

LE TISSU MUSCULAIRE (LES TISSUS MUSCULAIRES)

I. Définitions et généralités.

1. Présentation.

Capacité des cellules à se contracter (propriétés de contractilité des cellules: fonction primaire).

Propriétés de contractilité et fonctions primaires de la cellule.

Éléments du cytosquelette cellulaire:

-filaments fins d'actine (6-7nm de diamètre).

-filaments intermédiaires (10nm).

-filaments épais (myosine).

-microtubules.

2. De la cellule musculaire au tissu musculaire, myocytes isolés ou regroupés en muscle (tissu musculaire proprement dit) trois types:

-Cellule musculaire lisse: T m lisse.

-Cellule musculaire strié: T m strié squelettique.

-Cellule musculaire myocardique: T m cardiaque= muscle cardiaque= myocarde.

3. Terminologie:

Le sarcoplasme (cytoplasme sans myofibrilles).

Le réticulum sarcoplasmique.

Les sarcosomes.

Le sarcolème (plasmolemme (=MP) + lame basale).

II. La cellule musculaire lisse.

1. Morphologie:

Cellules fusiformes allongées (particularité: cellule muqueuse).

30 à 200 μm de long pour un diamètre de 5 à 10 μm .

Les deux extrêmes sont les structures musculaires lisses dans l'utérus pendant la gestation (500 μm) et dans les petits vaisseaux (<30 μm , puisque compris entre 10 et 20 μm).

Structure en MO (cônes sarcoplasmiques).

Structure en ME:

Filaments fins (5-8nm): myofilaments d'actine, protéines associées.

Filaments épais (12-20nm): myofilaments de myosine (Ca^{2+}).

Filaments intermédiaires (10nm) (EDTA).

Protéines non contractiles: skeletine et desmine au niveau viscéral, vinmentine (au niveau artériel).

Corps denses (actine, filamine, vinculine, actinine). Soit au sein du sarcoplasme.

Organites des cônes sarcoplasmiques.

La MP (sarcolème) s'arrime aux glycoprotéines de structure.

Rq: espace entre deux cellules musculaires lisses (<2nm).

En ME, le noyau est plus ou moins encoché.

Relation entre les cellules musculaires lisses (espace de 40 à 80nm, réduit à 2nm par des jonctions de type tight ou gap/nexus → communication).

Vascularisation.

Innervation (sensitive et) motrice proche (10 à 20nm) ou lointaine (> 100nm).

-Système orthosympathique: vésicules à cœurs denses (70nm) caractéristiques des jonctions noradrénergiques.

-Système parasympathique (50nm de diamètre): jonctions cholinergiques.

2. Cytophysiole de la cellule musculaire lisse.

Contraction lente, longue, ample, peu consommatrice d'énergie (stimulus nerveux, humoral, cellulaire).

Vaisseaux (innervation/viscères (auto-contraction)).

Tonus.

Mécanismes de la contraction: la myosine n'interagit avec l'actine que lorsque les chaînes légères de la myosine sont phosphorylées.

L'activité ATPasique de la myosine de la cellule musculaire lisse est faible (/ muscle strié).

L'activité ATPasique est Ca^{2+} dépendante.

L'activité kinase dans les chaînes légères est influencée par le taux d'AMPc intracellulaire.

Mécanismes de la contraction:

Contraction → relaxation, par une phosphatase.

Relaxation → contraction par une protéine kinase C.

La MLCK est active déphosphorylée, elle provoque la contraction. Sa phosphorylation est stimulée par le Ca^{2+} et inhibé par l'AMPc.

Cytophysiole de la cellule musculaire lisse.

Contrôle nerveux:

-Parasympathique: contraction (intestin-bronches) / relaxation (vaisseaux).

-Orthosympathique: relâchement (intestin-bronches) / contraction (vaisseaux).

Récepteurs α : vaisseaux contraction.

Récepteurs β : bronches relaxation, par augmentation d'AMPc.

Contrôle humoral:

La vasopressine.

