

mais pourtant appréciable. Soit, par exemple, le cercle *c* (fig. 99), représentant la *surface de section* d'un muscle. Si les deux pôles sont appliqués en *a* et *b*, il n'y a point de courant; mais s'ils sont appliqués en *a* et en *d*, il y a un courant. De même, soit le cylindre *a* (fig. 100), représen-

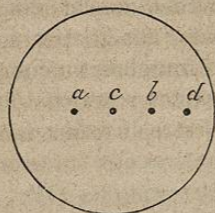


Fig. 99.

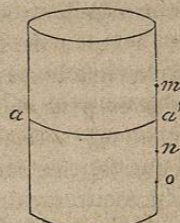


Fig. 100.

tant la *surface naturelle* d'un fragment de muscle; si les deux pôles sont appliqués en *m* et en *n*, à égale distance du plan circulaire *aa'*, qui coupe le fragment du muscle en deux parties égales, on n'obtient pas de courants; mais si les pôles sont appliqués en *m* et en *o*, on obtient un courant.

D'après les différents faits observés par lui, et dont nous n'avons donné qu'une analyse très-succincte, M. Dubois-Reymond a cherché quelle disposition les parties constitutives des fibres musculaires devaient affecter pour rendre compte des effets produits. D'après lui, on peut admettre que chaque molécule organique dont se compose la fibre musculaire élémentaire est électrique naturellement, et qu'elle possède les

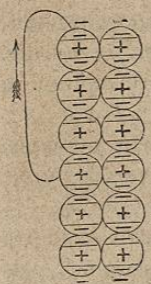


Fig. 101.

deux électricités à l'état de liberté. Chaque fibre musculaire consisterait en une succession de molécules dont la forme peut être quelconque, mais qu'il suppose être sphériques, et dont chacune aurait une zone équatoriale positive, et deux zones polaires négatives aux points où les molécules sont en contact (Voy. fig. 101). M. Dubois-Reymond nomme ces molécules *péripolaires*. Il résulterait, de cette disposition des molécules dans chaque faisceau élémentaire, un état électrique négatif des deux bases ou extrémités des faisceaux, et aussi sur toutes les sections transversales, et un état positif de la surface longitudinale du muscle entier ou de chaque élément du muscle. Tant que les parties sont dans leur état normal, l'électricité est en quelque sorte accumulée à l'état *statique* sur chaque molécule. Si maintenant, à l'aide d'un conducteur métallique, conducteur infiniment meilleur que le muscle, on établit une communication, comme le représente la figure 101; on recompose des électricités opposées, d'où l'apparition d'un courant dirigé dans le sens de la flèche. Les éléments musculaires sont d'ailleurs très-faiblement polarisés, parce que la plus grande quantité de l'électricité qui se développe dans les parties se recompose sur place, à l'aide du liquide nourricier qui infiltre les organes.

M. Dubois-Reymond admet dans le nerf lui-même une polarité analogue à celle de la fibre musculaire (le nerf donne les mêmes courants *propres* que le muscle, et dirigés de même); d'où il conclut que lorsqu'un muscle se contracte, sa contraction est le résultat d'une modification dans l'état électrique moléculaire des fibres nerveuses, dans toute leur longueur, depuis leur origine dans les centres nerveux jusqu'à leur terminaison dans la masse musculaire. Cette modification qui s'accomplit dans le nerf entraîne une rupture d'équilibre dans le groupement électrique des molécules de la fibre musculaire; ces molécules se correspondent alors par des pôles de *nom contraire*, d'où la contraction¹.

§ 226.

Phénomènes chimiques qui accompagnent la contraction musculaire. — Les muscles développent une certaine quantité de chaleur au moment de leur contraction. Les recherches de MM. Becquerel et Breschet, celles de M. Helmholtz, de M. Matteucci et les nôtres, ont mis le fait hors de doute. Les muscles, pendant leur contraction, comme aussi pendant leur état de repos, absorbent de l'oxygène, et forment de l'acide carbonique. Pendant la contraction musculaire, l'absorption de l'oxygène et l'exhalation de l'acide carbonique augmentent de plus du double².

