

des larmes devient même si abondante, que ce liquide déborde les paupières et tombe sur les joues.

§ 245. La structure de l'appareil de la vision et le mécanisme de la vue sont, à peu de chose près, les mêmes chez l'homme et chez tous les autres mammifères, ainsi que chez les oiseaux, les reptiles, les batraciens et les poissons. L'œil de quelques mollusques, tels que les poulpes, ressemble également beaucoup au nôtre ; mais, chez la plupart des animaux de cette classe, sa structure est très-différente, et chez les arachnides, les crustacés et les insectes, ces organes ont à peine quelques points de ressemblance avec les yeux des animaux supérieurs. Dans la suite de ces leçons, nous ferons connaître ces particularités.

## DES MOUVEMENTS

*Contraction musculaire.*

§ 246. Les diverses modifications de la faculté de sentir que nous avons étudiées dans les précédentes leçons rendent l'homme et les animaux aptes à connaître ce qui les entoure ; mais leurs rapports avec le monde extérieur ne consistent pas seulement dans ces phénomènes en quelque sorte passifs. Ces êtres peuvent aussi agir sur les corps étrangers, leur imprimer des changements matériels, se mouvoir, et souvent même exprimer d'une manière plus ou moins précise leurs sentiments ou leurs idées.

Cette nouvelle série de fonctions, dont nous allons maintenant nous occuper, dépend essentiellement d'une propriété qui n'est pas moins générale parmi les animaux que la sensibilité, savoir, la *contractilité*.

On donne ce nom à la faculté qu'ont certaines parties de l'économie animale de se raccourcir tout à coup et de s'étendre alternativement.

Dans quelques animaux d'une structure extrêmement simple, tels que les hydres (fig. 40), toutes les parties du corps paraissent susceptibles de se contracter ainsi ; mais, pour peu que l'on s'élève dans la série des êtres animés, on voit cette faculté devenir l'apanage d'organes particuliers, que l'on nomme *muscles*. Ces muscles, qui sont les instruments actifs de tous nos mouvements, forment la majeure partie de la masse du corps, et constituent ce que l'on nomme vulgairement la viande ou la chair des animaux. Leur couleur est en général blanchâtre ; chez quelques animaux, ils sont au contraire d'un rouge plus ou moins intense ; mais cette couleur ne leur appartient pas en propre, et dépend seulement du sang qu'ils contiennent.

§ 247. *Structure des muscles.* — Chaque muscle est formé par la réunion d'un certain nombre de faisceaux musculaires, qui sont unis par du tissu cellulaire et sont composés de faisceaux plus petits ; ceux-ci, à leur tour, sont formés de faisceaux d'un moindre volume, et, de division en division, on arrive ainsi à des fibres d'une ténuité extrême, qui sont droites, rangées parallèlement entre elles, et qui, vues avec un microscope puissant, paraissent en général être formées chacune par une série de petits disques. Après la mort, le tissu musculaire est mou et facile à déchirer ; mais pendant la vie il est très-élastique et très-résistant. Enfin il se compose essentiellement d'une matière que nous avons déjà rencontrée dans le sang, et que les chimistes appellent *fibrine* ou *syntonine*. On y trouve aussi de l'albumine, de la créatine et quelques sels.

§ 248. Sous l'influence de certaines causes excitantes, les fibres musculaires se raccourcissent brusquement, et l'on voit en même temps les faisceaux qu'elles forment devenir plus gros et plus durs que dans l'état de relâchement. Chacun peut observer sur soi-même ce phénomène : il suffit pour cela d'exécuter un mouvement quelconque et d'observer les changements qui surviennent dans les muscles mis en action pour le produire. Que l'on ploie avec force l'avant-bras sur le bras, par exemple, et l'on verra aussitôt les muscles de la partie antérieure du bras se gonfler et se durcir.

Le mécanisme par lequel s'effectue la contraction musculaire n'est pas encore bien connu. A l'aide du microscope, on est parvenu à reconnaître qu'au moment où ce phénomène se manifeste, les stries transversales, faciles à observer sur la plupart des fibres charnues, se rapprochent<sup>1</sup> : or, ce rapprochement détermine nécessairement un raccourcissement correspondant dans la longueur totale des muscles. Les deux extrémités de ceux-ci se rapprochent donc : et comme elles sont fixées aux parties destinées à être mises en mouvement, par leur action elles doivent nécessairement les entraîner avec elles ; et, en effet, c'est de la sorte qu'elles en opèrent le déplacement.

§ 249. Cette insertion des muscles sur les parties mobiles ne se fait pas directement, mais a lieu par le moyen d'une substance in-

<sup>1</sup> Lors de la publication de la première édition de cet ouvrage, les physiologistes pensaient que la contraction musculaire dépendait d'un plissement en zigzag qui s'observe souvent dans les fibres d'un muscle en action, mais de nouvelles recherches ont appris que ce plissement est un accident, et non pas la cause du phénomène : car on s'est assuré qu'il se manifeste dans les fibres qui ne se contractent pas en même temps que leurs voisines, et qui, se trouvant alors plus longues que celles auxquelles elles adhèrent, sont obligées de se froncer.



termédiaire, d'une texture fibreuse, qui pénètre dans la substance de ces organes, de façon à envoyer un prolongement à chacune des fibres dont ils se composent. Tantôt ce tissu fibreux, qui est blanc et nacré, prend la forme d'une membrane, et on l'appelle alors *aponévrose*; d'autres fois il ressemble à une corde plus ou moins longue, et constitue alors ce que les anatomistes nomment des *tendons*<sup>1</sup>.