L'ocytocine, la progestérone.

L'angiotensine, la bradykinine.

Les prostaglandines.

Substances pharmacologiques (broncho dilatateur et substances vasodilatatrices...).

Autres activités de la cellule musculaire lisse.

Synthèse de type collagène, macromolécules....

II. Tissu musculaire lisse.

1. Organisation.

Cellule musculaire isolée (dispersée) dans du TC: muscle de Brücke.

Organisation en nappes: couches:

-paroi des organes creux.

-cellule à disposition longitudinale: cellules plexiformes.

Couche longitudinale externe (en coupe apparaît sous forme de banc de poissons).

Couche circulaire interne (en coupe transversale: noyau visible si coupe de plus grand diamètre sinon pas visible).

Organisation:

-muscles érecteur du poil.

Cas particuliers:

-cellules myoépithéliales (cellules musculaires annexées à certaines formations épithéliales glandulaires).

-cellules myoépithélioïdes: appareil juxta-glomérulaire → rénine (cellules de Ruyters).

-cellules du muscle dilatateur de l'iris.

-cellules rameuses (dans TC dans paroi des gros vaisseaux artériels, en contact avec lame élastique, donc participe à la mise sous tension de ces lames élastiques, les une par rapport aux autres).

Croissance et régénération:

Proviennent de cellules souches mésenchymateuses embryonnaires.

Peuvent s'hypertrophier:

-phénotype sécrétoire (peuvent alors encore se diviser).

-puis acquièrent phénotype contractile (sont donc moins capable de se diviser et perdent leur phénotype sécrétoire).

III. Le tissu musculaire strié squelettique.

1. Généralités.

La cellule musculaire striée ou "fibre musculaire striée".

2. La cellule musculaire striée (squelettique).

Cellules allongées cylindriques aux extrémités coniques.
Quelques mm à 4cm de long pour 10 à 100µm de diamètre.

MO: multinucléés-myofibrilles-striation (bande sombre: A: anisotrope et bande claire: I: isotrope).

Multinucléés car fusion de myofibrilles.

Noyaux ovales et refoulés sous MP.

Myofibrilles (1 à 2µm de diamètre).

2.1 La cellule musculaire striée: MO (suite).

Sarcomère: unité des myofibrilles.

Sarcomère délimité par deux stries Z, une bande A et 2 1/2 bandes I.

ME:

La MP, système T ou système transverse.

-noyaux, organites (golgi, polysomes...).

-mitochondries.

-réticulum sarcoplasmique: réseau de citernes, de saccules qui vont posséder des différenciations locales (→ saccules terminales).

Bande A et I, préférentiellement au niveau des triades.

Mitochondrie entre myofibrilles.

Inclusion: glycogène-myoglobine.

Structure des myofibrilles= sarcomères bout à bout.

Myofilaments épais (bande A): diamètre > 10nm pour épaisseur de 14nm.

Longueur: 1,5 à 1,6µm.

Se caractérise par une région: disque M (au centre de chacun de ces myofilaments épais).

Myofilaments fins: strie H (de Henssen)= là où il n'y a pas myofilaments fins.

Chaque myofilament épais entouré de 6 myofilaments fins.

Disposition hexagonale.

Composition chimique.

-Myofilament fin: actine, tropomyosine, troponine.

-Myofilament épais: myosine, (actine + myosine: 55%).

Autres protéines (α actinine, desmine).

-L'actine: protéine globulaire (actine G: 5,6µm, site de fixation de la myosine et Ca²⁺), actine F (double hélice).

-La myosine: PM: 500 000. Deux têtes globulaires avec 6 chaînes polypeptidiques (2H et 2x2L).

6 chaînes polypeptidiques: 2 chaînes lourdes et 2 paires de chaînes légères qui vont s'associer.

La queue de la myosine est faite de 2H, et les 2 têtes sont faites de 2x2L.

-Expérience de protéolyse (trypsine): méromyosine L et H et protéines.

-Organisation des molécules de myosine dans le filament épais (bande H).