Alexandre de Humboldt, d'illustre mémoire, avait constaté, il y a déjà longtemps, que la contractilité musculaire persistait plus longtemps dans l'air que dans l'hydrogène, l'azote ou l'acide carbonique, plus longtemps dans l'oxygène que dans l'air. Quelques expériences entreprises sur le cœur de trois suppliciés conduisirent Nysten aux mêmes résultats. De Humboldt avait exécuté ses expériences à l'aide des cuisses de la grenouille, Tiedemann les a répétées plus tard à l'aide du cœur du même nombre d'expériences qui ont de l'analogie avec les précédentes. Son animal. M. Georges Liebig a exécuté plus récemment un très-grand mémoire contient plusieurs tableaux dans lesquels il examine l'influence des divers gaz sur le pouvoir contractile des muscles. Dans tous ces tableaux, l'oxygène tient la tête, puis vient l'air atmosphérique. M. G. Liebig a constaté, en outre, que les muscles placés dans l'air atmosphé-

¹ MM. Baierlacher, Meyer et Neumann ont constaté que sur des muscles paralysés (et aussi sur les muscles d'un animal qui vient d'être mis à mort), le *courant continu* d'une pile faible entraîne des contractions à l'ouverture et à la fermeture du courant. Tandis que les courants d'induction (*courants instantanés*) sont sans effet.

Le *courant continu* de la même pile appliqué aux muscles sains était à peu près sans effet, tandis que le courant d'induction était, ainsi qu'on le sait, suivi d'effets énergiques.

Lorsque la paralysie s'améliorait les courants d'induction redevenaient actifs.

La contractilité des muscles paralysés disparaît donc pour les courants instantanés de d'induction; elle est conservée et paraît même augmentée par les courants continus.

² Les métamorphoses de nutrition qui s'accomplissent dans les muscles fournissent des produits d'oxydation très-nombreux. On y trouve de la créatine (Chevreul, Liebig), de la créatinine (Liebig), de l'hypoxanthine (Scherer), de l'acide inosique (Liebig), de l'acide lactique (Berzelius), de l'acide butyrique, de l'acide acétique, de l'acide formique (Scherer). D'après Neubauer et Sarakow, la *créatine* déjà formée dans les muscles, se transforme en *créatinine* par le fait de la contraction musculaire.

rique ou dans l'oxygène absorbent de l'oxygène et exhalent de l'acide carbonique, gaz que l'on peut recueillir et doser, en plaçant les muscles sous des cloches convenablement disposées¹.

Pour rendre incontestables les modifications apportées au muscle par la contraction, M. Helmholtz prend deux membres d'une même grenouille et place chacun dans une petite caisse semblable. Il sollicite la contraction de l'un par 400 à 500 décharges d'un appareil d'induction il laisse l'autre au repos pendant le même temps. Puis les portions musculaires de chaque membre sont détachées, pesées et soumises à l'analyse. A l'aide de l'alcool, on obtient les matières extractives solubles dans ce liquide; ces matières se trouvent dans les proportions suivantes :

EXPÉRIENCES.	EXTRAIT ALCOOLIQUE POUR 100 GRAMMES DE MUSCLES FRAIS.		
	MUSCLES soumis à la contraction.	MUSCLES au repos.	RAPPORT.
1	0 gr, 752	0 gr, 606	comme 1,24 est à 1
2	0 ,569	0 ,427	comme 1,33 est à 1
3	0 ,664	0 ,481	comme 1,38 est à 1
4	0 ,652	0 ,493	comme 1,32 est à 1
5	0 ,575	0 ,433	comme 1,33 est à 1

La constitution chimique du muscle est donc modifiée durant la contraction, et cette modification est révélée dans ces expériences par l'augmentation des matières extractives².

