

PACES

Date & heures : 17/10/19, de 10h00 à 12h00

2019-2020

Professeur : Ambrosetti

Nombre de pages : 16

Histologie

Intitulé du cours : Les tissus musculaires cardiaque et lisse

*Rédacteur : Margot Pgl**Ronéo n° :*

Corporation des Carabins Niçois

UFR Médecine

28, av. de Valombrose

06107 Nice Cedex 2

<http://carabinsnicois.fr/>roneo.c2n@gmail.com*Partenaires*

Auto-école.net

LE TISSU MUSCULAIRE CARDIAQUE

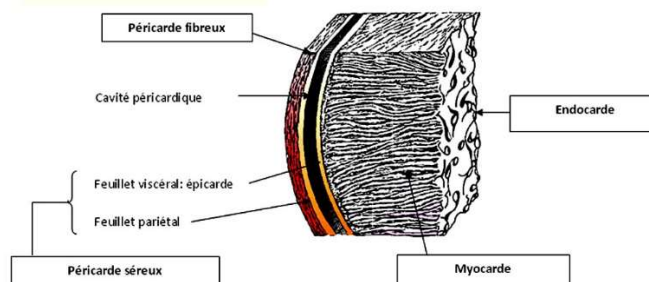
I. Les compartiments tissulaires cardiaques

1. Les enveloppes tissulaires cardiaques

Le cœur est enveloppé par le péricarde, qui est subdivisé en 2 couches :

- Le péricarde **fibreux** : la couche la plus externe, dense et fibreuse, qui accroche le cœur aux structures de la cavité thoracique.
- Le péricarde **séreux** : le plus interne, il se compose de 2 feuillets séparés par une mince cavité péricardique contenant un liquide lubrifiant produit par les cellules péricardiques permettant aux deux feuillets de glisser l'un sur l'autre :
 - **Feuillet pariétal** (le plus externe) : tapisse la face interne du péricarde fibreux
 - **Feuillet viscéral** (le plus interne) ou **épicarde** : repli du feuillet pariétal, accolé au tissu musculaire (myocarde)

Péricarde fibreux → Feuillet pariétal → Cavité péricardique → Feuillet Viscéral → Myocarde

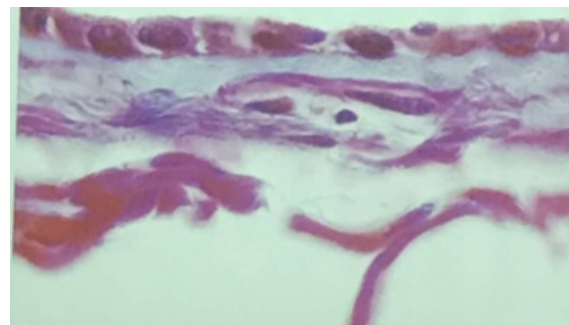


2. Les structures tissulaires de la paroi du cœur

2.1. L'épicarde (feuillet viscéral du péricarde séreux)

Constitue la tunique **la plus externe** du cœur, il correspond à une couche cellulaire épithéliale (couche mésothéliale : épithélium simple pavimenteux) reposant sur une couche de tissu conjonctif (la couche sous mésothéliale).

Cette couche sous-mésothéliale repose elle-même sur une couche sous épicardique qui le sépare du myocarde. Cette couche sous épicardique contient les lobules adipeux, les nerfs, les fibres élastiques, et les vaisseaux sanguins coronariens.



2.2. Le myocarde

Tunique capable de se contracter. Son épaisseur varie en fonction de l'intensité des pressions, de la force, de l'énergie qui s'exercent dans les cavités cardiaques : **les ventricules sont plus épais que les oreillettes ; le ventricule gauche est plus épais que le droit.**

Il est composé de cardiomyocytes (majoritairement) qui s'agencent en **travées anastomosées**. Ces cardiomyocytes sont séparés par un tissu conjonctif riche en capillaires sanguins (pour apporter les nutriments nécessaire).

Il existe plusieurs types de cellules myocardiques en fonction de leur équipement myofibrillaire et de leur propriété fonctionnelle :

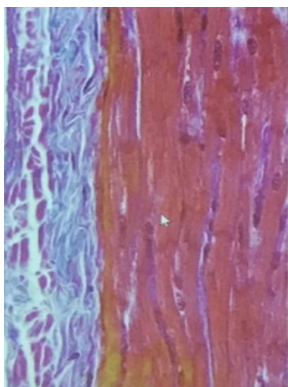
- Les **cardiomyocytes contractiles** : ils ont une **striation transversale** comparable à celle des rhabdomyocytes.
- Les **cardiomyocytes non contractiles** : ils sont peu ou pas striés et regroupent :
 - Les cellules cardionectrices
 - Les cellules myoendocrines.

2.3. L'endocarde

Tunique la plus interne, correspondant à un **épithélium simple pavimenteux** (endothélium). L'endocarde est en continuité avec les parois endothéliales (revêtement interne) des vaisseaux sanguins irriguant les tissus cardiaques.

Repose sur une couche conjonctive dont **l'épaisseur** est variable, mais aussi la **texture**, et la **composition** selon les régions cardiaques qu'il tapisse. (Cavité ventriculaires > Cavités auriculaires > valves)

Le cœur est un muscle qui se contracte avec des intensités différentes, et entre les zones de contraction il y a des valves. Ces valves sont un peu plus fibreuses. Tout ceci à un retentissement sur la composition du tissu sous endocardique plus ou moins fibreux.



