

Bibliothèque numérique

medic@

Marey, Etienne-Jules. - Du mouvement dans les fonctions de la vie [cours public donné au 14 de la rue de l'Ancienne Comédie]. VI. De la contraction dans les muscles de la vie animale.

In : Revue des cours scientifiques de la France et de l'étranger, 1866, III, n° 33, p. 549-552



(c) Bibliothèque interuniversitaire de médecine (Paris)
Adresse permanente : <http://www.bium.univ-paris5.fr/histmed/medica/cote?marey048>

une demi-heure à une température de 100 degrés. On peut comparer ces animalcules à cette albumine. Bien que desséchés les tissus restent intacts. Duhamel a montré des faits analogues sur les germes du blé. On peut, après dessiccation, soumettre le blé à une température de 100 degrés sans détruire le germe. Vous connaissez aussi les faits relatifs à ces épis trouvés dans les sépultures de momies, épis dont les grains avaient encore conservé leur propriété germinative.

J'ai fait sur des animaux bien supérieurs en organisation, sur des Grenouilles, des expériences qui ont trait au même sujet. En liant l'aorte à la sortie du cœur, j'interromps la circulation dans les membres. Après cinq ou six heures, si le temps est chaud, les doigts sont entièrement desséchés, surtout au niveau des dernières phalanges qui deviennent transparentes et fragiles. Or, lorsque j'enlève la ligature, et que je permets au sang de revenir dans les vaisseaux des membres, les doigts reprennent peu à peu leur aspect normal, et la vie s'y rétablit comme dans toutes les parties du corps.

Bien des fois déjà, j'ai invoqué les expériences de M. Bert sur la greffe animale. Il prend la queue d'un rat, la dépouille de sa peau, la soumet à la dessiccation complète dans le vide sec pendant vingt-quatre heures, puis la met dans une étuve à 70 degrés où il la laisse dix heures. Si après ces diverses opérations on place cette queue sous la peau d'un autre rat, elle se greffe : il faut donc qu'il y reste encore quelque vitalité.

Voilà des faits que peuvent invoquer les partisans de M. Pouchet. D'ailleurs, et je l'ai déjà dit, quelle assurance a-t-on que ces animaux soient parfaitement secs ? Ils sont recouverts d'une peau chitineuse qui rend bien difficile l'exhalation aqueuse. La question est pleine d'obscurité, malgré les efforts des chercheurs. On a essayé sur ces animaux les poisons. M. Davaine n'a obtenu aucun résultat par les narcotiques : la nicotine, la belladone, l'opium ; le curare a été également sans effet. Il a observé une mort définitive et immédiate par l'arséniate de soude ; mais cet argument est sans valeur, car l'arséniate de soude agit chimiquement sur les tissus, selon toutes probabilités. Il faudrait sans doute examiner aussi avec plus de soin qu'on ne l'a fait jusqu'ici, s'il y a des manifestations vitales quelconques pendant la période de dessiccation des Rotifères et autres animalcules réviviscents. Lorsque ces animalcules perdent leur révivisibilité, conservent-ils leur coloration et leur apparence ordinaire, ou se présentent-ils à l'observateur avec des caractères spéciaux ? M. Weiss avait vu des Philodines perdre alors leur coloration rose normale. Je citerai aussi, mais sans y attacher dès à présent une grande importance, les faits suivants : on voit des Tardigrades, en même temps qu'ils reviennent à la vie, changer de peau, comme si la mue s'était préparée durant la période de dessiccation. D'autre part, j'ai vu, au même moment, un jeune Rotifère se dégager de l'intérieur du corps de sa mère, celle-ci ayant évidemment perdu sa révivisibilité lorsqu'elle était revenue sur elle-même en état de dessiccation.

Vous le voyez, il nous reste toujours une incertitude que ne peut dissiper l'état actuel de la science. La question reste pendante, du moins dans ses termes absolus :

Les animaux révivisibles sont-ils oui ou non morts, lorsque les manifestations ordinaires de la vie ne sont plus appréciables ?