Les expériences sur les animaux à sang chaud sont plus difficiles, à

¹ Dans une série d'expériences, M. G. Liebig enlève tout le sang que contiennent les vaisseaux du muscle, en faisant traverser l'appareil circulatoire de l'animal par un courant d'eau distillée. Or, des muscles ainsi dépouillés de leur sang ont réagi sur l'oxygène et sur l'air exactement comme les autres; d'où M. Liebig tire cette conclusion, que la formation de l'acide carbonique, sur le vivant, n'a pas lieu dans les vaisseaux du muscle, mais bien dans le muscle lui-même, et que l'oxygène qu'apporte la circulation s'échange au travers des parois des vaisseaux capillaires avec l'acide carbonique produit dans le muscle.

² L'opinion de M. G. Liebig, qui place dans la substance du muscle lui-même le travail chimique de la contraction vient d'être de nouveau soutenue par M. Hermann. L'oxygène apporté par la circulation traverse suivant lui les parois des vaisseaux et entre en combinaison *immédiate* avec la substance musculaire (*immédiate*, car les muscles frais placés dans le vide ne fournissent jamais d'oxygène, mais seulement de l'acide carbonique et de l'azote). C'est cette oxydation qui est le substratum matériel du travail musculaire.

MM. Voit, Fick, Wislicenus, Frankland, W. Heaton pensent au contraire d'après leurs recherches que la source *immédiate* de la force musculaire n'est pas dans la substance azotée du muscle, et qu'il n'est pas nécessaire que la matière oxydée ait fait partie constituante du muscle.

Comme on le voit la question n'est pas définitivement jugée et appelle de nouvelles recherches.

Ajoutons que, dans des recherches toutes récentes, M. Ranke après avoir vérifié l'exactitude des recherches de Helmholtz, trouve, en outre, dans les muscles qui ont

cause de la rapide disparition de l'excitabilité des muscles séparés du corps de l'animal. Au reste, ce qu'on perd par la rapide disparition de l'excitabilité, c'est-à-dire par le peu de durée possible de l'expérience, on le regagne en partie par l'intensité de l'action musculaire, si bien que le résultat, quoique moins marqué, est encore significatif. Deux portions égales des muscles pectoraux du pigeon ont donné en matières extractives :

Celle qui a été soumise à la contraction :

Extrait aqueux.	0,73
Extrait alcoolique.	0,68

Celle qui est restée au repos :

Extrait aqueux.	0,64
Extrait alcoolique.	1,58

M. Matteucci a pareillement constaté que les muscles frais de la grenouille absorbent de l'oxygène et exhalent de l'acide carbonique¹, et que pendant la contraction cet échange gazeux augmente. Exemple : Les trains de derrière de cinq grenouilles, pesant ensemble 34^{gr},3, sont placés dans un espace gazeux d'air atmosphérique de 85^{cc},185. Au bout d'une heure de *repos*, on trouve 1^{cc},075 d'oxygène absorbé, et 0^{cc},907 d'acide carbonique exhalé; — cinq trains de derrière de grenouilles, pesant ensemble 34^{gr},2 sont placés dans 82^{cc},828 d'air atmosphérique; on sollicite la contraction pendant vingt minutes, après lesquelles on trouve 2^{cc},723 d'oxygène absorbé, et 2^{cc},508 d'acide carbonique exhalé.

Dans le mouvement musculaire généralisé, les produits d'oxydation formés dans les muscles sont versés dans le sang, où ils subissent une métamorphose plus avancée, pour être ensuite portés vers les voies d'excrétion.

Les expériences de M. Valentin, et celles plus récentes de M. Hermann ont démontré, comme celles de M. Matteucci, que :

La proportion d'oxygène absorbé et d'acide carbonique formé augmente quand on sollicite la contraction des muscles frais. M. Valentin a

travaillé une petite diminution de matières azotées, une augmentation correspondante de matières ternaires, et aussi plus d'eau et moins de parties solides.

Il est vrai que M. Basler en opérant *non pas sur des muscles séparés du corps*, comme les expérimentateurs précédents, mais sur des grenouilles vivantes, dont l'une des cuisses était chargée de poids et l'autre libre, et chez laquelle on excitait des contractions vives pendant une heure, n'a pas trouvé la moindre différence dans la proportion des matières extractives, aqueuses et alcooliques. Mais il faut remarquer que dans les expériences de M. Basler, la circulation continuait et que les produits du travail musculaire étaient entraînés par le sang au fur et à mesure de leur production.