Sur cette coupe en MO :

A droite : La partie contractile

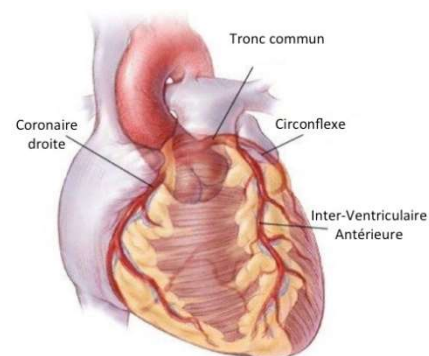
A gauche : L'endocarde

Revêtement simple pavimenteux tout à gauche (difficulté pour visualiser car faible grossissement)

3. Irrigation et innervation

Le cœur est irrigué par **deux artères coronaires** issues de l'aorte. Ces 2 artères coronaires perfusent le cœur pour assurer ses besoins métaboliques.

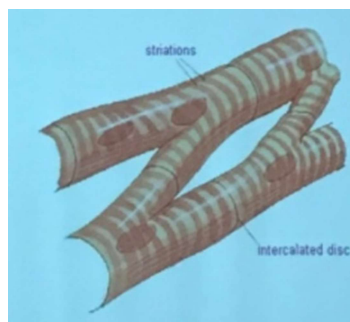
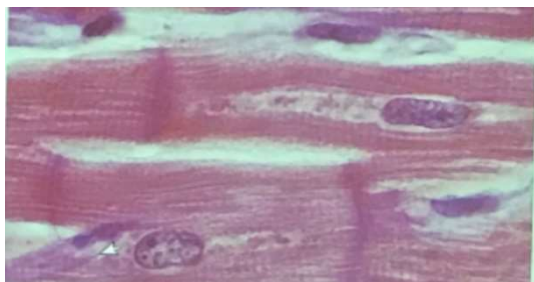
Il est innervé de façon extrinsèque (c'est à dire en plus de sa propre innervation intrinsèque) par le **système neurovégétatif**, responsable de la modulation du rythme cardiaque (accélérer ou ralentir).



II. Les cardiomyocytes contractiles

1. Caractéristiques histologiques

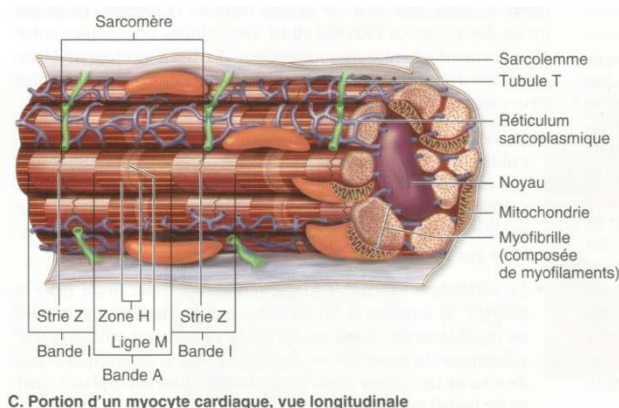
Ce sont des cellules de **grandes tailles (jusqu'à 100 microns de longueur)**, entourées d'une lame basale qui présentent une forme grossièrement **cylindrique**, et dont les extrémités souvent bifurquées s'engrenant avec celles des cellules contigües. Elles possèdent un **noyau allongé** unique qui est situé en **position centrale** dans le sarcoplasme.



Dans le cytoplasme, on retrouve un **appareil myofibrillaire** qui présente une striation transversale typique due à son **organisation sarcomérique**. Le sarcoplasme est riche en mitochondries et en gouttelettes lipidiques.

Différentes particularités distinguent le système T de celui des rhabdomyocytes :

- ✚ Les invaginations formant les tubules T **comportent la lame basale** et se situent **au niveau des stries Z** et non à l'interface des bandes A et I comme pour les rhabdomyocytes
- ✚ Il n'y a **pas de citernes terminales**, on retrouve des **diades** (pas des triades) qui résultent de l'association d'un tubule T avec une terminaison de tubule du réticulum sarcoplasmique.
- ✚ En raison de la présence de la lame basale au centre des tubules T, des nombreux **complexes moléculaires membranaires**, en se liant aux molécules matricielles de la basale, **assurent mécaniquement le soutien de l'invagination**.

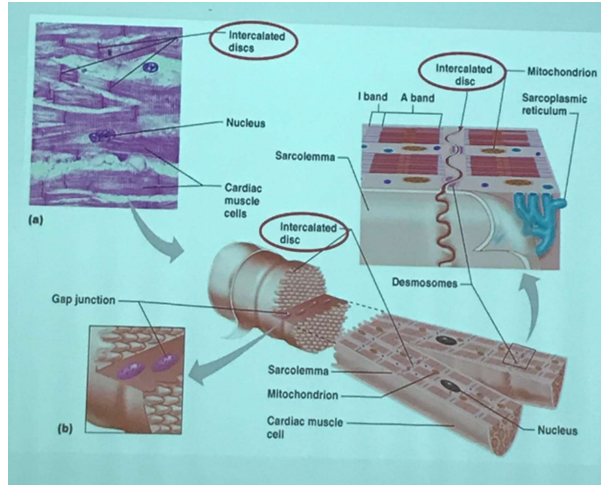


L'ensemble des cellules constituent un réseau tridimensionnel dont les espaces extracellulaires sont occupés par du tissu conjonctif contenant **un fin matériel fibreux** (collagène, élastine) et des **terminaisons de capillaires sanguins et lymphatiques**.

Ce réseau présente des jonctions intercellulaires très spécialisées, propres au tissu cardiaque : **les stries scalariformes ou disques intercalaires**.

Ces stries permettent :

- Un **couplage mécanique et fonctionnel** entre cellules adjacentes = coordination entre cellules
- Un **complexe d'ancrage = cohésion mécanique & propagation des forces de tension** entre les différents cardiomyocytes contractiles
- Un **passage rapide du signal nerveux** par leurs jonctions communicantes.



