

LES CELLULES MUSCULAIRES

I. Les cellules musculaires striées

A. Architecture

- Element fondamental: cellule musculaire striée squelettique
- Mouvement volontaire et maintien de la posture
- Aussi appelé Rhabdomyocytes
- Striation visible au MO du aux myofibrilles
 - Entouré de l'épimysium
 - Faisceaux musculaire entouré de perimysium
 - Cellules musculaires entourées d'endomysium
- Charpente conjonctive
 - Collagène réticuline, fibre elastique, fibroblaste, adipocyte
 - Vaisseaux et nerfs
- Epimysium est constitué d'un TC dense riche en collagène
- Perimysium: issu de l'épimysium: TC lache riche en reticuline, terminaison nerveuse et vascularisation terminale

B. Structure

- Structure d'une cellule musculaire:c'est un syncitium de plusieurs cellules
- On ne peut pas distinguer les noyaux musculaires des noyaux des cellules satellite
- Longueur d'une cellule: mm à cm
- Diamètre: 10-100 μ
- Cytoplasme occupé par les myofibrilles
- Myofibrille parallele à l'axe de la cellule musculaire, striation repeté et en concordance avec les autres
- Amène à l'agencement des myofibrilles

C. Structures plus précise

- Structure plus précise
 - Disque Anisotrope: disque sombre 1,5 μ m
 - Disque Isotrope: disque clair de 0,8 μ m centré par une strie Z
- Sarcomère:
 - portion entre 2 strie Z: 3 μ en moyenne
 - Unité elementaire de contraction
 - Plusieurs sarcomère constituent une myofibrille
 - Bande plus claire: Bande H centré par la ligne M
- Myofilaments
 - Chaque sarcomère est constitué d'un faisceau de myofilament parallele au grand axe
 - 2 type de filaments: actine et myosine
 - Donne la striation transversale au MO
- Le sarcomère de myosine donne le disque A
- La zone centrale A est centré par la bande H
 - Bande H ne contient que de la myosine
 - Bande I que de l'actine
 - Bande A: Actine + myosine
 - Un myofilament epais est entouré de 6 myofilaments fins

D. Protéines associées au myofilament fin

- Protéines associé aux myofilament fin:
 - Actine F: résulte de l'association ActineG + ATP
 - Troponine: à 3 SU
 - x I: inhibitrice de la liaison
 - x C: fixant le calcium

LES CELLULES MUSCULAIRES

- x T: Liaison à la tropomyosine
- Tropomyosine: se dispose dans la gouttière des doubles hélices d'actine, se fixant tout les 40nm

E. Le filament épais de myosine

- Filament épais de myosine:
 - Longueur: 1,5μ
 - Diamètre: 10μ
 - Partie caudale en double hélice
 - Partie céphalique
 - x Tête lourde à 2 site de fixation de l'ATP
 - x Chaîne légère de myosine
- Chaque myofilament épais est constitué de l'association de molécule de myosine qui s'associent en torsade
- La partie caudale des filament épais sera dépourvu de tête de myosine
- Myofilament de myosine est bipolaire
- Les têtes de myosine se positionnent en vis sans fin

F. Protéines associées à la cellule musculaire

Protéine C

- (associé à la myosine)
- solidariser les différentes molécule de myosine pour former un filament épais

Titine: protéine à particularité élastique qui relie la strie Z au myofilament épais.

- Protéine géante: 3-4 Kda
- Associé à la myosine
- Associé à la téléthonine (strie Z) protéine C et myomesine
- 2 partie: une inextensible proche des points d'insertions et une extensible entre les deux
- Rôle:
 - Maintient de l'alignement de la myosine
 - Résistance à l'étirement
- Domaine PEVK et domaine Ig-Like donnant l'inextensibilité

Nebuline

- Associée à chaque filament fin
- Volumineuse protéine filamenteuse se liant à 200 monomères d'actine par une séquence 35aa
- L'extrémité N-terminale est associée à la tropomoduline
- L'extrémité C-terminale est ancrée à la strie Z
- Rôle: elle est supposée déterminer la longueur du filament fin

