

teurs, la substance grise de la moelle et les nerfs sensitifs sont en jeu.

Le muscle en passant à l'état actif change de forme, mais non de volume : il gagne en largeur ce qu'il perd en longueur. Si le muscle contracté sur le vivant est dur et résistant, c'est qu'il ne peut réaliser (vu ses insertions) le raccourcissement complet, la forme globuleuse qui le caractérise à l'état actif.

Dans le muscle à l'état actif, les combustions sont beaucoup plus considérables : la réaction du muscle devient alors acide (acide sarcolactique); sa température s'élève et le sang veineux qui en sort est pauvre en oxygène et riche en acide carbonique.

La chaleur produite par le muscle actif se dégage en partie sous forme de chaleur et se transforme en partie en travail mécanique (équivalent mécanique de la chaleur).

Les combustions musculaires (sources de travail mécanique) se font essentiellement aux dépens des aliments hydrocarbonés (expérience de Fick et Wislicenus).

La rigidité cadavérique est due à la coagulation de la fibre musculaire (musculine); elle se manifeste d'un quart d'heure à sept heures après la mort, en commençant par les muscles des mâchoires, et dure d'autant plus longtemps qu'elle commence plus tard.

Par une excitation brusque et courte (un choc) on obtient ce qu'on appelle la secousse musculaire (excitation latente, raccourcissement et retour à la forme primitive); par des excitations très-rapprochées on obtient la fusion de ces secousses, c'est-à-dire le tétanos physiologique ou contraction proprement dite. Il faut environ trente excitations par seconde pour produire ce tétanos physiologique.

Le mécanisme intime de la contraction paraît être représenté par un gonflement de la fibre, gonflement qui progresse sur toute sa longueur comme une vague (onde musculaire de Aebv et de Marey).

La physiologie des muscles lisses se résume en ce que leur contraction est involontaire et lente; l'excitation latente dure longtemps. Il n'y a pas pour eux de tétanos physiologique, car leur contraction, quelle que soit sa durée, représente une seule secousse et non une série de secousses fusionnées.

## V. — ANNEXES DU SYSTÈME MUSCULAIRE.

(Tissu conjonctif, os, tendons.)

*Mécanique générale des muscles.* La fibre musculaire, en changeant de forme, joue dans l'économie un rôle important comme source de travail et de mouvement. Elle est à cet effet en rapport avec d'autres organes. Sous ce point de vue elle présente deux dispositions différentes : elle opère par pression ou par traction.

Dans le premier cas (*pression*), les éléments musculaires sont disposés sous forme d'anses ou d'anneaux, ou même de poches membraneuses, de façon à comprimer dans tous les sens les organes qu'ils circonscrivent. Sur ce type sont construits les sphincters, les canaux musculaires (pharynx, œsophage), le cœur, ainsi que tous les organes creux contractiles. — La presque totalité des muscles de la vie organique (muscles lisses) présentent cette disposition. Ils sont chargés le plus souvent de faire progresser dans l'intérieur des réservoirs et des canaux, dont ils constituent les parois, des matières liquides ou du moins ramollies, et c'est en produisant dans ces réservoirs des inégalités de pression qu'ils atteignent leur but, les liquides tendant toujours à se déplacer dans le sens de la plus faible pression. (Voir *Mouvements de l'estomac, de l'intestin, de la vessie, de l'utérus*, etc.).

Dans le second cas, la fibre musculaire va s'insérer sur les organes qu'elle doit attirer, sur les leviers qu'elle doit mouvoir (os), par l'intermédiaire de cordes résistantes (tendons). A l'étude des os (et de leurs articulations) se rattache celle des ligaments; à l'étude des tendons et des muscles, celle des aponévroses. — Les os, les cartilages articulaires, les ligaments, les tendons, les aponévroses forment donc l'ensemble des organes passifs de la locomotion. Les tissus de ces organes ont des rapports histologiques et chimiques si intimes qu'on les a réunis dans une vaste famille dite groupe du tissu conjonctif ou collagène : les tendons, les

aponévroses, les ligaments, et la gangue connective des organes forment le *tissu conjonctif ou cellulaire* proprement dit.