Les stries apparaissent en marche d'escalier avec une succession de **segments transversaux** et **longitudinaux** :

- Les segments transversaux comportent les **desmosomes** auxquels sont attachés les filaments intermédiaires de **desmine**, et les **jonctions adhérentes** où aboutissent les **filaments d'actine** en relation avec les extrémités sarcomériques myofibrillaires.
- Les segments longitudinaux (dans le grand axe de la cellule) comportent des **jonctions communicantes**.

2. Les caractéristiques moléculaires

Par rapport aux rhabdomyocytes, différentes particularités concernant les éléments contractiles et cytosquelettiques peuvent être distinguées au niveau moléculaire :

- ✚ Les **myofilaments fins et épais** comportent des isoformes spécifiques cardiaques pour la **troponine I et T et la myosine**. L'actine cardiaque est codée par un gène différent de celui de l'actine des muscles squelettiques. *Le dosage de l'isoforme c de la troponine I (TnIc) est utilisé pour dépister les nécroses myocardiques, en particulier lors des infarctus du myocarde.*
- ✚ Au niveau de la strie Z, la **nébulette** remplace la nébuline et joue un rôle identique à celle-ci en s'associant aux filaments fins et en régulant leur longueur.
- ✚ Les complexes ITV comportent une isoforme spécifique cardiaque de la vinculine : la **métavinculine**.
- ✚ Les molécules de dystrophine sont réparties **tout le long du sarcolemme** et non localisées préférentiellement au niveau des costamères comme dans les rhabdomyocytes.

III. Les cardiomyocytes non contractiles

1. Les cellules cardionectrices

Ce sont des cardiomyocytes particuliers appartenant au **système cardionecteur**. Elles sont à l'origine de l'**influx nerveux** et participent à la **propagation rapide** de ce dernier dans le myocarde.

L'excitation spontanée de certaines cellules cardionectrices initie l'onde de dépolarisation. L'influx se propage ensuite jusqu'aux cardiomyocytes excitable contractiles.

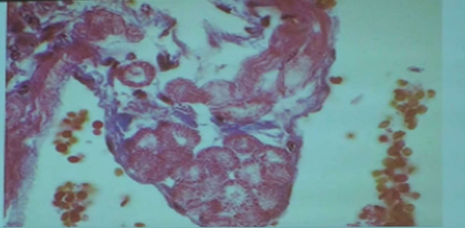
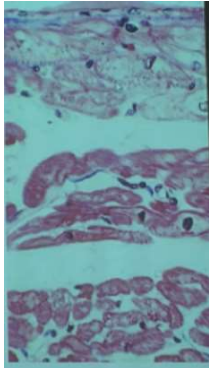
Le tissu cardionecteur comporte deux éléments structuraux, d'une part les nœuds constitués par des amas cellulaires formant le **tissu nodal**, d'autre part les **faisceaux**.

Les nœuds sont au nombre de deux :

- Le nœud **auriculaire (sinusal = sino-atrial)** situé dans la paroi de l'oreillette droite
- Le nœud **auriculo-ventriculaire (atrio-ventriculaire)** est situé au-dessus de la valve auriculo-ventriculaire droite.

Ils sont reliés entre eux par le tractus internodal, lui-même formé de **3 faisceaux de fibres de type Purkinje**. Les éléments fasciculaires sont représentés par le **faisceau cellulaire de His (=auriculo-ventriculaire ou atrio-ventriculaire)**, issu du nœud auriculo-ventriculaire et qui donne naissance à deux branches débouchant dans chaque ventricule un réseau cellulaire constituant les fibres de Purkinje.

On distingue deux types de cellules cardionectrices :

Cellules nodales	Cellules de Purkinje
<ul style="list-style-type: none"> • Taille réduite • Fusiformes • Contiennent un réseau fibrillaire discret et sont riches en glycogène. • Rassemblées en amas au sein d'un tissu conjonctif dense : Au niveau des deux nœuds auriculaire et auriculo-ventriculaire et sont également présentes au départ du faisceau de His. 	<ul style="list-style-type: none"> • Volumineuses • Cytoplasme clair, très riche en glycogène et possédant un appareil myofibrillaire rare et dispersé. • Elles sont présentes dans les branches du faisceau de His et constituent les fibres de Purkinje. 

De manière spontanée, les cellules du nœud auriculaire se dépolarisent aux environs de **80 fois par minute** et cette fréquence crée le **rythme sinusal**. Le nœud sinusal est donc le centre rythmogène du cœur.

→ Ce rythme est régulé par le système végétatif autonome :

Orthosympathique = Accélère

Parasympathique = Ralentit

(mnémo : A et O : 2 voyelles / P et R : 2 consonnes)

L'onde de dépolarisation sinusale possède un trajet bien défini, où le potentiel d'action excite les cardiomyocytes contractiles tout du long :

Nœud sinusal → Tractus internodal → Nœud auriculo-ventriculaire → Branches du faisceau de His → Fibrilles de Purkinje

2. Les cellules myoendocrines

Les cellules myoendocrines sont des cellules à fonction endocrine cardiaque (synthétisent des molécules qui seront larguées dans la circulation sanguine pour agir sur des récepteurs à distance).

Elles contiennent peu de myofibrilles mais de nombreux petits grains de sécrétion. Ces derniers stockent les précurseurs de deux peptides neuroendocriniens :

- **Le peptide natriurétique de type A (ANP = Atrial Natriuretic Peptide)** : produit par les cellules myoendocrines situées au niveau des oreillettes.

Il provoque une vasodilatation au niveau rénal, ce qui **augmente la diurèse**. L'ANP est libéré à la suite d'un étirement des cellules causé par une trop grande augmentation du volume auriculaire.

