thoracique.

CHAPITRE PREMIER

PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES MUSCLES

Les fibres musculaires jouissent de trois propriétés principales, qui sont : la *contractilité*, la *tonicité* et l'*élasticité*. De plus, les muscles, comme tous les tissus vivants, sont le siège de phénomènes nutritifs qui donnent naissance à des dégagements de forces, entre autres à un dégagement d'électricité, *force électro-motrice*, comme cela a lieu également dans le nerf vivant. Avant de passer à l'étude de ces propriétés, jetons un coup d'œil sur l'élément contractile.

Muscles striés et muscles lisses. — Il y a deux espèces de muscles : les *muscles striés*, ou muscles volontaires, et les *muscles lisses*, ou muscles involontaires. Les premiers sont animés par le système nerveux cérébro-spinal, les autres par le grand sympathique.

— Il existe quelques exceptions à cette règle générale : 1^o le cœur,

muscle strié, animé par les nerfs cérébro-spinaux, est un muscle soustrait à la volonté; 2^o la couche musculaire de la vessie, formée de fibres lisses, est animée par les nerfs cérébro-spinaux (nerfs sacrés); aussi est-elle soumise à l'influence de la volonté; 3^o le sphincter pupillaire, formé aussi de fibres lisses, et animé par la troisième paire, est au contraire un muscle involontaire; 4^o des muscles striés, animés par le système cérébro-rachidien, se contractent sans cesse sans le secours de la volonté, et cependant la volonté peut en supprimer le jeu (diaphragme et crico-aryténoïdien postérieur); 5^o la contraction des muscles lisses est volontaire chez certains animaux, comme les gastéropodes.

Les *muscles striés* sont formés de filaments visibles à l'œil nu, *fibrilles musculaires*. Réunies entre elles par du tissu conjonctif, ces fibres, qui paraissent avoir la longueur du muscle, sont composées d'un certain nombre de filaments particuliers, accolés entre eux et dirigés dans le sens de la longueur du muscle: ce sont les *faisceaux primitifs*, composés eux-mêmes d'un certain nombre de fibrilles et d'une enveloppe.

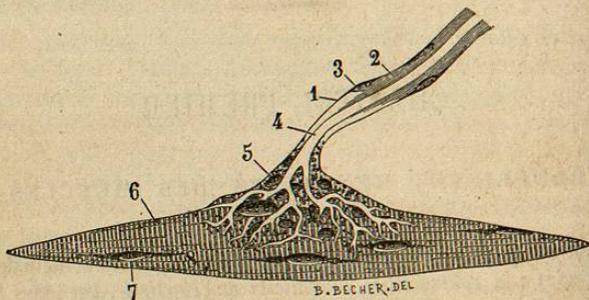


FIG. 36. — Un faisceau primitif de muscle strié en rapport avec son nerf.

1. Enveloppe du tube nerveux. — 2. Myéline. — 3. Noyaux de l'enveloppe. — 4. Cylinder axis ramifié. — 5. Plaque terminale du nerf. — 6. Myolemme. — 7. Noyaux du myolemme.

Le *faisceau primitif* est microscopique; il peut offrir jusqu'à 100 μ de largeur et quatre à cinq centimètres de longueur (Rollet). Son enveloppe, ou *myolemme*, membrane transparente, élastique, parsemée de noyaux, donne au muscle son élasticité. Le contenu, ou *substance musculaire*, présente sur l'animal vivant (sur les muscles d'une patte d'araignée, par exemple) une striation lon-

gitudinale et une striation transversale. Cette dernière prédomine après la mort. Certains réactifs accentuent la striation transversale et produisent la segmentation de la substance musculaire en disques superposés, *disques* de Bowmann; d'autres accentuent la striation longitudinale et divisent la substance musculaire en filaments ou *fibrilles musculaires*.

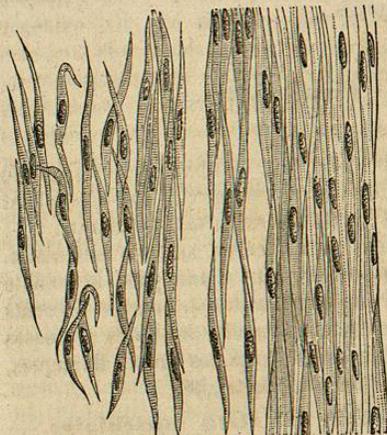


FIG. 37. — Fibres musculaires lisses. Ces fibres sont dissociées à gauche; à droite, elles sont réunies en membrane.

