

le muscle foncé est un organe de contraction soutenue, le muscle pâle un organe de contraction vive, mais passagère.

III. — MUSCLES LISSES

A. *Composition histologique.* — Les *muscles lisses* sont constitués par des éléments qui tantôt présentent la forme d'une cellule fusiforme (éléments contractiles de la tunique moyenne des artères), tantôt celle d'une fibre qui ne paraît être autre chose que la cellule précédente dont les dimensions longitudinales sont devenues très considérables par rapport aux dimensions transversales (muscles lisses du tube digestif, par exemple). Aussi donne-t-on aux éléments anatomiques du muscle lisse le nom de *fibres-cellules*.

Il est donc facile de concevoir que la longueur des fibres musculaires lisses, ou fibres-cellules, est très variable selon l'organe sur lequel on les examine : cette longueur varie, en effet, de 4 centimètres à 7 dixièmes de millimètre ; leur largeur est très inégale pour un même élément, car la fibre-cellule se termine par deux extrémités effilées en pointe : sa partie médiane, la plus large, mesure de 3 à 20 millièmes de millimètre. Dans l'utérus, vers la fin de la grossesse, on trouve les fibres lisses les plus volumineuses.

Quoique ces fibres paraissent rubanées, il est facile de se convaincre, par l'inspection de leur coupe (sur du muscle lisse durci par l'acide chromique), que leur forme est celle d'un prisme. Pour les isoler les unes des autres, la dissociation simple, sans emploi de réactif, est le plus souvent impuissante ; mais on arrive à un isolement facile en faisant macérer pendant vingt-quatre heures un fragment de muscle lisse dans une solution d'acide azotique étendu de quatre fois son volume d'eau, ou mieux encore dans un mélange à parties égales d'acide azotique et d'acide chlorhydrique (avec dilution d'eau à $1/5$ ou $1/4$).

On n'a pas démontré l'existence d'une membrane d'enveloppe autour des fibres musculaires lisses ; du reste, nous avons vu précédemment que les fibres striées du cœur étaient également dépourvues de myolemme. Cependant la couche superficielle de la substance des fibres lisses est plus ferme que les parties sous-jacentes, lesquelles sont formées dans toute la masse par une substance albuminoïde transparente et presque amorphe, si ce n'est dans la partie la plus large, où cette substance paraît plus ou moins granuleuse. Au centre de cette partie granuleuse, on aperçoit un noyau dont la forme est tout à fait caractéristique des fibres musculaires lisses. Ce noyau, en effet, est allongé en forme de bâtonnet (fig. 41, B) ; sa largeur est de 2 à 4 millièmes de millimètre, et sa longueur de 15 à 30 millièmes de millimètre, c'est-à-dire qu'il est souvent dix fois plus long que large. Il est orienté de telle sorte que sa longueur correspond au grand axe de la fibre lisse ; aussi sa présence est-elle suffisante pour permettre de conclure à celle de la fibre musculaire lisse, ce qui arrive lorsque, par

exemple, on examine, sans dissociation préalable, un lambeau de muscle lisse que l'on traite par l'acide acétique dilué ; dans ce cas, en effet, le tissu devient transparent (B, fig. 41) et il est difficile de distinguer les bords des fibres musculaires, mais le noyau devient très évident, et sa direction même permet de reconnaître dans quel sens les fibres sont disposées. Par l'action continue de l'acide acétique, ces noyaux prennent facilement une forme ondulée, mais leurs bords restent toujours très nets.

Les fibres musculaires lisses, ou fibres-cellules, paraissent se former par une transformation très simple des cellules embryonnaires. Ces cellules, sans paroi propre, s'allongent en s'effilant à leurs deux extrémités, en même temps que leur protoplasma se transforme en substance musculaire et que leur noyau s'allonge en bâtonnet.