*Tissu conjonctif proprement dit.* Il a les connexions les plus intimes avec l'élément musculaire : c'est lui qui, sous les noms de *perimysium* et d'*aponévrose d'enveloppe*, réunit

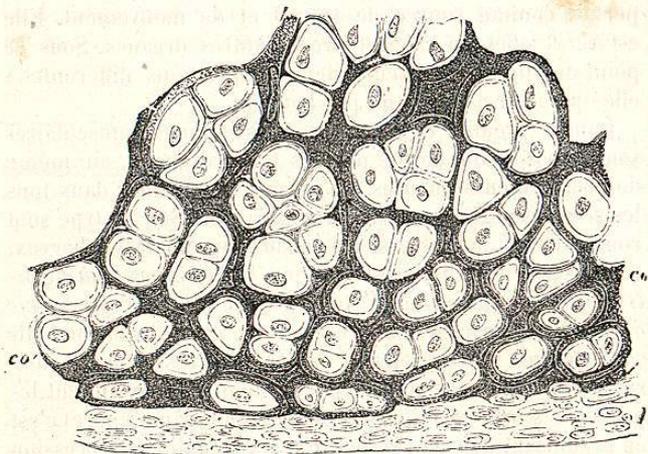


FIG. 23. — Coupe d'un cartilage diaphysaire \*.

les fibres musculaires en faisceaux et en corps charnus, de façon à permettre une action d'ensemble de la part des éléments contractiles ; mais ce tissu se trouve répandu non-seulement dans les muscles, mais dispersé dans tous les autres organes : c'est ce que les anciens appelaient *tissu cellulaire*, nom devenu impropre, car il n'exprimait qu'une disposition grossière de ce tissu, apte à se laisser pénétrer par des gaz ou des liquides, qu'il circonscrit dans des *vacuoles* ou *cellules* (dans le sens *macrographique* du mot). Le corps entier peut, jusqu'à un certain point, être considéré comme

\* *c, c*, cartilage calcifié ; — *c', o'*, les sels calcaires commencent seulement à se déposer ; — *p*, périchondre. — Grossiss. 350 diam. (Virchow, *Pathologie cellulaire*.)

une masse de tissu conjonctif ou de ses diverses formes, masse au milieu de laquelle sont plongés les éléments plus essentiellement actifs.

Les tissus de substance conjonctive sont en général assez riches en *globules embryonnaires* (Voyez plus haut, p. 19), ou *plasmiques* (ou leurs dérivés : cellule cartilagineuse, cellule osseuse, fig. 23 à 26). — Il est des points où ces éléments globulaires paraissent jouer un certain rôle, comme peut-être dans les villosités intestinales, où ils pourraient ne pas rester étrangers au travail de l'absorption ; ailleurs ils peuvent, en se remplissant de graisse, jouer le rôle de

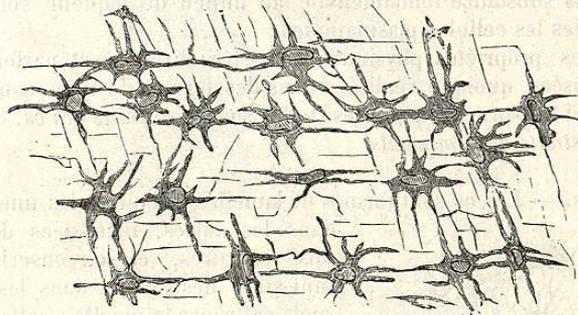


FIG. 24. — Cellules plasmatiques de la cornée \*.