La *fibrille musculaire* est considérée comme l'élément fondamental du tissu musculaire strié. Elle offre des lignes transversales obscures alternant avec des lignes claires. Dans un même faisceau, les lignes obscures de toutes les fibres se correspondent, de même que les lignes claires; d'où il résulte que la striation a le même aspect sur les fibrilles et sur les faisceaux primitifs. Les lignes claires sont plus larges que les lignes obscures ou foncées. Les lignes claires sont divisées en deux parties égales par une mince ligne obscure, de découverte récente, la *strie d'Amici*. Une mince ligne analogue, mais claire, divise en deux parties les portions obscures: c'est la *strie de Hensen*. Enfin, tout dernièrement, Ranvier et Frédéric, de Gand, ont distingué sur les bords de la strie d'Amici deux disques moins foncés, *disques accessoires* de Ranvier; de sorte que chaque portion claire se composerait de cinq petits disques superposés: 1^o disque clair; 2^o disque accessoire; 3^o strie d'Amici; 4^o disque accessoire; 5^o disque clair.

Chaque portion obscure serait formée de trois disques, deux disques foncés séparés par la strie de Hensen.

Les *muscles lisses*, en général disposés sous forme de membranes, sont formés de *fibres-cellules*, c'est-à-dire de fibres courtes et larges, ayant une certaine analogie avec des cellules. L'élément fondamental, la fibre-cellule, est un protoplasma granuleux contractile, sans enveloppe, avec un noyau allongé en forme de bâtonnet. En se plaçant bout à bout et en se juxtaposant, les fibres-cellules forment des faisceaux primitifs.

§ 1^{er}. — Contractilité.

On entend par là la propriété qu'ont les fibres musculaires de se contracter, autrement dit de se raccourcir, en rapprochant leurs deux extrémités sous l'influence de certains excitants.

Cette propriété appartient exclusivement au tissu musculaire. Les *excitants* qui la mettent en jeu sont d'une part la volonté (qui agit exclusivement sur les muscles striés), puis les différents agents d'excitation qui réveillent l'excitabilité des fibres nerveuses motrices, tels que les agents mécaniques, les agents chimiques, les agents physiques, en particulier l'électricité.

De l'excitabilité propre du tissu musculaire. — On a cru d'abord que la fibre musculaire ne pouvait se contracter que quand l'ordre lui en était transmis par un nerf moteur, autrement dit on ne croyait pas que le muscle fût *directement excitable*. On avait bien constaté que lorsqu'on tiraille un muscle mis à nu, les fibres irritées se contractent; de même, quand on applique directement sur un muscle les deux pôles d'une pile. Mais on disait que, dans ces circonstances, l'excitation était en réalité transmise aux fibres musculaires par l'intermédiaire des ramifications terminales des nerfs moteurs qui parcourent le muscle en tous sens.

Or nous possédons aujourd'hui dans le *curare* un moyen excellent de paralyser, et par conséquent de mettre hors de cause précisément les extrémités terminales des nerfs moteurs, sans porter atteinte aux propriétés des fibres musculaires. Quand on curarise un animal chez lequel on entretient la respiration artificielle pour empêcher l'asphyxie, on constate qu'une excitation appliquée directement sur un muscle en détermine parfaitement la contraction. Les muscles jouissent donc d'une *irritabilité*

propre, comparable à l'excitabilité des nerfs, et qui est réveillée par les mêmes agents que cette dernière.

Une autre manière de démontrer l'existence de cette irritabilité propre au tissu musculaire consiste à sectionner, chez un animal vivant, le nerf moteur qui tient sous sa dépendance un muscle déterminé. L'expérience nous apprend que l'excitabilité du bout périphérique d'un nerf moteur sectionné disparaît trois à quatre jours après la section, en même temps que ce nerf dégénère. Or, on constate que si le muscle correspondant a conservé ses rapports avec les nerfs sensibles et trophiques qui lui sont destinés, et si par conséquent il continue de vivre, on peut encore le faire contracter en l'irritant directement, par exemple en appliquant à sa surface les deux pôles d'une pile. Il ne faut pas perdre de vue, d'ailleurs, que pour qu'un muscle se contracte *spontanément*, sans l'intervention d'une irritation extérieure, il faut qu'il soit en contact avec les centres moteurs par l'intermédiaire des nerfs moteurs.

Des modificateurs de l'excitabilité des muscles.