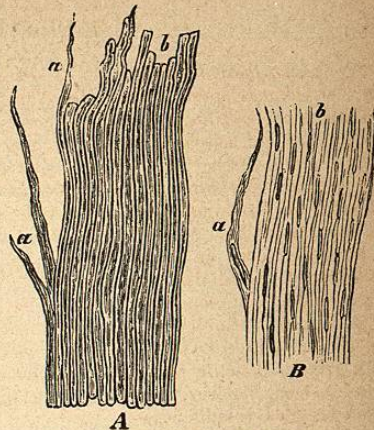


FIG. 41. — Muscles lisses de la vessie*.

B. *Propriétés et fonctions.* — La physiologie du muscle lisse, comparée à celle du muscle strié, est dominée par ce fait que, dans le premier, le passage de l'état de repos à l'état actif se fait avec une lenteur relativement très grande ; après l'application d'un excitant qui met en jeu la contractilité, il s'écoule un temps considérable avant que le muscle se contracte. En un mot, l'*excitation latente* (V. p. 145) est de longue durée. La contraction, une fois établie, présente aussi une longue durée : l'analyse myographique, surtout par l'étude de la contraction induite, montre que la contraction du muscle lisse est une simple *secousse* (p. 149) ; il n'y a donc pas à parler de tétanos physiologique pour les muscles lisses. La forme dite *péristaltique* est la forme la plus ordinaire de ces contractions, c'est-à-dire que, ainsi que l'ont fait observer avec soin Onimus et Legros, l'excitation, au lieu de rester localisée à la fibre excitée, se propage directement aux fibres voisines ; ce fait peut

* A, Avant l'action de tout réactif ; — B, après l'action de l'acide acétique dilué ; — a, a, a, fibres isolées ; — b, b, fibres restées accolées les unes aux autres par leur bords.

tenir à la présence des plexus et ganglions intra-musculaires, qui jouent peut-être le rôle de petits centres réflexes propagateurs du mouvement vermiculaire.

Les *propriétés générales* des muscles lisses sont de même ordre que celles des muscles striés; ces muscles sont également élastiques et extensibles: ainsi l'intestin, la vessie et même l'utérus se laissent dilater à un degré extrême; mais l'excès de dilatation en produit facilement la paralysie et en facilite la déchirure.

La physiologie expérimentale n'a actuellement que peu de données relativement aux diverses propriétés des muscles lisses, telles que *pouvoir électro-moteur, nutrition, phénomènes chimiques, sens musculaire*, etc.

La contractilité des muscles lisses présente d'abord à signaler ce fait capital, qu'elle n'est pas mise en jeu par la *volonté*; ce sont des *muscles involontaires*, entrant normalement en jeu par le fait d'innervation réflexe. Quant aux excitants, que l'on peut faire agir directement sur le muscle ou par l'intermédiaire des nerfs, ils sont de même ordre que ceux du muscle strié, mais présentent, dans leur mode d'action, quelques particularités que nous signalerons rapidement.

D'après Legros et Onimus, tandis que pour les muscles striés l'*excitation électrique* des nerfs moteurs du muscle produit plus d'effet que celle du muscle lui-même, il se présenterait une différence de sens inverse pour les muscles lisses. D'après ces mêmes physiologistes, lorsqu'on fait agir sur des muscles lisses les deux pôles d'un courant d'induction, en plaçant ces pôles à une certaine distance l'un de l'autre, au lieu de voir le muscle se contracter dans toute son étendue (comme pour le muscle strié), on observe, par exemple sur le tube intestinal, qu'il n'y a contraction que dans les points en contact avec les pôles électriques; cela tient peut-être à ce que la contraction se propage lentement dans la longueur de la fibre lisse, ou bien à ce que l'on agit plutôt sur les plexus et les ganglions nerveux intra-musculaires que sur le muscle lui-même. Un fait plus singulier encore, et auquel doit certainement être attribuée cette dernière interprétation, est celui signalé par Legros et Onimus relativement à l'action des courants continus: par l'application de ces courants sur les organes qui jouissent de mouvements péristaltiques (intestin), on observerait des effets différents selon le sens du courant: lorsque celui-ci suit la direction des contractions péristaltiques normales, il y aurait relâchement; avec le courant de sens contraire, il y aurait contraction.

