

lésions organiques. Ces lésions y sont même moins communes que dans les os. On n'y voit point de ces squirres, de ces engorgemens, de ces changemens de texture, en un mot, qu'il est si ordinaire de rencontrer dans les autres organes. Parmi le grand nombre de sujets que j'ai eu occasion de disséquer ou de faire disséquer, je ne me rappelle point avoir vu, dans les muscles de la vie animale, d'autres altérations que celles de leur cohésion, de leur densité, de leur couleur. C'est un phénomène qui les rapproche de ceux de la vie organique où l'on rencontre rarement des changemens de tissu, comme le cœur, l'estomac, etc., en offrent des exemples.

Le tissu musculaire de la vie animale suppure rarement : aussi connaît-on très-peu son mode de suppuration. En général, il paraît que l'inflammation s'y termine presque toujours par résolution. L'induration, la gangrène et la suppuration, triple issue que cette affection présente souvent dans les autres parties, sont étrangères à celle-ci dans le plus grand nombre des cas.

ARTICLE IV.

PHÉNOMÈNES DE L'ACTION DU SYSTÈME MUSCULAIRE DE LA VIE ANIMALE.

Jusqu'ici nous n'avons parlé que de la motilité musculaire, abstraction faite des phénomènes qu'elle présente dans les muscles, lorsqu'elle y est en exercice. Ces phénomènes vont à présent nous occuper. Ils sont spécialement relatifs à la contraction, qui est l'état essentiellement actif du muscle, le relâchement étant toujours un état purement passif. Nous concevrons facilement les phénomènes de celui-ci, lorsque ceux de l'autre, dont ils sont l'inverse, nous serons connus.

§ I^{er}. *Force de la Contraction musculaire.*

La force de la contraction des muscles de la vie animale varie beaucoup, suivant qu'elle est mise en jeu par les irritans, ou par l'action cérébrale.

Tout irritant porté sur un muscle mis à découvert, ne détermine qu'un mouvement brusque, rapide, mais en général peu énergique. Je me suis fréquemment convaincu, dans mes expériences, qu'il est impossible d'approcher même de très-loin, par ce moyen, de l'extrême énergie que communique le cerveau aux muscles de la vie animale. Le système musculaire organique que les excitans immédiatement appliqués mettent principalement en mouvement, n'a jamais des exacerbations de force correspondantes à celles que la contractilité animale nous présente à un si haut point en certaines circonstances. C'est donc spécialement quand les muscles se meuvent en vertu de cette dernière propriété, qu'il faut considérer la force de leur contraction. Or, cette contraction peut, comme nous avons vu, être déterminée, 1^o. en agaçant le cerveau dans les expériences, 2^o. lorsque son excitation a lieu dans l'état naturel, par la volonté ou par sympathie. Dans le premier cas, la force de contraction n'est jamais très-énergique, quel que soit l'excitant que l'on emploie, soit sur le cerveau, soit sur les nerfs mis à découvert. J'ai constamment observé un mouvement convulsif très-rapide, assez analogue à celui qu'on obtient en excitant les muscles eux-mêmes, mais jamais aussi fort que celui qui est le résultat de l'action vitale. Malgré ce qu'ont écrit certains physiologistes, jamais, en irritant les nerfs des fléchisseurs, on ne peut imprimer à ceux-ci une énergie d'action comparable à celle que la volonté peut leur donner. Irritez, par exemple, le nerf sciatique dans un membre inférieur qui vient d'être amputé, jamais les orteils ne se fléchiront avec la force qu'ils offrent en certains cas dans l'état naturel. J'ai fait deux fois cette expérience dans des amputations pratiquées par Desault. Etranger encore à la physiologie, j'avais été vivement frappé de ce phénomène.

Dans l'excitation cérébrale et dans celle de la moelle, on ne peut aussi bien apprécier la force des contractions qui en résultent, que quand on agace un nerf isolé : en effet, tout le système entrant alors en action convulsive, les exten-

seurs détruisent en partie l'effort des fléchisseurs, et réciproquement. Les muscles simultanément en action, se contrebalancent, se heurtent et se nuisent. L'excitant qui imprime le plus de force aux contractions, m'a toujours paru être le galvanisme.

