



Le tissu musculaire strié squelettique



1. Introduction aux tissus musculaires

Les muscles sont composés de cellules aux **propriétés contractiles** (cad qu'elles peuvent se contracter, se raccourcir) appelées **myocytes**. Ainsi, leur rôle est de produire un mouvement, en transformant de l'**énergie chimique** en **énergie motrice**. La capacité de ces cellules à se contracter dépend des **protéines contractiles** qui les composent, ainsi que de leur organisation.

Ces **myocytes** peuvent suivre **plusieurs modes d'organisation** : **pluricellulaire** ou **unicellulaire**.

Organisation pluricellulaire	Organisation unicellulaire
<p>Les myocytes forment une organisation en tissu, en organe.</p> <p>Ex : les muscles squelettiques, le coeur ou les muscles lisses dans la paroi des viscères.</p>	<p>Les myocytes sont isolés et leur structure est proche de celle des <u>muscles lisses</u>.</p> <p>Ex :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les cellules myoépithéliales : au niveau des épithéliums glandulaires, pour expulser les sécrétions. - Les péricytes : autour de l'endothélium afin d'assurer le tonus vasculaire. - Les myofibroblastes : dans les TC
<p>Organisation pluricellulaire</p>	<p>Organisation unicellulaire</p>

(Pour cette tut rentrée on parlera uniquement des muscles striés squelettiques, je vous sortirai ensuite une fiche sur les muscles lisses et une autre sur le muscle cardiaque, alors maintenant place au vif du sujet!)



Faire des rêves d'histooo
C'est voyager dans le ♪
♪ ciiiiiiiiiel ♪ ♪
Laisse la bioch sur le sol
Et comme un rossignol,
Tu t'envoles, Tu
t'envoles, Tu t'envoles !
♪ ♪ Tu t'envoles, ♪ ♪

2. le rhabdomyocyte, la cellule du tissu musculaire squelettique

Le tissu musculaire squelettique est composé de cellules appelées rhabdomyocytes, dont il faut connaître les caractéristiques morphologiques :

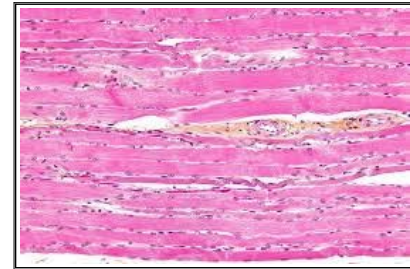
- **Cylindrique** aux **bords parallèles**

- **10 à 100 micromètres de diamètre (grosse cellule)**, elle peut atteindre une longueur de 30 cm, c'est donc une cellule qui peut être très longue.

- Sa membrane plasmique se nomme le **sarcolemme**, elle repose sur une **lame basale**. Et son cytoplasme est appelé **sarcoplasme**.

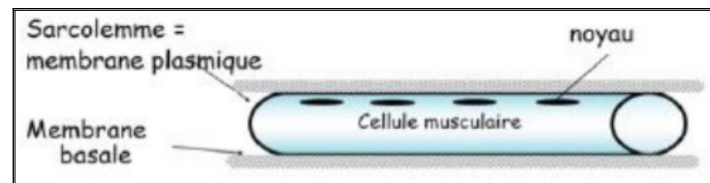
- Son sarcoplasme contient une **centaine de noyaux** (donc bcp) en **périphérie**, sous le sarcolemme.

- Le rhabdomyocyte s'attache aux **tendons** ou au **périnysium** et peut faire la longueur du muscle



Petite coupe en MO, vous voyez bien que les cellules sont longues et cylindriques. On voit bien les noyaux sous le sarcolemme (en violet)

(Apprenez les bien pour ensuite ne pas les confondre en qcm avec les cellules musculaires lisses et cardiaques)



Maintenant nous allons voir POURQUOI les rhabdomyocytes sont constitués ainsi ?

Pourquoi les rhabdomyocytes sont-ils longs et riches en noyaux ?

Pour le comprendre, il faut connaître l'histoire de cette petite cellule *Père Castor raconte nouuus une histoire* : au cours de l'**embryogenèse**, lors de la **3ème semaine de vie**, les précurseurs des myocytes apparaissent par une étape de différenciation cellulaire: ce sont les **myoblastes**. Ceux-ci ont une morphologie différente des rhabdomyocytes :

- **Mononucléés** : ne contiennent qu'un seul noyau, situé **au centre de la cellule**
- **Fusiformes** (leurs bords ne sont PAS parallèles)

Photo de toi prêt à te battre jusqu'à la fin de la fiche :

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction est interdite.