Ajoutons encore que depuis longtemps déjà M. Dubois-Reymond avait signalé la réaction acide d'un muscle qui se contracte, et M. Heidenhain a montré que de deux muscles également excités, dont l'un est faiblement chargé et l'autre davantage, la réaction acide est plus intense dans le muscle le plus chargé.

¹ M. Matteucci trouve aussi que le muscle exhale une faible proportion d'azote, de telle sorte que, pour lui, la respiration des muscles est tout à fait l'analogue de la respiration pulmonaire quant aux proportions. M. Hermann a également trouvé que les muscles frais placés sous le vide exhalent de l'acide carbonique et de l'azote.

constaté en renfermant les muscles et aussi des animaux entiers dans des enceintes fermées, et, en poursuivant l'expérience, que les muscles d'un animal mort continuent pendant longtemps à exhaler de l'acide carbonique et à absorber de l'oxygène. Sur les animaux à sang froid, ces

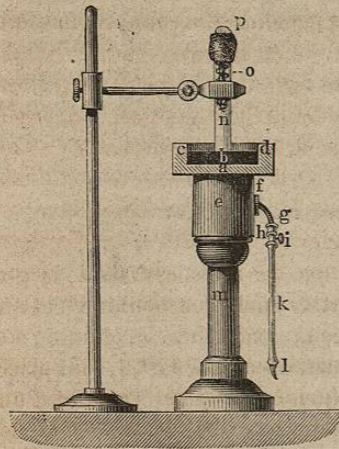


Fig. 102.

aem, cuve à mercure. La partie *e* est large pour faciliter les manipulations. La partie *m*, plus étroite, permet à la cuve d'être profonde, sans nécessiter une trop grande quantité de mercure.

cd, plaque de verre transparente, pour apercevoir la masse de mercure *b* et pour établir les niveaux.

fg, tube en caoutchouc vulcanisé; *hkl*, tube de fer terminé par un bout effilé en verre; *l*, robinet en fer. — Ce tube fer et caoutchouc est destiné à faire sortir rapidement et sans perte une certaine proportion de mercure, quand ce qu'on introduit dans la cuve doit amener un grand déplacement de liquide.

n, tube gradué, fermé en haut par un couvercle vissé. Quand on commence l'expérience, on fixe la masse musculaire dans une hélice de platine *o* fixée sous le couvercle *p*, après quoi on visse le couvercle, et on le lute extérieurement.

Nota. La pièce *fght* de la figure 103 est plongée dans le mercure sur la figure 102. Quand on veut procéder à l'analyse de l'air contenu dans l'appareil, on soulève légèrement le tube *n* (fig. 102), et, introduisant la main sous le mercure, on ferme les robinets *k*, *m*; puis on enlève l'appareil, on le retourne, et on lute l'extrémité *e* (fig. 103) comme on avait luté l'autre extrémité. On remplit alors de mercure les petits cylindres *o* et *n*, et l'on fixe dans ces cylindres remplis de mercure l'entonnoir *p* (en *n*) et le tube *q* (en *o*); l'entrée de l'air extérieur se trouve ainsi garantie. Puis on ouvre les robinets *k* et *m*, et, pour une quantité donnée de mercure qui s'écoule en *b*, il sort par le tube *q* un volume égal d'air qu'on reçoit dans un eudiomètre sur la cuve à mercure.

échanges peuvent être suivis pendant plusieurs jours. A cet effet, M. Valentin introduit les muscles dans un tube de verre rempli d'air atmosphérique et hermétiquement clos.

