

	<u>TISSU MUSCULAIRE SQUELETTIQUE</u>	<u>TISSU MUSCULAIRE CARDIAQUE</u>	<u>TISSU MUSCULAIRE LISSE</u>
CARACTÉRISTIQUE CELLULAIRE	<p style="text-align: center;"><u>Rhabdomyocyte</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Forme cylindrique • Multinucléés (centaine de noyaux formés par fusion de <i>cellules myoblastiques</i>) : noyaux ovoïdes à la périphérie dans le sens de la longueur de la fibre • Striation transversale caractéristique due à l'appareil myofibrillaire • <u>Grande taille</u> : 50 à 100 microns de largeur, 1 à 5 cm de longueur • Entourés d'une lame basale accolée au sarcolemme • Entre lame basale et sarcolemme, <u>cellule satellite ou myogénique</u> 	<p style="text-align: center;"><u>Cardiomyocyte contractile</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Forme cylindrique • Mononucléés : noyau allongé, central • Extrémité souvent bifurquées qui s'engènent avec les cellules contiguës. • Striation transversale due à l'appareil myofibrillaire comparable à celle des rhabdomyocytes • <u>Grande taille</u> • Entourés d'une lame basale • Sarcoplasme riche en mitochondries et en gouttelettes lipidiques 	<p style="text-align: center;"><u>Léiomyocyte</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Petite taille</u>, varie en fonction de la localisation • Fusiforme • Noyau unique central et allongé • Pas de striation transversale +++ • Isolé ou en petit amas • Le cytoplasme contient des organites (REL et mitochondries abondantes) concentrés dans <u>2 zones restreintes de matériel contractile</u>: en prolongement du noyau et sous le sarcolemme • Entouré d'une lame basale • Nombreuses jonctions communicantes et adhérentes
ORGANISATION MOLÉCULAIRE	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Endomysium: Tissu conjonctif fin entourant la lame basale des <u>rhabdomyocytes</u>. Riche en réticuline ✓ Périmysium: Tissu conjonctif lâche entourant les <u>faisceaux</u> de rhabdomyocytes ✓ Epimysium: Tissu conjonctif dense entourant <u>le muscle</u> 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Le péricarde : 1) Péricarde fibreux : le plus externe, dense et fibreux. 2) Péricarde séreux: <u>Feuillet pariétal</u> et <u>feuillet viscéral</u> (=épicarde) séparé par une <i>mince cavité péricardique</i> ✓ L'épicarde: Couche cellulaire épithéliale reposant sur une couche de TC sous épocardique (lobules adipeux, nerfs, fibres élastique, vaisseaux sanguins). ✓ Le myocarde : Partie musculaire capable de se contracter, composé de cardiomyocytes ✓ L'endocarde: Epithélium simple pavimenteux qui repose sur une couche conjonctive. 	<p style="text-align: center;">Organisation de l'endomysium et du périmysium identique au muscle strié squelettique</p>

