

dant de l'écorce vers les cordons antérieurs sont considérés comme des relais moteurs.

Il existe dans le cerveau des centres thermiques qui ont été nettement mis en évidence par nos recherches sur la calorification chez les marmottes. Ces centres ne se trouvent pas situés dans la couche corticale des hémisphères, car un sujet engourdi se réveille et se réchauffe complètement après la destruction de cette couche, tandis qu'après l'ablation des couches optiques et des corps striés, tout réchauffement automatique est impossible (1).

**Système sympathique.** — A côté du système nerveux cérébrospinal, nous trouvons le système nerveux grand sympathique.

Celui-ci est formé d'une double chaîne ganglionnaire : les deux chaînes, dont les ganglions nerveux sont reliés par des fibres longitudinales, sont situées à droite et à gauche de la colonne vertébrale qu'elles accompagnent dans toute sa longueur. Chaque ganglion reçoit d'une paire rachidienne un filet ou *rameau communicant*, qui établit la connexion avec le système cérébrospinal. Nous étudierons le système sympathique à propos de l'innervation du cœur et des vaisseaux.

(1) RAPHAEL DUBOIS. Recherches sur le mécanisme de la thermogenèse et du sommeil chez les mammifères. *Annales de l'Université de Lyon*, 1896.

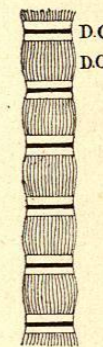
## QUATRIÈME PARTIE

### PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES MUSCLES

#### DOUZIÈME LEÇON

##### Propriétés générales des muscles.

Les muscles sont les organes actifs du mouvement : on les divise, suivant leurs caractères histologiques, en *muscles lisses* et en *muscles striés*. Ce sont les propriétés de ces derniers que nous étudierons plus spécialement. Ils sont formés par l'empilement de disques alternativement clairs ou *disques minces* et obscurs ou *disques épais* (fig. 126). Ces fibres réunies en *faisceau* sont enveloppées d'une membrane conjonctive ou *aponévrose* et se terminent par des *tendons*.



**Irritabilité, élasticité, contractilité.** — Les muscles sont irritables, c'est-à-dire qu'ils réagissent sous l'influence des excitants. Ces derniers sont les mêmes que ceux des nerfs dont il a été question dans la huitième leçon; mais, avec le muscle, le résultat de l'excitation est la contraction musculaire, qui consiste en un *raccourcissement* et un *épaississement* du muscle.

FIG. 126. — Fibre musculaire: D C, disque clair; D O, disque opaque.

On peut se demander s'il y a, en même temps, variation de volume. L'expérience suivante démontre qu'il ne se produit, sous ce rapport, aucun changement appréciable.

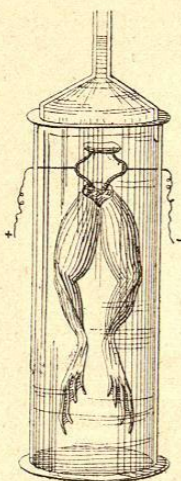


FIG. 127. — Dispositif pour montrer qu'en se contractant, un muscle ne change pas de volume.

On introduit le train postérieur d'une grenouille dans un flacon rempli d'eau et fermé à l'aide d'un bouchon traversé par un tube capillaire et par deux fils électriques pouvant exciter ce train postérieur (fig. 127).

A l'état de repos des muscles, l'eau monte à un certain niveau dans le tube capillaire. Si on lance un courant dans les fils, les muscles se contractent et cependant le niveau ne varie pas sensiblement.

Le raccourcissement et le gonflement des muscles sont étudiés à l'aide d'instruments dits *myographes* : les uns sont *directs*, les autres à *transmission*.

Nous allons étudier le raccourcissement du muscle, d'abord par le procédé direct, ensuite par celui de la transmission.

Le myographe direct (fig. 128) se compose essentiellement d'un levier horizontal pouvant osciller autour d'un point fixe. A ce levier sont rattachés deux fils : l'un, terminé par un crochet, va se fixer au tendon du muscle en expérience; l'autre, de direction inverse et réfléchi sur une poulie, est tendu par un petit poids ou ressort destiné à ramener le levier à l'équilibre, quand il en a été dévié par la contraction du muscle.

Dans le myographe à transmission (fig. 129), le membre a son tendon rattaché par un fil au levier d'un tambour récepteur; ce dernier est conjugué à un tambour enregistreur à l'aide d'un tube en caoutchouc.

