

vent le trajet des vaisseaux sanguins. Sur le diaphragme, sur l'œsophage, ils restent indépendants de ces vaisseaux.

D. Nerfs des muscles.

Les nerfs qui vont se ramifier dans les muscles et qui président à leur contraction ne sont pas répartis d'une manière égale. Il existe entre eux à cet égard de très grandes différences. Le nombre des filets nerveux paraît être en raison inverse des masses musculaires qu'ils animent : voyez l'énorme volume du grand fessier et la ténuité des nerfs qu'il reçoit; comparez les grandes dimensions du troisième adducteur et du triceps de la cuisse aux filets qui les pénètrent. A l'aspect d'un tel contraste, on reste surpris que des divisions si grêles puissent suffire pour distribuer l'influx nerveux à une si prodigieuse quantité de fibres musculaires. Les muscles de moyennes dimensions reçoivent des nerfs relativement plus gros. Les plus petits sont mieux partagés encore; ceux des éminences thénar et hypothénar, ceux de la face, de la langue, etc., sont particulièrement privilégiés sous ce rapport. Ils le sont moins cependant que les muscles de l'œil, remarquables entre tous par la richesse des plexus nerveux qu'on observe dans leur épaisseur. Le volume des nerfs n'est donc nullement proportionnel à la masse des muscles; il semble plutôt subordonné à la fréquence, à la rapidité, à l'agilité des mouvements qui se produisent sous leur influence.

Le nombre des nerfs qu'on voit pénétrer dans les muscles est aussi très variable. En général, les muscles courts ne possèdent qu'un seul filet nerveux; mais les muscles larges et les muscles longs en reçoivent plusieurs. Le plus long de tous, le muscle couturier, en présente six ou huit échelonnés sur son bord interne. Lorsqu'un muscle long se compose d'une série de faisceaux courts, comme les muscles spinaux, il existe un nerf pour chaque faisceau; de là cette longue suite de filets nerveux qui séparent le sacro-lombaire du long dorsal et celui-ci du transversaire épineux. Sur les muscles longs composés de deux ou trois faisceaux, tels que le biceps huméral, le triceps fémoral, etc., on compte au moins un rameau nerveux pour chacun de ceux-ci, et souvent davantage. — Tantôt ces nerfs émanent de la même branche à des hauteurs inégales. Tantôt ils naissent de branches différentes, comme ceux du couturier, et même de sources très éloignées: c'est ainsi que le grand adducteur de la cuisse, animé surtout par le nerf obturateur, reçoit en outre quelques ramifications du nerf grand sciatique; il se trouve placé à la fois sous la dépendance du plexus lombaire et du plexus sacré.

Les nerfs pénètrent dans les muscles par leur face profonde. Quant à leur point d'immersion, les auteurs ne sont pas d'accord. Selon Chas-

saïgnac, c'est par leur quart supérieur que les filets nerveux pénètrent dans le plus grand nombre des muscles (1). Suivant M. Lantenois, ils entrent dans ces organes au niveau de leur tiers supérieur (2). Malgaigne (3) admet que le point d'immersion répond le plus habituellement à leur tiers moyen. Il résulte de mes observations que les rameaux nerveux pénètrent dans l'immense majorité des muscles par la moitié supérieure de leur partie charnue, mais à une hauteur du reste très variable. Cette loi ne comporte qu'un petit nombre d'exceptions.

La direction des nerfs est telle, qu'au moment de leur immersion ils forment avec l'axe des muscles un angle aigu dont l'ouverture regarde en haut. Cependant, lorsque les rameaux nerveux pénètrent dans ces organes, par leurs bords, comme ceux qui se rendent au muscle droit de l'abdomen, et plusieurs de ceux qui sont destinés aux muscles de la face, leur incidence se rapproche beaucoup de la perpendiculaire.

Quelques nerfs musculaires accompagnent les vaisseaux sanguins; ainsi se comportent le nerf circonflexe ou axillaire, le nerf sus-scapulaire, le nerf massétérin, les nerfs du crotaphite, du grand pectoral, etc. Mais souvent aussi ils suivent un trajet indépendant.

Dans l'épaisseur des muscles, les troncs nerveux se partagent en branches, rameaux et ramuscules qui cheminent, comme les artères et les veines, dans les cloisons celluluses, et qui croisent les faisceaux contractiles en échangeant de nombreuses anastomoses. De ces divisions se détachent des ramifications composées d'un petit nombre de tubes; puis ceux-ci se séparent pour cheminer isolément. Après un trajet plus ou moins long, certains tubes se bifurquent, et chacune de leurs divisions peut se diviser et se subdiviser encore.