Ligne M

- Constitué de plusieurs protéines dont
 - la myomesine (protéines de structure)
 - les protéines M (à différents isoformes)
 - la créatine kinase (enzyme générant de l'ATP)
- Permet de solidariser les filaments épais entre eux
- Lié à la titine aussi

La strie Z:

- Sert à relier les extrémités des filaments fins de chaque sarcomère entre elle et avec les extrémités des filaments fins du sarcomère adjacent
- permet l'ancrage de la titine
- Constitué d'alpha actinine et d'autres protéines dont la capZ (extrémité + du filament d'actine) et la téléthonine

LES CELLULES MUSCULAIRES

G. Autre constituant de la cellule

Cytosquelette exosarcomérique:

- Microtubules peu nombreux
- Filaments intermédiaire (le plus souvent **desmine**)

Les filaments de desmines:

- Présent aux niveau des stries Z
- Longent les myofibrilles
- Forment un réseau qui s'étend de la membrane plasmique à l'enveloppe nucléaire
- Protéines associé:
 - **Plectrine** associant les filaments intermédiaire entre eux
 - **Crystaline** de type HSP, stabilisatrice lors d'un stress

H. Différenciation du sarcolemme et de la région sous sarcolemmique

- **Recepteur et transporteurs du glucose**
- **Costamères:** le long de la membrane cytoplasmique, 3 types d'interactions entre l'actine et les filaments intermédiaire et les éléments de la MeC.
 - Interaction actine+filament intermédiaire via les protéines membranaire de type intégrine:
 - Interaction avec actine gamma localisé dans le cortex cellulaire
 - Interaction avec les vinculine et taline
 - Interaction avec les intégrine qui interagissent avec la MeC
 - Interaction dystrophine: les microfilaments d'actine agissent avec dans l'ordre:
 - La dystrophine (relie actine à protéine membranaire, cible de dystrophie de duschenne, mutation sur le chromosome X, degeneration musculaire)
 - Protéines de liaison de type syntrophines ou dystrobrevine
 - Laminine de lame basale
 - Interaction avec les ATPase membranaire
- **Jonction myotendineuse:** nombreux replis qui s'invaginent dans le tendon: les replis s'accompagnent de replis de la lame basale et les fibres de collagène du tendon vont interagir par l'intermédiaire de fibre de reticuline, interagissant avec des intégrine de la membrane cytoplasmique de la cellule musculaire striée. Les replis augmentent la surface de contact entre le muscle et le tendon et d'augmenter la résistance mécanique lors de la contraction.
- **Jonction neuromusculaire**
- Système T associé au tissu musculaire

I. Le REG et compagne

- Le reticulum sarcoplasmique est très développé
 - Réseau de tubule parallèle à l'axe des myofibrilles
 - A la jonction entre les disque A-I, il y aura des anastomoses transversales (citernes terminales) entourant complètement chaque myofibrille
- Les tubules T
 - Invagination en profondeur de la membrane cytoplasmique
 - Cheminent entre deux citernes terminales adjacentes.
- On aura deux triades par sarcomère

LES CELLULES MUSCULAIRES

J. Autres organites cellulaires

- Mitochondrie: nombreuse et disposée en file indienne autour des myofibrilles
- Appareil de Golgi: quelques citernes à proximité des noyaux
- REG: rare elements localisé pres d golgi
- Goutelette lipidique au voisinage des mitochondries
- Glycogène: sous forme Beta

K. Vascularisation

- Abondantes
- Les artères traversent l'épimysium
- Elles se ramifient au niveau de perimysium
- Se résolvent en un réseau capillaire dans l'endomysium

L. Innervation

Innervation motrice:

- Elle est assurée par les motoneurones de la corne antérieure de la moelle
- un seul motoneurone peut innerver plusieurs fibres musculaires
- Motoneurone + fibres musculaire: unité motrice

Innervation sensitive:

- Renseignent les centres nerveux sur l'état de tension du muscle
- Terminaisons libre
- Terminaison encapsulé:
 - Fuseaux neuromusculaires
 - Organe tendineux de Golgi

M. Mécanismes de la contraction musculaire

Basé sur l'interaction de l'actine et la myosine et le glissement des myofilaments fin sur les epais.