-La tropomyosine (filament fin), deux chaînes α polypeptidiques en α hélice- recouvre 7 molécules d'actine G.

-La troponine C: complexe de troponine, composé de 3 sous unités.

La sous unité I, C et T (= troponine I, C et T).

I comme inhibitrice: empêche interaction entre actine G et myosine (leur tête).

C comme calcium.

-Autres molécules: actine (strie Z), desmine,...

Titine et connectine s'arriment au niveau de la strie Z.

Molécules de type dystrophine (427Da) permet à l'actine F de se lier à des protéines transmembranaires.

Ce sont des molécules qui vont être altérés dans un certain nombre de pathologies (myopathie de du Chêne: déficience musculaire).

3. Les mécanismes cytologiques de la contraction.

-la théorie du glissement (de Huxley): la contraction s'effectue au niveau du disque A où les myofilaments s'interpénètrent.

-expériences in vitro (actine + myosine + ATP + troponine et tropomyosine.

Pas de ponts d'union sauf si ajout de calcium.

-myosine: protéine allostérique.

3.1 Les mécanismes moléculaires de la contraction musculaire.

-Interaction actine-myosine \rightarrow force contractile.

Énergie chimique \rightarrow énergie mécanique.

-au repos: ATP se fixe sur les têtes de myosine.

-activité ATPasique de la myosine.

-vitesse d'hydrolyse de l'ATP stimulée par fixation d'actine.

-fixation de tête de myosine sur actine.

Les mécanismes moléculaires de la contraction musculaire.

-hydrolyse de l'ATP \rightarrow ADP + P entre la déformation de la tête de myosine \rightarrow déplacement de l'actine/ la myosine.

-libération de la liaison.

4. Les systèmes de production d'énergie.

Énergie fournie par l'hydrolyse de l'ATP or le taux d'ATP doit demeurer constant.

\rightarrow Système de régénération de l'ATP.

La phosphorylation: réserve en groupements phosphates riche en énergie créatine kinase.

-glycogène, glycolyse + phosphorylation oxydative (myoglobine) + glucose.

Sur le plan histochimique, 3 types de fibres musculaires striées:

-fibres rouges (de type I): diamètre faible. Possèdent cytochromes, mitochondries, activité ATPasique faible (à pH alcalin).

Contraction lente, soutenue, continue, intense (dans muscles de postures).

-fibres blanches (de type II ou IIA): grand diamètre. Riches en myofibrilles, moins riche en mitochondries, moins riche en pigment d'où leur couleur.

Activité ATPasique inverse (donc forte à pH alcalin).

Glycogène.

Contraction dépendante des myofibrilles, mais utilisation comme sources d'énergies de glycogène local, donc plus glycolyse.

Contraction rapide, relativement intense, mais dont contraction va vite s'épuiser.

-fibres intermédiaires (de type IIB).

Il y a des 3 types de fibres au niveau de fibres striées squelettiques.

5. Le couplage excitation-contraction.

Innervation nerveuse au niveau de la plaque nerveuse:

-terminaison nerveuse (plaque motrice).

-dépolariation du sarcolemme.

-conduction au niveau du système T.

-couplage au niveau des triades.

-libération de Ca^{2+} .

-contraction.

Relâchement quand Ca^{2+} réintégré.

6. Particularités structurales de la cellule musculaire striée squelettique.

-les jonctions neuro-musculaire ou jonction myo-neurale ou plaque motrice.

-les jonctions myo-tendineuses.

Plaque motrice:

Terminaison nerveuse: un neurone → une seule cellule musculaire striée squelettique ou un groupe par une arborisation terminale.

→ fonction du type musculaire (plus ou moins précis).

ex: globe oculaire moteur (un neurone pour une cellule musculaire striée).

Sinon, un neurone pour plusieurs dizaines ou centaines de cellules musculaires striées → augmente la contraction.

C'est une unité motrice.

Au niveau de la cellule nerveuse: axone de motoneurone myélinisé avec des cellules "de cheval" qui accompagnent le motoneurone sur son trajet.