Mais en tout cas, on ne peut douter qu'il n'y ait un degré considérable de dessiccation ; et que sous cette influence les phénomènes de la vie ne se réduisent au point d'être presque nuls. A ce moment il ne se fait peut-être plus qu'un échange

d'oxygène et d'acide carbonique extrêmement faible, presque inappréhensible, il n'y a peut-être pour ainsi dire pas de perte, d'où il suit qu'il n'y aurait pas nécessité de réparation. En tous cas, toutes les fonctions de la vie animale sont suspendues, abolies même, et dès que l'eau est rendue, il y a un retour à la vie dans toute sa plénitude.

C'est le point que je voulais vous démontrer pour vous prouver la nécessité de l'eau dans l'économie. Les recherches qui se rattachent à cette révivisibilité sont dignes d'attirer l'attention des travailleurs : c'est une des plus hautes questions de la physiologie générale. — E. Bremond.

ENSEIGNEMENT LIBRE.

PHYSIOLOGIE MÉDICALE

COURS DE M. MAREY (1).

Du mouvement dans les fonctions de la vie.

VI

DE LA CONTRACTION DANS LES MUSCLES DE LA VIE ANIMALE.

Vous connaissez les conditions dans lesquelles se produit la secousse musculaire ; vous savez aussi sous quelles influences cette secousse se modifie dans son intensité, sa forme et sa durée. Nous allons chercher aujourd'hui comment des secousses successives se fusionnent entre elles au point de disparaître et de faire place à cet état du muscle auquel on a donné le nom de contraction. C'est ainsi que des chocs successifs, lorsqu'ils se suivent à courts intervalles, nous donnent une sensation nouvelle : celle d'un son continu.

La méthode graphique va nous fournir le moyen de saisir la manière dont se produit la contraction musculaire.

Fusion partielle de secousses musculaires successives. — Observons ce qui se passe lorsqu'on enregistre des secousses séparées d'abord par un certain intervalle, et ensuite de plus en plus rapprochées.

Si chacune des secousses successives a le temps de s'effectuer en entier, on peut être sûr que les graphiques seront formés de secousses égales entre elles et dont les maxima et les minima seront sur des droites parallèles.

Mais si une première secousse n'a pas eu le temps de s'effectuer au moment où il s'en produit une seconde, la période de descente de la première courbe est interrompue par une ascension nouvelle, et cette dernière secousse, s'ajoutant en partie à la première, aura son maximum sur une ligne plus élevée. S'il n'y a que deux secousses, le sommet de la seconde sera d'autant plus élevé que le début de cette seconde secousse se fait plus près du sommet de la première.

Si nous nous servons pour exciter le muscle d'une machine d'induction munie d'un interrupteur automatique, nous pourrons provoquer des excitations à intervalles réguliers plus ou moins courts. Voici ce qui se produit alors (fig. 228) :

Au début de l'excitation électrique, les secousses s'ajoutent ; comme on le voit dans la figure 228. Chaque secousse nouvelle s'élève d'autant moins haut que le niveau général du

(1) Voyez les numéros 10, 12, 20, 21 et 25.

tracé est plus élevé, tandis que la période de descente des secousses va toujours en augmentant, jusqu'à ce qu'enfin ces deux périodes deviennent égales et qu'il s'établisse un régime régulier dans lequel les vibrations s'effectuent entre des maxima et des minima constants.

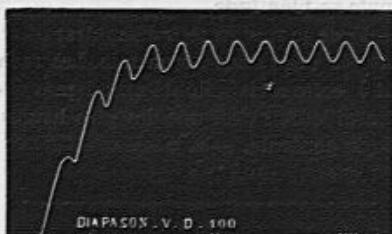


Fig. 228.

Si les secousses sont plus fréquentes, le même phénomène se produit; seulement les secousses s'ajoutant entre elles d'une manière plus complète, le tracé, dans son ensemble, s'élèvera d'une manière plus brusque, et l'uniformité des secousses s'obtiendra à un niveau plus élevé. Ce fait ressort de l'inspection de la figure 229.

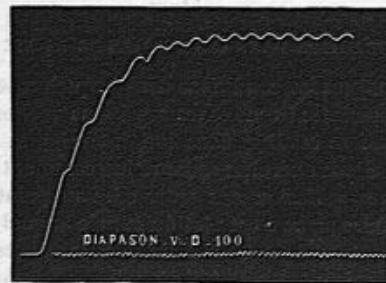


Fig. 229.