→ Il permet de réguler le volume sanguin.

- **Le peptide natriurétique de type B (BNP = Brain Natriuretic Peptide)** : produit par les cellules myoendocrines ventriculaires en réponse à une distension du ventricule gauche.

Il provoque **une baisse du volume sanguin donc une baisse de la pression artérielle**.

Effet au niveau rénal, notamment sur l'élimination du volume d'urine et la quantité de sodium présente dans l'urine : propriétés natriurétiques et diurétiques.

Cas clinique : Infarctus du myocarde (IDM) : souffrance du cœur

Les cardiomyocytes ont un métabolisme strictement aérobie (dépendant de l'oxygène).

Lorsque les artères coronaires irriguant le myocarde sont complètement obstruées, les territoires dépendant de l'artère obstruée sont privés d'oxygène ce qui provoque une **ischémie tissulaire** qui, si elle perdure, entraînera une **nécrose des cardiomyocytes**. Cette nécrose peut avoir lieu sur une zone plus ou moins étendue, la gravité étant directement liée au volume du tissu infarci.

Cette nécrose tissulaire cardiaque se nomme l'infarctus du myocarde.

Différents facteurs peuvent provoquer cette obstruction brutale comme le déplacement de caillots sanguins, la rupture des **plaques d'athérome** (plaques pathologiques correspondant à un épaississement de la paroi du vaisseau) ou **l'apparition du spasme** (contraction anormale du vaisseau).

Attention : Ne pas confondre avec **l'angine de poitrine (Angor)** résultant d'un écoulement sanguin faible dans les artères coronaires, **sans qu'il y ait obstruction TOTALE de celles-ci : souffrance tissulaire SANS nécrose** (étape avant IDM).

LE TISSU MUSCULAIRE LISSE

I. Généralités

Les muscles lisses sont présents au niveau de la paroi des **structures creuses** de l'organisme (voies digestives, respiratoires, urogénitales, vaisseaux) mais aussi sous la forme d'éléments du **derme** (muscles érecteurs des poils) ou de **l'œil** (muscle constricteur de la pupille).

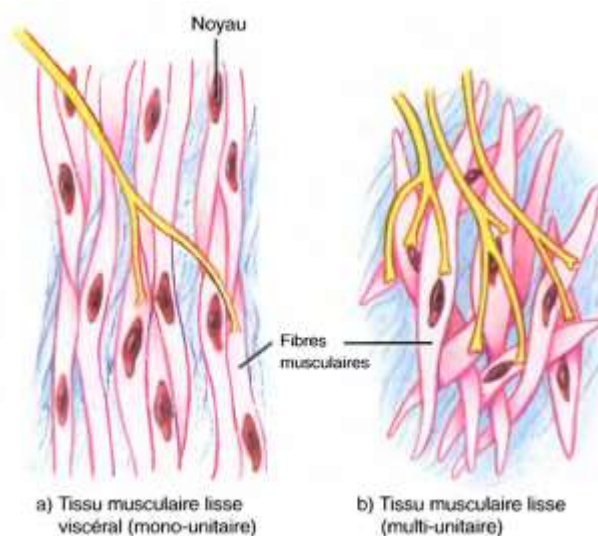
Ils sont constitués de **cellules contractiles : les léiomyocytes**. Ces cellules sont étroitement associées à du tissu conjonctif fin (endomysium) et peuvent exister sous une forme isolée ou en petit amas. Dans certains tissus, les cellules sont rassemblées en petits faisceaux séparés par des travées conjonctives formant le périmysium.

La contraction des muscles lisses est sous la dépendance de divers facteurs (endocriniens/ mécaniques) et soumise à une régulation par le système neurovégétatif.

A la différence des muscles squelettiques, **les muscles lisses ne possèdent pas de jonctions neuromusculaires très différenciées**.

Il existe **2 types de muscles lisses** en fonction de leur modalité d'innervation :

- Les **muscles lisses unitaires** : pauvres en terminaisons nerveuses et à contraction relativement lente. Les cellules peuvent se contracter de manière spontanée et de manière synchrone (muscles viscéraux). Un étirement peut constituer un stimulus mécanique de contraction pour certains muscles (muscles viscéraux et muscles de vaisseaux ayant un faible diamètre).
- Les **muscles lisses multi-unitaires** : bien innervés et à contraction généralement rapide. Chaque myocyte est indépendant et peut être stimulé par le système neurovégétatif ou par des hormones (muscles des gros vaisseaux ou de l'iris)



II. Structure des cellules musculaires lisses

1. Caractéristiques générales

Les cellules sont généralement :

- De **petite taille** mais celle-ci peut varier en fonction de leur localisation (10 à 200 microns).
- **Fusifformes**
- Un **seul noyau central** de forme **allongée**
- **Pas de striation transversale**
- Matériel myofibrillaire dans le cytoplasme

La plupart des organites (abondance de REL et de mitochondries) sont concentrés dans deux zones restreintes dépourvues de matériel contractile en prolongement du noyau et sous le sarcolemme.

Le sarcolemme est recouvert d'une lame basale et présente sur l'ensemble de la surface cellulaire de nombreuses petites invaginations que l'on nomme les cavéoles et aussi des jonctions communicantes et adhérentes.

2. Caractéristiques structurales et moléculaires

2.1. Le système myofilamentaire

Il est constitué par un réseau de myofibrilles orientées selon le sens de la longueur de la cellule et qui ne s'agencent pas selon une organisation sarcomérique.