§ 250. **Influence du système nerveux sur la contraction musculaire.** — Nous avons dit plus haut que la contractilité appartenait spécialement aux fibres musculaires. *Les muscles sont, en effet, les seules parties de l'économie qui, chez les animaux supérieurs, possèdent la faculté de se contracter; mais d'ordinaire cette propriété n'est mise en jeu que par l'influence du système nerveux.*

§ 251. **Influence des nerfs.** — Chaque faisceau musculaire reçoit un ou plusieurs nerfs. Ces nerfs, qui sont entourés par une espèce de gaine nommée *névrième*, se composent, comme nous l'avons déjà dit, d'un grand nombre de filaments longitudinaux, et ces filaments se répandent dans tout le muscle, en marchant à peu près parallèlement entre eux et en passant transversalement sur les fibres musculaires. Après avoir continué ainsi leur trajet pendant quelque temps, on voit ces fibres nerveuses se recourber, former des anses et retourner vers le cerveau, de façon qu'elles paraissent former avec cet organe un cercle continu (fig. 106).

Or, lorsqu'on coupe le nerf qui se distribue ainsi à un muscle, et qu'on sépare de la sorte celui-ci de la masse centrale du système nerveux, on empêche ses fibres de se contracter; on les *paralyse*. Il suffit même de comprimer le cerveau d'un animal vivant pour lui faire perdre aussitôt la faculté d'exécuter des mouvements.

§ 252. On a fait beaucoup de recherches pour découvrir la nature de l'influence que le système nerveux exerce ainsi sur les muscles lorsqu'il détermine leur contraction. Les plus célèbres sont celles d'un physicien de Bologne, Galvani; car, en même temps qu'elles ont jeté de nouvelles lumières sur cette question délicate, elles ont conduit à l'une des plus grandes découvertes du siècle dernier, celle de l'électricité voltaïque.

Les travaux de Galvani, de Volta et de quelques autres savants ont montré que toutes les fois que certains corps de nature différente, du cuivre et du fer, par exemple, se touchent, ils développent de l'*électricité*, et que cette électricité passe avec une grande vitesse à travers certains corps, tels que les nerfs et les métaux,

<sup>1</sup> Ce sont les tendons et les ligaments que l'on appelle vulgairement les nerfs, bien qu'ils n'aient rien de commun avec les nerfs proprement dits.

que l'on nomme, pour cette raison, des corps bons conducteurs de l'électricité, tandis qu'elle est arrêtée par d'autres, tels que le verre et la résine.

Or, lorsqu'on a paralysé un muscle par la section du nerf qui s'y rend, on peut, pendant quelque temps, suppléer au défaut de l'action nerveuse par de l'électricité, et déterminer, à l'aide de cet agent, des contractions semblables à celles qui, dans les circonstances ordinaires, ont lieu sous l'influence de la volonté.

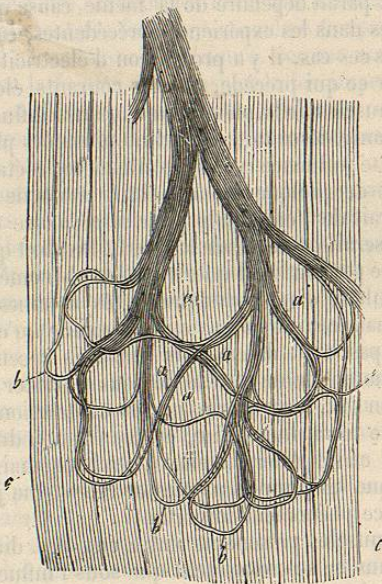


Fig. 106<sup>1</sup>.

La manière la plus commode de faire ces expériences est de dépouiller une grenouille de sa peau et de la couper en travers au niveau des reins, puis de saisir les nerfs lombaires et de les envelopper dans une petite feuille d'étain repliée; on pose ensuite les membres abdominaux sur une plaque de cuivre, et chaque fois que l'étain touche à ce dernier métal, on voit les muscles se contracter; les jambes se replient et s'agitent, et cette moitié de gre-

<sup>1</sup> Portion d'un muscle vue au microscope et montrant les branches terminales d'un nerf (a) qui forment des anses (b) au milieu des faisceaux constitués par les fibres musculaires (c).



nouille semble reprendre vie pour sauter. Ces effets singuliers peuvent se produire encore assez longtemps après la mort de l'animal, et s'observent aussi chez l'homme; car, en faisant passer un courant électrique à travers le corps de quelques suppliciés, on a vu ces cadavres agités de convulsions.

Un phénomène analogue a lieu lorsque, après avoir coupé un nerf sur un animal vivant, on pince ou l'on brûle la portion restée adhérente aux muscles : ceux-ci se contractent aussitôt; mais, du reste, cet effet paraît dépendre de la même cause que les convulsions produites dans les expériences précédentes, car on a constaté que, dans tous ces cas, il y a production d'électricité.