Comment doit-on expliquer ces phénomènes?

Il faut d'abord considérer les forces qui président à la formation de chacune des secousses musculaires. Ceci nous conduit naturellement à admettre l'existence de deux forces antagonistes : l'une, la *contraction*, qui raccourcit le muscle, et l'autre, l'*élasticité*, antagoniste de la première, qui tend à ramener le muscle à sa longueur normale. La contractilité agit pendant la période de raccourcissement en luttant contre l'élasticité qui subsiste seule pour ramener le muscle à ses dimensions normales. Telle est la conception la plus simple et la plus rationnelle, par conséquent, pour expliquer la production alternative de ces deux phénomènes opposés : raccourcissement du muscle et retour de celui-ci à ses dimensions primitives.

Admettons maintenant que la force contractile agisse à chacune des excitations électriques avec une même intensité. Il est bien certain que, d'autre part, la force élastique antagoniste augmentera à mesure que le muscle se raccourcira davantage ; c'est-à-dire qu'un même effort raccourcira d'autant moins le muscle que celui-ci sera plus contracté. Ainsi s'expliquerait déjà la décroissance progressive des périodes ascendantes des secousses.

Mais l'augmentation graduelle de la force élastique du muscle explique également bien l'augmentation de la période de descente des secousses successives, l'intensité de l'effet devant croître avec l'énergie de la cause. Ces deux mouvements inverses, dont l'un décroît à mesure que l'autre s'accroît,

doivent nécessairement arriver à être égaux entre eux. Et, dès que cette égalité est atteinte, il n'y a pas de raison pour qu'elle disparaîsse, si les excitations électriques gardent leur fréquence et leur intensité. En effet, l'élasticité détruit à chaque instant l'effet produit par la force contractile.

Il existe, en physique et en physiologie, un grand nombre d'exemples d'établissement d'un régime régulier d'oscillations sous l'influence de forces primitivement inégales, mais qui, variant en sens inverse l'une de l'autre, finissent par se compenser exactement. Je ne veux citer qu'un exemple, je l'emprunterai à la physiologie de la circulation du sang.

Lorsqu'on applique le sphygmographe sur une artère et que l'on arrête les battements du cœur, en galvanisant le pneumogastrique de l'animal (certains sujets présentent naturellement des intermittences des systoles cardiaques qui reproduisent ces conditions), on voit après un arrêt passager du cœur que les battements artériels se reproduisent dans des conditions particulières. Les graphiques des pulsations s'ajoutent partiellement les uns aux autres, ce qui produit une ascension de la ligne d'ensemble du tracé. Bientôt cette ascension s'arrête et l'on voit s'établir un régime régulier dans les pulsations artérielles ; alors la tension dans ces vaisseaux oscille autour d'une moyenne constante ; l'afflux du sang poussé par le cœur et l'écoulement de ce sang à travers les capillaires se compensent exactement. À ce moment, l'élasticité des artères produit après chaque battement du cœur un resserrement du système artériel égal à la dilatation que lui fait subir chaque systole cardiaque. Ce mécanisme est identique avec celui par lequel s'établit pour les muscles l'uniformité des secousses. J'ai pu répéter les mêmes phénomènes au moyen d'appareils schématiques imitant les principales conditions de la circulation sanguine (1); cette méthode synthétique permet de se rendre un compte exact des effets que l'analyse a fait découvrir. Or, en reproduisant ainsi les pulsations des artères, j'ai pu m'assurer que si l'on augmente la fréquence des impulsions du liquide sans modifier la force de chacune d'elles, on obtient une élévation générale du niveau du tracé plus rapide et plus considérable, et qu'en même temps on voit diminuer l'amplitude de chacune des pulsations artérielles.

Vous voyez, messieurs, que l'analogie que je vous signalais tout à l'heure est complète de tous points. Il devait en être ainsi puisque, dans la circulation sanguine comme dans les actes musculaires que nous venons d'étudier, nous trouvons des efforts musculaires égaux et rythmés luttant contre une élasticité d'intensité croissante.