Bien que les divisions aient un diamètre moins considérable que celui du tube générateur, elles offrent aussi un double contour et se composent des mêmes éléments; chacune d'elles est manifestement formée d'une gaine munie de noyaux, d'une couche médullaire, et d'un cylinder axis.

Parvenus à leur extrémité terminale, les tubes nerveux pénètrent dans les faisceaux primitifs, sous une incidence très variable. La gaine du tube s'évase et se continue avec le sarcolemme au niveau du point d'immersion. La couche médullaire cesse brusquement et complètement à ce niveau. Le cylinder d'axe traverse le myolemme et se termine par un épanouissement qui s'étale entre la face interne de cette enveloppe et les fibrilles élémentaires: c'est à cette partie renflée du cylinder axis que M. Rouget a donné le nom de *plaque terminale*, appelée aussi par quelques auteurs *plaque motrice*. Elle se présente

(1) Chassaignac, *Nerfs et muscles* (Bullet. de la Soc. anat., 1832, p. 105).

(2) Lantenois, thèse, Paris, 1826.

(3) Malgaigne, *Anatomie chirurgicale*, 2^e édit., t. I, p. 122.

sous l'aspect d'une substance granuleuse, de 0^{mm},004 à 0^{mm},006 d'épaisseur, de figure ovale, essentiellement caractérisée par la présence de noyaux ovoïdes, au nombre de 6 à 12. Bien que les plaques terminales soient en contact immédiat avec les fibrilles contractiles, comme elles n'occupent qu'un point très limité de la périphérie des faisceaux primitifs, on voit que l'influx nerveux n'est transmis directement qu'à un très petit nombre de ces fibrilles, et qu'il se propage ensuite de celles-ci à toutes les autres.

Pour observer le mode de distribution des nerfs dans les muscles, et surtout leur mode de terminaison, il importe de choisir des muscles minces à fibres courtes. Il importe en outre que ces muscles soient pris sur un animal vivant ou récemment mort. On rend cette étude plus facile en les immergeant pendant vingt-quatre heures dans une solution d'acide chlorhydrique (1 partie d'acide pour 1000 parties d'eau distillée).

Historique de la découverte du mode de terminaison des nerfs dans les muscles. — Ce mode de terminaison a été le sujet d'un très grand nombre de travaux, qui ont d'abord donné naissance à deux opinions très différentes. L'une, formulée par Prévost et Dumas, admet que les fibres nerveuses, parvenues à leurs dernières divisions, se réfléchissent autour des fibres musculaires pour décrire un coude et retourner ensuite à leur point de départ. L'autre affirme que les fibres nerveuses, arrivées à leur destination, s'épuisent dans le tissu contractile : cette seconde opinion était la mieux fondée. Les anses signalées par MM. Prévost et Dumas n'étaient que des anastomoses ; tous les observateurs s'accordent aujourd'hui pour reconnaître que les nerfs se terminent par des extrémités libres.

Reichert pensait que les tubes nerveux se terminent à la surface des faisceaux primitifs par une extrémité libre et effilée.

Margo, en 1861, affirme qu'ils pénètrent dans ces faisceaux en se divisant et subdivisant pour se continuer avec leurs noyaux.

Kühne, en 1862, déclare aussi que les tubes nerveux entrent dans les faisceaux primitifs sous la forme d'une fibre pâle, laquelle se divise en deux ou trois tubes plus déliés. Il ajoute que ces divisions portent sur les côtés ou à leur extrémité terminale des organes particuliers, analogues aux corpuscules de Paccini. Les conclusions de son travail furent presque aussitôt combattues par Schiff, Kölliker et Krause, qui se rangèrent à l'avis de Reichert.

En 1862, il y avait donc deux opinions, l'une et l'autre assez vaguement formulées, sur le point où se terminent les tubes nerveux. La plupart des auteurs arrêtaient ces tubes à la surface du sarcolemme. Quelques-uns les faisaient pénétrer dans sa cavité. Quant au mode de terminaison, autant d'observateurs, autant d'opinions.

Tel était l'état de la science, lorsque parurent, au mois de septembre de la même année, les recherches de M. Rouget. Elles étaient nettes, précises, concluantes. Engelmann et Valdeyer, dès l'année suivante, confirmèrent l'existence des plaques motrices. Kühne lui-même abandonnait son opinion pour accepter celle de l'auteur français, qui rallie aujourd'hui presque tous les suffrages. Cette opinion est celle qui a été précédemment exposée. J'ai pu, sur presque tous les points, contrôler et vérifier les observations qui lui servent de base.