On voit, par ce qui précède, que les courants électriques agissent sur les muscles de la même manière que l'influence nerveuse, et la connaissance de ce fait a conduit plusieurs physiologistes à penser que cette influence nerveuse elle-même n'était autre chose que le passage de quelque fluide subtil, analogue à l'électricité, qui s'échapperait de l'encéphale pour se répandre dans les muscles, et qui y serait conduit par les nerfs. Pendant quelque temps, on a cru même pouvoir expliquer tous les phénomènes de la contraction musculaire d'après les propriétés connues des courants électriques; mais cette théorie, toute plausible qu'elle paraissait, ne s'accorde pas avec divers faits constatés récemment, et par conséquent il nous semble inutile de nous y arrêter ici.

Quoi qu'il en soit, nous voyons que la contraction ne peut avoir lieu que dans le tissu musculaire, et que l'action du système nerveux en est la cause déterminante. Cherchons maintenant quels sont les rôles que les diverses parties de ce système jouent dans la production de ce phénomène important.

§ 255. Les muscles présentent entre eux des différences très-grandes : les uns ne se contractent que sous l'influence de la volonté; d'autres sont également soumis à l'empire de cette force, mais leur contraction a lieu aussi indépendamment d'elle; enfin, il en est d'autres encore sur les mouvements desquels la volonté n'a aucune influence. Les muscles des membres, etc., appartiennent à la première de ces trois classes; ceux de l'appareil respiratoire, à la seconde; et le cœur, l'estomac, etc., à la troisième<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Il est à noter que les muscles soumis à l'influence de la volonté diffèrent de la plupart des muscles indépendants de la volonté par leur structure aussi bien que par leurs fonctions : chez les animaux supérieurs, les faisceaux de fibres dont les premiers sont composés offrent toujours des stries transversales, tandis que la plupart des derniers n'en présentent pas; mais cette différence n'est pas constante, car les fibres du cœur ressemblent, sous ce rapport, à celles des muscles dont les mouvements dépendent de la volonté.

§ 254. Les muscles dont les mouvements peuvent être déterminés par la volonté reçoivent tous des nerfs du système cérébro-spinal. Mais tous les nerfs de ce système ne remplissent pas ces fonctions : quelques-uns, comme nous l'avons déjà vu, appartiennent exclusivement à la sensibilité. Les nerfs cérébraux des troisième, quatrième, sixième, septième, neuvième et onzième paires (fig. 85) paraissent, au contraire, être exclusivement affectés aux mouvements. Enfin, les nerfs cérébraux de la cinquième et de la dixième paire, et tous les nerfs qui naissent de la moelle épinière, remplissent ces fonctions en même temps qu'ils servent à la sensibilité : leur racine postérieure, comme nous l'avons déjà vu, leur donne la faculté de transporter les impressions au cerveau (§ 205); et c'est par leur racine antérieure que l'influence nerveuse nécessaire pour déterminer les mouvements volontaires se propage du cerveau aux muscles.

En effet, lorsqu'on coupe, sur un animal vivant, les racines antérieures des nerfs spinaux, on prive les parties auxquelles ces nerfs se distribuent de la faculté de se contracter, tout comme si l'on coupait les deux racines de ces mêmes nerfs.

§ 255. Influence de l'encéphale. — Lorsqu'on divise la moelle épinière, on détruit également les mouvements de toutes les parties dont les nerfs naissent au-dessous de la section, tandis que celles dont les nerfs sont encore en communication avec le cerveau continuent à se mouvoir. Mais si, au lieu d'expérimenter ainsi sur la moelle épinière, on agit sur le cerveau, qu'on l'enlève ou qu'on le comprime de manière à l'empêcher de remplir ses fonctions, on paralyse en même temps tous les muscles des mouvements volontaires.

Il paraît aussi que certaines parties du système nerveux exercent sur les mouvements une influence d'une autre nature. Ainsi, Magendie a constaté que, lorsqu'on coupe la portion du cerveau désignée par les anatomistes sous le nom de *corps striés*, l'animal ainsi mutilé ne reste plus maître de ses mouvements, mais semble poussé en avant par une puissance intérieure à laquelle il ne peut résister : il s'élançe en avant, court avec rapidité, et s'arrête enfin, mais ne paraît pas pouvoir reculer. Si, au contraire, on blesse les deux côtés du cervelet chez un mammifère ou un oiseau<sup>1</sup>, on le voit aussitôt marcher, nager, ou même voler en arrière, sans jamais pouvoir se porter en avant.

Lorsqu'on ne pratique ces lésions que d'un seul côté, on observe d'autres phénomènes qui, au premier abord, paraissent être

<sup>1</sup> D'après les expériences de Magendie, il paraît que les mêmes effets ne s'observent pas chez les reptiles, les batraciens et les poissons.



des plus singuliers, mais qui sont des conséquences des effets dont nous venons de parler. Ainsi, lorsqu'on coupe verticalement l'un des côtés du cervelet, ou de la protubérance annulaire, l'animal se met aussitôt à rouler latéralement sur lui-même, en tournant du côté blessé, et quelquefois avec une telle rapidité, qu'il fait plus de soixante révolutions par minute.