Lors de la **8ème semaine de vie**, ces myoblastes entrent en **fusion** par centaines et forment un **myotube** (une très longue cellule). Cette cellule est un syncytium : un cytoplasme rempli de plusieurs noyaux. On retrouve alors la structure du rhabdomyocyte : aux bords parallèles et contenant des noyaux par centaines. Je sais je répète mais au moins vous vous en souviendrez

Pourquoi les noyaux se situent-ils en périphérie de la cellule ?

Cette fois on va parler de ce qui se trouve à l'intérieur du cytoplasme (#les **organites**). Les rhabdomyocytes possèdent une organite présente en **grande majorité : les myofibrilles**. Toutes ces myofibrilles forment :le **myoplasme**.

Celles-ci sont présentes dans le cytoplasme par centaines, et prennent donc de l'espace, **refoulant alors les noyaux à la périphérie**. Les noyaux c'est des miskines ils se sont juste fait teij par une armée de myofibrilles. Myoplasme 1 / 0 Noyaux...

Instant FOCUS sur la myofibrille : (on y reviendra c'est les stars du tissu musculaire)

- Une myofibrille a un diamètre d'environ 1 à 2 µm
- **L'unité fonctionnelle et contractile de la myofibrille est le sarcomère +++.**
- Toute anomalie au niveau de sa structure ou de son fonctionnement engendrera des pathologies musculaires.
- Les myofibrilles sont responsables de l'aspect strié en MO, elles sont composées d'une **succession de sarcomères**.

Le sarcoplasme contient de nombreux éléments importants.

* Premièrement, le sarcoplasme contient de nombreuses **mitochondries** : celles-ci occupent **2 %** du volume cellulaire environ. Le rôle est primordial : elles permettent la **production d'énergie** nécessaire à la contraction musculaire. Toute anomalie au niveau des mitochondries pourra causer des pathologies musculaires.

* Ensuite, le sarcoplasme des myocytes contient des **réserves d'énergie**, sous forme de **glycogène**.

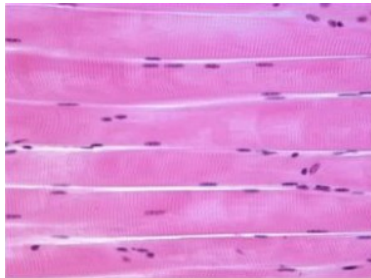
* Pour finir, le sarcoplasme contient des **protéines spécifiques** importantes pour le **fonctionnement des myocytes** :

* **La myoglobine** : une **chromoprotéine** (une protéine colorée). Elle est proche de l'hémoglobine et est capable de **fixer l'oxygène**.

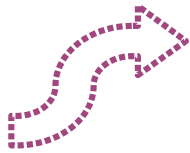
* **La dystrophine** : Elle s'accroche au sarcolemme et est très importante pour le **fonctionnement des myofibrilles**. (on va continuer d'en parler plus bas)

4. Aspect strié en microscopie optique

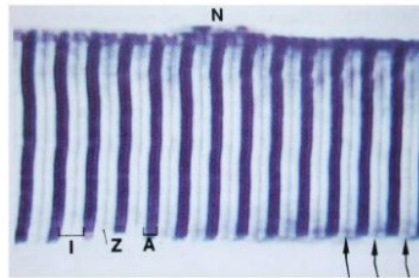
Dans muscle strié squelettique, on entend le mot STRIE, strié ? Mais pourquoi ? Tu vas voir c'est tout bête !



coupe longitudinale



ZOOM



coupe semi-fine

Le muscle strié squelettique a un aspect strié en **microscopie optique**. Tout d'abord en coupe longitudinale puis en grossissement supérieur en coupe semi-fine on visualise cette striation.

En coupe **semi fine** on voit une **alternance de bandes claires et sombres** dans la même cellule :

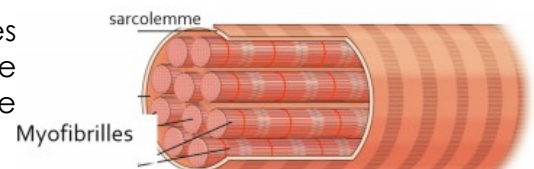
→ **Bandes claires = Bandes I (pour Isotrope)**, qui mesure **0,8 μm** de large.