II. — Structure des tendons.

Les tendons et les aponévroses d'insertion ont pour éléments essentiels des faisceaux de nature fibreuse, denses et flexibles, extrêmement résistants, auxquels ils sont redevables de leurs attributs les plus caractéris-

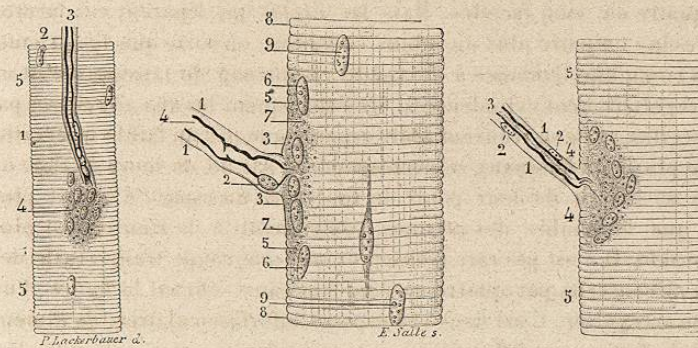


FIG. 278.

FIG. 279.

FIG. 280.

Mode de terminaison des tubes nerveux dans la fibre musculaire striée.

FIG. 278. — *Fibre du muscle sterno-hyoïdien de l'homme et son tube nerveux.* — 1, 1. Fibre musculaire. — 2. Tube nerveux. — 3. Substance médullaire de ce tube qu'on voit se prolonger jusqu'à la plaque terminale, où elle disparaît. — 4. Plaque terminale située entre le sarcolemme et les fibrilles élémentaires. — 5, 5. Sarcolemme et noyaux sous-jacents à cette enveloppe.

FIG. 279. — *Fibre du muscle intercostal du lézard, dans laquelle vient se terminer un tube nerveux.* — 1, 1. Gaine du tube nerveux. — 2. Noyau de cette gaine. — 3, 3. Sarcolemme se continuant avec la gaine. — 4. Substance médullaire cessant brusquement au niveau de la plaque terminale. — 5, 5. Plaque terminale. — 6, 6. Noyaux de cette plaque. — 7, 7. Substance granuleuse qui en forme l'élément principal. — 8, 8. Sarcolemme. — 9, 9. Noyaux sous-jacents à cette enveloppe.

FIG. 280. *Fibre d'un muscle de l'avant-bras du poulet, dans laquelle on voit pénétrer un tube nerveux.* — 1, 1. Gaine. — 2, 2. Noyaux de cette gaine. — 3. Substance médullaire disparaissant au niveau de la plaque terminale. — 4, 4. Plaque terminale. — 5, 5. Sarcolemme.

Ces trois figures sont tirées du mémoire que M. Rouget a publié en 1862 dans le tome V du *Journal de physiologie* de M. Brown-Séquard.

tiques. Ils comprennent en outre, dans leur composition, des cellules, des fibres de cellules, du tissu conjonctif, des artères, des veines, des nerfs et du tissu adipeux.

A. *Faisceaux primitifs des tendons.*

La disposition des faisceaux tendineux répète celle des faisceaux musculaires, ou du moins elle offre avec celle-ci la plus grande analogie. Pour rappeler cette analogie de constitution, j'ai donné aux plus déliés d'entre eux le nom de *faisceaux primitifs*. De la réunion de ces faisceaux primitifs naissent les faisceaux secondaires, et du groupement de ceux-ci les faisceaux ternaires, quaternaires et enfin des faisceaux principaux. On peut dire d'une manière générale que la segmentation est portée moins loin dans les tendons que dans les muscles.

Les faisceaux des divers ordres revêtent aussi la forme de prismes à trois, quatre ou cinq facettes. Mais les angles qui séparent ces facettes sont presque toujours plus ou moins émoussés, en sorte que les prismes ont une commune tendance à s'arrondir. Beaucoup de faisceaux sont en effet irrégulièrement cylindriques. Ils s'appliquent les uns aux autres par leurs facettes, et ne se trouvent alors séparés que par un faible intervalle. Lorsque plusieurs faisceaux se correspondent par un de leurs angles, on observe au niveau de leur point de rencontre un espace d'autant plus grand, que le nombre des prismes, contribuant à le limiter, est plus considérable. Il n'est pas rare d'observer sur une coupe transversale des espaces circonscrits par quatre ou cinq faisceaux, offrant la figure d'un polygone irrégulier. C'est dans ces espaces interfasciculaires, de dimensions et de formes si différentes, et tous continus entre eux, que cheminent les vaisseaux et les nerfs.