D'après ces expériences curieuses, et d'après les recherches sur le même sujet, faites par Flourens et par quelques autres physiologistes, on voit que *le cervelet et les parties voisines de l'encéphale ont, entre autres usages, celui de régler les mouvements de la locomotion.*

*Les mouvements qui, tout en étant soumis à l'empire de la volonté, se font aussi indépendamment de son influence, paraissent dépendre alors de l'action de la moelle allongée.* En effet, lorsque le cerveau ne remplit plus ses fonctions, et que, par conséquent, il n'y a plus de volonté, les muscles de l'appareil respiratoire continuent à agir comme lorsque leurs mouvements pouvaient être réglés par cette force; mais lorsqu'on détruit cette portion de la moelle, tout en laissant le cerveau intact, on les arrête aussitôt<sup>1</sup>.

§ 256. **Influence du système ganglionnaire.** — *Quant aux muscles dont les contractions sont entièrement indépendantes de la volonté, ils reçoivent leurs nerfs du système ganglionnaire, et c'est dans ce système que leur principe d'action semble résider; car, si l'on maintient la respiration par des moyens artificiels, on peut détruire tout l'encéphale, ainsi que la moelle épinière, sans arrêter les battements du cœur ou les contractions péristaltiques des intestins.*

§ 257. Ainsi, en résumant les faits précédents, on voit que, dans la production d'un mouvement, de même que dans le phénomène de la sensibilité, il existe une division de travail très-remarquable. Lorsque c'est la volonté qui détermine un mouvement, l'impulsion part du cerveau; les nerfs la conduisent aux muscles, et ceux-ci, en se contractant, exécutent, pour ainsi dire, les ordres ainsi transmis; mais, pour coordonner leur action, ces ordres ont besoin d'être, pour ainsi dire, régularisés, et c'est le cervelet ou les parties voisines de l'encéphale qui sont préposés à cet effet. Enfin, pour les mouvements dont l'animal ne doit pas être le maître d'interrompre le cours, la cause déterminante ne dépend

<sup>1</sup> Flourens a constaté que la faculté d'exciter ainsi les mouvements respiratoires a son siège dans la portion de la moelle allongée qui est située immédiatement au-dessous de l'origine des nerfs pneumogastriques, et qui a été appelée par ce physiologiste le point vital.

pas de l'action du cerveau, instrument spécial de la volonté, mais réside dans d'autres organes, tels que la moelle allongée, et probablement aussi les centres nerveux du système ganglionnaire.

§ 258. **Durée et force des contractions musculaires.** —

La contraction de la fibre musculaire est un phénomène essentiellement intermittent. Les muscles ne peuvent rester dans un état de contraction permanente, et, au bout d'un temps plus ou moins long, ils se relâchent nécessairement. Ainsi, le cœur, dont l'action ne s'arrête qu'avec la vie, se contracte et se repose alternativement; mais, pour les muscles soumis à l'empire de la volonté, ces mêmes contractions, interrompues par des repos plus ou moins rapprochés, ne peuvent être continuées au delà d'un certain temps, car elles produisent un sentiment de lassitude qui augmente jusqu'à ce qu'enfin ces mouvements deviennent impossibles, et cette sensation ne se dissipe que par l'inaction.

La promptitude avec laquelle la fatigue musculaire se manifeste varie beaucoup, suivant les individus; mais, toutes choses égales d'ailleurs, elle est en raison de l'intensité des contractions, de la durée de chacune d'elles, et de la rapidité avec laquelle elles se succèdent.

La force déployée par la contraction d'un muscle dépend de la texture de cet organe et de l'énergie nerveuse de l'individu. Les muscles les plus gros, les plus fermes et les plus rouges sont susceptibles de se contracter avec plus de force que les muscles grêles, flasques et pâles; mais c'est seulement lorsque ces conditions sont réunies à une puissance nerveuse très-forte que ces organes peuvent produire les plus grands effets, et presque toujours elles sont en sens inverse. Par la seule influence de l'action du cerveau, l'énergie des contractions musculaires peut être portée à un degré extraordinaire: on connaît la force d'un homme en colère et celle des maniaques; et lorsque, dans l'état ordinaire de l'économie, une énergie nerveuse analogue se réunit à un grand développement matériel du système musculaire, il en résulte des effets étonnants, dont les anciens nous ont transmis des récits en parlant de leurs athlètes, et dont les bateleurs de nos jours nous rendent aussi quelquefois témoins.

#### DE L'APPAREIL DU MOUVEMENT EN GÉNÉRAL

§ 259. La contraction musculaire a joué un grand rôle dans plusieurs fonctions dont nous avons déjà fait l'histoire; mais le sujet dont nous allons maintenant nous occuper s'y rattache d'une manière encore plus directe: car nous allons aborder l'étude des mouvements généraux et partiels de notre corps, mouvements



dont dépendent les attitudes, la locomotion et une foule d'autres phénomènes entièrement mécaniques.

Chez les animaux les plus inférieurs, les muscles s'insèrent tous à la membrane tégumentaire, qui est molle et flexible : et c'est en agissant sur elle qu'ils modifient la forme du corps, de façon à le faire mouvoir en totalité ou en partie. Mais chez les animaux d'une structure plus parfaite, l'appareil moteur se complique davantage, et se compose non-seulement de muscles, mais aussi d'un système de pièces solides servant à augmenter la précision, la force et l'étendue des mouvements, en même temps qu'il détermine la forme générale du corps, et protège les viscères contre les violences extérieures.