De même que l'excitabilité de la fibre nerveuse, l'irritabilité de la fibre musculaire augmente ou diminue sous l'influence de certaines circonstances. C'est ainsi que le repos trop prolongé du muscle, en amenant la dégénérescence de ses fibres, détermine une diminution de son irritabilité. De même encore, l'exercice trop prolongé d'un muscle accumule dans son épaisseur des produits de déchets qui anéantissent passagèrement son irritabilité. Le même résultat s'obtient lorsqu'on injecte de l'acide lactique directement dans le muscle vivant. Il existe en outre un certain nombre de *poisons musculaires* qui augmentent, diminuent ou abolissent l'irritabilité des muscles. Parmi les premiers viennent se ranger l'acide carbonique, la vératrine, et le seigle ergoté, qui n'agit que sur les fibres lisses, en particulier sur celles des vaisseaux. Dans les poisons qui paralysent l'irritabilité musculaire, on compte les sels de potasse et de soude, en particulier le nitrate de potasse et le sulfocyanure de potassium, l'*upas antiar*, la digitale et l'opium administrés à très-hautes doses.

§ 2. — Élasticité.

Les muscles ne sont pas seulement contractiles, ils sont encore élastiques. C'est-à-dire que les muscles peuvent se raccourcir, non-seulement sous l'influence de la volonté ou d'un excitant quel-

conque, mais encore quand on les distend pour les allonger. Ils reviennent à leur longueur primitive lorsque la distension cesse d'agir.

Cette propriété n'est pas exclusive aux muscles, comme la contractilité; les cartilages également sont élastiques, et à un degré bien plus marqué. L'élasticité des muscles est mise à profit surtout par les organes creux, tels que le cœur, l'estomac, l'intestin, la vessie. Ces organes sont susceptibles de subir une distension très-notable, sauf à revenir ensuite à leur volume primitif.

L'élasticité des muscles striés est due au myolemme; celle des muscles lisses est due aux fibres élastiques du tissu conjonctif qui entoure les faisceaux de ces muscles.

§ 3. — Tonicité.

Lorsqu'on sectionne un muscle à l'état de repos, c'est-à-dire lorsque le muscle est relâché, le biceps, par exemple, on voit que chacun des segments se raccourcit, en se rétractant vers son point d'attache. Ceci prouve que quand le muscle *n'est pas contracté*, il est sollicité par une tension qui l'allonge au delà de sa longueur naturelle. Cette tonicité est bien plus manifeste encore dans les muscles sphincters, c'est-à-dire dans ceux qui bordent les orifices naturels. C'est en vertu de cette tension, qui maintient à l'état de repos les fibres musculaires dans un certain degré d'allongement, que les muscles sphincters sont capables d'obturer les orifices qu'ils entourent. La tonicité réside donc dans un état des muscles inverse de l'état de contraction. A l'état de contraction, le muscle se raccourcit, mais ce raccourcissement est un phénomène essentiellement *actif*. La tonicité se manifeste au contraire *au repos des muscles*, et réside dans un allongement *passif* des fibres musculaires, qui, comme nous l'avons dit plus haut, sont doués d'une certaine élasticité.

La tonicité ne se manifeste que dans le *muscle vivant intact, et en communication avec le système nerveux central*. Quand cette communication est détruite par une lésion pathologique ou par une section, la tonicité musculaire disparaît, et les fibres, par suite de leur élasticité, reviennent à leur longueur naturelle. Si l'on détruit la moelle épinière d'un animal qu'on vient de faire périr, on abolit la tonicité musculaire de tous les muscles du corps, excepté de la tête.

§ 4. — Force électro-motrice.

Lorsqu'on sectionne un muscle vivant et au repos, et qu'on met sa surface de section et sa surface naturelle en communication avec les deux fils d'un galvanomètre, on voit immédiatement l'aiguille du galvanomètre dévier, ce qui prouve qu'il existe un courant dans le muscle. Le sens de la déviation de l'aiguille galvanométrique indique d'ailleurs que dans l'épaisseur du muscle le courant va de la surface de section, c'est-à-dire *de l'intérieur du muscle*, vers la surface naturelle, c'est-à-dire *vers l'extérieur*. Le pôle positif répond donc à la surface naturelle, et le pôle négatif à la surface de section. On désigne sous le nom de *force électro-motrice* du muscle la force qui donne lieu à ce dégagement d'électricité. Lorsque le muscle vient à se contracter, c'est-à-dire lorsque de l'état de repos il passe à l'état de mouvement, l'aiguille du galvanomètre tend à revenir à sa position première; c'est ce qu'on a désigné sous le nom de *variation négative*. Nous avons vu que les nerfs étaient le siège de phénomènes identiques.

Origine de la force électro-motrice. — Le dégagement d'électricité qui a lieu dans le muscle au repos est le produit des actions chimiques dont le muscle est le siège pendant la vie. Comme tous les tissus, le muscle est le siège de combustions qui sont la source de la chaleur animale. Aussi, pendant l'activité des muscles, ceux-ci consomment-ils des quantités plus grandes d'oxygène.