Les *faisceaux primitifs* des tendons diffèrent à peine par leur volume, des faisceaux primitifs des muscles. Ils présentent une forme à peu près cylindrique. Les intervalles qui les séparent, bien que très minimes, se voient avec netteté cependant sur les coupes transversales.

B. *Cellules et fibres de cellules.*

Dans tous les tendons on rencontre des cellules et des fibres de cellules. Les cellules se présentent sous trois formes différentes : les unes sont ovoïdes, les autres quadrilatères, et d'autres cylindriques.

Les cellules ovoïdes ont pour siège spécial les points d'attache des tendons ; on les rencontre en grand nombre sur l'extrémité inférieure du tendon d'Achille, du ligament rotulien, du demi-membraneux, etc., c'est donc sur ces divers points qu'il convient de les étudier. Lorsqu'elles sont en pleine évidence, on remarque qu'elles se trouvent très rap-

prochées au voisinage des os ; en réalité elles appartiennent à la classe des cellules cartilagineuses. En s'éloignant de la surface osseuse, elles s'écartent ; et parmi ces cellules plus espacées on constate facilement au milieu de cellules isolées des cellules qui en contiennent d'autres plus petites. Dans certaines cellules il existe deux, trois, quatre, six, et jusqu'à huit, dix ou douze cellules de nouvelle génération. — On voit en outre les cellules se disposer en séries linéaires, d'abord assez courtes, puis de plus en plus longues : ainsi juxtaposées, elles constituent tantôt de simples rangées à cellules indépendantes, et tantôt des fibres de cellules fusiformes. Les unes et les autres sont caractérisées par la direction des noyaux, tous perpendiculaires à l'axe des rangées ou des fibres, d'où leur aspect strié. A une distance variable du point d'attache, ces cellules et fibres de cellules striées disparaissent le plus habituellement.

Les cellules quadrilatères sont répandues en grand nombre sur toute la longueur des tendons ; elles forment de longs rubans, qui remplissent les espaces compris entre les faisceaux primitifs.

Les cellules cylindriques, plus multipliées encore que les précédentes, se continuent par leurs extrémités et forment des fibres en général très déliées, qui se mêlent aux fibres plus volumineuses constituées par les cellules quadrilatères ; elles entourent aussi les faisceaux primitifs. De distance en distance on observe sur leur trajet le noyau de chacune des cellules qui contribuent à les former.

Les faisceaux primitifs se composent de fibres de tissu conjonctif, parallèles, qui adhèrent les unes aux autres par simple contiguïté. — Entre ces faisceaux primitifs on n'observe ni vaisseaux, ni filaments nerveux, ni cellules adipeuses.

C. *Tissu conjonctif des tendons.*

Le tissu conjonctif se comporte à l'égard des tendons comme à l'égard des muscles. Il s'étale d'abord sur toute leur périphérie pour leur former une gaine générale, dense et résistante. De la face interne de cette enveloppe cellulo-fibreuse partent des cloisons qui pénètrent dans les interstices des faisceaux, en se divisant et s'unissant par leurs bords ; de là autant de gaines à calibre décroissant.

La gaine générale est mince, demi-transparente, lisse, unie et très adhérente. Lorsqu'on soumet à l'action de l'eau bouillante un tronçon de 1 ou 2 centimètres de longueur, elle se rétracte plus que les faisceaux. Ceux-ci, découverts et libres à leurs extrémités, se renflent considérablement, et sont comme étranglés vers leur partie moyenne par la gaine, qui prend alors l'aspect d'un large lien circulaire. Cette enveloppe cellulo-fibreuse des tendons se compose de petits faisceaux de fibres con-

jonctives, dont la plupart affectent une direction transversale. C'est dans son épaisseur que rampent d'abord les vaisseaux et les nerfs, en échangeant de nombreuses anastomoses, afin de répartir d'une manière moins inégale les sucs nutritifs et l'influence nerveuse. Elle est donc remarquable par sa richesse vasculaire, par sa vitalité, par la part importante qu'elle prend à la nutrition des tendons et à la restauration de ces organes, lorsqu'ils ont été blessés ou divisés. On peut la comparer au périoste; elle en possède la structure et les attributions; elle joue aussi le même rôle à la suite de la rupture ou section des tendons.

Les gaines qui entourent les faisceaux se comportent envers ceux-ci comme la gaine générale envers la masse totale du tendon. Elles deviennent seulement de plus en plus minces et simplement celluleuses. Les plus déliées sont donc celles qui entourent les faisceaux secondaires. Cet amincissement cependant ne se produit pas d'une manière régulière; au niveau des grands espaces interfasciculaires, toutes les gaines se confondant, la trame celluleuse reprend plus d'épaisseur et d'importance.

