

TISSU MUSCULAIRE

I. Généralités

Le tissu musculaire est constitué par des cellules spécialisées : les cellules musculaires ou **myocytes**, dont la fonction principale est la **contraction**. Cette dernière relève de différenciations cytoplasmiques : les **myofibrilles**, qui désignent un ensemble de **myofilaments** d'actine et de myosine, orientés et agencés dans un ordre rigoureux.

Les myocytes diffèrent sur les plans :

- **structural** (présence ou absence d'une striation des myofibrilles);
- **fonctionnel** (myocytes volontaires ou involontaires).

Dès lors, les muscles se classent en :

- **muscle strié volontaire** (muscle squelettique);
- **muscle strié involontaire** (myocarde);
- **muscle lisse involontaire** (paroi des organes creux comme l'estomac par exemple).

II. Tissu musculaire lisse

A- La cellule musculaire lisse

1) Structure en microscopie optique

C'est une cellule :

- de forme allongée se terminant par deux extrémités très effilées (c'est à dire fusiforme) avec les dimensions suivantes : longueur (L) = 50-100 μm , largeur (l) = 4-6 μm ;
- limitée par une membrane plasmique très fine ou **sarcolemme**.

Elle contient :

- un noyau : unique, central;
- un cytoplasme : renfermant :
 - un appareil de Golgi, des mitochondries, un centre cellulaire et du glycogène baignant dans le **sarcoplasme**. Ce dernier est abondant autour du noyau (sarcoplasme axial);
 - des myofibrilles : filaments homogènes, **non striés**, anisotropes, d'un diamètre moyen de 0.3 μm , représentant les **éléments contractiles** et constituant le **myoplasme**. Elles sont tendues d'une extrémité à l'autre de la cellule et occupent la totalité de son volume, en ménageant une place pour le noyau.

2) Structure en microscopie électronique

a. Myofibrilles

Elles sont le résultat de l'agrégation de structures beaucoup plus fines : les **myofilaments**. Ces derniers, dispersés dans toute la cellule, comptent 3 types :

- filaments fins (d'**actine**) : Diamètre (D) = 4 à 8 nm.
- filaments épais (de **myosine**) : D = 13 à 18 nm.
- filaments **intermédiaires** : D = 10 nm. Ils ne contiennent ni actine, ni myosine et entrent dans la constitution du cytosquelette.

b. Membrane plasmique ou sarcolemme

i. La face externe est en rapport avec :

- le cell-coat et

- la lame basale (ou glycocalyx) : complexe glycoprotéique situé en dehors de la membrane plasmique.

ii. **La face interne**, elle, est accolée par endroits, aux plaques d'attache des filaments fins d'actine.

iii. **Par ailleurs, la membrane plasmique offre à décrire trois types de structures spécialisées :**

- les **vésicules plasmalemmales** (riches en Ca^{++} , Na^+ , K^+ , Mg^{++});
- les **nexus** ou jonctions de type gap (permettent les échanges intercellulaires);
- les **puits** (invaginations de la membrane plasmique) et les vésicules mantelées : captent et transportent diverses molécules fixées sur des récepteurs spécifiques.

c. **Réticulum sarcoplasmique**

C'est un réseau tridimensionnel de tubules, à prédominance lisse dont le rôle serait d'accumuler le calcium (ce dernier constitue l'élément primordial de la contraction musculaire).

d. **Mitochondries**

Elles se disposent soit à la périphérie de la cellule, soit dans le sarcoplasme axial et fournissent l'énergie nécessaire aux phénomènes de contraction.

1) Variations de forme des cellules musculaires lisses

a. **Cellules rameuses**

Elles sont localisées dans la tunique moyenne des grosses artères élastiques (aorte) et entrent en contact, grâce à leurs prolongements, avec les cellules musculaires voisines.

Les cellules rameuses sont, à la fois, contractiles et douées de propriétés de synthèse.

b. **Cellules myoépithéliales**

D'origine ectoblastique, elles sont incluses entre la lame basale et les cellules glandulaires des acini de certaines glandes exocrines (Ex.: glandes salivaires) et envoient de multiples prolongements (riches en myofilaments) dont la contraction permet l'expulsion du produit de sécrétion.

c. **Cellules myoépithélioïdes**

Ces cellules ont subi une différenciation particulière qui les rapproche à la fois des cellules épithéliales et des cellules sécrétrices (Ex.: cellules de Ruyters de l'appareil juxta-glomérulaire).