réservoir pour cette substance, comme dans le *panicule adipeux* de l'enfant. Mais en général l'élément globulaire du tissu conjonctif ne prend de part importante qu'aux phénomènes pathologiques, lorsque sous l'influence d'une excitation plus ou moins directe il prolifère et donne lieu à la production du pus et des diverses néoformations. Même dans les tissus conjonctifs les plus pauvres en globules plasmiques, ceux-ci prennent en pathologie un développement prédominant. Mais, en règle générale, moins un tissu de substance conjonctive renferme de cellules plasmiques,

\* La cornée est coupée parallèlement à sa surface : on voit les corpuscules étoilés (globules embryonnaires ou cellules plasmiques), aplatis avec leurs prolongements anastomotiques. (D'après His.)

moins il a de tendance à se modifier sous l'influence des causes pathologiques : aussi les tendons, qui sont relativement pauvres en éléments globulaires, résistent-ils longtemps au milieu des foyers de suppuration.

L'élément globulaire du tissu conjonctif proprement dit, comme de ses dérivés (ensemble des tissus collagènes, os, cartilage, etc.) n'ayant de rôle important qu'en pathologie, nous pouvons presque en faire abstraction en physiologie, de sorte qu'à ce point de vue nous n'avons à considérer dans les organes formés essentiellement de ces tissus, en dehors de leurs phénomènes de nutrition, que des propriétés physiques et des rôles mécaniques, qui sont dus à la nature de la substance fondamentale au milieu de laquelle sont noyées les cellules plasmiques.

Ces propriétés physiques sont très-diverses et parfois opposées, quoique réalisées dans des formes de tissu connectif très-proches parentes : telles sont la *rigidité des os*, et l'*élasticité des ligaments*.

**Os.** — Les os sont formés de lamelles emboîtées les unes dans les autres, incrustées de sels calcaires, et circonscrivant ainsi des canaux dans lesquels se trouve la moelle : celle-ci, formée presque uniquement de globules embryonnaires, doit être considérée comme vivante, à moins que ses globules n'aient complètement subi la dégénérescence graisseuse. Mais les lamelles osseuses ne présentent, au point de vue purement physiologique, presque aucun caractère de

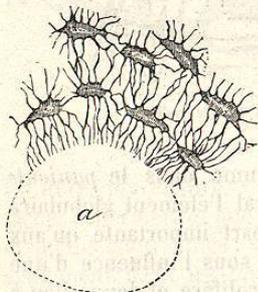


FIG. 25. — Éléments histologiques de l'os \*.

vitalité. Il est vrai cependant que les os renferment dans leurs lamelles calcaires des éléments globulaires (corpuscules osseux, cellules osseuses), analogues aux globules plasma-

\* Section transversale d'une partie de l'os entourant un canal de Havers (*a*) ; — corpuscules osseux avec leurs prolongements anastomosés. (Grossiss. 380.) (Todd et Bowman, *Physiological Anatomy of Man*. London, 1845, vol. I, p. 109.)

tiques (fig. 25) ; mais ces globules ne présentent que des phénomènes obscurs de nutrition et n'acquièrent d'importance qu'en pathologie ; il est vrai que les os s'accroissent : à leur pourtour on voit des globules embryonnaires en voie de prolifération ; des parties osseuses disparaissent, d'autres font leur apparition.

**Tendons et ligaments.** — Les tendons et les ligaments se composent essentiellement de fibres ondulées, et parfois



FIG. 26. — Élément du tissu connectif : fibres conjonctives et élastiques \*.

enchevêtrées et anastomosées (fig. 26 et 27). Leur rôle est purement mécanique, et résulte de leur résistance et de leur *élasticité*. — Cette dernière propriété se trouve

\* *a*, Fibres connectives avec quelques globules embryonnaires ; *b*, fibres élastiques avec leurs anastomoses et leurs divisions ; — *c*, fibres élastiques plus bouclées (en crin de matelas) ; — *d*, noyaux de cellules avec nucléoles. Pris sous le muscle pectoral ; grossissement 320 diamètres. (Todd et Bowman, *The physiological Anatomy of Man*. London, 1845, p. 74.)