<p style="text-align: center;">ORGANISATION SARCOMÉRIQUE</p>	<p style="text-align: center;"><u>Organisation sarcomérique</u></p> <p>Bande I (claire, isotrope): Myofilaments fins Bande A (sombre, anisotrope): Myofilaments fins et épais Zone H : Au milieu de la bande A, plus claire Ligne M: Au milieu de la bande H, plus sombre → Chaque bande I présente à son milieu la strie Z</p> <p style="text-align: center;">Un sarcomère = Portion située entre 2 stries Z, 2 demi bande I séparées par une bande A</p>	<p style="text-align: center;"><u>Organisation sarcomérique</u></p> <p style="text-align: center;">Semblable à celle dans le muscle strié squelettique</p>	<p style="text-align: center;"><u>Pas d'organisation sarcomérique</u></p> <p>→ Mais présence d'un appareil myofibrillaire qui va intervenir dans la contraction. +++</p> <p style="text-align: center;"><u>Les stries Z sont remplacées par les corps denses :</u></p> <p>→ Les corps denses sont des structures ovoïdes distribuées de manière uniforme dans le sarcoplasme. Ils contiennent de l'alpha-actinine permettant la fixation de l'actine cytoplasmique et myofilamentaire</p>
<p style="text-align: center;">MYOFILAMENTS FINS</p>	<p style="text-align: center;"><u>Myofilaments fins</u></p> <p>→ Constituant majoritaire de la bande I → S'insèrent sur des longueurs variables au sein de la bande A pendant la contraction</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>2 molécules d'actine F</u> (polymérisation de monomère globulaire d'actine G) • <u>Tropomyosine</u> dans le sillon hélicoïdal d'actine • <u>Complexe moléculaire de Troponine</u>: Troponine T, Troponine C, Troponine I 	<p style="text-align: center;"><u>Myofilaments fins</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Actine cardiaque</u> codée par un gène différent • Isoforme spécifique de troponine • <u>Dosage Troponine C</u> pour dépister les <u>nécroses</u> myocardiques 	<p style="text-align: center;"><u>Myofilaments fins</u></p> <p><u>Actine spécifique</u> associée à des molécules de tropomyosine, mais PAS DE TROPONINE</p> <ul style="list-style-type: none"> • Régulé par 2 molécules phosphorylables : Caldesmone et calponine • <u>Ancrée aux corps denses</u> (dispersés dans le sarcoplasme, accolés contre le sarcolemme) par l'intermédiaire de l'alpha-actinine
<p style="text-align: center;">MYOFILAMENTS ÉPAIS</p>	<p style="text-align: center;"><u>Myofilaments épais : Myosine de type II</u></p> <p>2 chaînes lourdes: Partie centrale du sarcomère 4 chaînes légères: A la base des têtes, pour chaque tête 1 chaîne régulatrice et 1 chaîne essentielle → Tête de myosine: Domaine moteur, site de fixation de l'ATP et de l'actine → Queue de myosine: région centrale dépourvue de tête</p>	<p style="text-align: center;"><u>Myofilaments épais</u></p> <p style="text-align: center;">Isoforme spécifique myosine</p>	<p style="text-align: center;"><u>Myofilaments épais</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Peu abondant • Situés entre les faisceaux d'actine • Présents avec une proportion de 1 myofilaments épais pour 15 myofilaments fins • Pas en contact avec les corps denses <i>Les têtes de myosine sont disposées sur toute la longueur du filament épais</i>

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">RÉTICULUM SARCOPLASMIQUE ET SYSTÈME T</p>	<p style="text-align: center;"><u>Réticulum sarcoplasmique et système T</u></p> <p>Citerne terminale : Fusion latérale des tubules du RS (site de stockage du Ca²⁺) au niveau des jonctions A/I, des têtes de myosine</p> <p>Le tubule T : Invagination du sarcolemme au niveau de la jonction A/I</p> <p>Triade: 2 citernes terminales + 1 tubule T</p> <p>Système T : - Transmission de l'influx nerveux aux sarcomères centraux de la cellule : - Contraction des sarcomères centraux - Apport en profondeur des nutriments</p>	<p style="text-align: center;"><u>Système T</u></p> <p>Les tubules T comportent la lame basale (assure le soutien de l'invagination) et se situent au niveau des Stries Z +++</p> <p>Diade: Association des tubules T avec un tubule du réticulum sarcoplasmique</p> <p style="text-align: center;">Pas de citerne terminales +++</p>	<p style="text-align: center;"><u>Les cavéoles</u></p> <p>→ Caractéristique spécifique du muscle lisse, assimilées aux Tubules T</p> <ul style="list-style-type: none"> • Présentes dans les zones membranaires entre les complexes jonctionnels d'ancrage • Petite invagination contenant de la cavéoline • Augmentent la surface membranaire et donc les échanges entre les cellules et le milieu • En rapport étroit avec le réticulum sarcoplasmique et concentrent les ions Ca²⁺
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">MOLÉCULES MYOFIBRILLAIRES</p>	<p style="text-align: center;"><u>Molécules myofibrillaires</u></p> <p>→ Agencement et maintien de l'architecture, Fonctionnement des structures contractiles</p> <ul style="list-style-type: none"> • α-actinine: Arrimage des filaments d'actine à la strie Z • Titine: Attache indirectement les filaments épais au disque Z • Nébuline : Associée à la strie Z et aux filaments fins pour contrôler leur longueur • Desmine: Charpente cytosquelettique du disque Z • Myoméline: Au niveau de la ligne M, lié à la Titine et à la partie centrale des filaments épais 	<p style="text-align: center;"><u>Molécules myofibrillaire</u></p> <p>Au niveau de la strie Z, la nébulette remplace la nébuline mais <u>le rôle est identique</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ <u>Récepteurs à:</u> • Neuromédiateurs: Acétylcholine, adrénaline, noradrénaline • Hormones: Ocytocine et vasopressine • LDL ✓ <u>Des canaux ioniques:</u> Voltage ou récepteurs dépendants ✓ <u>Des jonctions communicantes :</u> • Electriques et métaboliques entre cellules adjacentes • En nombre variable selon les situations physiologiques <p>→ Réseau de filaments intermédiaire de desmine et de vimentine rattachés aux corps denses</p>

COMPLEXES MOLÉCULAIRES

Complexes moléculaires de liaisons

→ Liaison indirecte entre constituants matriciel et sarcoplasmique

Costamère: Epaissement régulièrement espacés sous le sarcolemme en regard des stries Z

Complexe DAPC : dystroglycane, sarcoglycane, dystrophine, actine. **Lien mécanique** entre lame basale (collagène 4, laminine 2) et actine.