La chaleur, le froid, c'est-à-dire un changement brusque de tem-

pérature, excite également la contraction des muscles en général; mais si la variation de température est lente et ne s'éloigne pas beaucoup de la chaleur normale, les muscles striés ne manifestent aucune réaction, tandis que les muscles lisses se contractent. C'est ainsi qu'il faut comprendre les dénominations de *muscles thermosystaltiques* appliquées aux fibres lisses, et de *muscles athermosystaltiques* appliquées aux fibres striées; c'est ainsi que les fibres lisses du dartos, et en général celles de la peau, se contractent par le contact d'un milieu froid, et notamment par l'immersion dans l'eau froide: c'est ainsi que l'on voit les parois intestinales d'un animal sacrifié et ouvert, présenter des mouvements péristaltiques très accentués soit par le contact de l'air froid, soit par celui de l'eau chaude. Il suffit d'eau à 20 degrés sur un animal mort depuis quelques instants et déjà refroidi. La lumière elle-même est un excitant des muscles, mais seulement des muscles lisses (expériences de Brown-Séguard sur des yeux de grenouille et d'anguille).

Comme excitants directs des fibres musculaires lisses, excitants qui agiraient sur ces fibres à l'exclusion des fibres striées, on a cité divers agents, dont l'action est encore très contestable à ce point de vue, car elle paraît se produire plutôt par l'intermédiaire du système nerveux. Nous citerons l'acide carbonique, d'après Brown-Séguard; le seigle ergoté, d'après Holmes; la quinine, l'atropine, d'après divers expérimentateurs; mais Vulpian a montré combien étaient peu précises nos notions théoriques sur le mode d'action de ces diverses substances.

Nous manquons de données précises sur le *travail musculaire*, sur la *fatigue musculaire* des muscles lisses. Mais leur entrée en *rigidité cadavérique* a lieu comme pour les muscles striés; on l'observe sur les muscles de la peau, sur les petits faisceaux annexés aux follicules pileux et elle se traduit par le phénomène de *chair de poule post mortem*. Sur les suppliciés, Ch. Robin a observé que l'état de chair de poule se produit, par rigidité des muscles de la peau, de trois à sept heures après la mort.

Les muscles lisses de l'appareil de la vie de relation chez les invertébrés présentent des propriétés bien différentes de celles classiquement connues pour les muscles lisses de vertébrés. D'abord ils sont soumis à l'influence de la volonté; puis ils ne sont pas thermosystaltiques et leur irritabilité est aussi grande que celle des muscles striés. Ainsi les muscles lisses du Poulpe réagissent aux mêmes excitants et leur contraction est plus rapide et plus brève que celle des muscles rouges du lapin. De même pour la période latente. On peut donc dire qu'il n'existe pas de différence essentielle entre la physiologie des muscles lisses et celle des muscles striés, les muscles lisses arrivant, dans

certaines conditions, à égaler les muscles striés et même à les surpasser quant à leurs propriétés contractiles¹.

IV. — CELLULES CONTRACTILES

Les diverses propriétés des *cellules contractiles* se rapprochent tout à fait de celles que nous avons étudiées dans les cellules en général; il en est ainsi en particulier de leur faculté de changer de forme. Cette propriété étant commune à toutes les masses de protoplasma, nous ne pouvons faire ici allusion, après avoir parlé du muscle proprement dit, qu'aux *cellules contractiles* spécialement utilisées par l'économie au point de vue de leur *contractilité* ou *irritabilité*. Or, ces éléments sont presque uniquement développés dans les parois des artères et surtout des petites artères; c'est donc en faisant l'étude des petits vaisseaux (V. *Circulation*) que nous devons étudier les fonctions de ces formes musculaires embryonnaires.