Dilatation terminale de forme +/- complexe.

Une basale= gaine de Henlé qui va se confondre avec la basale musculaire.

Gouttière synaptique (fentes synaptiques I et II, qui sont des dépressions du sarcolème; c'est l'appareil sous neural de Couteau).

Fente synaptique I de 60nm.

La sole, petite surélévation de la cellule musculaire. Il y a du cytoplasme, des mitochondries,...

Constituants:

Extrémités présynaptiques: mitochondries, éléments du cytosquelette, vésicule synaptique qui contiennent de l'acétylcholine (40nm).

Cette gaine de myéline est poursuivie par gaine de Henlé.

-myofibrilles dans sole.

Fente synaptique I: 60nm.

Fente synaptique II: petites invaginations.

Vésicules d'acétylcholine, donc récepteurs Ach dans fente synaptique I et II.

→ augmente la perméabilité membranaire aux ions (sodium,...).

→ dépolarisation qui se propage à la surface de la cellule musculaire.

→ Système tubulaire → triades → libération de calcium.

Rq: l'arrêt de l'influx nerveux stoppe la dépolarisation et stimule le recaptage du calcium.

Récepteur à l'Ach:

-son fonctionnement: enzyme: Ach estérase → détruit l'Ach.

Mais des poisons sont inhibiteurs de cet enzyme, et contraignent à la contraction musculaire.

-récepteur réglé par un ligand (glycoprotéine pentamérique transmembranaire).

D'aspects variables suivant qu'il s'agit d'une fibre rouge ou blanche:

Fibre rouge: terminaison nerveuse localisée, moins profonde.

Fibre blanche: terminaison nerveuse plate, profonde.

La jonction myotendineuse: les faisceaux de fibres collagène du tendon, s'enfoncent dans l'extrémité des cellules (invagination).

Membrane plasmique au niveau d'une strie Z.

7. Organisation de ces cellules musculaires au sein du muscle:

- Organisation des cellules au niveau d'un muscle (strié squelettique): cellules parallèles assemblées grâce à du TC.
- Chaque cellule entourée de sa lame basale + fibres de réticuline= endomysium.
- Un faisceau de cellules entouré par du TC (+ vaisseaux)= le périnysium.
- Autour des cellules d'une unité musculaire anatomique: l'épimysium (TC dense).

8. La vascularisation.

Richement vascularisé.

Capillaires s'insinuent entre les cellules musculaires:

- disposition longitudinale.
- d'aspect festonné si contraction musculaire.

Branches transversales.

9. Innervation sensitive du TM strié squelettique.

Dispositifs sensitifs communs.

Corpuscules tactiles.

Les FNM.

Les corpuscules neurotendineux.

Les FNM:

Organes sensoriels complexes fusiformes.

Cellules musculaires spécialisées: fibres intrafusales ou intrafusoriales.

Des fibres nerveuses afférentes et efférentes.

Des vaisseaux sanguins.

Une capsule de TC.

Les fibres musculaires striées extra-fusales à sacs nucléaires (22 μ m), larges, enflées de nombreux noyaux, peu de myofibrilles.

Les fibres musculaires striées extra-fusales à chaînes nucléaires (11 μ m).

Les fuseaux neuromusculaires.

Les fibres nerveuses motrices ou motoneurons γ , sur les deux types de cellules:

Les fibres motrices collatérales dans motoneurons α (sur portion distale dans fibres à sacs).

Terminaison sensitive I en spirale autour des 2 cellules, fibres nerveuses de gros calibre (type 1A), rapides et synapse directe avec les motoneurons au niveau du cortex.

Sensible à l'étirement des muscles, mais aussi à la vitesse d'étirement du muscle.

- harmonie de ces contractions.

1e système qui renseigne sur l'état d'étirement.

2e système qui renseigne sur l'état de contraction.

Les corpuscules neurotendineux (de Golgi).