→ **Bandes sombres = Bandes A (pour Anisotrope)** qui mesure **1.5 μm** de large.

→ Au **centre** de la **bande claire** on trouve une **fine strie sombre** appelée **strie Z**

Cet aspect strié est dû à la présence des **myofibrilles**.

En effet, les myofibrilles possèdent des **bandes claires** et des **bandes sombres**. De plus, les myofibrilles sont **parallèles** entre elles et **alignées**. Ce qui donne un aspect strié en microscopie optique comme sur les coupes que l'on vient de voir.



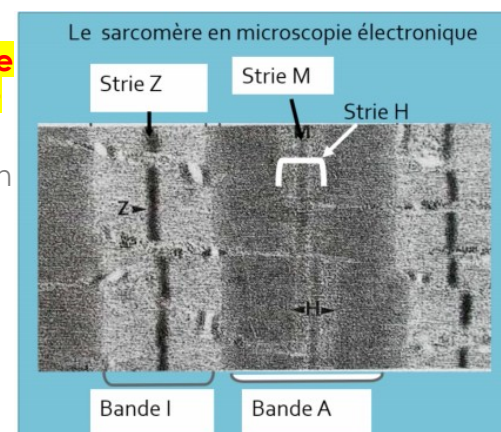
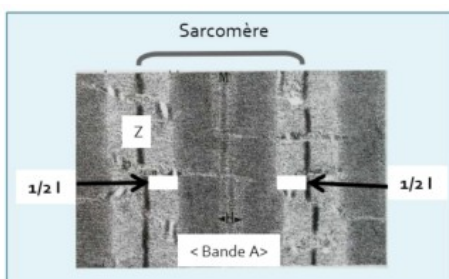
Pour comprendre d'où vient cette striation nous allons étudier les myofibrilles d'encore plus près, en microscopie électronique :

5. Le sarcomère : l'unité fonctionnelle contractile du myocyte

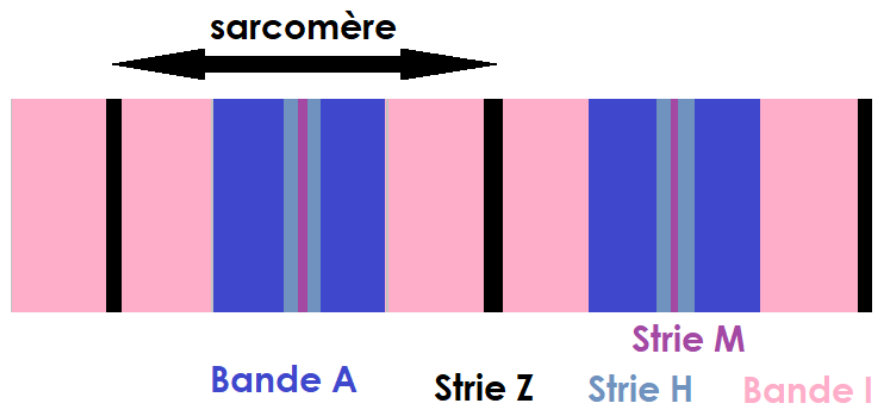
En microscopie électronique, on visualise l'alternance de bandes claires et de bandes sombres.

Un **sarcomère** se situe entre **deux stries Z** et mesure **2.5 μm de large**. Il est l'**unité contractile et fonctionnelle du myocyte**.+++++

Je vous ai fait un joli petit schéma pour comprendre la suite on se retrouve sur la page suivante....



Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.



C'est parti pour la recette d'un sarcomère bien réussi....

Dans un sarcomère on retrouve :

- * 2 demi bandes I de chaque côté
- * une bande A au centre
- * Les deux stries Z au milieu des bandes I, elles délimitent le sarcomère
- * Une strie H = strie de Hensen, plus claire au centre de la bande A
- * Une strie M, plus sombre au centre de la strie H

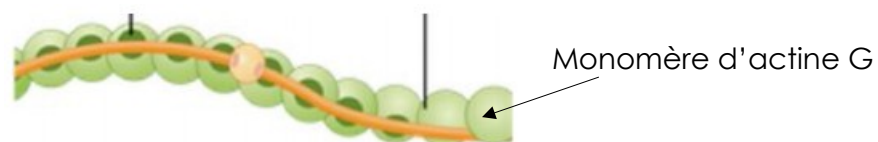
6 . Structure moléculaire du sarcomère

Le **sarcomère** est constitué de **myofilaments**. Il en existe deux types : les **myofilaments fins** et les **myofilaments épais**. Ces **myofilaments** sont constitués de **protéines contractiles**.