Pour étudier la nature et le degré des altérations qu'a subies l'air au contact des muscles, on fait, à divers moments de l'expérience, des prises de gaz dans le tube *a* (fig. 103), en déplaçant une certaine propor-

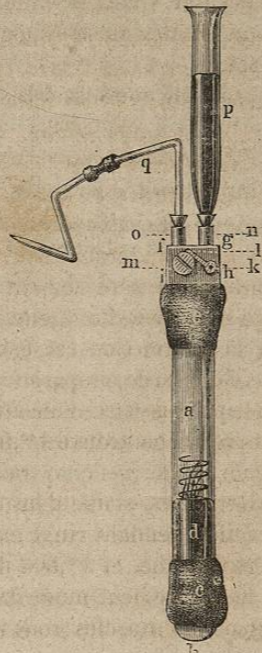


Fig. 103.

a, représente le tube gradué *n* de la figure précédente (amplifié); ce tube a environ 2 décimètres.

fght, pièce de fer portant deux ouvertures qui font communiquer le tube *a* avec l'entonnoir *p* et avec le tube de sortie *q*. Les ouvertures peuvent être établies ou fermées par les robinets *k*, *m*.

o, *n*, appendices faisant corps avec la pièce *fght*, et dans lesquels entrent à frottement l'entonnoir *p* et le tube *q*.

tion du mélange gazeux par l'écoulement dans le tube *a* d'une quantité déterminée du mercure contenu dans l'entonnoir *p*. L'air chassé par déplacement est reçu dans un eudiomètre à l'aide du tube *q* (fig. 103). Les légendes des figures 102 et 103 expliquent la méthode opératoire.

L'exhalation d'acide carbonique et l'absorption d'oxygène persistent dans le muscle, tant que dure la contractilité et jusqu'à l'établissement de la putréfaction; elles continuent même après (car il y a de l'oxygène absorbé dans la putréfaction, et de l'acide carbonique produit), mais les proportions de l'échange gazeux ne sont pas les mêmes, et il vient s'y joindre d'autres gaz, tel qu'oxyde de carbone, hydrogène carboné, hydrogène sulfuré, sulfhydrate d'ammoniaque. La contractilité musculaire dure plus longtemps dans les muscles renfermés dans l'oxygène que dans ceux qui sont placés dans l'air atmosphérique; elle dure moins longtemps que dans l'air lorsqu'ils sont placés dans l'acide carbonique, dans l'hydrogène et dans l'azote.

On remarque encore, quand on interroge les muscles, suivant le procédé de M. Dubois-Reymond (Voy. § 225), que le *courant musculaire* obtenu en établissant une communication métallique entre la *surface naturelle* et la *surface de section* d'un muscle disparaît, quand on a maintenu pendant longtemps les animaux (grenouilles) à la température de zéro; température qui a pour effet aussi de suspendre les échanges gazeux entre le système musculaire et l'air ambiant. Le développement d'électricité dans les tissus, de même que le développement de la chaleur, est donc manifestement subordonné aux actions chimiques.

§ 227.

Tonicité musculaire. — Élasticité musculaire. — Fatigue musculaire. — Les muscles d'un animal vivant, alors même qu'ils sont dans le relâchement ou plutôt dans l'état de *non-contraction*, sont dans une sorte de tension permanente. Cette tension n'est pas aussi apparente dans les muscles des membres ou dans les muscles du tronc qui ont leurs deux extrémités attachées aux os que dans les muscles orbiculaires qui entourent les orifices des ouvertures naturelles, et qui sont isolés au milieu des parties molles. Ce n'est point par une contraction *permanente* (l'intermittence est le caractère général de la contraction musculaire, comme de la plupart des actes qui sont sous la dépendance du système nerveux) que les muscles *sphincters* ou orbiculaires ferment les orifices qu'ils circonscrivent; c'est en vertu d'un état de tension particulière que présente seul le tissu musculaire. Cette tension n'est pas comparable à celle que détermine un tissu élastique qui possède l'élasticité en raison de sa constitution propre. Les muscles sont élastiques comme la plupart des parties molles de l'économie, et même à un assez haut degré. L'élasticité est inséparable de la fibre musculaire; la tonicité, au contraire, est subordonnée à certaines conditions qui ne sont pas inhérentes à la fibre