- L'influx nerveux au niveau de la plaque motrice déclenche la dépolarisation du sarcolemme
- Propagation grâce aux tubules T jusqu'aux citernes terminales du reticulum
- Ouverture du récepteur à la ryanodine
- le calcium stocké dans le REL est libéré dans le cytoplasme
- Le calcium se fixe sur la troponine qui change de conformation libérant le site de fixation de la myosine à l'actine
- Formation d'une liaison actine-myosine, la tête de myosine va basculer entre la partie cephalique et la partie caudale.
- Déplacement le long du filament d'actine
- La myosine reste ancrée à l'actine jusqu'au ce qu'elle fixe une nouvelle molécule d'ATP
- Interpénétration entre les filaments fin et epais

- Le cycle se reproduit si la concentration en Ca^{++} est suffisante
- Au cours d'une même contraction le cycle se reproduit plusieurs fois
- Le mécanisme prend fin quand la concentration en Ca^{++} est inférieure à $1\mu\text{mol/L}$
- Les canaux calciques du RE se ferment et le Ca^{++} est transporté activement vers les citernes sarcoplasmique

N. Effet de la contraction sur le sarcomère

- ➔ La longueur du sarcomère (entre deux stries adjacentes) est diminuée
- ➔ La longueur du disque I est diminuée
- ➔ La longueur de la bande H est diminuée
- ➔ La longueur du disque A est inchangé
- ➔ Les myofilaments ne changent pas de longueur

LES CELLULES MUSCULAIRES

O. Source d'énergie

- Phosphocréatine donnant de la créatine et phosphate:
 - Production rapide d'ATP
 - Puissance musculaire maximale peut être maintenue que pendant une dizaine de seconde
- Glycogène donnant de l'acide lactique
 - Permet des exercices musculaire de plus longue durée (40-50secondes)
 - le glycogène est transformé en acide l'actique avec production d'ATP
- Glucose/Acide Gras/Acides Aminé + O₂ donnant du CO₂ + H₂O + Urée:
 - permet un effort prolongé
 - met eniron 2minute pour s'installer pleinement
 - a lieu dans les mitochondrie en présence d'oxygène
 - voie utilisée pour les contractions lentes ou au repos

	Fibre de type I Fibre lente (rouge)	Fibre de type II Fibre rapide (blanche)
Motoneurone	Petit	Grand
Vitesse de conduction	Lente	Rapide
Force développée	Faible	Elevée
Sensibilité à la fatigue	Très resistente	Très fatigable
Metabolisme	Aerobie	Anareobie
Capillaire	++++	+
Mitochondries	++++	+
Glycogène	+	++++

Mise en evidence de l'activité succinate deshydrogénase (cycles de Krebs)

- An (anaerobie): Fibre rapide (Type IIB)
- A: Fibre lente (type I)
- I: Fibre intermédiaire (type IIA)

P. La myogenèse

- **Myoblastes** indifferencié
- Myoblastes differencié sous l'influence du capteur *Myo D*, se multiplient
- Sous l'influence de myogenine, fusionnent pour former un **myotube** à noyaux centraux
- Au fur et mesure que les fibrille s'agence, les noyaux vont etre repoussé en periphérie de la cellule
- Quand la cellule est entièrement differencié on a la **cellule musculaire strié**

Q. Regeneration musculaire

Cellule satellite sont des cellules souche apparemment qui seront capable en cas de lesion musculaire de permettre la regeneration de ce tissu. Les cellules se multiplient donnant des myoblastes qui fusionnent pour former des myotubes qui vont pouvoir se remettre à synthetiser des protéines sarcomérique.

Aboutissant à une cellule entièrement differenciée.