Dans l'état de vie, la force de contraction musculaire dépend de deux causes, 1^o. du muscle, 2^o. du cerveau. Ces deux causes sont en proportion variable; il faut les considérer isolément.

Sous une influence cérébrale égale, le muscle bien nourri qui se dessine avec énergie à travers les tégumens, qui a des formes très-prononcées parce que ses fibres sont très-grosses, se contractera bien plus fortement que celui qui est grêle, mince, à fibres lâches, pâles, peu prononcées, et qui ne fait, sous les tégumens, qu'une saillie légère. Dans notre manière ordinaire de concevoir la force musculaire, c'est à cet état du muscle que nous nous arrêtons surtout. Les statues qui nous peignent la force et la vigueur, ont toujours pour attribut le développement énergique des formes musculaires. Quand le cerveau agit sur ces muscles-là avec énergie, ils sont susceptibles de mouvemens extraordinaires. Je ne rapporterai point d'exemples des efforts étonnans dont ils sont alors susceptibles. Haller et d'autres en ont cité une foule, soit dans les muscles du dos pour porter des fardeaux, soit dans les muscles des membres supérieurs pour lever des poids considérables, soit dans ceux des membres inférieurs pour faire des sauts, pour conserver des attitudes qui supposent d'énormes résistances à surmonter.

C'est surtout l'influence cérébrale qui augmente beaucoup la force de contraction musculaire. La volonté peut élever très-haut cette force; mais les différentes excitations qui lui sont étrangères, l'exaltent infiniment plus. On connaît la force qu'acquiert un homme en colère, celle des maniaques, celle des individus dans le transport cérébral d'une fièvre essentielle, etc. Dans tous ces cas, l'impulsion communiquée par le cerveau, est telle quelquefois, que les

muscles les plus grêles de la femme la plus faible, surpassent en énergie ceux de l'homme le plus vigoureux considéré dans l'état ordinaire.

La force de contraction musculaire est donc, en raison, composée et de la force d'organisation du tissu des muscles, et de la force d'excitation cérébrale. Si toutes deux sont peu marquées, les mouvemens sont presque nuls; si toutes deux sont au plus haut point, il est difficile de concevoir jusqu'où peuvent aller les effets qui en résultent: un maniaque à muscles épais et prononcés, est capable d'efforts que vainement on essaierait de calculer. Si la force nerveuse est très-énergique, et le tissu musculaire peu prononcé, ou que l'état inverse se remarque, les phénomènes de contraction sont moindres. En général, la nature a presque toujours réuni ces deux choses de cette dernière manière. Les femmes et les enfans que caractérise la faiblesse du tissu charnu, ont une motilité nerveuse très-grande; les hommes, au contraire, ceux surtout à formes athlétiques, moins faciles à s'émouvoir dans leur système nerveux, en reçoivent des causes plus rares d'une forte influence sur leurs muscles.

Quel que soit le point de vue sous lequel nous considérons la force des contractions du système musculaire de la vie animale, elle est toujours extrêmement considérable, à proportion de l'effet qui résulte de ces contractions. La nature, dans l'économie, suit une loi inverse de celle du mouvement de nos machines ordinaires, dont le grand avantage est d'augmenter beaucoup les puissances motrices, de produire un grand effet avec peu de force. Ici il y a toujours grand déploiement de forces pour peu d'effet, ce qui tient aux causes nombreuses tendant à détruire l'effet de ces forces. 1^o. Les muscles agissent presque toujours sur un levier très-défavorable, sur celui où la puissance qu'ils représentent est plus près du point d'appui que la résistance. 2^o. Tous ont à vaincre, en se contractant, la résistance des antagonistes. 3^o. Comme dans chaque mouvement il y a toujours un point fixe, l'effort qui, d'après la contraction, se porte sur ce point fixe, est perdu entièrement. 4^o. Les