B- Le muscle lisse

1) Structure

Le muscle lisse est constitué par des **faisceaux** de **cellules musculaires lisses** (également dites **fibres** musculaires lisses). En effet, ces dernières sont rarement isolées et se regroupent plutôt en faisceaux. Le faisceau constitue **l'unité fonctionnelle** du muscle lisse.

Dans un faisceau, les fibres musculaires lisses :

- sont orientées parallèlement à son axe et imbriquées de telle sorte que la partie moyenne d'une fibre est en rapport avec les extrémités effilées des fibres voisines;
- sont, chacune, entourées par une lame basale sur laquelle s'insère des fibres de réticuline et des fibres de collagène (responsables de la cohésion de l'ensemble des fibres). Ce tissu conjonctif *intrafasciculaire* se nomme **endomysium**.

Les faisceaux sont :

- parfois isolés : réalisant alors, à eux seuls, un véritable organe (muscle arrecteur du poil);

- le plus souvent associés les uns aux autres. Chaque faisceau est entouré par un **périmysium** (tissu conjonctif *interfasciculaire*), le séparant et l'unissant au faisceau voisin.

2) Vascularisation

- **Sanguine** : Elle est **pauvre** en raison des faibles dépenses énergétiques du muscle lisse. Les artérioles se résolvent en un réseau capillaire, à mailles longitudinales, qui ne traverse que le périmysium. Les capillaires ne pénètrent jamais à l'intérieur d'un faisceau.
- **Lymphatique** : Elle est également pauvre, réduite à quelques capillaires anastomosés, localisés uniquement dans le périmysium.

3) Innervation

Elle dépend du **système nerveux végétatif**, la contraction du muscle lisse échappant au contrôle de la volonté.

Les nerfs moteurs autonomes, qui comprennent de nombreux axones (une centaine) :

- pénètrent dans le muscle lisse;
- se divisent en faisceaux de 10 à 20 fibres qui cheminent dans le périmysium;
- ne libèrent que quelques axones qui pénètrent à l'intérieur du faisceau. Ces derniers sont variés et, dans leur partie terminale, monoliformes.

III. Muscle strié squelettique

A- Généralités

Un muscle est un organe complexe, entouré d'une aponévrose et dont la fonction est de se contracter (ou de se relâcher). Il comprend:

- **Tissu musculaire** : fait de :
 - fibres musculaires striées;
 - cellules satellites : ces dernières, situées entre la membrane basale et le sarcolemme de la cellule musculaire striée, possèdent une activité mitotique qui permet la **croissance et la régénération du muscle**.
- **Charpente conjonctive** : unit les fibres musculaires striées entre elles et transmet les mouvements de contraction.
- **Vaisseaux**
- **Formations nerveuses**

B- Histologie topographique

1) Fibres musculaires striées

a. Définition

Ce sont les unités fonctionnelles du muscle strié. Il s'agit de **cellules multinucléées** dont le sarcoplasme contient des **myofibrilles striées** transversalement.

b. Forme

Les fibres musculaires striées peuvent être cylindriques, fusiformes ou coniques.

c. Dimensions

Diamètre = 10 à 100 μm , Longueur = de quelques cm jusqu'à 34 cm.

d. Structure

- Sarcolemme (Voir muscle lisse);

- Noyaux : périphériques, ovalaires, $L = 8 \text{ à } 10 \text{ }\mu\text{m}$, nombre très important (~ 100), **ne se divisent pas**.
- Sarcoplasme : Il comporte :
 - un appareil de Golgi au pôle de chaque noyau;
 - des enclaves cytoplasmiques (vacuoles lipidiques, glycogène);
 - des mitochondries ainsi que
 - de la **myoglobine** : pigment rouge, proche de l'hémoglobine, fixant l'oxygène apporté par le sang puis le cédant aux mitochondries. Il donne sa couleur au muscle : les muscles striés sont des muscles rouges par opposition aux muscles lisses qui sont des muscles blancs car pauvres en myoglobine.
- Myoplasme : désigne l'ensemble des myofibrilles.

2) Charpente conjonctive

- a. Aponévrose ou épimysium

Il s'agit d'un tissu conjonctif fait de fibres de collagène disposées en plans superposés et recouvrant l'ensemble du muscle.

- b. Périmysium

C'est un tissu conjonctif envoyant des cloisons conjonctives qui vont découper le muscle en faisceaux musculaires.