§ 260. Cette espèce de charpente solide à laquelle les muscles s'attachent, porte le nom de *squelette*. Dans certains animaux, tels que les insectes et les écrevisses, elle est située à l'extérieur, et ne consiste que dans une modification de la peau ; mais chez l'homme et tous les animaux qui s'en rapprochent (savoir, les autres mammifères, les oiseaux, les reptiles, les batraciens et les poissons), le squelette est situé à l'intérieur du corps et se compose de parties qui lui appartiennent d'une manière spéciale.

Chez quelques poissons (tels que les raies), le squelette est formé d'une substance blanche, opaline, compacte, en apparence homogène, très-résistante et très-élastique, que l'on nomme *cartilage*. Il en est de même pour le squelette de l'homme et des autres animaux vertébrés dans les premiers temps de la vie ; mais cet état, qui est permanent chez les poissons dont nous venons de parler, n'est ici que transitoire, et les cartilages du squelette ne tardent pas à se charger de matières pierreuses de nature calcaire qui les rendent raides, cassants et très-durs, et qui les font passer à l'état d'*os*.

§ 261. **Des os.** — Pour s'assurer que les os ne sont que des cartilages durcis par le dépôt de sels calcaires dans leur épaisseur, il suffit de les faire macérer pendant quelque temps dans un liquide particulier appelé acide muriatique ou chlorhydrique ; ce liquide a la faculté de dissoudre les matières pierreuses contenues dans les os, mais n'attaque pas le cartilage, de façon qu'on sépare ainsi ce dernier des sels qui en masquaient les propriétés<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> D'après l'analyse faite par Berzelius, les os du squelette humain, parfaitement dépouillés de graisse, sont composés pour 100 : de cartilage, 52,17 ; vaisseaux, 1,15 ; phosphate basique de chaux, avec un peu de fluorure de calcium, 55,04 ; carbonate de chaux, 11,50 ; phosphate de magnésie, 1,16 ; et soude, avec un peu de chlorure de sodium, 1,20. La partie cartilagineuse des os est composée d'osséine, qui, par l'ébullition dans l'eau, se transforme en

L'ossification du squelette commence par une multitude de points qui s'étendent de plus en plus : il en résulte que le nombre des pièces osseuses est d'abord très-considérable ; mais, par les progrès de l'ossification, plusieurs d'entre elles se réunissent, de sorte que, chez l'animal adulte, on trouve beaucoup moins d'os distincts que chez le jeune, et que, dans la vieillesse extrême, on voit souvent plusieurs de ceux-ci se souder entre eux, et des parties qui jusqu'alors étaient restées cartilagineuses se charger de matières calcaires. L'utilité de ce mode de développement est facile à comprendre ; pour que la charpente solide du corps ne s'oppose pas à ses mouvements, il faut toujours qu'elle se compose d'un grand nombre de pièces mobiles ; mais c'est surtout lorsque toutes ses parties doivent se prêter à l'accroissement des organes situés dans son intérieur, que cette division est la plus nécessaire.

La surface des os est toujours recouverte d'une couche membraneuse à laquelle on donne le nom de *périoste*, et leur substance se compose de fibres ou de lamelles faciles à distinguer. Lorsque ces organes doivent occuper peu de volume et présenter beaucoup de solidité, comme cela a lieu pour les plats qui recouvrent la plupart des viscères les plus importants et les plus délicats, le tissu osseux est extrêmement compacte ; mais lorsque les os doivent occuper un long espace, et qu'ils nuiraient aux mouvements si leur poids était considérable, leur tissu n'est dense et serré que vers la surface, et dans leur intérieur il existe de grandes cellules ou même des canaux appelés cavités médullaires, parce qu'ils sont remplis de *moelle*. Enfin ce tissu lui-même, examiné

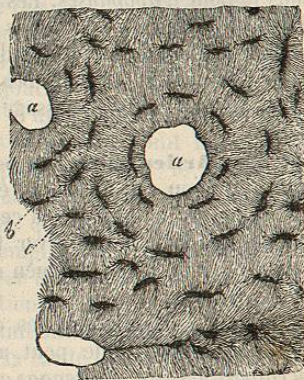


Fig. 107<sup>1</sup>.

gélatine ; aussi les emploie-t-on dans les arts pour la fabrication de la colle forte, et dans l'économie domestique pour la préparation de bouillons économiques.

<sup>1</sup> Portion d'une tranche mince de tissu osseux vue au microscope ; — a, canalicules vasculaires (ou canaux de Havers), qui, par leur réunion, forment un réseau à larges mailles, et sont entourés par des lamelles (c) dans l'épaisseur desquelles on voit une multitude de cellules osseuses (e) d'où partent des prolongements capillaires appelés canalicules vasculaires.



au microscope, paraît formé principalement par des tubes très-déliés (appelés *canalicules osseux*), ou par des cellules ovoïdes, entourées de lamelles concentriques, et appelées par quelques auteurs les *corpuscules osseux*; enfin entre ces parties on remarque d'autres canaux plus grands qui communiquent avec les cavités médullaires, qui logent des vaisseaux sanguins et qui ont reçu le nom de *canaux de Havers* (fig. 107).