LES CELLULES MUSCULAIRES

II. Les cellules musculaires striées cardiaque

- Dans la paroi moyenne du coeur
- Striation visible en MO
- Contraction involontaire
- Epaisseur variable selon la localisation (V>O et VG >VD)

A. La paroi du coeur

- **Epicarde**
 - Mesothélium
 - En dessous: TCL et adipocyte
- **Myocarde**
 - Fibres musculaires cardiaques
- **Endocarde**
 - Endothélium: épithélium simple aplati
 - En dessous: TCL plus ou moins développé

Le myocarde comporte 3 variétés de cellules

- Cellules myocardiques de travail (ou contractiles) auriculaire et ventriculaire
- Les cellules myoendocrines localisées au niveau des oreillettes
- Les cellules cardionectrices
 - Les cellules nodales
 - Le faisceau de His et les fibres de Purkinje

B. Les cardiomyocytes contractils en MO

- **Cellules cylindriques** aux **extrémités bifurquées** (L= 100-150µ, l = 30µ)
- Reliées entre elles par les **disques intercalaires**
- **Noyau** unique **central**
- **Myofibrille** (aspect strié en MO) **divergent** autour du noyau laissant une région axiale riche en organites cellulaires
- Le noyau est respecté
- Entre les cellules, un **endomysium** (TCL)
- Tracée de cellules **anastomosées**
- Cellules **solidarisées** par leurs extrémités
- **Environnement** conjonctif richement **vascularisé** et **innervé**.
- Ils doivent se contracter dans plusieurs directions
- Leur orientation **décrit** un mouvement **d'encorbement** autour des cavités cardiaques.

C. Les cardiomyocytes plus précisément

1. Les myofibrilles

- Constituées par la juxtaposition de plusieurs sarcomères
- L'organisation est moins régulière que dans le muscle squelettique (pas de délimitation nette)
- Les myofilaments forment une masse plus ou moins continue, interrompue par les mitochondries et des éléments du RE
- Toujours alternance de bandes claires/sombres
- Les protéines associées aux fibrilles sont des isoformes de celles trouvées dans le tissu musculaire strié squelettique.
- La nébuline est remplacée par la nébulette qui ne recouvre pas la totalité de la fibrille
- La titine présente une isoforme particulière à séquence spécifique localisée dans la partie extensible de la titine, dans le disque I
- Nébulette:
 - Environ 100 kDa
 - Plus courte que la nébuline

LES CELLULES MUSCULAIRES

- Costamères:
 - densification riches en taline et en vinculine située entre la strie Z et la membrane cytoplasmique
 - Localisé sur les faces latérales
- Filament intermédiaire de Desmine
 - Le long des myofibrilles, au niveau des strie Z
 - Relient les myofibrilles au sarcolemme au niveau des costamères
- Les disques intercalaires
 - Structures spécifique du muscle cardiaque
 - zone de jonctions entre deux cellules au niveau de la strie Z
 - il y a des portions longitudinale et transversales
 - Au niveau de **portions transversale** on a
 - Des jonction *Fascia adherens*:
 - Ancre au sarcolemme des myofilaments d'actine du dernier sarcomère
 - Matrice protéique avec
 - Alpha actinine
 - Vinculine
 - Taline
 - Integrine
 - Cadherine
 - Nexus:
 - Permettent la transmission intercellulaire direct de signaux contractile
 - environ 1 000 nexus par cardiomyocytes
 - connexine de type 43
 - Desmosome:
 - Filament intermédiaire de desmine
 - maintiennent l'adhésion entre les cellules et empêchent leur dissociation lors de la contraction musculaire.
 - Interaction avec des cadherine, pont calcique.
 - Au niveau des portions longitudinale
 - nexus
 - Desosome
 - Dystrophine porté sur les portion longitudinale
 - Vinculine présente partout
- Des mutations portant sur les protéines:
 - filament sarcomériques
 - les systèmes d'attache du sarcomère
 - de la dystrophine
 - sont responsable de cardiomyopathie caractérisé soit par une hypertrophie de la paroi myocardiaque soit par une dilatation des paroi ventriculaire.