Parmi les mouvements produits par les cellules, il y a encore les *mouvements des cils vibratiles*; nous en parlerons à propos des épithéliums cylindriques qui présentent ce revêtement ciliaire.

Nous nous arrêterons seulement ici sur les mouvements ou contractions de certaines cellules pigmentées (*chromoblastes*) qu'on rencontre dans la peau de différents animaux, et dont les changements de forme ou de situation, sous l'influence de phénomènes nerveux réflexes, produisent des changements remarquables de couleur (caméléon). Cette question, si intéressante au point de vue de la physiologie générale, a été étudiée particulièrement par G. Pouchet et par P. Bert². Il résulte des observations de ce dernier physiologiste que les couleurs et les tons divers que prennent les caméléons sont dus au changement de lieu des corpuscules colorés, qui, suivant qu'ils s'enfoncent sous le derme, qu'ils forment un fond opaque sous la couche cérulescente, ou qu'ils s'étalent en ramifications superficielles, laissent à la peau sa couleur jaune, ou lui donnent les couleurs verte et noire.

Les chromoblastes, formant, comme éléments anatomiques, une variété parmi les éléments du tissu lamineux, sont doués de mouve-

¹ H. de Varigny, *Sur quelques points de la physiologie des muscles lisses chez les invertébrés* (Compt. rend. Acad. des sciences, 2 mars 1835).

² P. Bert, *Sur le mécanisme et les causes des changements de couleur chez le caméléon* (Comptes rendus de l'Acad. des sciences, 22 novembre 1875).

G. Pouchet, *Des changements de coloration sous l'influence des nerfs* (Journ. de l'anat. et de la physiol., janvier et mars 1876).

ments sarcodiques; l'électricité, le système nerveux, l'approche de la mort influencent ces mouvements. Dans les conditions normales, les changements de couleur produits par l'état d'expansion ou de retrait des diverses sortes de chromoblastes ont en général pour résultat d'harmoniser le ton de l'animal avec celui du fond, mais parfois aussi de produire un véritable changement de livrée, certaines parties du corps devenant plus claires ou plus foncées sur un fond déterminé.

Les mouvements de ces corpuscules sont commandés par deux ordres de nerfs, dont les uns les font cheminer de la profondeur à la surface, les autres produisent l'effet inverse. Les nerfs qui font refluer les corpuscules colorés sous le derme ont les plus grandes analogies avec les nerfs vaso-constricteurs; comme eux ils suivent le trajet des nerfs mixtes des membres et du grand sympathique du cou; comme eux ils ne s'entre-croisent point dans la moelle épinière; comme eux ils ont, pour la tête, leur origine au commencement de la région dorsale; comme eux ils possèdent un centre réflexe très important dans la moelle allongée. Les nerfs qui amènent les corpuscules vers la surface sont comparables aux nerfs vaso-dilatateurs; mais, si l'on est forcé d'admettre leur existence, il est difficile de dire quelque chose de bien net sur leur distribution anatomique et leurs rapports avec les centres nerveux; très probablement ils traversent des cellules nerveuses avant de se rendre aux corps colorateurs.

Chaque hémisphère cérébral commande, par l'intermédiaire des centres réflexes, aux nerfs colorateurs des deux côtés du corps; mais il agit principalement sur les nerfs analogues aux vaso-constricteurs de son côté, et sur les nerfs analogues aux vaso-dilatateurs du côté opposé.

L'empoisonnement par le curare ne paraît pas modifier sensiblement la fonction chromatique. La morphine ne donne pas de résultats plus concluants. La strychnine paraît avoir pour action marquée d'activer les changements de coloration. Mais les résultats les plus remarquables sont dus à l'action de la santonine. Cette substance, du moins chez les crustacés, provoque une dilatation considérable des chromoblastes. Ainsi le seul agent toxique qui agisse nettement sur la fonction chromatique est précisément une substance qui a sur les fonctions du nerf optique une action bien connue. Il y a donc un rapport entre les poisons de la rétine et le système anatomique des chromoblastes, de même qu'il y a un rapport entre l'état de perfection de ces éléments transformés en chromatophores chez les céphalopodes, et le volume de l'appareil de la vision chez les mêmes animaux.