- c. Endomysium

L'endomysium désigne le tissu conjonctif qui, dans un faisceau, enveloppe chaque fibre musculaire striée et la sépare des fibres voisines.

3) Points d'insertion du muscle à l'os

- a. Tendon
- b. Aponévrose d'insertion
- c. Conjonctif du périchondre ou du périoste

C- La myofibrille : unité contractile de la fibre musculaire striée

1) Structure en microscopie optique

- a. Disposition (Voir schéma)
- b. La myofibrille est striée (Voir schéma)
- c. Le sarcomère : l'unité contractile de la myofibrille (Voir schéma)

2) Structure en microscopie électronique (Voir schéma)

3) Rapports des myofibrilles avec les éléments sarcoplasmiques

- a. Avec les mitochondries

Dans le sarcoplasme intermyofibrillaire, on observe **deux mitochondries par sarcomère**, à disposition parallèle à l'axe de la myofibrille. Elles sont essentielles car elles fournissent l'énergie nécessaire à la contraction de la myofibrille.

- b. Avec le système canaliculaire

- i. **Système transverse T** : correspond à l'ensemble des tubules T : cavités cylindriques formées par des invaginations du sarcolemme et entourant toutes les myofibrilles au niveau de la jonction (Disque I, Disque A).

- ii. **Réticulum sarcoplasmique** : c'est un réseau de tubules parallèles à l'axe des myofibrilles et échangeant des anastomoses transversales, situées de part et d'autre de chaque tubule T et dilatées en forme de sacs appelés citernes terminales. Ces dernières entourent complètement chaque myofibrille.

N.B.: Le terme de **triade** est réservé à l'ensemble constitué par les trois tubules suivants : un tubule T flanqué de deux citernes terminales du réticulum sarcoplasmique.

D- Vascularisation

1) Sanguine

Elle est assurée par un réseau capillaire, à mailles rectangulaires, envoyant des ramifications dans le périmysium puis dans l'endomysium.

2) Lymphatique

Elle dépend de capillaires logés uniquement dans la périmysium.

E- Innervation

1) Innervation motrice des f.m.s. : la plaque motrice

a. Définition

La plaque motrice est une structure composite complexe. Elle réalise une **synapse axo-somatique** responsable de la transmission de l'influx nerveux à la fibre musculaire striée.

b. Structure

i. En microscopie optique (Voir schéma)

ii. En microscopie électronique (Voir schéma)

c. Mécanisme d'action

La plaque motrice transmet, à la fibre musculaire striée, l'influx moteur qui arrive par le motoneurone γ (gamma) de la corne antérieure de la moelle épinière. Il est à noter que :

- En l'absence d'excitation, il existe une différence de potentiel entre les deux faces de la membrane axonique (**potentiel de repos** = -70 mV);
- Quand le système nerveux central donne un ordre à un muscle, un signal électrique, **l'onde de dépolarisation**, crée un potentiel d'action qui se propage le long des membranes excitables des nerfs puis des muscles, entraînant la contraction de ces derniers.

d. Unité motrice

i. Définition : Une unité motrice est l'ensemble des fibres musculaires striées innervées par un motoneurone commun.

ii. Constitution :

- Corps cellulaire du motoneurone;
- Axone de ce motoneurone (axone primaire) : gagne un nerf moteur en cheminant dans la racine antérieure de la moelle épinière;
- Jonction neuromusculaire;
- Axones moteurs secondaires ou terminaux : ce sont des ramifications de l'axone primaire;
- Fibres musculaires striées : innervées par ce même motoneurone.

2) Innervation sensitive

a. Fuseaux neuromusculaires

i. Définition : Ce sont des mécanorécepteurs qui répondent spécifiquement aux variations passives ou actives de la longueur du muscle.

ii. Structure : Un fuseau neuromusculaire a une forme allongée ($L = 7 - 10$ nm), renflée dans la partie moyenne. Il comprend les éléments suivants :

- Tissu conjonctif du fuseau : chaque fuseau neuromusculaire est engainé dans son tiers moyen (région équatoriale) par une capsule externe conjonctive qui limite un espace très large, l'espace périaxial. Ce dernier, rempli de liquide, est traversé en son centre par un faisceau de 4 à 12 **fibres musculaires intrafusales**.
- Fibres musculaires intrafusales :
 - à **sac nucléaire** ($D = 22 \mu\text{m}$) : désigne leur partie moyenne renflée car contenant de nombreux noyaux;
 - à **chaîne nucléaire** ($D = 11 \mu\text{m}$) où les noyaux se disposent en une seule rangée.