musculaire elle-même. Elle est subordonnée à ses liaisons avec le système nerveux central, et elle disparaît quand cette liaison est rompue. Aussi n'existe-t-elle plus dans les paralysies : de là l'évacuation involontaire des fèces, de l'urine, etc. La tonicité musculaire, quoique moins manifeste dans les muscles des membres, y existe également; elle maintient ces muscles dans un état de tension que l'équilibre des puissances musculaires contraires dissimule en partie. Elle devient évidente par le retrait des deux bouts d'un muscle, lorsqu'on le divise en travers sur l'animal vivant. Elle se manifeste encore par la distorsion de la face et celle de la langue dans l'hémiplégie faciale, les muscles du côté sain n'étant plus maintenus en équilibre par la tonicité des muscles du côté opposé. Il est remarquable que cet effet (la distorsion de la face) se manifeste *instantanément* et qu'elle devient ainsi un signe de l'épanchement encéphalique.

Quelques physiologistes ont, dans ces derniers temps, élevé des doutes sur cette propriété des muscles, et n'ont vu dans l'action des sphincters et dans la rétraction des bouts d'un muscle coupé en travers que des phénomènes d'élasticité¹. Il est donc nécessaire de rappeler ici quelques expériences toutes récentes, qui confirment de la manière la plus claire l'existence de la tonicité musculaire.

MM. Heidenhain et Colberg prennent un lapin, l'endorment en le narcotisant, lui ouvrent l'abdomen, lient l'un des uretères, et introduisent dans l'autre un tube gradué et suffisamment élevé dans lequel ils versent de l'eau chaude (à 30 ou 40 degrés), jusqu'à ce que la vessie soit pleine. L'eau s'élève ensuite dans le tube, et on s'arrête aussitôt que l'on voit quelques gouttes de liquide s'écouler par l'urèthre de l'animal. Ce moment correspond au point d'équilibre entre la résistance du sphincter du col de la vessie et la pression du liquide mesurée par la hauteur de la colonne d'eau. On attend quelque temps jusqu'à ce que la colonne de liquide reste stationnaire, puis on tue l'animal par quelques gouttes d'acide cyanhydrique. Aussitôt que l'animal est mort, il s'écoule par l'urèthre une certaine proportion de liquide. L'eau s'abaisse en même temps dans le tube gradué, d'une certaine quantité, et le point où elle s'arrête correspond à la résistance que lui oppose encore le sphincter de l'animal mort, en raison de son élasticité seule. La résistance du sphincter sur un lapin vivant était, par exemple, équivalente à une colonne d'eau de 27 centimètres; elle ne faisait plus équilibre sur l'animal mort qu'à une colonne d'eau de 5 centimètres. Sur un chien vivant, la résistance du sphincter faisait équilibre à une colonne d'eau de 68 centimètres; sur l'animal mort, la résistance du même muscle ne faisait plus équilibre qu'à une colonne d'eau de 13 centimètres.

¹ A coup sûr, l'élasticité, telle qu'ils la conçoivent dans les muscles, n'est pas l'élasticité ordinaire. Singulière élasticité que celle dont on peut à volonté priver un muscle, sans agir sur son tissu, et en coupant au loin le nerf qui s'y rend. Aux propriétés nouvelles les noms nouveaux. Voilà pourquoi nous disons non-seulement le muscle au repos est élastique, mais il y a encore en lui autre chose; cette autre chose, nous l'appelons *tonicité*.

L'expérience suivante de M. Brondgeest est plus concluante encore. On coupe la moelle à une grenouille au-dessous du bulbe, on met à découvert les nerfs sciatiques sur chaque membre postérieur, et on coupe l'un des deux nerfs, puis on suspend librement la grenouille par la tête. Si on observe alors la situation des deux membres postérieurs (la grenouille est forcément au repos, puisque la moelle est coupée), on constate une différence qui s'est montrée constamment la même dans soixante-deux expériences. La patte dont le nerf est coupé est flasque et pendante, celle dont le nerf est intact est légèrement fléchie dans toutes ses articulations. La première obéit librement à la pesanteur, la seconde y obéit aussi, mais cette tendance est contre-balancée en partie par la tonicité, qui, persistant dans les fléchisseurs et les extenseurs du même côté, tend à donner au membre une position demi-fléchie, situation qui, ainsi que nous le verrons, représente la position moyenne d'équilibre entre l'action des fléchisseurs et des extenseurs.

