

Résumé – Tissu musculaire

NDLR – Une banque de schémas pour vous entraîner est disponible sur Moodle!

I. Généralités sur le tissu musculaire

Cellules contractiles :

- Cellules **musculaires** :
 - striées (squelettiques + viscéraux) : mouvements volontaires (SN cérébro-spinal) grâce aux rhabdomyocytes ;
 - cardiomyocytes : sous type de strié, dans cœur. Contraction non volontaire (SN autonome / végétatif) grâce aux cardiomyocytes ;
 - lisses : mouvement non volontaire (SN autonome / végétatif) ;
- Cellules **myoépithéliales** : favorisent fonction d'excrétion des glandes exocrines ;
- **Myofibroblastes** : principalement observés en pathologie ;
- **Péricytes** : contractilité des capillaires.

Caractéristiques communes à toutes ces cellules :

- **Cytoplasme** : 2 types de protéines contractiles :
 - myofilaments d'actine ;
 - myofilaments de myosine ;
- **Membrane plasmique** : nombreux récepteurs + transporteurs (glucose +++);
- **Basale** : recouvre myocytes ;
- **Dystrophine** : participe à complexe protéique transmembranaire permettant l'ancrage des myofilaments d'actine à la laminine de la basale ;
- **Filaments intermédiaires** : molécules de desmine ;
- **Myoglobine** : fixe oxygène pour le transmettre aux mitochondries dans le cytoplasme.

II. Muscle strié squelettique

A. Structure générale

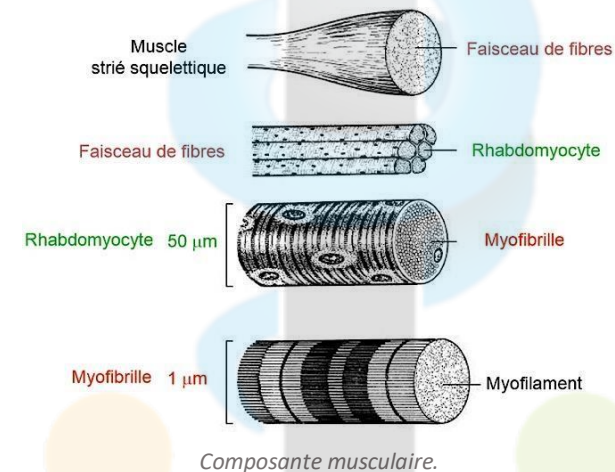
Tissu musculaire strié viscéral :

- Tiers supérieur œsophage, sphincter anal et sphincter vésical ;
- Intégré à paroi du tube digestif + vessie sans être individualisé.

La contraction de ces rhabdomyocytes, quelle que soit sa localisation, est volontaire.

1. Composante musculaire

Fibre musculaire = 1 cellule musculaire = 1 rhabdomyocyte



Coupe longitudinale : striations transversales :

- Bandes **sombres** = **disques A** : inhomogène ;
- Bandes **claires** = **bandes I** : homogène, coupées en 2 par **strie Z**.

Dans sarcoplasme :

- **Mitochondries volumineuses** alignées le long des myofibrilles : source d'ATP ;
- **Grains de glycogène** : stockage du glucose ;
- **Molécules de myoglobine** : coloration rouge au muscle + fixe O₂ ;
- **Protéines du cytosquelette** (FI de **desmine** et microtubules) → cohésion ;
- **Autres protéines** telles que la **créatine** et la **créatine phospho-kinase** (CPK) : catabolisme de la créatine en créatinine :
 - créatininémie corrélée à la masse musculaire ;
 - clairance de créatinine reflète la fonction rénale ;
- **Poches de réticulum endoplasmique lisse = réticulum sarcoplasmique** : réseau sarcotubulaire ou système T, participe au système.

Fibres type I ou fibres rouges	Fibres type II ou fibres blanches
Abondantes dans les muscles posturaux (pour le maintien des postures : abdominaux, intercostaux)	Abondantes dans les muscles phasiques (muscle dont l'activité repose sur alternance phases contractiles et phases non contractiles : biceps, triceps...)
Riches en mitochondries	Pauvres en mitochondries
Riches en myoglobine	Pauvres en myoglobine
Fonctionnement AÉROBIE	Fonctionnement ANAÉROBIE
Pauvres en glycogène	Riches en glycogène
Fatigabilité faible	Fatigabilité élevée
Contraction lente	Contraction rapide

Comparaison entre fibres de type I et de type II.