2. Les mitochondries

- Extrêmement nombreuses, alignées le long des myofibrilles
- peuvent atteindre la longueur du sarcomère (7-8 μ)
- Très nombreuses crêtes mitochondriales

3. Le glycogène

- Plus abondant que dans le muscle squelettique
- particules denses de 0- 40 nm (glycogène β localisées entre les myofilaments)
- Source d'ATP pour la contraction des cellules

LES CELLULES MUSCULAIRES

4. les Tubules T

- Invagination du sarcolemme (membrane et lame basale)
- Différents de ceux du muscle squelettique
- Diamètre plus important (100-200 nm)
- Localisé au niveau de la strie Z (1 tubule T par sarcomère)

5. Le RE sarcoplasmique

- Ne se résoud pas en citerne terminale mais forme des **tubules L**
- Moins développé que dans le muscle squelettique
- Réseau de tubules anastomosés de 20 à 40nm de diamètre entourant les myofibrilles
- **Associé à la strie Z**
- 1 tubule T est associé à un seule tubule L (**Diade**)

6. Les disque intercalaires

- Les cardiomyocytes sont organisés en **réseaux oreillette et ventricule**
- Les **nexus** permettent des **échanges rapides** entre les cellules d'un même réseau
- Quand une **cellule** d'un réseau **est stimulée, toutes les autres le sont aussi**
- Chaque **réseau** se contracte comme **unité fonctionnelle**.
- Notion de **syncytium**

7. Autres organite

Localisé au voisinage du noyau, zone pauvre en myofibrille, on trouve un appareil de golgi peu développé, peu de REG et des lysosome, corps multi vésiculaire ou corps résiduel.

8. Heterogenéité des cellules myocardique

- **Les cellules myocardique contractiles**
 - Ventriculaires
 - Atriales
 - proche des précédente
 - plus petite
 - moins de sarcomère
 - moins de nexus
 - moins de tubule T
- **les cellules myoendocrine**
 - localisées dans l'aparoï auriculaire
 - pauvre en myofilaments fonction endocrine: nombreux grains de sécrétion contenant le précurseur d'une famille de polypeptides (facteur atrial natriurique)
 - Impliqué dans
 - La régulation du volume sanguin
 - Composition hydro-electrique du liquide extra cellulaire
 - Aura un effet sur:
 - vasodilatation
 - baisse de pression artérielle
 - augmentation de diurèse
 - augmentation de l'élimination du Sodium
- Les cellules cardionectrices:
 - cardiomyocytes modifiés constituant le système de conduction du cœur
 - cellules spécialisées dans l'initiation de l'excitation
 - 2 types:
 - les cellules nodales (noeud sinusal et noeud atrio-ventriculaire)

LES CELLULES MUSCULAIRES

- le faisceau de His et les fibres de Purkinje
- Le noeud sinusal
 - localisé dans l'oreillette droite à l'entrée de la veine cave supérieure juste sous le péricarde
 - Fibre musculaire très petite de 5 μ
 - Quelques myofibrilles sans striation organisée
 - pas de stries scalariformes, mais desmosomes nombreux
 - richement vascularisé et innervé
- Le noeud atrio-ventriculaire
 - Situé dans l'oreillette droite au-dessus de la valve tricuspide juste sous l'endocarde
 - Petites fibres musculaires identiques à celles du noeud sinusal
 - Vascularisation et innervation abondantes
- Le faisceau de **HIS**
 - en continuité avec les fibres du noeud atrio-ventriculaire
 - une branche commune se divise rapidement en branche gauche et droite
 - la branche gauche se divise très vite en deux branches
 - les cellules sont **plus grandes** que les cellules nodales
 - **myofibrilles claires mais mieux ordonnées**
 - nexus au niveau des stries intercalaires
- **Les fibres de Purkinje**
 - les branches du faisceau de HIS se résolvent en un réseau de fibres de Purkinje
 - Volumineuses, cellules riches en glycogène (le glycogène apparaît clair)
 - Quelques myofibrilles
 - **Nombreux nexus**
- Automatisation cardiaque:
 - Naissance de la contraction cardiaque est indépendante du SN
 - la contraction est déclenchée par le tissu nodal qui a la propriété de contraction spontanée automatique (cellules pace maker)
 - la propagation de l'onde excitatrice se fait grâce au système de conduction jusqu'au niveau des cellules myocardiques de travail.
- Mécanisme de contraction:
 - Le mécanisme est identique à celui des cellules musculaires striées squelettiques: glissement des myofilaments fins d'actine et épais de myosine
 - Contraction déclenchée par une augmentation de la concentration en calcium
 - Dans le myocarde, cette augmentation de Ca^{++} est autocatalytique.
 - Dépolarisation de la membrane lors du PA
 - Ouverture de canaux au Ca^{++} dépendant du voltage et entrée de Ca^{++}
 - Activation du récepteur à la ryanodine (canal Ca^{++})
 - Libération de Ca^{++} du RE vers le cytoplasme
 - Fixation du calcium sur la troponine
 - Interaction actine - myosine (S1)
 - Contraction (systole)
- Les cellules musculaires striées squelettiques ont des récepteurs à la ryanodine voltage dépendant, les myocardiques sont calcium dépendant.