Formations situées dans les tendons, fuseau ou cylindre allongé, gaine de Tc lamellaire avec expansions int- fibres sensibles, fibres déprimées par des fibres collagènes, activées par la tension + réflexes tendineux provoqués.

10. Histogenèse et régénération.

-Origine: cellules mésenchymateuses (myotomes) (3e feuillet embryonnaire). 3e semaine. Cellules mononucléées. Les myoblastes qui fusionnent donnent les myotubes, 8 semaine, synthèse de protéines contractiles et de myofibrilles.

-Le développement s'achève après la naissance parallèlement à l'innervation.

-Croissance en longueur et diamètre: augmentation de la masse cytoplasmique et cellules satellites.

LE TISSU MUSCULAIRE MYOCARDIQUE

Généralités:

Le muscle cardiaque est un muscle strié involontaire, les cellules sont capable de contraction rythmique harmonieuse et spontanée.

-Les cellules myocardiques.

-Les cellules cardionectrices (tissu nodal).

1. Les cellules myocardiques.

MO: cellule allongée de petite taille, cylindrique, bifurquée, s'unissent en réseau tridimensionnel complexe.

Longueur: 50 à 100µm et diamètre: 5 à 20µm.

Entre existe un TC richement vascularisé.

Traits scalariformes (en stries).

Myofibrilles périphériques (striation).

ME: les myofibrilles (idem cellule musculaire) mais moins bonne organisation et autour du noyau central.

Les systèmes membranaires: système T (diamètre supérieur) au niveau des stries Z.

Réticulum sarcoplasmique longitudinal au citerne terminale, donc pas de triade (diade).

Autres éléments: golgi, mitochondries, gouttelettes lipidiques, glycogène, éléments dissouts,...

La membrane plasmique, les disques intercalaires assurent la cohésion et permettent la diffusion de l'excitation.

a. Particularités fonctionnelles.

-métabolisme oxydatif.

- lenteur de la contraction.
- dépendante du Ca extracellulaire.
- automatisme.
- il n'y a pas de jonctions neuromusculaires.

Hétérogénéité de cellules myocardiques.

- Cellule myocardique ventriculaire: large (15 à 25 μ m de diamètre). Disques intercalaires tortueux et moyennement riches en nexus. Nombreuses myofibrilles et mitochondries. Système membranaire bien développé.
- Cellule myocardique auriculaire: grains de Jamieson et Palade (0,3 à 0,4 μ m). Facteur atrial natriurétique.

2. Les cellules cardionectrices.

Cellule cardiaque particulière dont la fonction est d'engendrer le stimulus et le conduire aux différentes parties du myocarde.

- noeud sino-auriculaire (K&F).
- noeud auriculo-ventriculaire (Tavara).
- faisceau de Hiss.

...

a. Les cellules nodales (cellules pacemaker).

Petites (4 à 6 μ m). Sans ordre mais tassées les unes contre les autres, noyau volumineux.

Disques intercalaires simplifiés. Myofibrilles clairsemées. Tubules transverses quasi-absent. Réticulum sarcoplasmique développé.

b. Les cellules du faisceau de Hiss et de ses branches.

Cellules plus larges, disques intercalaires, nexus.

Mitochondries peu nombreuses.

c. Les cellules de Purkinje.

Cellules volumineuses (1 ou 2 noyaux). Aspect transitionnel entre cellule nodale et cellule contractile.

Myofibrilles, mitochondries.

3. L'architecture du myocarde.

Forme la majeure partie de la paroi des cavités cardiaques (muscle cardiaque).

Plus épais au niveau des ventricules que des oreillettes.

- cellule musculaire striée cardiaque.
- cellule cardionectrice.
- formation conjonctive contenant vaisseaux et nerfs.

Squelette (ou armature) fibreux du cœur: fibres collagénées.

Vascularisation importante: artères coronaires, artères de type terminale, ce qui signifie qu'il n'y a pas de réseau de suppléance, donc risque d'infarctus du myocarde.

Innervation: nerfs efférents:

-noradrénergiques (sympathique).

-cholinergiques.