* Myofilaments fins

Les myofilaments fins sont les plus petits, ils mesurent environ **1,5 µm de long et 5 à 6 nm de diamètre**. Ils sont **attachés à la strie Z**. Ils sont constitués d'une **protéine contractile : l'actine**. L'actine est une **protéine de faible poids moléculaire** de 42 kDa.

Mais dis moi Jammy... A quoi il ressemble ce myofilament fin ? A ça mon grand :



Les **myofilaments fins** se composent d'**actine** sous forme globulaire : des **monomères d'actine G** (G comme globulaire si ça peut t'aider mon petit). Ces monomères se **polymérisent** pour former **l'actine F** : pour donner un **filament**. (F comme filament)
Ce filament final a la forme d'une double hélice. (Because les monomères d'actine G de 166 degrés par rapport à l'axe du filament).
Pour finir, chaque **monomère d'actine G** possède un site de fixation pour la **myosine** (en vert foncé).

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.

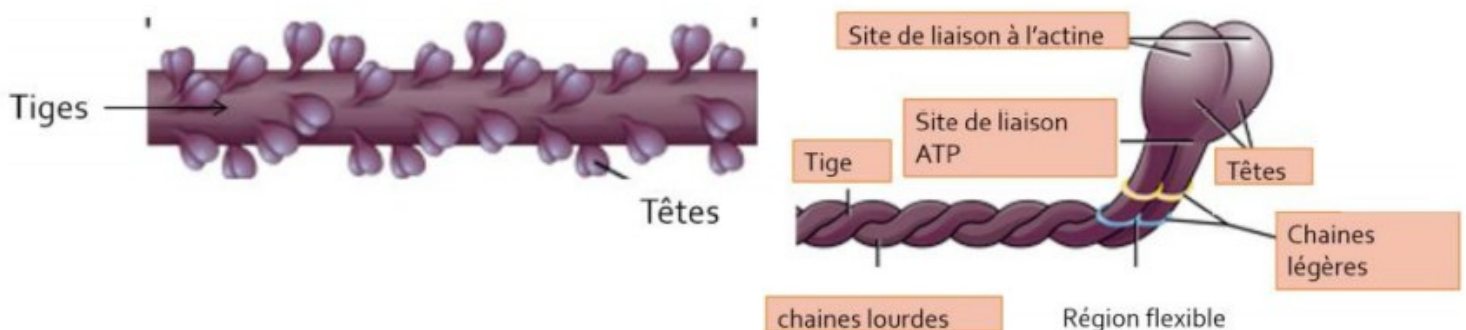
Cé koiiii la myosine ? Ça arrive mon chou ! La partie myofilament épais arrive...

Pour terminer, on va voir où se trouvent les **myofilaments fins** au sein même du **sarcomère** : Tout d'abord dans la **bande I** : qui ne contient **que** des filaments **fins**. Les myofilaments fins sont **attachés à la strie Z**. (strie Z = au milieu de la bande I remember) Les myofilaments fins de **deux sarcomères successifs** sont reliés au niveau de la **strie Z** et s'accrochent entre eux grâce à l'**alpha-actinine**.

* **Myofilaments épais**

Le **filament épais** est constitué d'une protéine : **la myosine**. Elle a une longueur de 200 nm, une largeur de 2 nm et ressemble à une **crosse de hockey**. Elle a une masse moléculaire de 120 kDa. (c'est donc une molécule beaucoup plus grosse que l'actine)
Voyons maintenant de quoi est constituée la **myosine** :

2 chaînes lourdes	4 chaînes légères
Elles s'enroulent l'une autour de l'autre en hélice alpha pour former la tige de la protéine A l'extrémité NH2 de la protéine, chaque chaîne lourde s' enroule en motte pour former une tête globuleuse (2 chaînes lourdes = 2 têtes)	Elles s' associent aux chaînes lourdes au niveau de la tête . Elles y apportent de la rigidité . On a donc 2 chaînes légères pour une chaîne lourde.