§ 262. La forme des os varie beaucoup : on les distingue en os longs, os courts et os plats. Les premiers seulement présentent une cavité médullaire; ils sont toujours à peu près cylindriques, et les tubes vasculaires y sont disposés longitudinalement. Dans les os plats ces tubes sont parallèles à la surface de l'os, et dans les os courts ils sont remplacés par des cellules. On remarque souvent aux uns et aux autres des éminences qui donnent attache aux muscles ou à d'autres parties, et qui, toutes les fois qu'elles font une saillie considérable, sont désignées par les anatomistes sous le nom d'*apophyses*. Les os présentent aussi à leur surface des dépressions plus ou moins profondes, qui servent à loger des parties molles, ou à recevoir d'autres os qui doivent se mouvoir dans ces cavités, et dans beaucoup d'endroits on leur voit des trous destinés à livrer passage à des vaisseaux sanguins ou à des nerfs.

§ 263. **Articulation des os.** — On donne le nom d'*articulation* à l'union des divers os entre eux. Les moyens de jonction que la nature a employés à cet usage varient beaucoup, suivant que les os doivent conserver toujours entre eux les mêmes rapports, et rester fixes, ou bien exécuter des mouvements plus ou moins étendus.

Lorsque l'articulation des os n'est pas destinée à permettre des mouvements, elle peut avoir lieu de trois manières : par *juxtaposition*, par *engrenage* ou par *implantation*. Les articulations par simple juxtaposition des surfaces articulaires ne se voient que dans certaines parties du squelette, où la situation des os est telle, qu'ils ne peuvent se déplacer. Dans les articulations par engrenage (ou par *suture*), les surfaces articulaires offrent une série d'aspérités et d'enfoncements anguleux qui se reçoivent réciproquement : aussi ces articulations peuvent-elles avoir beaucoup de solidité, sans que leurs surfaces soient très-étendues. Enfin les articulations par implantation, ou *gomphoses*, sont celles où un os ou un corps analogue (une dent par exemple) est enchâssé dans une cavité creusée dans la substance de l'os qui lui sert de base : ce sont les articulations les plus solides, mais elles sont rares.

§ 264. Dans les *articulations mobiles*, les os ne sont pas unis

directement entre eux, mais sont maintenus en contact par des liens qui s'étendent de l'un des os à l'autre.

Tantôt ces surfaces articulaires sont unies par une substance cartilagineuse ou fibro-cartilagineuse intermédiaire, qui adhère fortement à l'une et à l'autre, et ne leur permet de se mouvoir qu'à raison de son élasticité (c'est ce qu'on nomme *articulation par continuité*); d'autres fois les surfaces articulaires glissent l'une sur l'autre, et ne sont maintenues en rapport que par des *ligaments*<sup>1</sup>, qui les entourent et qui sont disposés de manière à poser des bornes à leurs mouvements, ainsi que par une *capsule fibreuse* qui ressemble à un manchon. Ce mode de jonction constitue ce que les anatomistes appellent *articulation par contiguité* (fig. 108), et se voit toujours là où les mouvements doivent être très-étendus. Les surfaces qui s'articulent ainsi sont toujours

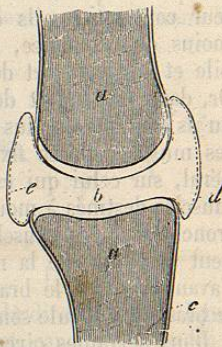


Fig. 108<sup>2</sup>.

extrêmement lisses et encroûtées d'une lame cartilagineuse qui en augmente encore le poli. Mais ce ne sont point là les seuls moyens employés par la nature pour diminuer le frottement dans ces jointures; car elle y a placé une espèce de poche membraneuse, appelée *bourse synoviale*, qui a de l'analogie avec les membranes séreuses, et qui est remplie d'un liquide visqueux, lequel permet à ces surfaces de glisser facilement l'une sur l'autre. Cette poche, qui entoure l'articulation de toutes parts, contribue aussi d'une manière efficace à maintenir les os en contact, car elle exclut les fluides ambiants de la cavité que ces corps laissent entre eux, et par conséquent ceux-ci ne peuvent s'écarter sans y déterminer un vide. Il en résulte que tout le poids de l'atmosphère tend à maintenir ces surfaces articulaires dans leurs rapports naturels; et pour se convaincre de l'influence de cette circonstance, il suffit de s'assurer de la difficulté que l'on éprouve pour déboîter sur le cadavre un os dont l'articulation est intacte, et de voir combien cette opération devient facile, au contraire, dès

<sup>1</sup> On donne le nom de *ligaments* à des faisceaux de fibres élastiques analogues à ceux des tendons, très-résistants, arrondis ou aplatis, et d'un blanc nacré, qui tient entre les os.

<sup>2</sup> Figure théorique d'une articulation par contiguité: — *a, a*, les deux os; — *b*, lames cartilagineuses qui revêtent leur surface articulaire; — *c*, périoste; — *d*, membrane synoviale; — *e*, couche épithéliale tapissant la capsule formée par cette membrane.



qu'une ouverture faite à la membrane synoviale permet l'entrée de l'air dans la cavité articulaire.