- **Les myofilaments fins** : constitués d'actine spécifique aux cellules musculaires lisses qui est associée à des molécules de tropomyosine. Ils sont dépourvus de troponine C mais possèdent deux **molécules régulatrices phosphorylables**, la caldesmone et la calponine qui interviennent dans l'activation de l'appareil contractile en interagissant avec la calmoduline. Ils sont ancrés à des **corps denses** (corpuscules équivalents aux stries Z des cellules musculaires striées accolés contre le sarcolemme) par l'intermédiaire **d'alpha-actinine**.
- **Les myofilaments épais** : peu abondants, disposés entre les faisceaux d'actine : **1 myofilament épais pour 15 myofilaments fins**. Ils ne sont pas en contact avec les corps denses. ++
On retrouve des têtes de myosines sur TOUTE la longueur des myofilaments épais.

2.2. Les éléments cytosquelettiques

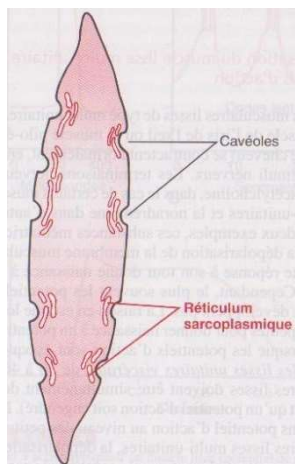
Le sarcoplasme est parcouru par un réseau de filaments intermédiaires (**desmines** et **vimentines**) rattaché aux corps denses sous-membranaires et cytoplasmiques.

Les corps denses sont des structures **ovoïdes d'environ 0,1 à 0,3 um de diamètre**. Ils sont distribués de manière uniforme dans le sarcoplasme. Ils contiennent de l'alpha-actinine permettant la fixation de l'actine cytoplasmique et l'actine des myofilaments fins.

Dans la région sarcoplasmique sous membranaire, on observe des complexes moléculaires formant des plaques d'adhérence et permettant la liaison entre le système micro filamentaire cytosquelettique et les constituants matriciels.

Situés entre ces zones membranaires de jonction d'ancrage, des complexes sous-membranaires comportant de la dystrophine associée à diverses protéines sont en relation avec les constituants cytosquelettiques.

3. Caractéristiques membranaires



La présence de **cavéoles** est une caractéristique spécifique du muscle lisse. Elles sont présentes dans les zones membranaires entre les complexes jonctionnels d'ancrage. Ce sont de **nombreuses petites invaginations comportant une protéine particulière, la cavéoline**.

L'abondance de ces cavités augmente la surface membranaire et les échanges des cellules avec leur milieu. Elles sont en *rapport étroit* avec le **réticulum sarcoplasmique**, concentrent les ions Ca^{2+} et sont l'équivalent des tubules T des muscles striés.

Le sarcolemme présente aussi :

- **Nombreux récepteurs aux neuromédiateurs** (acétylcholine, adrénaline, noradréline), aux hormones (ocytocine, vasopressine), aux LDL
- **Canaux ioniques voltage ou récepteur dépendants** (canaux calciques, potassiques)
- **Jonctions communicantes** permettant des couplages électriques et métaboliques entre les cellules ; présentes en nombres variables.

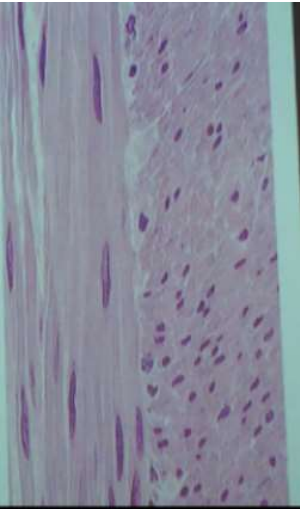
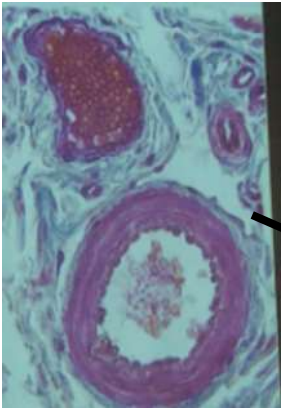
Ex du muscle utérin :

Pendant la période de travail (avant l'accouchement), on observe un recrutement progressif de jonctions communicantes dans les cellules du muscle utérin parallèlement à l'apparition de contractions synchronisées touchant l'ensemble des cellules du myomètre.



Allez, on se motive, n'oubliez pas votre objectif !!! (ps : Kiné c'est le top)

III. Organisation tissulaire et diversité des cellules musculaires lisses

<p>Cellules isolées</p>	<p>Cas des cellules qui sont sous forme dispersée dans des tissus conjonctifs plus ou moins lâches.</p> <p><u>Par ex :</u> tissu conjonctif axial des villosités intestinales ou dans le tissu conjonctif sous cutané (mamelon du sein)</p>
<p>Cellules disposées en couche</p>  	<p>Le plus fréquent</p> <p>Forme des tuniques musculaires observées généralement au niveau de la paroi d'organes creux ou tubulaires.</p> <p>Les cellules se disposent en <u>faisceaux de couches de tissu musculaire superposées</u>, orientées perpendiculairement.</p> <p>Direction longitudinale, transversale ou circulaire.</p> <p><u>Ex : Péristaltisme intestinale</u> ; les cellules se contractent et se relâchent ce qui facilite la progression du contenu tubulaire.</p> <p>2 types de léiomyocytes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <p><u>Les léiomyocytes viscéraux</u></p> <p>Constituent les tuniques musculaires des <u>structures tubulaires</u> (digestive, urinaire, génitale, respi) & les <u>organes creux</u> (vessie, vésicule biliaire)</p> <p>Disposées en <u>couches superposées</u></p> <p>Présence de <u>jonctions communicantes</u> = coordination fonctionnelle</p> <p><u>Les léiomyocytes vasculaires</u></p> <p>Présents dans les parois des vaisseaux.</p> <p>Se différencient des léiomyocytes viscéraux par des <u>caractéristiques moléculaires</u> (protéines et enzymes) et par une <u>labilité fonctionnelle liée à des situations pathologiques ou physiologiques</u>.</p> <p>Activité contractile & sécrétoire des molécules matricielles</p> <p>Disposition annulaire → dans les artérioles</p> <p>Disposition longitudinale → dans les veinules</p> <p><i>Contraction des léiomyocytes : vasoconstriction des artérioles (réduction du calibre) : résistance à l'afflux sanguin qui a pour conséquence une élévation de la pression artérielle et une baisse du débit en aval.</i></p>
<p>Cellules regroupées en un muscle bien individualisé</p>	<p>Peu nombreux</p> <p><u>Par ex :</u> muscles érecteurs de la base du poil</p> <p>muscles ciliaires</p>