Il existe 2 sites très particuliers au niveau de la **myosine** qui sont situés au niveau de la **tête** :

- * un **site de liaison à l'actine**
- * **site d'activité ATPase** dépendant de l'**actine**.

Un **myofilament épais** contient **300 à 400** molécules de myosine. Celles-ci ne sont pas agencées n'importe comment pour former le filament :

Les tiges sont disposées de façon **parallèle** les unes aux autres. Les **têtes** sont disposées tout **autour de l'axe de la tige**, dans une position **héllicoïdale**.

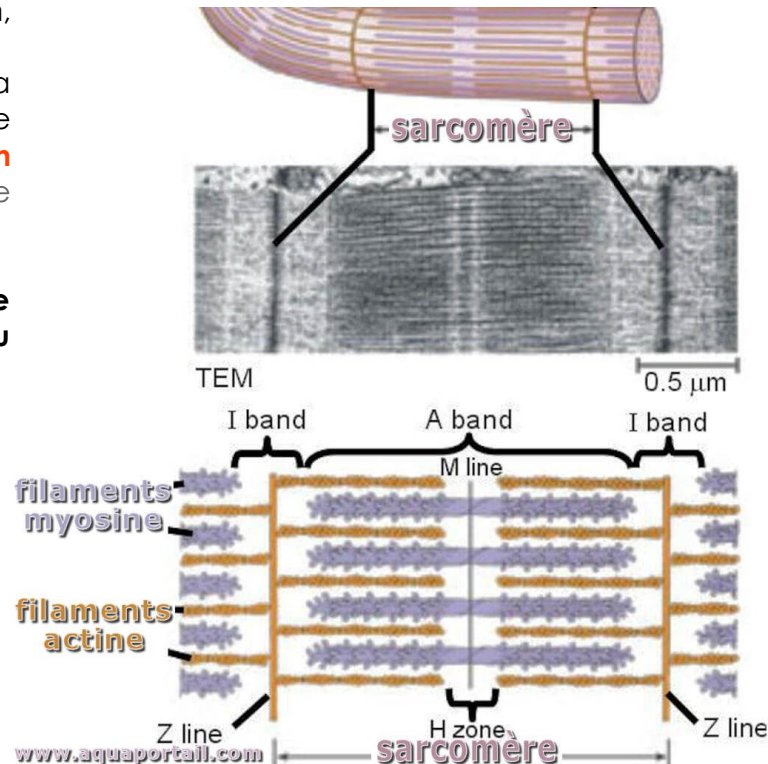
Maintenant voyons comment s'agencent les myofilaments épais au sein du sarcomère :

Les myofilaments **épais s'associent deux par deux**, au niveau de l'**extrémité de leur tige**. Ainsi, ils s'étirent et occupent la **totalité de la bande A**. (au centre du sarcomère).

De plus, on voit qu'au niveau de cette **jonction**, les **têtes** de myosine sont **absentes**.

Si l'on regarde l'aspect du sarcomère, la **bande H** est donc **dépourvue de tête** de myosine et la **strie H**, est le lieu de **jonction** entre **myofilaments épais** (ce qui donne une strie sombre).

Petit schéma pour que vous compreniez bien le lien entre image en ME et la composition du sarcomère.



7. Les autres protéines contractiles

Après l'actine et la myosine, il existe encore deux autres protéines contractiles au niveau du sarcomère :

La Tropomyosine :

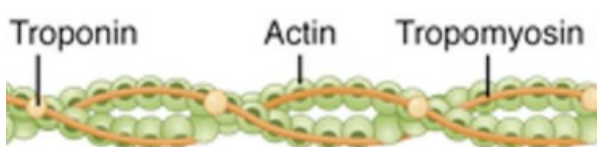
C'est une molécule longue et fine (~40 nm), constituée de **deux chaînes polypeptidiques**. Elle se **fixe** dans la **gouttière** du myofilament d'**actine** et le **stabilise**.

La troponine : c'est une protéine **globulaire** qui est constituée de **3 sous-unités** :

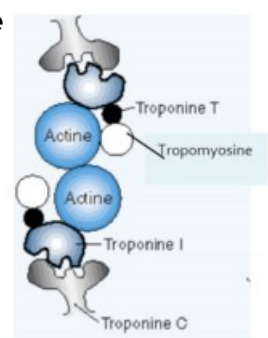
La troponine T : qui se lie à la **tropomyosine**

La troponine C : elle fixe les ions **calcium**

La troponine I : elle **masque** le **site de liaison** à la **myosine** situé **sur l'actine**



Chaque molécule de **tropomyosine** est en **rapport** avec un complexe de troponine. Ce complexe de **troponine** se situe en **regard** de **chaque tête de myosine** pour empêcher leur **fixation**.