M. Brondgeest a fait des expériences analogues sur des lapins et sur des oiseaux; les résultats ont été les mêmes.

La rupture de la liaison des muscles avec les centres nerveux est donc suivie de l'abolition de la tonicité. Cette abolition est-elle immédiatement complète, ou, quoique très-amointrie, la tonicité persiste-t-elle encore un certain temps dans le muscle, pour disparaître tout à fait plus tard? Les faits pathologiques tendent à faire supposer que cette abolition est immédiate.

En ce qui concerne l'élasticité musculaire, l'expérience apprend que si l'on suspend, à l'extrémité d'un muscle frais et fixé à son autre extrémité, des poids successivement croissants, qu'on enlève ensuite, le muscle, qui reprenait ses premières dimensions pour des poids faibles, ne revient plus sur lui-même d'une même quantité pour des poids plus forts. A une certaine limite, l'élasticité du muscle est vaincue, le muscle allongé conserve en partie son élongation et ne reprend plus ses dimensions premières.

Voici, pour fixer les idées, une série d'expériences faites par M. Wundt sur les muscles de la cuisse de la grenouille (ensemble le grand adducteur et le demi-membraneux).

Poids en grammes.	Allongement en millimètres.	Raccourcissement, quand la charge est enlevée, en millimètres.
1	0,06	0,06
2	0,12	0,12
5	0,32	0,31
10	0,73	0,66

Il en est de l'élasticité musculaire, comme de l'élasticité des autres corps. Lorsque l'extension dépasse une certaine limite, il survient dans la disposition moléculaire des éléments du corps élastique un arrangement nouveau qui modifie son pouvoir élastique.

Si l'on détache par l'une de ses extrémités un muscle fraîchement préparé sur un animal vivant, tout en conservant le nerf qui s'y rend, si l'on

attache à l'extrémité de ce muscle un poids déterminé, et si l'on note après cela sa longueur absolue, on remarque qu'après avoir fait passer un certain nombre de fois dans ce muscle le courant d'une pile un peu énergique, il a augmenté de longueur. Dans la fatigue qui suit l'exercice répété de la contraction musculaire, il arrive quelque chose de semblable. La fatigue musculaire qui survient après l'exercice prolongé a d'ailleurs beaucoup d'analogie avec le sentiment d'épuisement et de faiblesse qu'on éprouve dans un membre lorsqu'on a soulevé ou mû des poids placés sur les limites de la puissance musculaire ¹.

Il est remarquable que les décharges galvaniques répétées, et aussi les excitants de toutes sortes appliqués au nerf qui se rend au muscle, ont sur le pouvoir exciteur du nerf les mêmes effets que sur la tonicité elle-même. C'est ainsi que la faculté excitatrice du nerf qui anime un muscle s'éteint beaucoup plus vite, quand on le fait traverser par de nombreuses décharges galvaniques, que quand on l'excite de loin en loin. La force tonique dans les muscles, ou plutôt l'état de tension des muscles au repos, est donc dans une liaison intime avec le système nerveux; elle n'est, pour ainsi dire, qu'un de ses modes d'expression.