Fusion complète de secousses musculaires successives. Formation de la contraction permanente ou tétonos. — En voyant que l'intensité des secousses diminue à mesure que leur fréquence augmente, on peut prévoir que, si leur fréquence est assez considérable, les secousses disparaîtront tout à fait. Du reste, Helmholtz a constaté que des excitations électriques répétées trente-deux fois par seconde donnent naissance au tétonos, c'est-à-dire au raccourcissement permanent du muscle sans vibration appréciable.

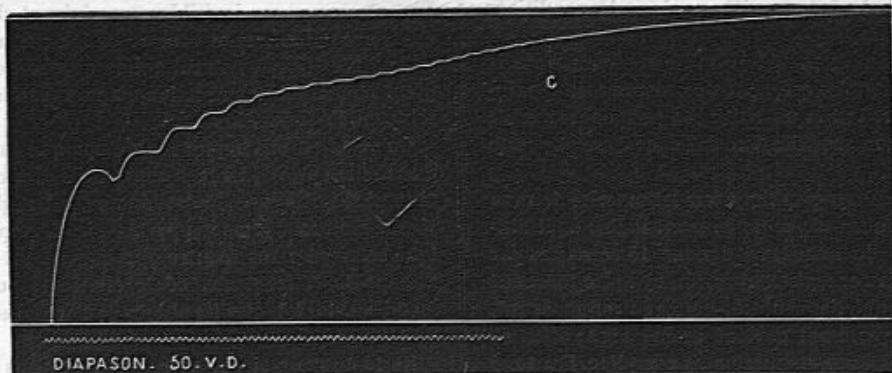
Vous allez, messieurs, assister à cette production du tétonos et saisir par quel mécanisme elle se produit. Il s'agit de donner au muscle des excitations électriques de plus en plus fréquentes. Voici le mécanisme que j'ai employé pour obtenir ce résultat.

(1) Voy. *Physiologie médicale de la circulation du sang*, p. 161.

Une sorte de machine d'Atwood met en mouvement un interrupteur mécanique; elle lui communiquera donc, en vertu des lois de la chute des corps, un mouvement uniformément accéléré. L'interrupteur est formé d'un cylindre isolant muni de contacts métalliques qui ferment et ouvrent alternativement le circuit de la pile. Une disposition spéciale permet

de manquer de sensibilité et de ne pouvoir vibrer 32 fois en une seconde. Vous allez voir qu'il n'en est rien.

Je prends un diapason de 200 v. s. par seconde et je le faire vibrer. J'approche ce diapason de la membrane du premier tambour, de celle qui dans une pince myographique reçoit directement l'effet de la secousse musculaire. Au moment



de recueillir à chaque tour du cylindre soit le courant induit de clôture, soit celui de rupture. Je puis donc appliquer au nerf du muscle que j'exploré des excitations électriques parfaitement identique entre elles; je puis aussi leur donner une accélération aussi rapide que je veux en graduant les poids de la machine et en réglant ainsi la vitesse de leur chute.

Le muscle étant disposé sous le myographe et son nerf mis en rapport avec les pôles du courant induit je fais marcher l'interrupteur et vous voyez se produire le graphique représenté figure 230. Les secousses s'ajoutent à peu près comme dans les expériences précédentes, mais leur succession devenant graduellement plus rapide, leur amplitude décroît aussi plus rapidement. Vous les voyez enfin disparaître complètement au point C. Alors la contraction est produite.

Quelle est la fréquence nécessaire pour obtenir la disparition des secousses?

Je ne crois pas qu'on puisse avec Helmholtz évaluer à 32 vibrations le minimum nécessaire pour produire la téatisation d'un muscle. En effet, dans le graphique représenté figure 230, la contraction a été obtenue à un moment où la fréquence des secousses n'excédait pas 27 vibrations par seconde.