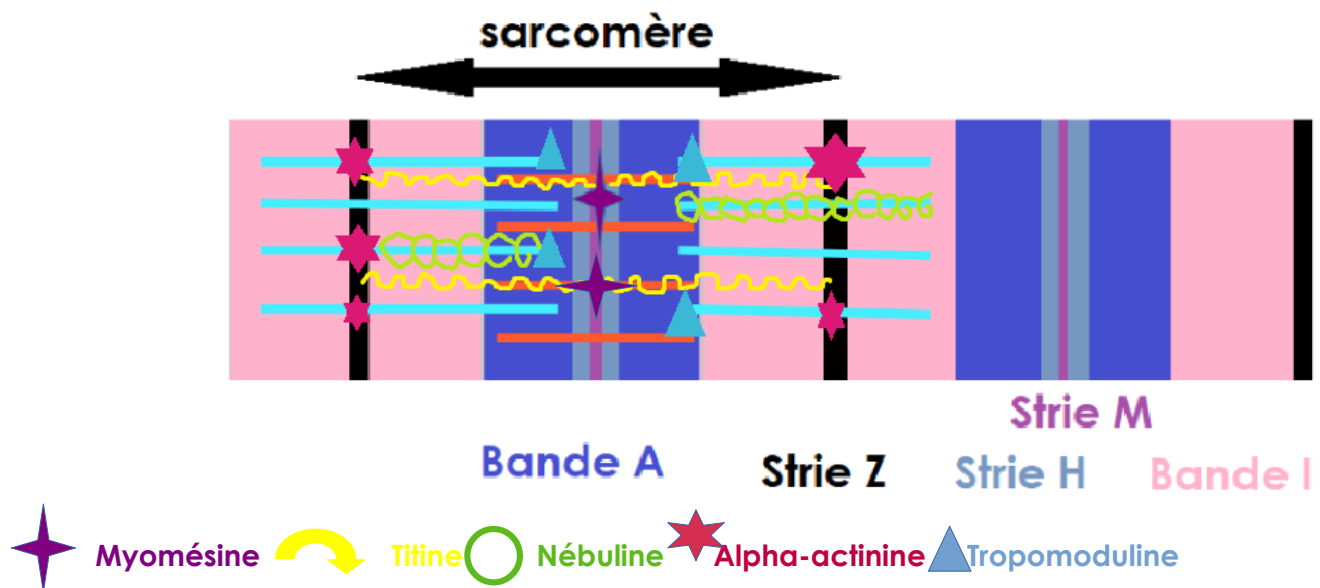
Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.

8. Attachement des myofilaments

Au niveau des sarcomères, il existe d'autres molécules très importantes, faisant partie du **cytosquelette** et qui permettent le **maintien** de **l'organisation structurale et spatiale du sarcomère**.

Ces **protéines** permettent l'**attachement** des **myofilaments** à la **strie Z** et permettent l'**attachement** des **myofibrilles** au **sarcolemme** et à la **matrice extracellulaire**. Voici les protéines qui sont impliquées :

La myomésine= protéine M	Relie les myofilaments entre eux au niveau de la strie M
La titine	Elle ancre les myofilaments épais à la strie Z, maintient leur alignement et s'oppose à l'étirement excessif du sarcomère. Elle s'étire de la strie Z à la strie M.
La nébuline	S'enroule autour du myofilament fin pour guider la polymérisation de l'actine.
L'alpha-actinine	Elle accroche les myofilaments fins d'actine à la strie Z
La tropomoduline	Stabilise la longueur du filament d'actine



Petit schéma réalisé par mes soins (please soyez indulgent une heure sur paint ca se respecte), si ça vous aide regardez le sinon aprenez par coeur)

Ca c'est tes neurones affolées devant tous ces noms farfelus :



Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.