frottemens divers nuisent aussi au mouvement. 5°. L'obliquité de l'insertion des muscles sur les os, obliquité bien plus voisine, en général, de la direction horizontale que de la perpendiculaire, l'obliquité non moins remarquable des attaches charnues sur le tendon ou l'aponévrose, offrent une double cause d'affaiblissement. Toutes ces raisons et plusieurs autres qu'on pourrait y ajouter avec Borelli, qui a été le premier à faire ces remarques importantes sur le mouvement musculaire, prouvent que la force absolue ou réelle des muscles est infiniment supérieure à leur force effective. Cependant tous ne sont pas aussi défavorablement disposés : dans les uns, comme au soléaire, l'insertion est perpendiculaire à l'os ; dans d'autres, comme aux muscles qui agissent sur la tête, on observe qu'ils sont puissances d'un levier du premier genre. En général, pour estimer la force d'un muscle isolé, du deltoïde, par exemple, il faut surtout avoir égard à la distance de son insertion au point d'appui, au degré d'ouverture des angles formés par les fibres charnues sur le tendon, et ensuite par le tendon sur l'os, au partage des forces entre le point fixe et le point mobile.

Quelques avantages semblent compenser légèrement, dans certains muscles, leur disposition peu propre à la force du mouvement : tels sont, 1°. les sésamoïdes, la rotule, les éminences diverses d'insertion, le gonflement des os longs à leurs extrémités, etc., qui éloignent les fibres des points mobiles ; 2°. la graisse inter-musculaire, celle qui est aux environs des muscles, le fluide des gaines synoviales, qui facilitent les mouvemens en lubrifiant les surfaces qui les exécutent ; 3°. les toiles aponévrotiques qui répercutent les mouvemens sur les membres ; 4°. ces mouvemens eux-mêmes, ceux de flexion, par exemple, qui, à mesure qu'ils ont lieu, diminuent l'obliquité de l'insertion des fléchisseurs, la rendent même perpendiculaire, comme l'a très-bien observé un auteur moderne.

On a beaucoup fait de calculs sur le déchet du mouvement musculaire, sur l'effort d'un muscle qui se contracte, comparé à l'effet qui en résulte. Ils n'ont jamais pu être précis,

parce que les forces vitales varient à l'infini, qu'elles ne sont point les mêmes dans deux individus, que l'influence cérébrale et la force d'organisation musculaire ne sont jamais en proportion constante dans le même sujet. C'est le propre des phénomènes vitaux d'échapper à tous les calculs, et de présenter, comme les forces dont ils émanent, un caractère d'irrégularité qui les distingue essentiellement des phénomènes physiques. Concluons seulement des observations précédentes, que l'effort musculaire porté au plus haut point par l'excitation cérébrale, peut produire des effets étonnans, et qui supposent une force de contraction qu'à peine nous concevons : telle est la rupture des forts tendons, de la rotule, de l'olécrâne, etc ; telle est encore la résistance souvent opposée par les muscles aux énormes distensions qu'on emploie pour les luxations, pour les fractures, etc.

§ II. *Vitesse des Contractions.*

Les contractions doivent être considérées sous le rapport de leur vitesse comme sous celui de leur force.

1°. Si c'est par les stimulans qu'elles sont produites, en mettant un muscle à découvert et en agissant directement sur lui, elles varient suivant l'état de vitalité du muscle, et suivant le corps qui stimule. Dans les premiers momens de l'expérience, elles se succèdent avec rapidité, s'enchaînent quelquefois avec une vitesse que l'œil peut suivre difficilement. A mesure que le muscle languit, ses contractions deviennent moins promptes ; elles cessent au bout d'un certain temps. On les ranime en employant un stimulant très-actif ; les fibres finissent enfin par y être aussi insensibles.

2°. Si c'est en irritant le nerf que l'on fait contracter un muscle volontaire, on détermine une vitesse de contraction plus grande encore qu'en agaçant le muscle lui-même. La course serait d'une rapidité presque incommensurable, si chaque contraction qu'elle nécessite était égale à celles qu'on obtient alors, surtout lorsqu'on agit d'une part sur des animaux très vivaces, d'une autre part avec des stimulans très-actifs, avec le galvanisme, par exemple. J'ai fait à cet égard une remarque ; c'est que la vitesse ni la force des contrac-

tions ne sont pas communément plus augmentées si on irrite en même temps tous les nerfs qui vont à un muscle, que si on n'en agace qu'un seul.