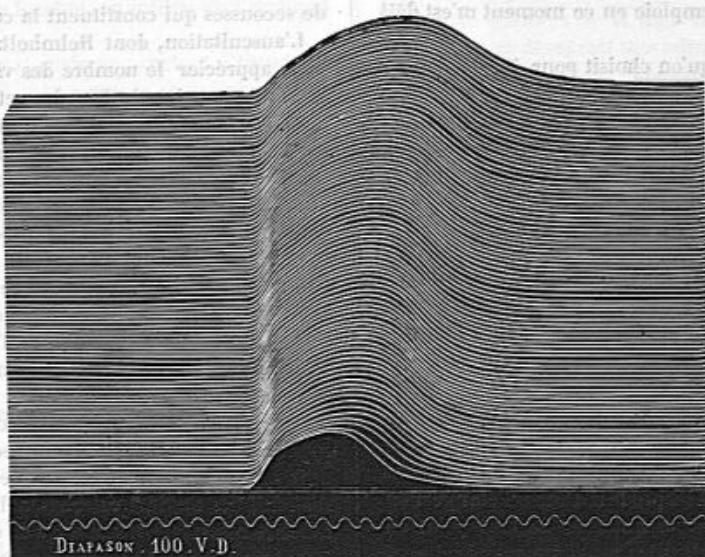
Il est vrai que le levier enregistreur pourrait être accusé

où le diapason est en contact avec la membrane, le levier du deuxième tambour enregistre des vibrations sur le cylindre. Je compte maintenant ces vibrations; il y en a exactement 200 par seconde. Vous voyez donc que l'instrument n'a pu nous induire en erreur et qu'il a dû enregistrer exactement les vibrations musculaires tant que celles-ci ont existé.

Vous allez voir maintenant que la contraction permanente peut être obtenue avec un nombre d'excitations bien moindre que celui que nous avons employé tout à l'heure.

Si l'on examine la figure 231 qui représente le graphique des secousses musculaires successives, on voit que sous l'influence d'excitations répétées la secousse prend une durée de plus en plus considérable. Il est bien évident que dans ces dernières conditions, la fusion des secousses tendra à se faire beaucoup plus tôt que sur un muscle frais. Les expériences suivantes vont en donner la preuve.

Je prends le muscle que j'excitais tout à l'heure; je le téanise de nouveau afin de produire cet état que j'ai appelé la fatigue pour employer le langage ordinaire. Je soumets ce muscle fatigué à l'action de l'interrupteur à mouvement accéléré. Les excitations ont été les mêmes en intensité et eu rythme que dans l'expérience précédente, mais le graphique est bien différent. On y voit la contraction se manifester presque



dès le début du tracé, et l'on comprend parfaitement la manière dont ce téton s'est produit, lorsqu'on voit la plus grande durée des secousses et leur fusion plus complète au moment où le muscle a subi des excitations encore peu fréquentes. — Il ne paraît donc pas possible d'assigner un minimum à la fréquence des secousses qui tétonnent un muscle, puisque nous voyons ce minimum varier avec l'état du muscle, s'abaisser sous l'influence de la fatigue, s'élever dans des conditions contraires.

Bien que sur le vivant la modification de la secousse par la fatigue soit peu sensible, ce qui tient sans doute à la réparation incessante que produit la nutrition, on peut encore saisir dans ces conditions une modification de la secousse par suite d'excitations répétées.

J'applique une pince myographique sur les muscles de mon pouce et j'excite ces muscles par un courant induit dont l'interrupteur est réglé de manière à donner 15 secousses par seconde. Ces secousses s'enregistrent sur un cylindre tournant en hélice. Vous voyez qu'elles sont très-nettes en commençant, mais peu à peu leur sommet devient moins aigu; elles se fusionnent entre elles d'une manière plus complète. Les voici enfin qui disparaissent à peu près entièrement. La contraction tétonique est obtenue ici par 15 excitations à la seconde.

Lorsqu'on augmente la force du courant induit excitateur, on arrive plus vite à la suppression des secousses. Je ne saurais vous dire à quel chiffre on peut ainsi abaisser le nombre des excitations nécessaires pour produire la contraction; car l'intensité du courant que j'emploie en ce moment m'est déjà très-difficile à supporter.

Enfin, suivant le muscle qu'on choisit pour étudier la production du téton on obtient des résultats très-différents; nous verrons, en effet, que la secousse offre des caractères très-différents dans les différents muscles d'un même animal. Il ne sera pas moins curieux de rechercher les caractères de la secousse et les conditions de la contraction sur des muscles empruntés à des animaux de différentes classes.