Le myographe direct pour l'étude du gonflement du

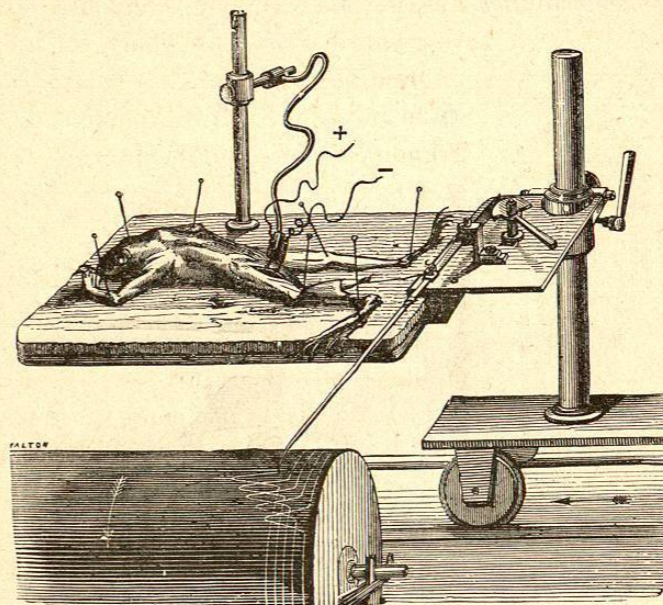


FIG. 128. — Myographe direct de Marey pour l'étude du raccourcissement du muscle.

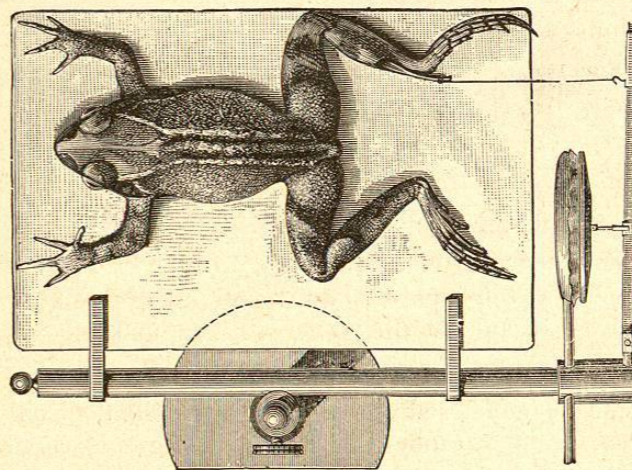


FIG. 129. — Myographe à transmission pour l'étude du raccourcissement du muscle.

muscle est composé d'un simple levier pouvant osciller

autour d'un point fixe et reposant sur le muscle, non loin de son point d'oscillation (fig. 130). Quand le muscle se gonfle, le levier est naturellement soulevé.

Avec le modèle à transmission, on fait reposer sur le

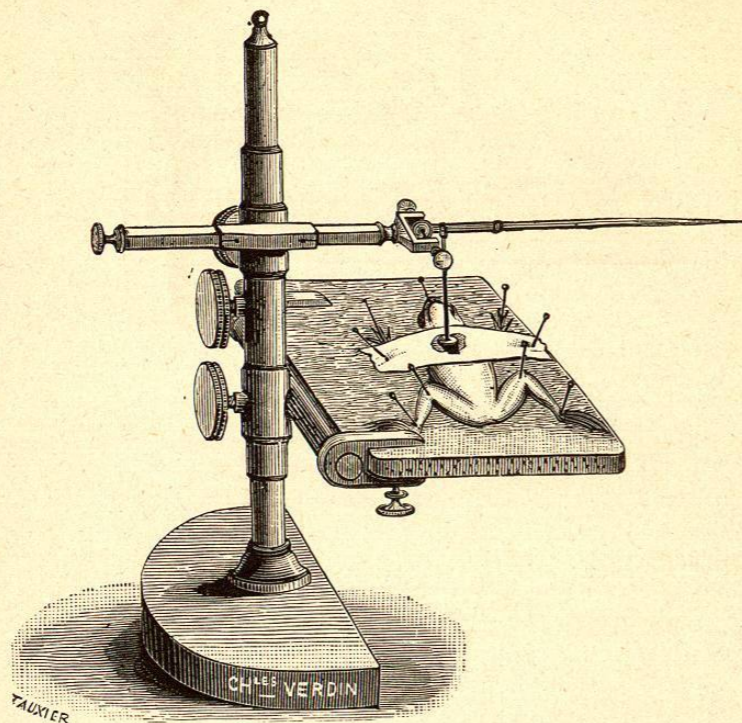


Fig. 130. — Myographe direct pour le gonflement du muscle (ici le cœur).

muscle le levier d'un tambour récepteur conjugué à un tambour enregistreur (fig. 131).

