

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

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

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

# TYPE 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 fatiguable

## Fibre blanches de type IIb

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

## 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 vasculaires**: 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 Ca<sup>2+</sup>** dans le bouton synaptique
- **Fusion** des vésicules synaptiques avec l'axolemme
- **libération acétylcholine** dans la fente synaptique
- **Liaison** acétylcholine-récepteur ligands dépendants → **entrée Na<sup>+</sup>** → Dépolarisation et PA qui se propage le long du sarcolemme et dans les Tubules T
- **Ouverture canaux calciques** des citernes terminales → libération ions Ca<sup>2+</sup>
- **Fixation Ca<sup>2+</sup> 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 Ca<sup>2+</sup>** ( Par les canaux calciques voltages dépendants stockant le Ca<sup>2+</sup> 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 Ca<sup>2+</sup> indépendante)