RÉSUMÉ. — Il y a deux espèces de *muscles*: les muscles *striés* et les muscles *lisses*.

Les muscles *striés* sont bien nommés, car ils présentent des *striés transversales*, qui, loin de résulter d'artifices de préparation, existent même sur la vivant, comme le prouve l'expérience du *spectre musculaire*.

Le muscle est *très élastique*; cette élasticité diffère de celle des fibres élastiques en ce qu'elle dépend de la nutrition du muscle.

Quant à la *tonicité* ou *tonus musculaire*, il est un effet de l'innervation; c'est un *acte réflexe* dans lequel les nerfs moteurs, 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 des muscles 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 à l'état de chaleur, et se transforme en partie en travail mécanique (équivalent mécanique de la chaleur).

Les *combustions musculaires* (sources du 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) et par l'inscription à l'aide des *appareils myographiques* (*myographe* de Marey), 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 Aeby 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. Les muscles lisses réagissent aux mêmes *excitants* que les muscles striés; ils sont *thermosystaltiques*; ils présentent également le phénomène de la *rigidité cadavérique* (ex. : *chair de poule post mortem*). Les muscles lisses de certains invertébrés sont très analogues par leurs propriétés physiologiques aux muscles striés.

V. — ANNEXES DU SYSTÈME MUSCULAIRE

(TISSU CONJONCTIF, OS, TENDONS
MÉCANIQUE ANIMALE, LOCOMOTION, ETC.)

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*.

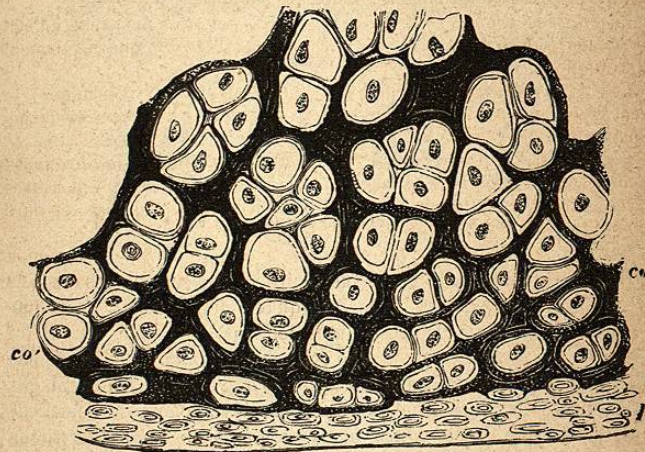


FIG. 42. — Coupe d'un cartilage diaphysaire*.

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) présente cette disposition. Ils sont

* c' c', Cartilage calcifié; — c', c', les sels calcaires commencent seulement à se déposer; — p, péricondre. — Grossiss.: 550 diam. (Wirchow, *Pathologie cellulaire*.)

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 ramolies, 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. (V. *Mouvements de l'estomac, de l'intestin, de la vessie, de l'utérus, etc.*)

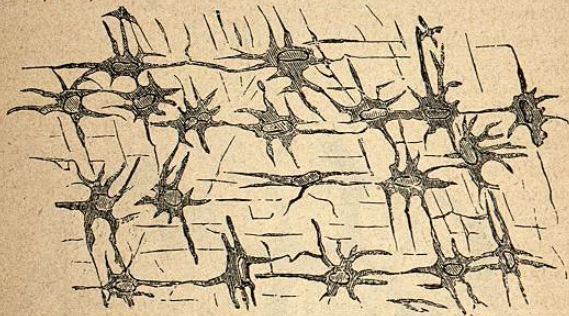


FIG. 43. — Cellules plasmatiques de la cornée*.