Nous nous occuperons du fonctionnement des myographes à propos de la secousse musculaire, dans la prochaine leçon.

Quand le muscle s'est contracté, il revient, l'excitation cessant, à son état d'équilibre; il en est de même lorsqu'il a été allongé par une traction modérée: c'est ce qui constitue l'élasticité musculaire.

Le muscle est, en effet, un organe faiblement et par-

faitement élastique, c'est-à-dire: 1° qu'il faut un faible poids pour l'allonger; 2° qu'il reprend exactement sa forme quand la traction cesse.

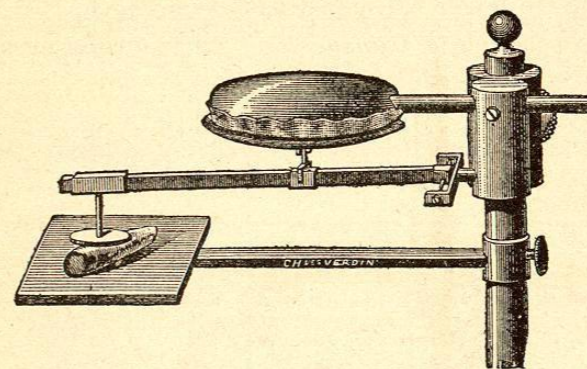


Fig. 131. — Myographe à transmission pour le gonflement du muscle.

Une trop forte traction détruit ou plutôt rend imparfaite l'élasticité du muscle.

Pour le démontrer, prenons un gastrocnémien  $g$  de grenouille, fixons-le par un de ses tendons  $t$  et accrochons à l'autre  $t'$  des poids de plus en plus forts: ce dernier porte, en outre, un index  $i$  qui se déplace devant une règle graduée  $r$  (fig. 132).

On constate que, pour des poids faibles, l'index revient à son point de départ, quand la traction est supprimée, tandis que, pour des poids forts, le muscle reste allongé après l'enlèvement de la charge.

Ce même dispositif permet aussi de voir de quelle longueur un muscle s'allonge pour une traction donnée.

On peut encore chercher quel est le poids susceptible

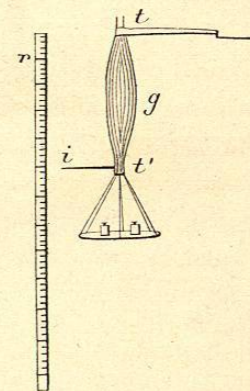


Fig. 132. — Etude de l'élasticité musculaire:  $g$  gastrocnémien de grenouille,  $t$   $t'$  ses tendons,  $r$  règle graduée,  $i$  index.

d'amener la rupture du muscle et mesurer ainsi sa *ténacité*.

**Courants électriques musculaires.** — Le muscle est le siège de manifestations électriques analogues à celles des nerfs. A l'état d'inaction, sa surface naturelle a un potentiel plus élevé que sa surface de section. De même que pour le nerf, quand le muscle entre en action, c'est-à-dire en contraction, la distribution électrique change et le potentiel baisse à la surface naturelle.

On étudie ces manifestations électriques par le procédé employé pour les nerfs, ou bien encore au moyen de la *patte galvanoscopique*. Celle-ci n'est autre chose qu'une patte de grenouille détachée de l'animal, à laquelle le nerf sciatique disséqué avec soin et sectionné près de son origine centrale reste attaché. Nous avons vu dans la neuvième leçon comment on doit procéder.

Les muscles et les nerfs, surtout chez les animaux à sang froid, gardent pendant un certain temps leurs propriétés physiologiques, ce qui permet de faire avec la patte galvanoscopique quelques expériences intéressantes.

Si nous excitions, à l'aide d'un excitateur relié à une pile ou à la bobine d'induction, le nerf de la patte galvanoscopique, nous obtenons aussitôt une contraction.

Mais on peut se passer de la pile et de la bobine pour arriver au même résultat.

Il suffit de relever avec un petit crochet de verre C l'extrémité du nerf sciatique N, de façon qu'elle vienne toucher un point de la surface naturelle du muscle M (fig. 133), pour que la patte se contracte. Cela tient à ce qu'au moment où le contact a été établi, le nerf a été parcouru par un courant allant de la surface naturelle

du muscle à la surface de section, cette dernière étant négative ou mieux à un potentiel inférieur par rapport à la première.