Au tissu conjonctif des tendons se trouvent mêlées quelques fibres élastiques très déliées. Dans les cloisons celluleuses, on remarque en outre sur certains points les cellules de cartilage précédemment décrites.

A tous ces éléments s'ajoutent encore des cellules adipeuses, dont l'existence est constante, même chez les individus les plus émaciés.

D. Vaisseaux des tendons.

Dans un travail présenté en 1866 à l'Académie des sciences (1), j'ai démontré que les tendons, considérés jusqu'alors comme très peu vasculaires, étaient au contraire riches en vaisseaux.

Ces vaisseaux émanent de ceux du voisinage. Quelques-uns, très déliés, s'épuisent dans la gaine et les faisceaux superficiels. Les autres, plus développés, pénètrent dans l'intervalle des faisceaux tendineux, en se divisant, se subdivisant, et s'anastomosant sur toute l'étendue de leur trajet. A leur extrémité terminale on voit les artères et les veines se continuer par l'intermédiaire des capillaires; de cette continuité résultent de longues séries d'arcades qui forment des bouquets sur certains points, et sur d'autres des rangées simples, doubles ou multiples d'un aspect très élégant; ces arcades, groupées autour des principaux vaisseaux, comme autour d'un axe, répondent par leur convexité aux faisceaux tendineux; c'est surtout dans les grands espaces interfasciculaires qu'elles se multiplient et qu'elles étalent tout le luxe de leurs variétés.

Parvenues au niveau des faisceaux secondaires, composés uniquement de faisceaux primitifs, les artères et les veines, réduites à la plus

1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1866, t. LXII, p. 1116.

extrême ténuité, s'arrêtent sur leur contour. Aucune ramification vasculaire ne pénètre dans leur épaisseur. Ils puisent leurs sucs nutritifs dans les capillaires environnants, et se comportent à cet égard par conséquent comme les faisceaux primitifs des muscles, avec cette différence toutefois que dans les muscles chaque faisceau primitif est entouré d'un réseau de capillaires, tandis que dans les tendons ces mêmes réseaux entourent les faisceaux secondaires.

Les vaisseaux, sur toute l'étendue de leur trajet, se trouvent situés dans l'épaisseur des cloisons celluleuses qui séparent les faisceaux des divers ordres. Autour de leurs principales branches se déposent des cellules adipeuses, souvent assez multipliées pour les voiler en partie.

E. Nerfs des tendons.

Ces nerfs, dont j'ai donné aussi la description dans mon mémoire sur la structure des parties fibreuses, sont remarquables par leur nombre et leur volume. Ils suivent les principaux vaisseaux auxquels ils se trouvent accolés dans toute l'étendue de leur trajet. Quelquefois cependant ils s'en écartent ou les croisent sous des angles divers.

De même que les artères et les veines, les rameaux nerveux s'anastomosent fréquemment dans le trajet qu'ils parcourent. Ils forment ainsi, dans l'épaisseur de la gaine commune et dans chacune des cloisons qui s'en détachent, autant de plexus dont les mailles s'entrelacent avec celles des réseaux sanguins. Au niveau des arcades terminales des vaisseaux, les dernières ramifications nerveuses affectent une disposition remarquable: un filament unique, formé de trois, quatre ou cinq tubes seulement, passe perpendiculairement sur les piliers des arcades, puis les tubes se séparent et disparaissent. Ces tubes pénètrent-ils dans les faisceaux primitifs? se perdent-ils sur les parois des vaisseaux, ou dans le tissu conjonctif? toutes ces questions restent à résoudre.

Les tubes nerveux des tendons offrent un double contour: tous sont pourvus d'une enveloppe, d'une couche médullaire et d'un cylindre axis. Dans les troncs ils conservent leur diamètre ordinaire, très inégal du reste; il en est de gros, de moyens et de très fins. A mesure que leur nombre diminue, leur volume se réduit aussi. Sur les divisions terminales il n'est plus représenté que par le cylindre d'axe, d'où les difficultés qu'on rencontre lorsqu'on cherche à reconnaître leur mode de terminaison.

Quelles sont les attributions de ces nerfs? Aux ligaments, ils communiquent la sensibilité toute spéciale qu'ils présentent. Mais les tendons ne sont pas sensibles, ou le sont à peine. Présider à la contractilité des vaisseaux et à la nutrition du tissu conjonctif, telle paraît être leur destination.