→ La **dystrophine**: Au niveau des costamères, se lie par N-Term à l'actine, C-Term à Béta-dystroglycane.

→ **Béta-dystroglycane**: lié à alpha-dystroglycane en extracellulaire, dystrophine en intracellulaire, Rôle de pont

Complexe ITV : Liaison entre **intégrine** et un complexe intracellulaire comportant de la **taline** et de la **vinculine**. Le complexe Taline-Vinculine se lie à l'alpha-actinine et l'actine et permet le rattachement entre sarcolemme et strie Z.

Fonctions des costamères: +++

- Lien mécanique sarcolemme, structure contractile
- Protection de la membrane
- Transmission des forces de contraction

Complexes moléculaires

Dystrophine tout le long du sarcolemme et pas qu'au niveau des costamères +++

Complexe ITV : Isoforme spécifique de la vinculine, **métavinculine**

Stries scalariformes (jonction intercellulaire)

→ **Couplage mécanique et fonctionnel** entre cellules adjacentes

Cohésion mécanique et propagation des forces de tension

→ Les jonctions communicantes autorisent le **passage rapide du signal d'excitation** d'une cellule à l'autre

Marche d'escalier avec:

→ **Segments transversaux**: **Desmosomes** (avec filaments intermédiaire de Desmine) **Jonctions adhérentes** (où aboutissent les filaments d'actine)

→ **Segments longitudinaux**: Uniquement des **jonctions communicantes**

Complexes moléculaires

Dans la région sarcoplasmique sous membranaire on observe des **complexes moléculaires** formant des **plaques d'adhérences** et permettant la **liaison entre le système microfilamentaire cytosquelettique et les constituants matriciels**

→ Entre les zones membranaires on retrouve des **jonctions d'ancrage** :

- Complexes sous membranaires comportant de la **dystrophine**
- Elles sont associées à diverses protéines et en relation avec des constituants du cytosquelette

TYPÉ CELLULAIRE

Fibres rouges de type I

- Contraction lente
- Maintien postural
- Petit diamètre
- Couleur rouge foncé
- Nombreuse mitochondries donc importante aptitude à régénérer l'ATP
- Peu fatigable

Fibre blanches de type IIb

- Contraction forte et rapide
- Activité musculaire brève mais intense
- Grande taille
- Peu de mitochondries
- Fatigable

Fibre intermédiaires de type IIa

→ Résistance à la fatigue plus faible mais force de contraction plus élevée que fibre rouge de type 1

→ **Cardiomyocytes contractiles** (décrits plus haut) et **cardiomyocytes non contractiles** (cellule cardionectrice et myoendocrine → peu ou pas striés)

✓ Cellules cardionectrices

→ A l'origine de l'influx nerveux par excitation spontanée, propagation rapide de l'influx.

Les noeuds

Cellule nodales: Taille réduite, fusiforme, réseau fibrillaire discret, riche en glycogène, amas au sein d'un TC dense. Au niveau des noeuds + tronc du faisceau de His

- **Noeud auriculaire**: paroi de l'oreillette droite, centre rythmogène (dépolarisation 80 par minute)

- **Noeud auriculo-ventriculaire**: Au dessus de la valve auriculo ventriculaire droite

Reliés entre eux par le **tractus internodal**

Éléments fasciculaires

Cellule de Purkinje: Volumineuse, cytoplasme clair, riche en glycogène, appareil myofibrillaire rare et dispersé

Faisceau cellulaire de His issu du noeud auriculo ventriculaire et constitué de 2 branches débouchant sur le **réseau de Purkinje**

✓ Cellules myoendocrines

Fonction endocrine cardiaque, stocke les précurseurs des petites neuroendocrines

ANP

Produit par les cellules myoendocrines des oreillettes, vasodilatation vasculaire rénale, augmentation diurèse, suite à une augmentation du volume auriculaire

BNP

Produit par les cellules ventriculaires suite à une distension du ventricule gauche, baisse du volume sanguin et de la P artérielle par vasodilatation et par fonction natriurétique et diurétique

2 types de muscles lisses en fonction des modalités d'innervation : +++

✓ Les muscles lisses unitaires

- Pauvre en terminaison nerveuse
- Contraction relativement lente
- Les cellules se contractent de manière spontanée et synchrone (muscle viscéral)
- Leu étirement déclenche un stimulus mécanique de contraction pour certains muscles viscéraux et les muscles des vaisseaux de faible diamètre