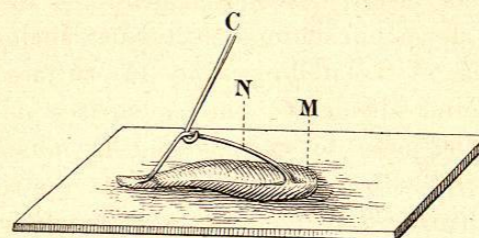


FIG. 133. — Patte galvanoscopique.

On peut faire une expérience analogue en se servant d'une seconde patte et en mettant le nerf sciatique de la première en contact d'une part avec la section, et d'autre part avec la surface des muscles de cette patte; mais, après

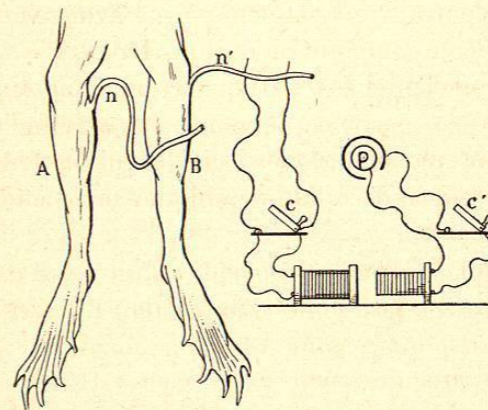


FIG. 134. — Contraction induite : A B, pattes de grenouilles, *nn'* leurs nerfs sciatiques, *p* pile, *cc'* leviers-clefs.

cette contraction, on peut en provoquer une deuxième en excitant le nerf de la seconde patte. Cela n'est pas surprenant, puisque la contraction de cette dernière amène une modification dans la distribution de l'électricité et un renversement du courant d'inaction. On a donné à ce phénomène le nom de *contraction induite* (fig. 134).

On comprend facilement qu'en disposant à la suite les unes des autres un certain nombre de pattes galvanoscopiques de la même manière, on puisse, en excitant le

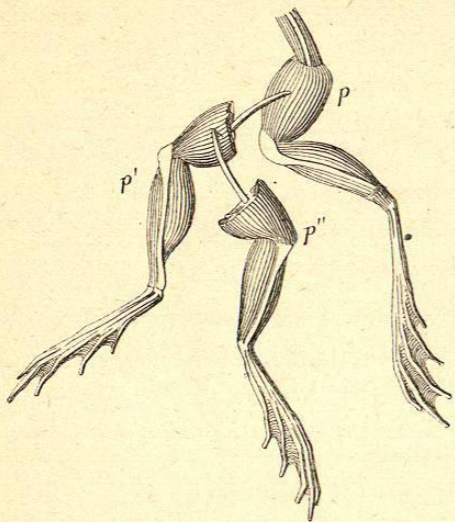


FIG. 135. — Série de pattes galvanoscopiques,  $p p' p''$  induisant chacune par sa contraction une contraction dans la suivante.

nerf sciatique de la première, faire contracter toutes les autres (fig. 135).

Si la patte inductrice est en état de contraction permanente, c'est-à-dire de tétanos musculaire, la patte induite est maintenue dans le même état.

#### Plaques motrices. —

Le nerf moteur est en relation avec le muscle qu'il commande

par des terminaisons spéciales qui ont reçu le nom de *plaques motrices*. La destruction ou la paralysie de ces terminaisons suffit pour que le muscle ne réponde plus quand le nerf est excité. Nous allons prouver cette assertion par l'étude de l'action du curare sur ces plaques.

Comme vous le savez, le curare est un poison paralysant : nous avons mis à profit cette propriété comme moyen de contention.

Pour que la motricité s'exerce, il faut d'abord qu'il y ait intégrité : 1° des centres moteurs; 2° des nerfs moteurs; 3° des muscles. On peut se demander, d'une part, si c'est sur un de ces trois éléments que le curare porte son action, et, d'autre part, si la sensibilité est conservée chez l'animal curarisé.

Par une première expérience, on démontre que la contractilité musculaire n'est pas abolie sur l'animal paralysé par le curare : il suffit pour cela d'exciter directement ses muscles par l'électricité et on les voit se contracter. Ce n'est qu'avec de très hautes doses de poison que cette contractilité est affaiblie (fig. 136).