9. Attachement des myofibrilles

Le sarcomère est relié au sarcolemme et à la matrice extra cellulaire via **3 protéines** :

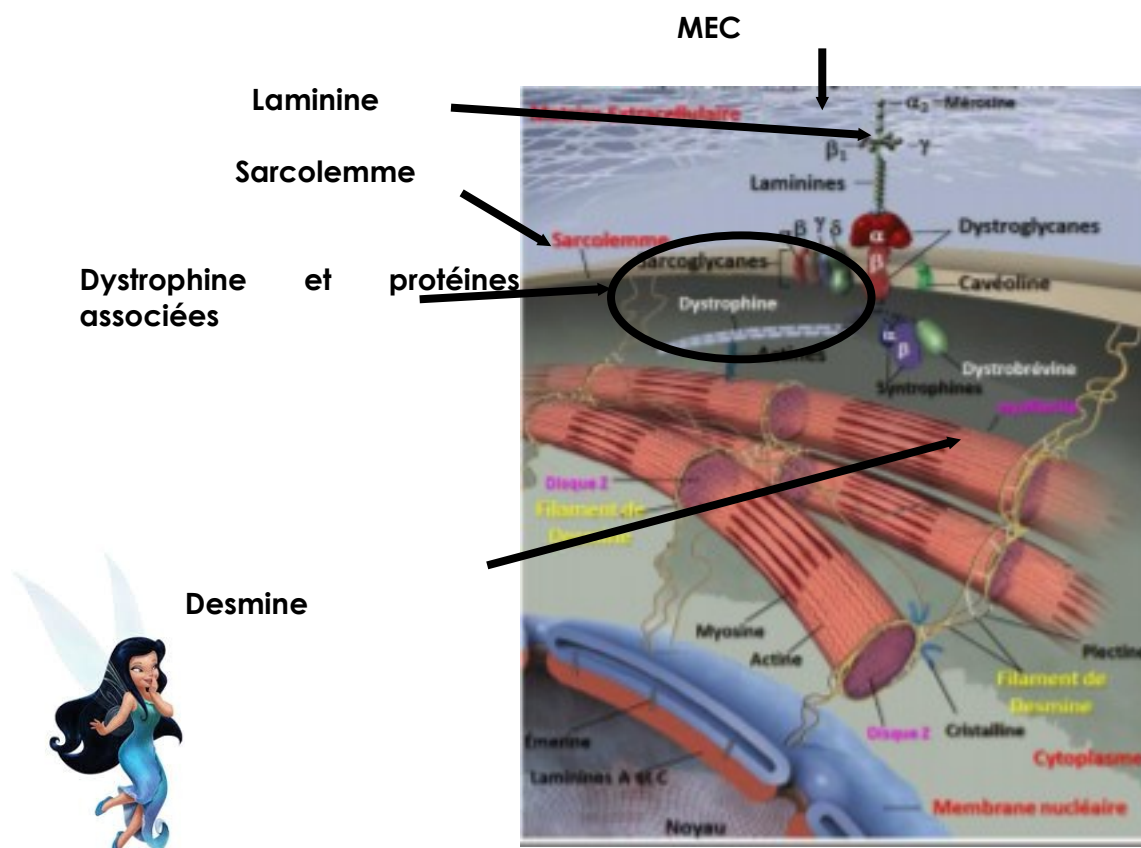
* **La desmine** : elle relie les **myofibrilles** entre elles, ainsi qu'au **sarcolemme** et à l'**enveloppe nucléaire**. Elle se situe au niveau de la **strie Z** et ressemble à une échelle.

* **La dystrophine et les protéines associées** : forment un **complexe sous** la **membrane plasmique** qui permet l'ancrage des myofibrilles au sarcolemme et à la membrane basale.

Instant patho : Le gène codant la **dystrophine** se situe sur le chromosome **X** peut être modifié par des **mutations**. Cela modifie l'activité de la protéine et engendre une altération de l'**attachement des myofibrilles au sarcolemme**.

Le **sarcomère** est alors endommagé et la **contraction musculaire** est affectée. De telles mutations causent des maladies comme la **Myopathie de Duchenne** qui est la **myopathie héréditaire la plus fréquente**.