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 (ou *lamineux 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 les fibres musculaires en faisceaux et en corps charnus, de façon à permettre une action d'ensemble de la part des éléments contrac-

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

tiles; 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 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, mésodermiques* (V. plus haut, p. 21), ou *plasmatiques*, ou *corps fibro-plastiques* (ou leurs dérivés: cellule cartilagineuse, cellule osseuse, fig. 42 à 44). 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 réservoir pour cette substance, comme dans le *pannicule adipeux* de l'enfant. Cependant on peut dire que 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 (tissu cicatriciel entre autres). Même dans les tissus conjonctifs les plus pauvres en globules plasmatiques, ceux-ci prennent en pathologie un développement prédominant. Mais, en règle générale, moins un tissu de substance conjonctive renferme de cellules plasmatiques, moins il a de tendance à se modifier sous l'influence des causes pathologiques; aussi les tendons, relativement pauvres en éléments globulaires et essentiellement constitués par des faisceaux de *fibres lamineuses*, résistent-ils longtemps au milieu des foyers de suppuration.

L'élément globulaire du tissu conjonctif proprement dit, comme 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 plasmatiques.

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* d'une part, et d'autre part la *flexibilité* ou *l'élasticité des ligaments*.

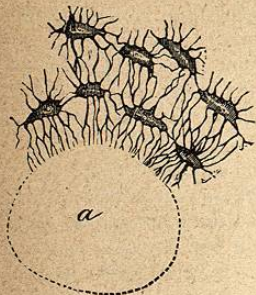


Fig. 44. — Éléments histologiques de l'os *.

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; les os renferment dans leurs lamelles calcaires des éléments globulaires (corpuscules osseux, cellules osseuses) analogues aux globules plasmatiques (fig. 44); mais ces globules ne présentent que des phénomènes obscurs de nutrition et n'acquiescent 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 enchevêtrées et anastomosées (fig. 45 et 46); leur rôle est purement mécanique et résulte de leur résistance et de leur *élasticité*. Cette dernière propriété se trouve 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 *crépue* (fig. 45, *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 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 actes de nutrition; il faut

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

donc bien distinguer l'*élasticité* du muscle de l'*élasticité* du tissu élastique; il faut distinguer surtout la *contractilité* du muscle de l'*élasticité* du tissu jaune; en effet, la *contractilité* est une propriété qu'on peut appeler *vitale*, en ce sens qu'elle n'existe que sur le muscle qui se nourrit, qui vit, et qu'elle disparaît sur le cadavre;



Fig. 45. — Éléments du tissu connectif : fibres conjonctives et élastiques *.

au contraire, les tissus élastiques conservent leur propriété après la mort; 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; c'est que l'*élasticité*, propriété

* *a*, Fibres connectives avec quelques globules embryonnaires; — *b*, fibres élastique avec leurs anastomosés et leurs divisions; — *c*, fibres élastiques plus bouclées (en crin des 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.)

physique des tissus élastiques, est due uniquement à la disposition physique des éléments constitutants, disposition qui subsiste indéfiniment, tant que la composition chimique n'est pas modifiée (par la dessiccation, par exemple).

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; tel est le cas pour



Fig. 46*.

le grand *ligament cervical* des quadrupèdes à tête lourde, ligament qui va des apophyses épineuses du dos aux apophyses épineuses du cou et à l'occiput, et soutient ainsi la tête dont le poids fatiguerait trop les muscles (c'est avec ce ligament cervical qu'on fait ce qu'on appelle le *nerf de bœuf*); tel est le cas des ligaments jaunes des lames vertébrales; des 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 l'homme est souvent osseux chez certains animaux. Chez les reptiles, par exemple, la ligne blanche est devenue un os, les intersections des muscles droits sont représentés 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.

* e, f, g, h, Globules embryonnaires du tissu connectif; rapport de ces éléments avec le tissu fibreux, d'après Schwann.

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 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 (V. p. 150); 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 relativement courts et les tendons très longs; et, en effet, une longueur plus considérable de la fibre musculaire eût été ici 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 premier 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