IV. Les types cellulaires apparentes

<p>Les cellules myoépithéliales</p>	<p>Présence au niveau des glandes exocrines (salivaires, sudoripares, lacrymales)</p> <p>Localisées entre la lame basale et le pôle basal des cellules épithéliales glandulaires.</p> <p>Répond à un stimulus hormonal, qui en se contractant, facilite l'expulsion des produits de sécrétion.</p>
<p>Les cellules myofibroblastiques</p>	<p>Possèdent à la fois des caractères de léiomyocytes (actine musculaire lisse, desmine, corps denses, contractibilité) & des fibroblastes.</p> <p>Se multiplient de manière active et possède un rôle primordial dans la cicatrisation (sécrétion de la matrice et rapprochement des berges) et de régénération tissulaire.</p>
<p>Les péricytes</p>	<p>Se situent au niveau du pôle basal des cellules endothéliales (dans le dédoublement de la lame basale)</p> <p>Forme étoilée qui enserre les cellules endothéliales et stabilise l'endothélium des capillaires.</p> <p>Se rapprochent des léiomyocytes par leurs propriétés contractiles et la présence d'actine propre au muscle lisse.</p> <div data-bbox="571 1272 1356 1545" style="text-align: center;"> </div>
<p>Les cellules épithélioïdes</p>	<p>Activité contractiles & sécrétrices</p> <p>Ex : les cellules de la paroi du glomérule rénal sécrétant de la rénine.</p>

LA CONTRACTION MUSCULAIRE

La contraction d'un muscle est due au raccourcissement des fibres musculaires qui le compose. Cela est permis grâce au **glissement entre les myofilaments de myosine et d'actine**. Ce mouvement implique une interaction entre les têtes des molécules de myosine et les molécules d'actine, en **présence d'ATP**.

Le potentiel d'action excitateur se propage le long du sarcolemme ce qui entraîne la libération d'ions Ca^{++} libres dans le sarcoplasme et déclenche le processus de contraction.

La contraction des cellules musculaires squelettique :

- L'innervation du muscle :

Le nerf pénètre dans le muscle qu'il innerve puis se subdivise en plusieurs branches au niveau du **périmysium** et dans **l'endomysium**. Ce sont les axones qui se ramifient individuellement, chacun d'entre eux développent une arborisation terminale.

Un axone issu d'un motoneurone alpha peut ainsi innerver par ses ramifications terminales jusqu'à **100 fibres musculaires**. Au contact d'un rhabdomyocyte, l'extrémité axonale est dépourvue de gaine de myéline et se ramifie en plusieurs terminaisons renflées formant les boutons terminaux ou boutons synaptiques.

Une unité motrice = motoneurone alpha + différents myocytes qu'il innerve

- Structure de la jonction neuromusculaire :

Une seule jonction neuromusculaire est présente **par rhabdomyocyte** et se manifeste structurellement sous la forme d'une plaque motrice au niveau du sarcolemme.

La plaque motrice est constituée par les boutons terminaux qui pénètre dans des dépressions de la membrane plasmique de la fibre musculaire : les **gouttières synaptiques**. Au niveau de ces gouttières, l'espace extracellulaire séparant les parois membranaires des deux cellules en contact se nomme : **la fente synaptique primaire**.

Le sarcolemme recouvert d'une lame basale présence une succession de petites dépressions, **les fentes synaptiques secondaires : appareil sous-neural de Couteaux**.

Ces boutons synaptiques renferment de nombreuses vésicules contenant un neurotransmetteur, l'acétylcholine.

- Déclenchement d'un PA au niveau du sarcolemme
 1. **Arrivée de l'influx nerveux** à l'extrémité des terminaisons axonales :
Ouverture canaux ioniques voltage-dépendants (canaux calciques notamment)
 2. **Entrée d'ions Ca^{++}** dans le bouton synaptique :
Fusion des vésicules synaptiques avec l'axolemme
Libération de l'acétylcholine dans la fente synaptique.
 3. **L'acétylcholine se lie aux récepteurs qui sont des canaux ioniques ligands-dépendants** présent au niveau des fentes synaptiques secondaires :
Entrée de Na^+ dans le sarcoplasme
Dépolarisation membranaire → création potentiel d'action (PA)

4. **Le PA se propage le long du sarcolemme et dans les tubules T.** En même temps, **l'acétylcholine est détruite par l'acétylcholinestérase** (présente au niveau de la lame basale qui recouvre le sarcolemme).

La destruction du neurotransmetteur implique que la contraction musculaire ne pourra se poursuivre seulement à la suite d'une NOUVELLE stimulation nerveuse pour une nouvelle libération d'acétylcholine. ++

5. **La dépolarisation membranaire est parvenue au niveau des tubules T :**

Ouverture canaux Ca⁺⁺ dans les citernes terminales
ions calcium libérés dans le sarcoplasme

- Couplage excitation – contraction : permet à un potentiel d'action de provoquer des glissements des myofilaments entre eux.