3°. Quand c'est la volonté qui règle la vitesse des contractions musculaires, cette vitesse a des degrés infiniment variables; mais toujours il en est un au-delà duquel on ne peut aller. Ce degré n'est pas le même pour tous les hommes; il y a même entre eux, sous ce rapport, de très-grandes différences, lesquelles sont étrangères à la force d'organisation des muscles; il est rare que les individus à système musculaire très-prononcé, soient les meilleurs coureurs. Je ne sache pas qu'on ait encore observé une habitude extérieure du corps qui indique la vitesse des contractions, comme il en est une qui dénote leur force: elle doit exister cependant. Les animaux sont comme les hommes; le degré de rapidité auquel chacun peut atteindre, est infiniment variable. Je ne citerai pas des exemples de courses rapides, de mouvemens analogues imprimés par les membres supérieurs, comme ceux des doigts dans le jeu de certains instrumens, du violon, de la flûte, etc.: une foule d'auteurs en rapportent d'étonnans, on pourra les lire dans ces auteurs. Je remarque seulement qu'il est peu de mouvemens qui nous donnent plus l'idée de cette vitesse, que les contractions brusques et rapides qui, dans les membres inférieurs, déterminent le saut, ou la forte prépulsion de ces membres quand on donne un coup de pied; qui dans les supérieurs servent à la projection des corps graves; qui dans les mêmes membres concourent à repousser le tronc en arrière, lorsqu'on les appuie contre un point résistant, et qu'on les étend ensuite tout à coup pour pousser en avant ce point, lequel ne cédant pas, répercute le mouvement sur le tronc; qui président à l'action de donner un coup de poing; qui dans les doigts produisent le mouvement subit d'où résulte ce qu'on nomme une chiquenaude, etc., etc. Je confonds tous ces mouvemens presque entièrement analogue au saut, et qui n'en diffèrent que par les effets plus ou moins manifestes qu'ils produisent. Les auteurs, pour le dire en passant, n'ont pas assez établi de rapprochemens entre ces diverses contrac-

tions brusques et rapides; ils ont considéré le saut trop isolément. Mais revenons. Le degré de rapidité des contractions musculaires est puissamment subordonné à l'exercice. L'habitude de faire agir certains muscles nous rend plus prompts dans leur contraction: par exemple, la marche qui nous habitue à contracter alternativement les extenseurs et les fléchisseurs des membres inférieurs, nous dispose singulièrement à la vitesse de la course. Pour peu que chaque homme se livre à ce dernier exercice, il a bientôt atteint le plus haut point de rapidité dont soit capable son système musculaire. Au contraire, les mouvemens d'adduction et d'abduction étant plus rares dans l'état ordinaire, il faut un long apprentissage pour apprendre aux danseurs à porter avec rapidité leurs jambes en dehors et en dedans, afin d'exécuter les pas où ils les croisent alternativement. En général l'habitude modifie beaucoup plus la vitesse que la force des contractions. Cependant il est toujours un terme qu'on ne dépasse jamais, quelque soit l'exercice qu'on ait donné aux muscles: ce terme dépend de la constitution; chaque homme est par elle sauteur et coureur plus ou moins agile.

§ III. *Durée des Contractions.*

Il y a sous le rapport de la durée des contractions une différence remarquable dans les muscles, suivant qu'on excite artificiellement ou naturellement ces contractions.

Que sur un animal vivant ou sur un récemment tué, on excite le muscle lui-même, ou qu'on agace ses nerfs, le relâchement succède à la contraction, presque subitement: jamais ni l'un ni l'autre état ne sont durables, quoiqu'on fasse durer long-temps l'action du stimulant; l'effet qu'il a produit s'épuise tout de suite. Que le galvanisme, que les agens mécaniques ou chimiques, servent à nos expériences, c'est le même phénomène.