9. Le réseau capillaire

- Les artères et les veines coronaires sont très nombreuses et cheminent dans la trame conjonctive
- Le réseau capillaire est très dense (1 000 capillaires pour 1 600 cellules myocardiques), ce nombre n'augmente pas quand les cellules s'hypertrophient (hypoxie myocardique)
- Les anastomoses coronaires sont peu nombreuses ainsi l'occlusion d'une artère terminale provoque des lésions. (infarctus)

10. Innervation du muscle

- Fibres sympathiques adrénergiques (accélération du rythme cardiaque)
- Fibres para-sympathiques cholinergiques (ralentissement du rythme cardiaque)

LES CELLULES MUSCULAIRES

11. Histogenèse du myocarde

- Les myoblastes ne fusionnent pas en myotubes
- Les cardiomyocytes différenciés continuent à se diviser au cours de la vie foetale tout en poursuivant leur activité de synthèse, le nombre de cardiomyocyte est fixé à la naissance
- absence de cellules indifférenciées dans le tissu adulte: aucune capacité de régénération.

III. Le tissu musculaire lisse

- Tissu musculaire à contraction involontaire
- Myofilament contractile
- Pas de striation visible en MO
- Cellules musculaire lisse : **léiomyocytes**
- Retrouvé au niveau des voies respiratoire, voie digestive, vaisseaux, voie urinaire et génitale

A. Cellules musculaires lisses en MO

- Fusiforme
- Zone centrale renflée
- Un seul noyau en position centrale, noyau allongé orienté selon le grand axe de la cellule
- Le cytoplasme apparaît homogène
- lame basale
- diamètre de 5-20µ
- longueur variable
 - paroi vasculaire: 20 µm
 - paroi intestinale: 200µm
 - utérus gravide: 500µm
- Le plus souvent les cellules musculaires lisses sont regroupées en faisceaux
- la portion renflée d'une cellule est adjacente aux parties effilées d'autres cellules pour faciliter l'empilement
- Limite cellulaire peu visible en coupe longitudinale

B. Ultra structure de la cellule musculaire lisse

- Caractérisé par la présence de corps denses (permettent l'ancrage des filaments d'actine et filaments intermédiaires) qui sont de deux types:
 - corps denses cytoplasmiques parsemés dans le cytoplasme de la cellule
 - corps denses sous-membranaires

1. Le cytosquelette

- Les filaments intermédiaires:
 - Filaments de Desmine ou vimentine au niveau des cellules de la paroi des vaisseaux.
 - Ils sont disposés en faisceaux longitudinaux
 - ancrés au niveau des corps denses cytoplasmiques et ancrés au niveau des corps denses sous-membranaires
- Actine et filamine
 - actine cytoplasmique différente de l'actine spécifique du muscle lisse
 - filamine permet la formation d'un réseau
- Corps denses cytoplasmiques
 - Structure ovoïde (100 nm de diamètre)
 - répartis uniformément dans le cytoplasme
 - présence d'alpha-actinine
 - point d'ancrage des filaments intermédiaires, de l'actine cytoplasmique et de l'actine contractile.
 - équivalents de la strie Z

LES CELLULES MUSCULAIRES

- Corps denses sous membranaire
 - situé sous la membrane cytoplasmique
 - toute caractéristique des jonctions adhérentes
 - présence de vinculine et de taline.