1. Les ions Ca⁺⁺ libérés à partir des citernes terminales se fixent sur la **sous-unité Tn-C de la troponine** localisée sur les myofilaments fins d'actine :

Changement de conformation de la troponine → déplacement de la tropomyosine

Démasquage des sites de liaison actine/myosine portés par l'actine

2. **Contact entre l'actine et les têtes de myosines :**

Positionnement à angle droit des têtes de myosine sur le grand axe des filaments d'actine

3. **Déclenchement d'une activité ATPasique actine dépendant :**

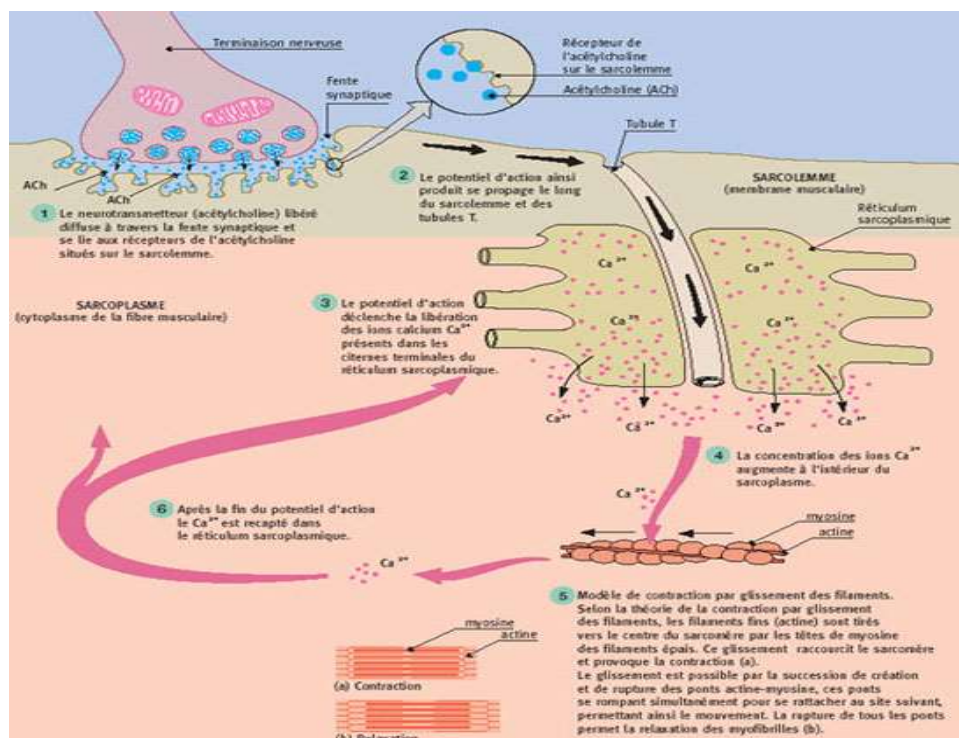
Libération ADP + Pi

4. Renforcement de la liaison actine/myosine + changement d'orientation de la tête de myosine qui se courbe :

Glissement des filaments fins vers le centre du sarcomère

5. **Fixation d'une nouvelle molécule d'ATP :**

Détachement des têtes de myosines

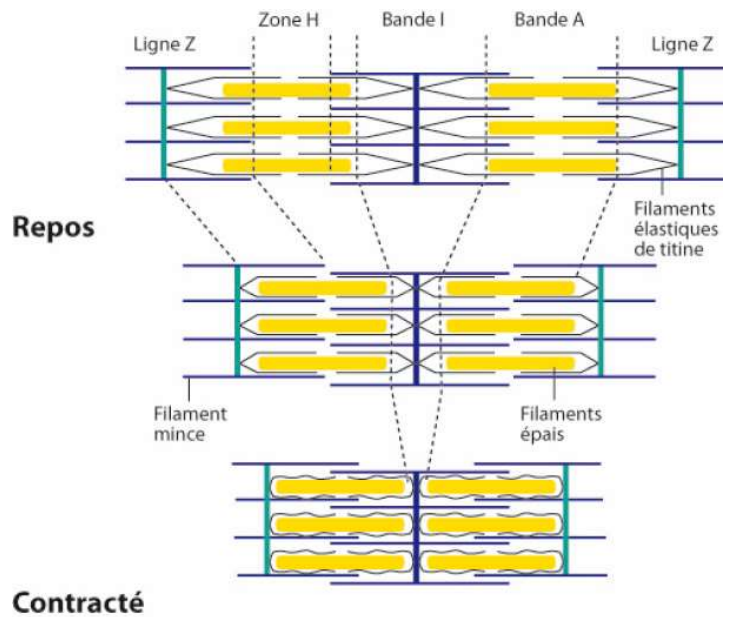


Lors d'une contraction, il y a un raccourcissement des sarcomères, mais la longueur des myofilaments fins et épais reste constant. Ce glissement induit des modifications de la longueur des bandes : +++

Bande A : Inchangée

Demi bande I : diminuée

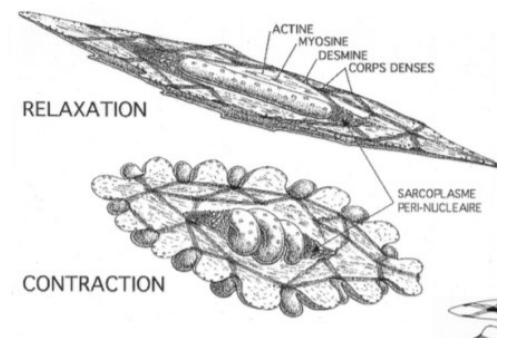
Stries Z : se rapproche



La Contraction des cellules musculaires lisses :

La contraction des léiomyocytes résulte d'un glissement des myofilaments fins par rapport aux filaments épais provoqué par un changement de conformation des têtes de myosine après leur fixation sur l'actine. Or, celle-ci est **involontaire** ++.