Au contraire, quand la volonté dirige la contraction, elle peut la soutenir pendant un temps très-long. Le support des fardeaux, la station, etc., prouvent ce fait manifestement. Lors même que pendant la vie, une irritation morbifique est dirigée sur les nerfs, la contraction

peut être très-permanente, comme le tétanos nous en présente de si terribles preuves.

La permanence de la contraction musculaire fatigue beaucoup plus le muscle qu'un relâchement et une contraction alternatifs. Voilà pourquoi, lorsque nous sommes long-temps debout, nous faisons tour à tour porter le poids du corps plus sur un membre que sur l'autre.

§ IV. *Etat du Muscle en contraction.*

Les muscles qui se contractent présentent divers phénomènes que voici :

1°. Ils durcissent sensiblement, comme on peut s'en assurer en plaçant la main sur le masséter, le temporal, ou sur un autre muscle superficiel quelconque en contraction.

2°. Ils augmentent en épaisseur : de là la saillie plus grande de tous les muscles sous-cutanés pendant que le corps est dans une violente action. Les sculpteurs connaissent très-bien cette différence. L'homme en repos et l'homme qui se meut, ont dans leurs statues un extérieur tout différent.

3°. Les muscles, lorsqu'ils ne sont pas bridés par les aponévroses, éprouvent quelquefois un léger déplacement.

4°. Ils diminuent en longueur, et par là même ils rapprochent les deux points auxquels ils se fixent.

5°. Leur volume reste à peu près le même. Ce qu'ils perdent du côté de la longueur, ils le gagnent à peu près en épaisseur. La proportion est-elle bien exacte ? Que nous importe ? Cette question isolée à laquelle, depuis Glisson, on a attaché de l'importance, n'en mérite aucune.

6°. Le sang contenu dans les vaisseaux des muscles, dans les veines surtout, en est exprimé en partie : l'opération de la saignée le prouve ; on augmente le jet du sang par les mouvemens du bras.

7°. Cependant le muscle ne change pas de couleur ; c'est que ce n'est pas la portion colorante du sang circulant avec lui dans les vaisseaux musculaires qui colore les muscles, mais, comme je l'ai dit, celle qui est inhé-

rente à leur tissu et combinée avec leurs fibres : or cette substance colorante combinée reste la même dans le relâchement et la contraction. Le cœur de la grenouille pâlit en se contractant ; mais c'est que le sang qu'il contenait s'évacue, et que la transparence de ses parois rend ce phénomène sensible.

8°. En se contractant, les muscles deviennent le siège d'une foule de petites rides transversales, sensibles surtout dans les contractions d'oscillation, moins apparentes dans celles de totalité, presque nulles même lorsque, un muscle étant à découvert sur un animal vivant, celui-ci le contracte avec un peu de force.

9°. Tous les auteurs considèrent la contraction d'une manière trop uniforme : ils en ont décrit les phénomènes comme si dans tous les cas le muscle se contractait de même ; mais il est évident qu'il y a de nombreuses différences dans l'état où il est alors. 1°. Il y a la contraction lente et insensible déterminée par la contractilité de tissu, lorsqu'on coupe un muscle, ou que son antagoniste est paralysé ; 2°. la contraction brusque et subite, produite par la volonté, ou par l'excitation d'un nerf, mode de mouvement qui a lieu le plus communément, soit dans l'état ordinaire, soit même dans les convulsions ; 3°. l'espèce d'oscillation dont j'ai déjà parlé, et qui, affectant chaque fibre dans un muscle, ne produit cependant aucun effet bien sensible sur sa totalité, le raccourcit peu, ne rapproche presque pas, par conséquent, ses points mobiles : c'est le mode de mouvement qui a lieu dans les tremblemens produits par le froid, par la crainte, par le début des accès de fièvres intermittentes, etc. En mettant à découvert un muscle sur un animal que l'appareil de l'expérience fait frissonner, on voit que cette espèce de contraction ressemble entièrement à celle qu'on produit en versant du sel en poudre sur une partie du système musculaire. Alors, quoiqu'il y ait dans tous les muscles un mouvement intestin infiniment plus sensible que dans les grandes contractions, cependant les membres se déplacent peu, il n'y a presque point de mouvemens de totalité ; ce ne sont que de légères secousses ; 4°. Il est

encore d'autres modes de contraction moins sensibles que ceux-ci, mais qui présentent cependant des différences. En général, à chaque espèce du mouvement du muscle est adaptée une manière particulière de se contracter; pour peu qu'on ait fait d'expériences sur les animaux vivans, on se convaincra facilement combien les auteurs les plus judicieux se sont mépris sur ce point.