développée au plus haut degré dans le *tissu jaune élastique*, variété non collagène du tissu connectif; la fibre élastique est encore plus ondulée que la fibre connective; elle est excessivement *crépuë* (fig. 26, *b* et *c*), et exerce, quand on l'a allongée, de fortes tractions pour reprendre sa forme naturelle : aussi les *ligaments jaunes* ou *élastiques* servent-ils à ramener les pièces du squelette dans leurs positions primitives, quand elles en ont été écartées par l'action musculaire, d'où le nom de *muscles passifs* qu'on leur a donné parfois. Nous verrons dans les artères cet élément élastique toujours en jeu parallèlement et contrairement au muscle, et le résultat de cet antagonisme incessant sera la circulation régulière du sang.

Notons avec soin ce fait important, à savoir que l'élasticité des fibres élastiques est une propriété purement physique, qui ne dépend nullement, comme celle des muscles, des phénomènes de nutrition; bien plus, un fragment de ligament jaune par exemple, étant enlevé sur le cadavre, puis entièrement desséché, reprendra lorsqu'on le replongera dans l'eau, toute l'élasticité qu'il présentait sur le sujet vivant, ou sur le cadavre frais.

Aussi comprenons-nous facilement que, partout où cela est possible, le muscle est remplacé par du tissu jaune, car cet élément, agissant comme un ressort, ne consomme pas comme le muscle et il en résulte une grande économie pour l'organisme (par ex. ligaments cervicaux des grands carnassiers; ligaments jaunes des lames vertébrales; ligaments jaunes de l'aile des oiseaux, de l'aile de la chauve-souris, etc.).

Les tendons ne sont, au point de vue mécanique, que des *apophyses* molles et flexibles. Les apophyses osseuses ont pour but de multiplier la surface des os, afin de permettre à un grand nombre de fibres de s'y insérer : là où une apophyse serait devenue trop longue et aurait, par sa consistance et sa position, compromis le mécanisme d'un membre, elle est devenue un *tendon*. Nous voyons certaines apophyses, l'apophyse styloïde par exemple, être tantôt osseuses et tantôt tendineuses : d'ailleurs ce qui est tendineux chez l'homme est souvent osseux chez cer-

tains animaux. Chez les reptiles, par exemple, la ligne blanche est devenue un os, les intersections des muscles droits sont représentées par autant d'os distincts. Chez les oiseaux, les tendons sont représentés en certains points par des tiges osseuses placées le long des portions étendues des os principaux. L'existence et la longueur des tendons dépendent de la nature et de l'étendue du mouvement : là où le mouvement doit être étendu et puissant, le tissu musculaire règne seul dans toute la longueur de l'appareil musculaire et va directement s'insérer sur l'os. Là où les mouvements des parties osseuses sont peu étendus, là où il suffit, pour les produire, de légers raccourcissements du muscle, nous voyons toujours les fibres de celui-ci être courtes et venir aboutir à un véritable tendon.

Aussi reconnaît-on en général la force d'un muscle au nombre de ses fibres, c'est-à-dire à son épaisseur, à son diamètre (Voy. page 86); la longueur du muscle, au contraire, est en rapport avec le degré de déplacement des os (comparez le couturier et les muscles du thénar). Nous trouvons des muscles courts placés entre des points très-éloignés et cependant très-peu mobiles l'un par rapport à l'autre : aussi dans ces cas une grande partie du muscle est-elle remplacée par un tendon; tel est le cas des nombreux muscles de l'avant-bras, dont les corps musculaires sont courts et les tendons très-longs : et en effet une longueur plus considérable de la fibre musculaire eût été ici



FIG. 27\*.

\* *e, f, g, h*, globules embryonnaires du tissu connectif; rapports de ces éléments (plasmatiques) avec le tissu fibreux, d'après Schwann.

superflue pour produire un déplacement aussi peu considérable que la flexion de la main sur l'avant-bras, et des phalanges les unes sur les autres. Le muscle *cubital antérieur* semble faire exception à cette règle, mais en réalité, quoique son corps charnu occupe toute la longueur de l'avant-bras, ses fibres musculaires sont très-courtes, car elles sont disposées obliquement et constituent un muscle demi-penniforme, en s'étendant de l'os cubitus au tendon qui règne sur toute la longueur de l'avant-bras.