2. Composante conjonctive

- **Épimysium** revêt le muscle dans son entier ;
- **Périmysium** entoure chaque faisceau de fibres + amas d'adipocytes ;
- **Endomysium** entoure chaque fibre musculaire (= rhabdomyocyte).

Tendon = TC dense avec collagène, contacts avec muscles à 3 niveaux :

- **Épimysium** ;
- **Basale des rhabdomyocytes** : replis de membrane plasmique + basale → augmenter surface d'interaction entre muscles et tendons ;
- **Jonctions myotendineuses** : ponts moléculaires (contacts focaux) reliant myofilaments d'actine et fibrilles de collagène.

3. Composante vasculaire

- Artérioles et veinules dans périmysium.
- Capillaire dans endomysium.
- Très riche en lymphatiques.

4. Composante nerveuse

Innervations motrices via neurones de projection :

- Dans **moelle épinière** pour muscles tronc + membres → motoneurone α : **jonction neuromusculaire = plaque motrice** ;
- Dans **tronc cérébral** pour muscles de la face ;
- Neurotransmetteur principal = **acétylcholine** (dégradé par AChE).

1 fibre musculaire → 1 seul neurone

1 neurone → plusieurs fibres musculaires = unités motrices

Innervations sensibles via mécanorécepteur :

- Encapsulé → fibres intrafusales : **fibres 1-a** (neurone sensitif en T) ;
- Sensible à l'étirement ;
- Permet maintien à l'état basal :

- sensitif : fibres 1-a (intrafusale) ;
- motrice garde l'état basale : fibres α (extrafusale) et γ (intrafusale).

B. Sarcomère

1. Ultrastructure morphologique

Entre 2 stries Z avec myofilaments disposés parallèlement au grand axe.

- **Disque A** (sombre) = myofilaments fins + épais, anisotrope, entre deux $\frac{1}{2}$ disques I :
 - au sein de disque A : bande ou disque H (myofilaments épais) ;
 - myofilaments épais s'arriment sur strie M ;
- **Disque I** (clair) : myofilaments fins \rightarrow s'arriment sur les stries Z :
 - stries Z constituées de molécule d' α -actinine.

2. Ultrastructure moléculaire

Myofilaments fins composés de 3 structures :

- **Molécules d'actine filamenteuse** ;
- **Molécules de tropomyosine** : autour de l'axe formé par molécules d'actine ;
- **Molécules de troponine** : insertion périodique sur molécules d'actine sous forme d'hétérotrimère :
 - **troponine i** (inhibitrice) : masque au repos site d'interaction actine / myosine ;
 - **troponine c** : fixe le calcium ;
 - **troponine t** : se lie à la tropomyosine.

Myofilaments épais :

- 300 molécules de myosines ;
- 1 myosine = 2 têtes ;
- 1 tête = 1 site de liaison à l'actine + 1 site à activité ATPase qui est actine dépendante.

3. Fonctionnement

- **Repos** : troponine i masque site de liaison ;
- **Influx nerveux** : augmentation concentration intracytoplasmique de calcium \rightarrow fixe troponine c \rightarrow changement de conformation \rightarrow démasquage site de liaison ;
- **Liaison actine-myosine** : déclenche ATPase de la myosine ;
- **Bascule de la tête de myosine** : déplacement myofilaments fins sur épais \rightarrow contraction.

C. Système sarcotubulaire (= système T)

REL des rhabdomyocytes = **réticulum sarcoplasmique** :

- REL = canalicules anastomosées qui entourent chaque myofibrille ;
- Forme des **citernes terminales à chaque jonction entre disque I et disque A** ;
- Citernes \rightarrow **fortes concentrations en calcium** :
 - entre 2 citernes terminales : **tubule T** = invagination tubulaire de la membrane plasmique ;
 - 2 citernes terminales + 1 tubules T \rightarrow **triades**.

Rôle = **transmettre l'onde de dépolarisation induite par l'influx nerveux depuis la plaque motrice jusqu'au réticulum sarcoplasmique.**

Onde \rightarrow invaginations tubulaires
 \rightarrow citernes terminales \rightarrow calcium ++
 \rightarrow contraction.