Des différences d'intensité de la contraction musculaire. — Nous avons vu tout à l'heure la manière dont s'établit la contraction musculaire, mais vous avez pu remarquer à l'inspection de la figure 231 que la contraction ne se maintient pas à un état constant, mais qu'elle s'élève sans cesse à mesure que les excitations électriques prennent de la fréquence sous l'influence de l'interrupteur accéléré. — Les choses ne se passent pas ainsi lorsque l'interrupteur donne des excitations d'une fréquence constante. Il se produit alors un état permanent dans la contraction, état assimilable de tout point au régime régulier qui s'établit dans les secousses quand celles-ci sont encore perceptibles. Bien plus sous l'influence de la fatigue musculaire, le téton tend à faiblir sans cesse ainsi que Valentin l'a très-bien déterminé, de sorte que la ligne tracée par le myographe s'abaisse toujours et finit par retomber au niveau de l'abscisse, c'est-à-dire au zéro. A ce moment, le muscle est totalement épuisé. — Pourquoi donc avons-nous un accroissement constant de l'intensité de la contraction sous l'influence d'excitation de plus en plus rapide? C'est apparemment parce que l'intensité de la contraction est, toutes choses égales, en raison de la fréquence des secousses qui la produisent.

De ce que, dans nos graphiques, les secousses musculaires cessent d'être apparentes à un moment donné, il ne s'ensuit

pas qu'elles n'existent plus; en effet, Helmholtz a parfaitement constaté que le son musculaire devient de plus en plus aigu pendant le téton si les excitations électriques sont de plus en plus fréquentes. Il faut donc conclure que dans le muscle contracté, il se produit des secousses que l'oreille nous révèle, mais qui échappent à nos yeux et même aux appareils plus sensibles que nous employons pour les percevoir. Or, ces secousses invisibles ne doivent-elles pas s'ajouter entre elles absolument comme celles qui nous sont perceptibles? N'est-il pas naturel que la courbe s'élève continuellement pendant la contraction comme pendant l'état transitoire qui l'a précédée?

Du reste on sait depuis longtemps que la même machine d'induction provoque dans un muscle des contractions d'autant plus fortes que l'interrupteur est réglé de manière à vibrer d'un mouvement plus rapide. L'emploi de l'interrupteur accéléré nous montre plus clairement encore cette influence de la fréquence des excitations, puisqu'il nous permet d'assister à toutes les phases de l'accroissement d'intensité du téton.

Reste à savoir si cet accroissement dans la fréquence des secousses musculaires est la condition qui fait varier physiologiquement l'intensité de la contraction dans les différents actes de la fonction de motricité. Il est très-possible que l'intensité de l'excitation que le nerf porte au muscle varie suivant l'énergie de la contraction qui se produit, mais il est aussi très-possible qu'il existe des variations dans la fréquence de secousses qui constituent la contraction physiologique.

L'auscultation, dont Helmholtz nous a indiqué la valeur pour apprécier le nombre des vibrations musculaires, peut seule donner la solution de cette question si délicate.

J'ai essayé d'ausculter un muscle pendant que j'exécutais avec celui-ci des contractions d'énergie croissante ou décroissante. J'espérais ainsi entendre suivant le cas un son musculaire d'une tonalité plus ou moins élevée. Mais je n'ai rien obtenu de bien net par ce procédé. Vous savez déjà combien il est difficile d'apprécier la tonalité d'un son aussi grave que celui du muscle qui se contracte, la difficulté s'accroît encore dans cette expérience par suite des frottements du muscle contre le pavillon de l'oreille, ou contre le stéthoscope si l'on se sert de cet intermédiaire. Il fallait donc supprimer tous ces bruits étrangers.

J'ai recouru au moyen que recommande Helmholtz pour apprécier la tonalité du son musculaire dans le téton produit par les excitations électriques. On ferme avec de la cire ses conduits auditifs externes et l'on perçoit alors le son des muscles massétiers tétonisés. J'ai donc écouté dans ces conditions le son produit par les massétiers volontairement contractés, j'ai cru remarqué que la tonalité de ce son s'élevait ou s'abaissait suivant que je rapprochais les mâchoires avec plus ou moins de force. J'évalue à une quinte l'intervalle des tons correspondants aux degrés extrêmes d'intensité de la contraction que je produisais ainsi volontairement.

MAREY.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAUILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.