Chez la grenouille curarisée, mais dont les muscles se contractent bien sous l'influence d'une excitation électrique directe, on constate, en outre, que celle d'un nerf quelconque n'est suivie d'aucun effet. Pourtant le curare n'empoisonne pas le nerf, comme on peut s'en assurer en faisant tremper, par exemple, le nerf sciatique d'une patte galvanoscopique dans un verre de montre contenant une solution de curare : l'excitation de ce nerf produit une contraction.

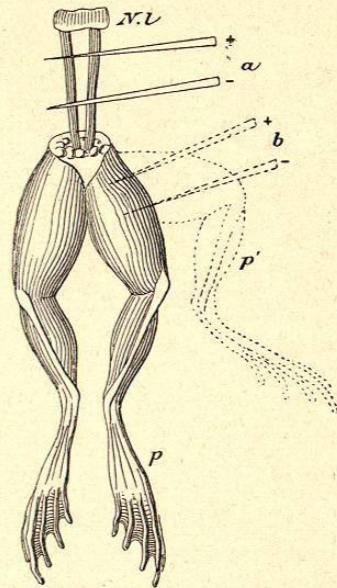


FIG. 136. — Expérience montrant que le muscle n'est pas atteint dans l'empoisonnement curarique : en *a*, l'excitation des nerfs lombaires, *N l* ne produit rien, en *b* l'excitation de la patte *p* produit une contraction.

L'expérience suivante va vous montrer que les centres ne sont pas atteints non plus et que seuls les points de contact des nerfs et des muscles, c'est-à-dire les plaques motrices, sont paralysés. Ces dernières ne sont pas frappées sans retour, car après l'élimination du poison, la motricité reparait. Quant à la sensibilité, elle persiste tout entière.

Après avoir fendu la peau du dos d'une grenouille, depuis l'anús jusqu'à la dernière vertèbre, on aperçoit une pièce osseuse, ou *hypostyle*, sur laquelle s'appuie

le bassin ; en la reséquant, on met à nu : 1° l'aorte médiane; 2° à droite et à gauche trois filets nerveux, qui sont les origines des sciatiques des deux pattes (fig. 137).

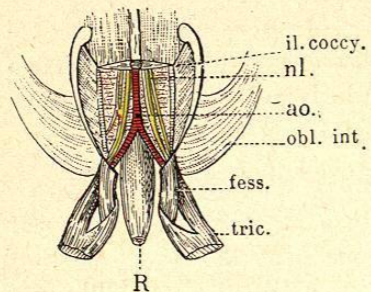


FIG. 137. — Mise à nu des nerfs lombaires et de l'aorte chez la grenouille : *il. coccy.* muscle iléo-coccygien, *nl.* nerfs lombaires, *ao.* aorte, *obl. int.* muscle oblique interne, *fess.* muscle fessier, *tric.* muscle triceps fémoral, *R* rectum.

A l'aide d'une pince fine et courbée nous passons un fil, de manière à laisser au-dessus de lui les deux paires nerveuses et au-dessous l'aorte. Nous passons également le fil sous les deux ischions. Les deux bouts

ramenés sous la face ventrale de la grenouille sont liés solidement (fig. 138). De cette manière, par suite de la compression de l'aorte, la communication vasculaire est interrompue entre le train antérieur et le train postérieur de l'animal; mais, les nerfs étant au-dessus de la ligature, la communication nerveuse persiste.

On injecte alors, dans la partie antérieure de l'animal, un demi-centimètre cube environ d'une solution de curare à 1 pour 100. Ce train antérieur ne tarde pas à se paralyser, mais, en pinçant une patte de devant, on voit les pattes de derrière réagir violemment.

Au lieu de protéger tout le train postérieur contre l'empoisonnement, on peut ne garantir qu'une patte en la liant entièrement, sauf le scia-



FIG. 138. — Grenouille préparée pour montrer l'intégrité des centres et la persistance de la sensibilité après l'empoisonnement curarique: *N* nerfs lombaires, *L* ligature.

tique laissé libre. Cette patte seule répond aux excitations.

Ceci prouve : 1° que dans le train antérieur paralysé la sensibilité persiste, puisqu'on peut provoquer des mouvements en l'excitant; 2° que la moelle épinière, bien que baignée par le poison, est intacte au point de vue fonctionnel, puisque les réflexes peuvent encore se produire.

Vous avez vu, d'autre part, que le muscle et le nerf moteur ne sont atteints ni l'un ni l'autre. Cependant, il y a paralysie. Il faut donc, de toute nécessité, que ce soient les terminaisons nerveuses, c'est-à-dire les plaques motrices, qui soient frappées.