D. Régénérescence muscles : cellules satellites

Cellules satellites = **cellules souches musculaires** : croissance + renouvellement).

1. Origine

- **S4** : Dans des zones déterminées :
 - prolifération / différenciation de **cellules souches mésenchymateuses** → **myoblastes** ;
 - myoblastes ont quelques caractéristiques de myocytes + **potentiel prolifératif de cellules souches** ;
 - myoblastes fusionnent → **myotubes** ;
- **S5** : myotubes s'allongent → **myofilaments** ;
- **S9** : myofilaments avec noyaux centraux ;
- **S20** : myofibrilles + aspect strié + noyaux en périphérie ;
- **À la naissance** : persistance de myoblastes non fusionnés quiescents → **cellules satellites quiescentes** = pool de cellules souches musculaires.

2. Cellules satellites au sein de la famille des cellules souches

Caractéristiques : renouvellement indéfini + division asymétrique + large potentiel de différenciation :

- Cellules **totipotentes** → toutes les cellules de l'organisme + annexes ;
- Cellules **pluripotentes** → toutes les cellules de l'organisme sans les annexes ;
- Cellules **multipotentes** → 1 seul feuillet embryonnaire.

Localisation : **niches** (perception signes humoraux, métaboliques, paracrines, physiques, neuronaux) + échanges avec éléments cellulaires de l'environnement.

- Cellules du blastocyste = cellules pluripotentes ;
- Cellules des tissus post-embryonnaires = cellules multipotentes.

3. Morphologie des cellules satellites

Les **cellules satellites quiescentes** :

- Dans **dédoublement de la lame basale des rhabdomyocytes** ;

- Souvent situées à proximité des capillaires et des plaques motrices ;
- Rapport nucléo-cytoplasmique élevé + peu d'organites cellulaires + hétérochromatine riche ;
- Dépourvues de ramifications.

Les **cellules satellites activées** = progéniteurs musculaires (=myoblastes) :

- Localisation dans dédoublement de la lame basale ;
- Migration à distance et franchissement de la basale puis fusion avec la fibre musculaire lésée ou avec d'autres cellules satellites activées ;
- Activité mitotique ;
- Enrichissement en organites cellulaires ;
- Diminution du rapport nucléo-cytoplasmique ;
- Appauvrissement en hétérochromatine ;
- Ramifications du corps cellulaire.

4. Caractéristiques moléculaires

Marqueurs :

- Cellules satellites : **SCA + CD34** ;
- Musculaires : **MNF** (facteur de transcription) + **M-cadhérine**.

Perte de l'expression de SCA et CD34 quand cellules souches = activées.

5. Niche des cellules satellites

3 éléments constitutifs des niches des cellules satellites quiescentes : basale des rhabdomyocytes, capillaires sanguins, plaque motrice.

6. Fonctions

- **Cellules satellites quiescentes s'activent** et prolifèrent = mobilisation → formation de myoblastes ;
- **Migration des myoblastes** jusqu'au site de la lésion en restant sous la basale ;
- **Fusion des myoblastes** :
 - hypertrophie : sur fibre préexistante ;

- hyperplasie : formation de nouvelle fibre ;
- **Formation de nouvelles fibres musculaires** : noyaux sont d'abord centraux.

7. Contrôle moléculaire des cellules satellites

Motoneurones :

- Contrôlent mobilisation des cellules satellites en synthétisant des neurotrophines ;
- Expliquent localisation préférentielle des cellules satellites à proximité de la plaque motrice : jonction neuromusculaire = 1 élément de la niche.

Cellules endothéliales des capillaires :

- Localisées à proximité des cellules satellites ;
- Contrôlent la mobilisation des cellules satellites via la synthèse de facteurs de croissance ;
- Les capillaires participent à la niche des cellules satellite.

Cellules satellites : contrôlent leur mobilisation en synthétisant des facteurs de croissance (mode **autocrine**).

Cellules immunes : infiltrent le tissu musculaire lésé et synthétisent des cytokines (LIF et IL-6) → entrée en cycle cellulaire des cellules satellites.

E. Exemples de pathologies musculaires

Myopathie de Duchenne liée à l'X : mutation ou délétion gène dystrophine.

Polymyosites : infiltration de cellules immunes (lymphocytes TCD4 et TCD8) dans l'endomysium → souvent dans maladie auto-immune ou néoplasie.