§ 265. **Action des muscles sur les os.** — Tous les muscles destinés à produire les grands mouvements du corps sont fixés au squelette par leurs deux extrémités. Il en résulte que, lors de leur contraction, ils doivent déplacer l'os qui leur présente le moins de résistance, et l'entraîner vers celui qui reste immobile et qui leur sert de point d'appui, pour mouvoir le premier. Or, dans la plupart des cas, les os sont d'autant plus mobiles, qu'ils sont placés plus loin de la partie centrale du corps : aussi les muscles qui se fixent à deux d'entre eux agissent-ils, en général, sur celui qui est le plus éloigné, et voit-on toujours les muscles destinés à mouvoir un os s'étendre de cet organe vers le tronc. Ainsi, les muscles qui servent à remonter les doigts occupent la paume de la main et l'avant-bras; ceux qui fléchissent l'avant-bras sur le bras occupent le bras, et ceux qui meuvent le bras sur l'épaule sont placés dans l'épaule ou sur la poitrine.

Dans certaines circonstances, cependant, ces muscles déplacent les os qui, dans les cas ordinaires, leur servent de point d'appui. Ainsi, lorsque le corps est suspendu par les mains et que l'on cherche à s'élever, les muscles fléchisseurs de l'avant-bras, ne pouvant déplacer celui-ci, en rapprochent le bras et entraînent tout le corps.

En général, le genre de mouvement déterminé par la contraction d'un muscle dépend, d'une part, de la nature de l'articulation de l'os qu'il déplace, et, de l'autre, de sa position par rapport à cet os; il l'entraîne toujours de son côté et le rapproche du point auquel son extrémité opposée se trouve fixée. Ainsi, les muscles qui font fléchir les doigts occupent la face palmaire de la main et de l'avant-bras, tandis que ceux destinés à les étendre sont situés du côté opposé du membre.

Souvent plusieurs muscles sont disposés de façon à pouvoir concourir à la production d'un même mouvement : on les appelle alors *congénères*, et l'on appelle *antagoniste* d'un muscle celui qui détermine un mouvement contraire.

On désigne aussi les muscles, d'après leurs usages, sous les noms de *fléchisseurs* et d'*extenseurs*, d'*adducteurs* et d'*abducteurs*, de *rotateurs*, etc.

§ 266. La force avec laquelle un muscle se contracte dépend de son volume, de la puissance de la volonté et de quelques autres circonstances dont il a déjà été fait mention; mais l'effet produit par cette contraction dépend aussi en grande partie de la manière dont il se fixe à l'os qu'il doit mouvoir.

Ainsi, toutes choses égales d'ailleurs, le mouvement déterminé

par la contraction d'un muscle sera d'autant plus grand, que ce muscle s'insérera moins obliquement sur l'os mobile. Lorsqu'il s'y insère à angle droit, toute sa force est employée à déplacer celui-ci; mais, dans le cas contraire, une partie plus ou moins considérable de cette force est perdue.

En effet, si le muscle *m* (fig. 109), dont nous supposons la force égale à 10, est fixé perpendiculairement à l'os *l*, dont l'extrémité *a* est mobile sur le point d'appui *r*, il n'aura à vaincre que le poids de cet os, et le portera de la position *ab* dans la direction de la ligne *ac*, en faisant parcourir au point auquel il s'insère un espace que nous représentons encore par 10. Mais, si

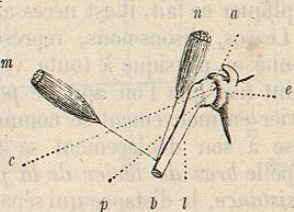


Fig. 109.

ce muscle agit obliquement sur l'os, dans la direction de la ligne *nb*, par exemple, il en sera tout autrement, car alors il tendra à le porter dans la direction *bn*, et par conséquent à le rapprocher de la surface articulaire *r*, sur laquelle l'extrémité de l'os repose. Mais celui-ci étant une tige inflexible, ce déplacement ne peut avoir lieu; l'os ne peut que tourner sur le point *r*, comme sur un pivot, et la contraction du muscle *n*, sans rien perdre de l'énergie que nous lui avons supposée, ne pourra porter cet os que dans la direction *ad*; les trois quarts de la force qu'il a déployée seront perdus, et il ne produira, par conséquent, qu'un déplacement pour lequel le quart de sa force suffirait, s'il était appliqué, comme le muscle *m*, perpendiculairement à l'os.

Or, dans l'économie animale, les muscles ne s'insèrent, pour la plupart, que très-obliquement et, par conséquent, d'une manière très-peu favorable à l'intensité du résultat de leur contraction. Souvent il existe cependant une disposition qui tend à diminuer l'obliquité de leur insertion : c'est le renflement qui se trouve à l'extrémité de la plupart des os longs, et qui sert principalement à donner à leurs articulations plus de solidité. Les tendons (*i*) des muscles (*m*) situés au-dessus de l'articulation s'insèrent, en général, immédiatement au-dessous de ce renflement, et arrivent ainsi sur l'os mobile (*o*), en suivant une direction qui se rapproche davantage de la perpendiculaire, comme on peut s'en convaincre en comparant la disposition du muscle *m* dans la figure 111, où ces renflements existent, et

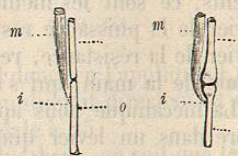


Fig. 110.