Remarque: le complexe dystrophine-protéines associées à la dystrophine et la vinculine sont localisés au niveau de domaines membranaires différents.

2. L'appareil contractile

- Myofilaments fins et épais
- Connexion avec le cytosquelette
- Agencement spatial irrégulier pas d'agencement en sarcomère, le cytoplasme apparaît homogène au microscope optique.
- Les myofilaments fins:
 - Diamètre de 7nm
 - On trouve de l'actine filamentueuse, de la tropomyosine, de la caldesmine et la calponine
 - absence de troponine
 - Actine spécifique du muscle lisse
 - L'actine des myofilaments fins est spécifique du muscle lisse
- Les myofilaments épais
 - Constitué de myosine
 - 15 nm de diamètre
 - Instable
 - Tête de myosine pointent dans des directions opposées
 - La partie centrale n'est pas dénuée de tête de myosine
 - Forme inactive: chaîne légère non phosphorylée
 - Forme active (chaîne légère phosphorylée): interaction avec l'actine (contraction)

3. Le sarcolemme

Le sarcolemme comporte la membrane plasmique doublée de lame basale plusieurs types de structures:

- les cavéoles: invagination de membrane cytoplasmique localisée au niveau de microdomaine membranaire particulier et extrêmement nombreuses au niveau de la cellule musculaire lisse. Présence d'un grand nombre de sphingolipide, plus nombreuses qu'en dehors de ces microdomaines et présence de caveoline protéine membranaire (microdomaine extra membranaire développé. **Équivalent des tubules T de cellule musculaire strié.** Au voisinage des cavéoles, on trouve des citernes de Reticulum tout comme dans le muscle strié ou les citernes terminales et tubules L en regard des tubules T.
- les nexus: permettent la communication cellulaire
- invaginations profondes
- vésicules à clathrine,
- récepteur (adrenaline, LDL)

C. Mécanismes de contraction des muscles lisses

- Déclenché par une augmentation du Ca^{++} cytoplasmique
- Liaison du Ca^{++} à la calmoduline
- Passage par une kinase
- +P de la chaîne légère des myosines
- Liaison à l'actine
- Création de filament recouvrant
- Si le Ca^{++} diminue, les kinases vont baisser leur activité et il y aura déphosphorylation des myosines.

LES CELLULES MUSCULAIRES

D. Innervation du muscle lisse

- SN végétatif
- Terminaison axonale contient des neuro-médiateur
- Seul type d'innervation
 - Muscle lisse unitaire: une fibre nerveuse donnera l'information par propagation
 - Muscle lisse multi-unitaire (iris): chaque cellule musculaire sera reliée à une fibre nerveuse

E. Formation des cellules musculaire lisses

- Dérivent du tissu mésenchymateux
- au début: phénomène sécrétoire
- Enrichissement progressif en myofilaments (fonction contractiles)
- Accroissement par hypertrophie
- Taux de mitose très faible

F. Hétérogénéité des cellules musculaires lisses

- **Cellules fusiformes classique**
- **Cellules myoépithéliale:** dérivent de l'ectoderme, situé entre la lame basale et la membrane cytoplasmique de certaines **cellules exocrine:** leur contraction permet l'expulsion de produit de sécrétions
- **Les cellules rameuses**
 - Localisées dans la média de la paroi des grosses artère élastiques
 - entre les 2 lames élastiques adjacentes
 - La membrane basale discontinue
 - Lié aux lames élastiques
 - Seuil de tenseur entre deux lames élastiques
 - Orientation opposées d'une couche à l'autre

G. Organisation du muscle lisse

Varie selon sa localisation

Type de muscle lisse	Exemple
Cellules isolées	TC lache
Muscle isolé fusiforme	Muscle erector du poil
Muscle en boucle annulaire	Muscle constricteur de la pupille
Couche circulaire	Artère
Deux couches de cellules circulaire	Intestins
Couches plexiformes faisceaux orienté tout azimuth	Paroi de la Vessie