Elle est en général **lente, durable** et peut se **reproduire de manière spontanée**. Sa régulation est assurée par de nombreux stimuli tels que des neurotransmetteurs du système neurovégétatif, des hormones (ocytocine & vasopressine) & des étirements physiques.



L'innervation est réalisée par l'intermédiaire de **terminaisons libres** de fibres nerveuses : **cholinergiques** et **noradrénergiques** du système neurovégétatif. Aux extrémités axonales, il existe des renflements successifs : les **varicosités axoniques** qui sont toujours à distance du sarcolemme et aucune différenciation synaptique n'est observée. Les neurotransmetteurs sont libérés dans l'espace intercellulaire et se lient à leurs récepteurs spécifiques présents au niveau du sarcolemme.

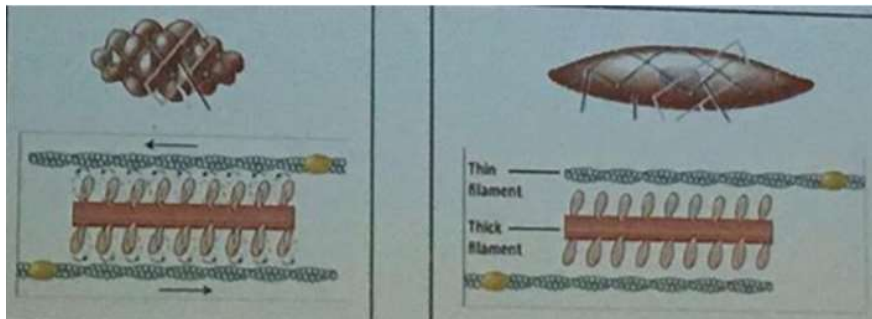
Les muscles lisses unitaires se contractent de manière synchronisée grâce à l'agencement entre les cellules et leur couplage jonctionnel par les jonctions communicantes.

Cependant, il n'y a pas de troponine sur les myofilaments fins ++. Le mécanisme initial induisant l'interaction actine/myosine est donc **DIFFERENT** de celui des muscles striés.

→ Ici, c'est un processus de phosphorylation/déphosphorylation des chaînes légères de myosine.

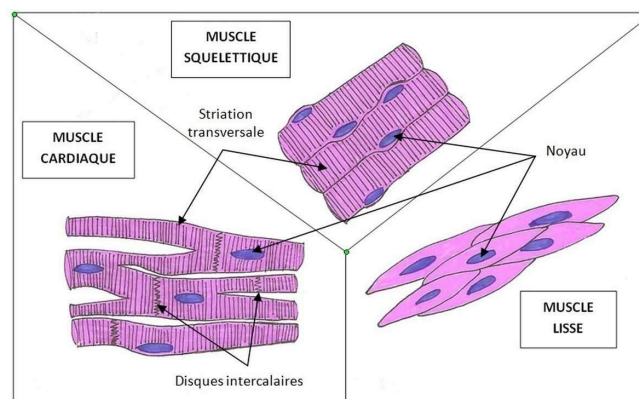
L'augmentation de la concentration calcique dans le sarcoplasme constitue le facteur déclenchant du processus de contraction. Elle est due à la **pénétration d'ions Ca⁺ stockés au niveau des cavéoles par le biais des canaux calciques voltages dépendants & à la libération d'ions Ca⁺⁺ stockés dans le réticulum sarcoplasmique.**

1. Les ions Ca^{++} se lient à la **calmoduline** cytoplasmique :
Changement de conformation de la calmoduline
2. La calmoduline active une **KINASE** : **La MLC-K** (Myosine Light Chain Kinase)
3. **La MLC-K provoque la phosphorylation des chaînes légères de myosine** :
Modification de la conformation des têtes de myosine, à une hydrolyse d'ATP, et à l'établissement d'un pont actine/myosine.
4. Grande efficacité de contraction car les têtes de myosine sont présentes sur toute la longueur du myofilament épais : interaction sur une zone plus grande que l'actine.
Un glissement entre les fibres se produit et est renforcé par la libération d'ADP+Pi : La cellule se contracte et perd sa forme allongée.
5. Retour à l'état relâché : associé à une déphosphorylation des chaînes légères de myosine par une **phosphatase endogène Ca^{++} Indépendante ++** : **La MLC-P** (myosine light chain phosphatase)
La baisse de concentration calcique entraîne INDIRECTEMENT l'inactivation de la MLC-K (kinase). ++



Les réactions enzymatiques sont lentes et permettent le maintien d'une tension musculaire à moindre coût énergétique. Des différences dans la vitesse des processus de déphosphorylation rendent compte de la plus ou moins grande tonicité au niveau des différents muscles lisses.

La **calmoduline** est une **protéine régulatrice** qui change de conformation lors de la fixation d'ions Ca^{++} . Cette modification est réversible et permet de contrôler son fonctionnement.



Bon je fais rapide car je dois envoyer la ronéo donc grosse dédi à Quentin, allez courage tu vas y arriver !!!
Dédi à mes fillots, ne lâchez pas !! Vous êtes au top alors continuez comme ça jusqu'au concours ! 😊
Dédi aux K1, bientôt le WEI ça va être le feuuu
Dédi à tous ceux qui lisent cette ronéo, vous êtes trop forts <3 Ne lâchez pas !!