Fig. 111.



dans la figure 110, où l'on a représenté les extrémités articulaires sans renflement semblable.

§ 267. La distance qui sépare le point d'attache du muscle du point d'appui sur lequel l'os se meut, et de l'extrémité opposée du levier que cet organe représente, influe aussi de la manière la plus puissante sur les effets produits par sa contraction. Pour expliquer ce fait, il est nécessaire d'avoir recours à la mécanique.

Les os, disons-nous, représentent des leviers, nom que l'on donne en physique à toute verge inflexible qui se meut sur un point fixe que l'on appelle *point d'appui*. La force qui met le levier en mouvement se nomme la *puissance*, et celle qui s'oppose à son déplacement se nomme la *résistance*. Enfin, on appelle *bras de levier de la puissance*, et *bras de levier de la résistance*, la distance qui sépare le point d'appui de celui où sont appliquées l'une ou l'autre de ces forces.

Or, la longueur de ces bras de levier influe extrêmement sur la force nécessaire pour faire équilibre à une résistance donnée. Pour s'en convaincre, il suffit d'observer le mécanisme de la balance connue sous le nom de *romaine* (fig. 112). Le fléau est partagé en deux parties de longueur inégale par le point d'appui *a*. A l'extrémité de l'une des branches *r*, qui est très-courte, se trouve la résistance (ou l'objet que l'on veut peser); et sur l'autre branche *p* glisse un poids quelconque, qui fait équilibre à une résistance d'autant plus considérable, qu'on l'éloigne davantage du point d'appui, et qu'on allonge par conséquent le bras de levier de la puissance, celui de la résistance restant toujours le même.

Chacun sait aussi combien est grande la différence dans la force qu'un homme doit déployer, lorsqu'il cherche à soulever un fardeau avec le bras fléchi ou tendu. Or, dans ces mouvements, ce sont les mêmes muscles qui agissent, et le bras de levier de la puissance reste le même; c'est seulement le bras de levier de la résistance, représenté par la distance qui sépare l'épaulé de la main, qui s'allonge.

La mécanique nous apprend aussi que, pour qu'il y ait équilibre dans un levier quelconque, il faut que la résistance et la puissance soient réciproquement proportionnelles aux longueurs de leurs bras de levier, c'est-à-dire que, multipliées par leurs bras de levier respectifs, elles donnent toutes deux le même produit.

Ainsi, pour faire équilibre à une résistance *r* égale à 10 qui

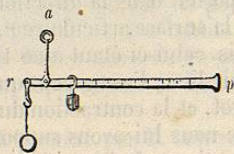


Fig. 112.

serait appliquée à l'extrémité d'un levier *ab* d'une longueur de 20, il faudrait que la puissance *p*, si elle était appliquée au même point *b*, et par conséquent également éloignée du point d'appui *a*, fût aussi égale à 10; mais si elle était appliquée au point *c*, elle devrait être, pour produire le même effet, égale à 20: car la résistance, que nous avons supposée égale à 10, étant multipliée par la longueur de son bras de levier 20, donnera pour produit 200; et d'un autre côté, le bras de levier de la puissance *ca* n'étant égal qu'à 10, celui-ci devra être multiplié par une force égale à 20, pour donner ce même produit

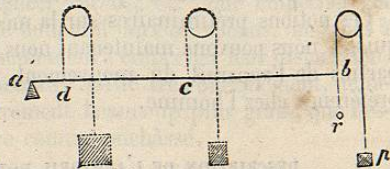


Fig. 113.

de 200. Enfin, en plaçant la puissance encore plus près du point d'appui, au point *d*, il faudra lui donner une force égale à 100, car son bras de levier ne sera plus que de 2; or,  $2 \times 100 = 200$ .

La disposition des leviers influe autant sur la rapidité des mouvements produits que sur leur force, et si, en employant une puissance comparativement faible, on peut vaincre ainsi une résistance beaucoup plus forte, on peut aussi, en employant une force motrice d'une vitesse constante, obtenir, à l'aide de ces instruments, un mouvement plus lent ou plus rapide.

Ainsi, supposons que la puissance *p* agisse sur le levier *ar* de façon à faire parcourir au point d'insertion *c* un espace de 5 dans une seconde, il déplacera en même temps l'extrémité *r* du levier, et la fera arriver en *b* avec une vitesse qui sera égale à 25, car la distance parcourue dans des temps égaux par ce point sera cinq fois plus considérable que celle parcourue par le point *d*. Avec une force dont la vitesse n'est que de 5, on produit donc, en l'appliquant au point *c*, le même résultat que si l'on appliquait directement au point *r* une force dont la vitesse serait égale à 25.

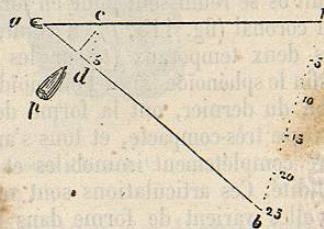


Fig. 114.

Mais, d'après ce que nous avons dit plus haut, on voit que tout ce que l'on gagne ainsi en vitesse se perd en force; car c'est surtout en rendant le bras de levier de la résistance plus long proportionnellement à celui de la puissance, qu'on arrive à ce résultat.

Or, dans l'économie animale, presque tous les leviers représen-