La tonicité musculaire joue dans les divers mouvements des leviers osseux du squelette un rôle des plus importants. C'est à elle surtout que sont dues la *régularité* et la *mesure* dans le mouvement des parties mises en jeu par des muscles. Lorsque les muscles biceps et brachial antérieurs, par exemple, se contractent pour fléchir l'avant-bras sur le bras, le muscle triceps, placé à la partie postérieure du bras, quoique ne se contractant point (ce muscle est extenseur), modère en quelque sorte le mouvement de flexion, le proportionne au but désiré, et lui donne la *précision* nécessaire aux divers actes que le membre supérieur doit accomplir. Il en est de même, réciproquement, quand, au lieu des muscles fléchisseurs, ce sont les extenseurs qui agissent activement; ils trouvent dans la tonicité des fléchisseurs une résistance graduée et en quelque sorte régulatrice. Lorsque les muscles extenseurs d'un segment de membre sont paralysés, on constate, en effet, que le mouvement de flexion est saccadé, brusque, et qu'il dépasse le plus souvent le but assigné par la volonté. On observe des effets analogues, mais en sens opposé, dans la paralysie des fléchisseurs. M. Duchenne (de Boulogne), qui s'est beaucoup occupé des paralysies locales et des moyens thérapeutiques à leur opposer, remédie d'une manière très-ingénieuse à ce désordre des mouvements, en remplaçant les muscles paralysés par des lanières de caoutchouc qui, d'une part, ramènent le membre dans la position nécessaire au jeu des muscles non paralysés, et qui, d'autre part, graduent l'action de ceux-ci quand ils entrent en jeu.

¹ La fatigue musculaire paraît liée aux actions chimiques qui accompagnent le travail musculaire. M. Ranke injecte dans un muscle par ses vaisseaux de la créatine ou de l'acide lactique; le muscle ne peut plus porter ni soulever le poids qu'il portait et soulevait. Il lave le muscle, sa puissance reparait. (La créatinine, l'urée et l'acide urique ne produisent pas les mêmes effets).

§ 228.

Différences entre la contraction des muscles striés et celle des muscles lisses. — La contraction musculaire, telle que nous l'avons exposée jusqu'à présent, peut être étudiée surtout dans les muscles de la vie animale (muscles *striés*). Les muscles *lisses*, c'est-à-dire les muscles de l'intestin, de la vessie, de l'utérus, etc., etc., ne présentent pas, à proprement parler, de différences essentielles avec les précédents, en ce qui concerne les phénomènes de la contraction. On peut dire toutefois, d'une manière générale, que ces derniers muscles ne répondent pas, pour la plupart, d'une manière aussi énergique aux divers excitants. Les contractions de quelques-uns d'entre eux ne peuvent être éveillées que par des courants galvaniques très-énergiques. C'est ainsi, par exemple, que les fibres musculaires lisses des vaisseaux, les fibres musculaires répandues dans le derme cutané, celles des canaux excréteurs des glandes, celles des bronches, ne se contractent d'une manière évidente que sous l'influence d'un appareil d'induction d'une certaine puissance.

M. Dubois-Reymond a constaté dans les muscles lisses les mêmes phénomènes électriques que dans les muscles striés, mais ils sont beaucoup moins marqués.

Les muscles lisses, comparés aux muscles striés, présentent encore cette particularité, qu'en général, ils se contractent d'une manière bien plus prononcée, lorsqu'on applique l'excitant directement sur les fibres charnues; tandis que les muscles striés, nous l'avons vu, répondent bien plutôt aux excitations portées sur les nerfs qui les animent.

La contraction des muscles lisses présente encore quelques autres particularités. Tandis que la contraction des muscles striés cesse avec la cause d'excitation, celle des muscles lisses persiste un temps plus ou moins long après que l'excitant a cessé d'agir. La contraction s'établit dans les muscles striés un très-court espace de temps après l'application de l'excitant: il faut souvent plusieurs minutes pour que la contraction des fibres musculaires lisses se manifeste. Enfin, et ce caractère est à peu près général dans toute l'étendue de l'intestin et aussi dans les vaisseaux, la contraction affecte souvent un mode particulier dit *vermiculaire*, c'est-à-dire qu'elle occupe un espace généralement plus étendu que le point excité, et qu'elle s'opère d'une manière successive. Nous avons insisté précédemment sur ces divers points (Voy. *Digestion*, §§ 29, 33, 34; *Circulation*, §§ 96, 100).

Les fibres musculaires lisses entourant généralement des canaux membraneux ou des réservoirs, et n'ayant pas de point d'attache au squelette, leur contraction n'est point limitée par la rencontre des parties, et elle est généralement beaucoup plus étendue. C'est ainsi qu'en appliquant les deux pôles d'un appareil d'induction sur l'intestin, on peut diminuer le diamètre du canal de plus de 70 pour 100.