- Terminaisons sensibles
 - **primaires** : dépendent des fibres nerveuses de type Ia (D=12 à 22 μm) à conduction rapide. Elles pénètrent dans la région équatoriale et s'enroulent en spirale autour des deux types de fibres intrafusales.
 - **secondaires** : dépendent de fibres nerveuses de type II (D=4 à 12 μm), inconstantes et s'enroulant principalement autour des fibres intrafusales à chaîne nucléaire.

b. Organes neurotendineux de Golgi

i. **Définition** : Il s'agit de formations encapsulées contenant les arborisations terminales de fibres nerveuses afférentes spécifiques, sensibles à la tension du tendon.

ii. **Localisation** : Les organes neuro-tendineux de Golgi sont situés sur le trajet des fibres collagènes du tendon :

- soit dans la jonction myotendineuse,
- soit dans le tendon.

iii. **Structure** : Ils sont fusiformes (L = 1600 μm , D =22 μm), à grand axe parallèle à la direction des fibres de collagène. Ils comprennent :

- capsule conjonctive : très fine;
- faisceau tendineux : occupe l'axe de l'organe neurotendineux avec des fibres de collagène s'enroulant l'une sur l'autre;
- nerf afférent : constitué de plusieurs fibres nerveuses myéliniques.

F- Histophysiologie

- L'onde de dépolarisation arrive dans les tubules T qui la transmettent rapidement à **tous les sarcomères**.
- Le Ca^{++} , accumulé dans le réticulum sarcoplasmique, est alors libéré et entre en contact avec les myofilaments où il confère à la myosine une **activité ATPasique** :
Myosine + ATP \rightarrow ADP + Pi + Energie.
- Cette **énergie** est nécessaire au déplacement de la tête de la molécule de myosine sur les sites de liaison successifs, localisés sur la molécule d'actine; d'où le **glissement** observé, des filaments fins sur les filaments épais.
- C'est ainsi qu'au cours de la contraction musculaire, les bandes I et H du sarcomère rétrécissent alors que la longueur de la bande A reste **inchangée** (le sarcomère se raccourcit de 20 à 50 % de sa longueur initiale).

IV. Tissu myocardique

A- Généralités

Le myocarde est formé de :

- **cellules musculaires** qui s'associent bout à bout en **fibres cardiaques** par des **jonctions scalariformes** (aspect en marches d'escalier);
- tissu conjonctif situé entre les fibres cardiaques;
- un riche réseau capillaire et lymphatique;
- fibres nerveuses sympathiques et parasympathiques.

Bien que toutes les cellules musculaires du myocarde peuvent se contracter et transmettre l'excitation, on distingue :

- les **cellules myocardiques** dites **de travail**;
- les **cellules cardionectrices** (nodales et de conduction) : elles génèrent et conduisent l'onde d'excitation cardiaque à partir du nœud sinusal.

B- La cellule myocardique

1) Structure en microscopie optique

a. Fibre myocardique

Elle est composée de plusieurs cellules myocardiques alignées, séparées par des stries, de 2 μm d'épaisseur, disposées à intervalles réguliers et sur toute la largeur des cellules : les **stries scalariformes**.

b. Cellule myocardique

Elle est grossièrement cylindrique ($D = 5 - 20 \mu\text{m}$) avec des extrémités souvent ramifiées et offre à décrire :

- une striation transversale : identique à celle de la cellule musculaire striée;
- seulement un noyau central, pauvre en hétérochromatine et **incapable de se diviser** dans les fibres musculaires adultes;
- un sarcoplasme axial abondant et renfermant divers organites (appareil de Golgi, mitochondries), du glycogène, de la myoglobine et un pigment jaune ou brunâtre : la **lipofuschine**;
- des myofibrilles : identiques à celles du muscle squelettique.

N.B. : les stries scalariformes occupent l'emplacement d'une strie Z.

2) Structure en microscopie électronique

a. Strie scalariforme

Elle apparaît formée par un ensemble de **disques intercalaires** appartenant aux fibres myocardiques juxtaposées.

b. Appareil contractile

Il est le même que celui de la fibre musculaire striée. Cependant, les myofilaments ne sont pas agencés en myofibrilles. Ils occupent la totalité de la cellule myocardique à l'exception du sarcoplasme axial.

- C) comporte un sarcoplasme axial très réduit
- D) aucune des réponses précédentes n'est juste