Souvent deux modes de contraction sont combinés : par exemple, quand on coupe un muscle en travers sur le vivant, il y a d'abord une contraction lente de totalité, produite par la contractilité de tissu, ensuite des oscillations partielles dans tous les fibres divisées; or ces oscillations sont étrangères à la rétraction qui a lieu sans elles, souvent sur le vivant et toujours sur le cadavre. De même les oscillations peuvent se combiner avec la contraction subite, née de l'influence nerveuse par l'acte de la volonté, comme dans les derniers momens de l'existence, ou bien ne point lui être associés, comme cela arrive presque toujours quand l'animal jouit de toute sa vie. On peut se convaincre de ce dernier fait sans le secours des expériences, en plaçant la main sur le muscle masseter ou le biceps d'une personne maigre, pendant qu'ils se contractent; on n'y sent à travers la peau aucun mouvement analogue à ces oscillations.

§ V. *Mouemens imprimés par le muscle.*

Tout mouvement musculaire est ou simple, ou combiné. Parlons d'abord du premier; il nous fera comprendre le second.

Mouvement simple.

Il faut le considérer, 1^o. dans les muscles à direction droite; 2^o. dans ceux à direction réfléchie; 3^o. dans ceux à direction circulaire.

Dans les premiers, comme dans ceux des membres, du tronc, etc., s'ils sont à forme allongée, et qu'ils se terminent par un tendon, chaque fibre se contractant, tire ce tendon de son côté: d'où il résulte que toutes sont congénères pour le rapprocher du centre du muscle, mais qu'en

même temps elles tendent à lui donner chacune une autre direction, et, sous ce rapport, elles sont antagonistes. Le mouvement commun reste; l'opposé est détruit.

Tout l'effort de la contraction dans les muscles longs se concentre sur un seul point, sur le tendon. Dans la plupart des muscles larges, au contraire, les attaches se faisant des deux côtés par des points différens, toutes les fibres ne concourent point au même but. Aussi les parties diverses du même muscle peuvent-elles avoir des usages très-différens, et même opposés: ainsi la portion inférieure du grand dentelé n'agit point comme la supérieure; souvent même les portions diverses du même muscle se contractent en des temps différens. Dans un muscle long, au contraire, comme toutes les fibres concourent à produire le même effet, elles agissent toujours simultanément.

Pour estimer l'effet que produit un muscle à direction droite sur les os auxquels il s'implante, on a employé différens moyens. Un très-simple me paraît être celui-ci qui, je crois, n'a pas été indiqué. Il consiste à examiner la direction du muscle depuis son point fixe jusqu'à son point mobile, et à prendre l'inverse de cette direction; ce dernier sens est toujours celui du mouvement. Voulez-vous savoir comment le radial antérieur agit sur le poignet? prenez-le à son insertion au condyle, suivez de là sa direction en bas et en dehors; vous verrez qu'il porte la main en haut et en dedans, qu'il la fléchit et la met un peu dans l'adduction. Le jambier antérieur dirigé en bas et en dedans élève le pied et le porte en dehors. Le droit antérieur de la cuisse directement dirigé du bassin vers la rotule, relève la jambe sans la faire dévier. Tous les autres muscles vous présenteront cette disposition. Quelle que soit l'attache qui leur serve de point fixe ou de point mobile, toujours ils agissent en sens inverse de leur ligne de direction supposée partie du premier point; et comme chaque attache peut être alternativement mobile et fixe, les deux os qui en servent sont portés en sens opposé: le coraco-brachial, dirigé en bas et en dehors de l'épaule vers le bras, porte ce dernier en haut et en dedans, dirigé de bas en haut et de