✓ Les muscles lisses multi-unitaires

- Bien innervés
 - Contraction généralement rapide
 - Chaque myocyte est indépendant
- Stimulés par le système neurovégétatif et les hormones

Organisation tissulaire

✓ Cellules isolées

- Dispersées dans un tissu conjonctif + ou - lâche

✓ Cellules disposées en couche

- Le plus fréquent, Tunique musculaire dans la paroi des organes creux ou tubulaires
- A l'origine du péristaltisme tubulaire
- **Léiomyocytes viscéraux**: Tuniques musculaires des structures tubulaires et des organes creux. Les couches superposées présentent dans la majorité des cas de nombreuses jonctions communicantes permettant une coordination fonctionnelle
- **Léiomyocytes vasculaire**: Paroi des vaisseaux, activité contractile et activité sécrétoire de molécules matricielles. Agencement annulaire dans les artérioles et longitudinal dans les veinules
- **Cellules regroupées en muscle bien individualisé**: peu nombreux

CONTRACTION

Organisation de l'innervation

- Le **nerf** se divise en branche dans le **périmysium** → **Innervé jusqu'à 100 rhabdomyocytes**
- Les **axones** se ramifient dans l'**endomysium** → Arborisation terminale au niveau de la plaque motrice → **Toucher le + de myofibrilles et de sarcomères différents**

Unité motrice = motoneurone alpha + différents myocytes (innervation par ses ramifications axonales)

Jonction neuromusculaire : Bouton terminal pénètre dans la gouttière synaptique, contenant des fentes synaptiques secondaires (appareil sous-neural de Couteaux)

Mécanisme moléculaire de la contraction :

- **Arrivée de l'influx nerveux** à l'extrémité axonale
- **Ouverture des canaux ioniques voltage dépendant** (canaux calciques)
- **Libération de Ca²⁺** dans le bouton synaptique
- **Fusion** des vésicules synaptiques avec l'axolemme
- **libération acétylcholine** dans la fente synaptique
- **Liaison** acétylcholine-récepteur ligands dépendants → **entrée Na⁺** → Dépolarisation et PA qui se propage le long du sarcolemme et dans les Tubules T
- **Ouverture canaux calciques** des citernes terminales → libération ions Ca²⁺
- **Fixation Ca²⁺ sur les sous-unités Tn-C** → changement de conformation de la troponine → déplacement tropomyosine → démasquage site de liaison actine/myosine
- **Contact actine/myosine** : activité ATPasique au niveau des tête de myosine → changement orientation tête de myosine → Glissement des myofilaments fins vers le centre du sarcomère
- **Fixation d'une nouvelle molécule d'ATP** → détachement myosine de l'actine
 - **Raccourcissement des sarcomères**
 - La longueur des myofilaments épais et fins reste constante
 - Bande A: taille inchangée
 - Demi bande I: taille diminuée
 - Les stries Z se rapprochent

Mécanisme

Dépolarisation **spontanée** au niveau du **nœud sinusal** (rythme) → Empreinte le **tractus internodal** → **nœud auriculo-ventriculaire** → **Tronc du faisceau de His** → Propagation le long des **deux branches du faisceau de His** → Fibres de **Purkinje**

Innervation

La contraction est **involontaire**. Elle est lente, durable

Les terminaisons libres des fibres nerveuses cholinergiques et adrénergiques du système nerveux végétatif correspondent aux extrémités axonales présentant des **renflements successifs (varicosités synaptiques)**, à distance du sarcolemme et **sans différenciation synaptique** **+++**

Têtes de myosine tout le long du myofilament épais

Mécanisme moléculaire de la contraction

Glissement des myofilaments fins avec les myofilaments épais donc idem que pour le rhabdomyocyte sauf **mécanisme induisant interaction actine/myosine**

- **Entrée Ca²⁺** (Par les canaux calciques voltages dépendants stockant le Ca²⁺ dans les **cavéoles + Réticulum sarcoplasmique**)
- Liaison à la **calmoduline** et changement de conformation de la calmoduline
- Calmoduline active la **MLC-K** (kinase) → **phosphorylation des chaînes légères de myosine**
- **Modification conformation des têtes de myosine** → Hydrolyse de l'ATP et établissement du pont actine-myosine
- Le glissement entre les myofilaments est renforcée par la libération d'ADP +Pi
- Retour à l'**état relâché suite à une déphosphorylation** des chaînes légères de myosine par la **MLC- P** (phosphatase endogène Ca²⁺ indépendante)