Parfois des intersections tendineuses placées sur le trajet d'un muscle ont un but spécial à réaliser : ainsi les intersections du grand droit de l'abdomen décomposent ce muscle en autant de muscles distincts, pouvant présenter des contractions partielles, impossibles dans un muscle long tout d'une pièce : il en est de même pour les nombreux muscles digastriques du cou et de la nuque (grand complexus, etc.)

*Mécanique des os considérés comme leviers.*

Dans le jeu des muscles, des tendons et des os, nous trouvons des appareils mécaniques, identiques aux *leviers* dont ils présentent les trois variétés.

Le *levier du 1<sup>er</sup> genre* se rencontre assez souvent dans l'économie : on pourrait chez l'homme l'appeler le *levier de la station*, car c'est dans l'équilibre de la station qu'on en rencontre les plus nombreux exemples, et il est assez rare de le voir employé dans les mouvements du corps. Lorsque la tête est en équilibre sur la colonne vertébrale, dans l'articulation occipito-atloïdienne (fig. 28), elle représente un levier du premier genre, dont le *point d'appui* est au niveau de son union avec la colonne vertébrale (en A); la *résistance* (poids de la tête) siège au centre de la gravité de la tête, c'est-à-dire au-dessus et un peu en avant du centre des mouvements (en R); la *puissance* est représentée par les muscles de la nuque s'insérant à la moitié inférieure de l'occipital (en P). En réunissant ces divers points on obtient un *levier coudé du premier genre*, qu'on peut facilement transformer en un levier droit. — Il en est de même pour le maintien en équilibre du tronc sur les têtes des deux fé-

murs : les articulations coxo-fémorales forment le point d'appui d'un levier du 1<sup>er</sup> genre dont la résistance (centre de gravité du tronc) est placée en arrière, et la puissance (muscles antérieurs de la cuisse) en avant. Semblable levier

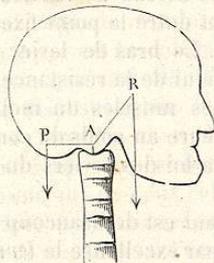


FIG. 28. — Schéma de l'équilibre de la tête sur la colonne vertébrale\*.

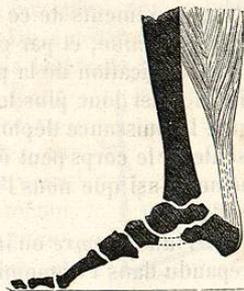


FIG. 29. — Schéma du pied et de la cheville, le talon étant soulevé par le tendon d'Achille. (Dalton.)

se trouve dans l'articulation de la cuisse avec la jambe, et de la jambe avec le pied (dans les mouvements d'équilibre de la station verticale).

Les deux autres genres de leviers se trouvent surtout réalisés, non dans l'équilibre de station, mais dans les mouvements de locomotion.

Le *levier du 2<sup>e</sup> genre*, ou *interrésistant*, dans lequel par conséquent le bras de levier de la puissance est plus long que celui de la résistance, et où dès lors la vitesse est sacrifiée à la force, ne se rencontre guère chez l'homme que lorsqu'on soulève le poids total du corps en s'élevant sur la pointe des pieds, ce qui a lieu dans le mouvement de la marche, à chaque pas, dans le pied qui se détache du sol pour osciller et se porter au-devant de l'autre. Dans ce cas (fig. 29 et 30) le point d'appui est sur l'axe du cylindre transversal que forme la série des têtes métacarpiennes au niveau de leur jonction avec les phalanges. La puissance est

\* Levier du 1<sup>er</sup> genre. A, point fixe; R, résistance (centre de gravité de la tête); P, puissance (les flèches indiquent la direction dans laquelle agissent la puissance et la résistance).