Les principaux matériaux de déchets qui résultent de l'oxydation du tissu musculaire sont l'acide carbonique, la créatine, la créatinine, l'acide urique, et surtout l'acide lactique qui, nous l'avons dit plus haut, abolit l'irritabilité des muscles; ils seront donc formés en quantités plus considérables pendant l'état d'activité que pendant l'état de repos. C'est ce qui a été démontré directement sur des grenouilles par Helmholtz, qui est arrivé au résultat suivant: quand on soumet un muscle à des contractions répétées, la quantité de matières extractives qui s'accumule dans ce muscle dépasse d'un tiers celle qui prend naissance dans le même muscle au repos.

Cause de la fatigue musculaire. — C'est à l'accumulation de l'acide lactique dans un muscle en activité qu'on attribue en grande partie la fatigue qui survient au bout d'un certain

temps, et qui empêche ce muscle de se contracter ultérieurement jusqu'à ce que le courant sanguin qui traverse le muscle ait emporté l'excès d'acide lactique.

§ 5. — Les muscles au point de vue chimique.

Le muscle vivant est de consistance molle, presque liquide. On peut, par une pression énergique, faire sortir d'une fibre la plus grande partie de la substance musculaire. On voit cette substance s'écouler du myoleme rompu. C'est le *plasma musculaire*, qui se coagule comme celui du sang. La partie coagulée est la *fibrine musculaire*, *myosine* ou *musculine*. Elle est, comme la fibrine du sang, soluble dans une solution de chlorure de sodium au dixième. Elle est soluble aussi dans l'acide chlorhydrique diluée. Si on neutralise cette solution acide, elle se précipite et ne se dissout plus. Cette myosine précipitée prend le nom de *syntonine*.

La partie liquide qu'on recueille après la coagulation de la myosine est le *sérum* du muscle, analogue au sérum du sang et renfermant de l'albumine, des sels et quelques autres substances. On y trouve surtout des phosphates et des sels de potassium, comme dans les globules du sang.

Nous avons vu plus haut que le muscle produit de la *chaleur* lorsqu'il se contracte. Cette chaleur est le résultat de toutes les combustions qui se produisent dans le tissu musculaire, si la contraction a lieu à *froid*, *sans travail*. Mais si le muscle travaille, s'il a à soulever un poids, par exemple, les contractions produisent moins de chaleur, parce qu'elles se *transforment en force*.

A l'état de repos, le sang artériel qui pénètre dans le muscle contient 7 vol. 31 c. d'oxygène, le sang veineux en renferme 7 vol. 27 c. Pendant la contraction, le sang veineux ne contient plus que 4 vol. 20 c. d'oxygène.

CHAPITRE DEUXIÈME

DE LA RIGIDITÉ CADAVERIQUE

Quelque temps après la mort, les muscles présentent une rigidité remarquable, qui non-seulement se manifeste à la palpation par une sensation de dureté du tissu musculaire, mais encore qui oppose une résistance assez considérable aux changements d'attitude qu'on cherche à imprimer aux membres. Cette rigidité musculaire s'observe également chez l'homme vivant, sur les membres qui sont paralysés depuis un temps assez long. La rigidité se manifeste sur les muscles lisses aussi bien que sur les muscles striés. C'est un phénomène essentiellement *passager*; sa durée aussi bien que le moment de son apparition dépendent en grande partie des conditions extérieures de température et du genre de mort.

Circonstances qui favorisent la rigidité cadavérique. — Dans les temps froids, la rigidité cadavérique est plus prompte à apparaître que quand la température extérieure est élevée. En hiver, par exemple, on la voit se manifester déjà dans la première heure après la mort. Elle est également plus prompte à apparaître quand la mort est survenue d'une façon rapide ou subite, que quand elle succède à une maladie de longue durée. Dans les intoxications par les poisons qui abolissent l'irritabilité des muscles, comme les sels de potasse, la rigidité cadavérique apparaît aussi plus promptement. Enfin l'épuisement des muscles par un travail excessif et les pertes de sang abondantes sont les deux circonstances les plus aptes à accélérer l'apparition de ce phénomène. On peut provoquer une rigidité spontanée sur un animal vivant, soit en le surmenant par un exercice trop prolongé, soit en liant l'artère qui se rend à un groupe déterminé de muscles.

Marche suivie par la rigidité cadavérique. — La rigidité cadavérique n'envahit pas simultanément tous les muscles du corps. Elle débute par les muscles masticateurs, puis elle s'étend successivement aux muscles du cou, des membres inférieurs, des membres supérieurs, et finalement à ceux du tronc.