* **La laminine** : rattache le **complexe des protéines de la dystrophine** à la **matrice extracellulaire**



Nous avons vu la structure des myofibrilles, du sarcomère (unité contractile des myocytes je vais vous saouler avec ça), il reste encore des organites/structures importants pour la contraction musculaire :

9. Sarcolemme et tubules T

** Sarcolemme

Le **sarcolemme** possède plusieurs éléments essentiels au bon fonctionnement du myocyte :

- De nombreux **récepteurs aux neurotransmetteurs** et aux **hormones** : ils permettent au myocyte de recevoir le **signal de dépolarisation** et de le **propager**. (pas de dépolarisation = pas de contraction don't worry on verra ça plus tard dans la contraction musculaire)
- **Des transporteurs de glucose : GLUT1 et GLUT 4**

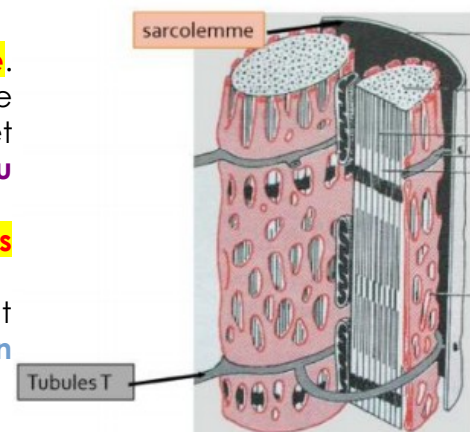
Ainsi, **l'insuline, l'hypoxie et l'exercice musculaire** stimulent l'entrée de glucose dans le myocyte : le glucose apportant de l'**énergie** à la cellule.

** Tubules T

Les **tubules T** correspondent à des **invaginations du sarcolemme**. Ces invaginations s'organisent en **un réseau de tubules** et de **canalicules**, qui **pénètrent à l'intérieur du cytoplasme** et cheminent **autour** des **myofibrilles**, **entre** les **citernes terminales du réticulum sarcoplasmique**.

Les **tubules T** se situent au niveau de la **jonction A/I des sarcomères**.

Mais dis moi, à quoi ça sert un tubule T ? Les tubules T possèdent de **nombreux canaux calciques** qui serviront dans la **transmission de l'onde de dépolarisation**.



10. Le réticulum sarcoplasmique

Le **réticulum sarcoplasmique** est constitué de **citerne transversales** : les **citernes terminales** dont on vient de parler. Celles-ci contiennent du **calcium** et sont **reliées** entre elles par un système de **tubes longitudinaux moulés sur les myofibrilles**.

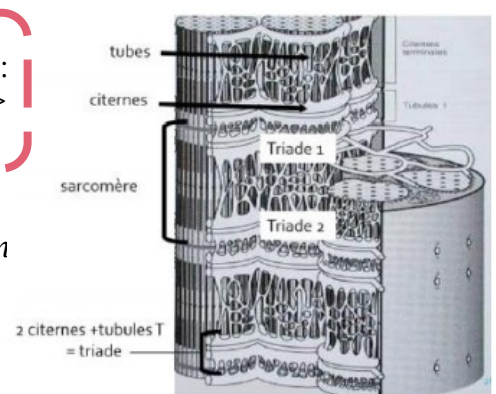
Important++++ :

Les **tubules T** et les **citernes terminales** forment une structure à retenir : **la triade**

- Une **triade** = **2 citernes terminales** associées à **1 tubule T**.
- Une **triade** se situe au niveau de la **jonction entre les bandes A et I**.
- **1 sarcomère contient 2 triades**.

Petit récap : pour vous aider et faire le lien avec la suite

Si on regarde de plus en plus près notre muscle en zoomant :
Muscle > Faisceaux musculaires > tissus > rhabdomyocytes > myofibrilles > Sarcomères > Myofilaments



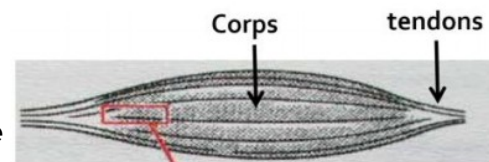
Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou ven

Maintenant que nous avons vu à quoi ressemblait le muscle en microscopie, puis au niveau moléculaire, nous allons rapidement étudier le muscle dans sa globalité : à l'échelle macroscopique

11. Etude macroscopique du muscle strié squelettique

D'un point de vue macroscopique, un muscle est constitué de deux parties :

- au **centre le corps**
- aux **extrémités les tendons** qui rattachent le **muscle au squelette**



Les muscles striés squelettiques représentent **25 %** du poids du corps à la **naissance** puis **45 %** à l'âge **adulte**.

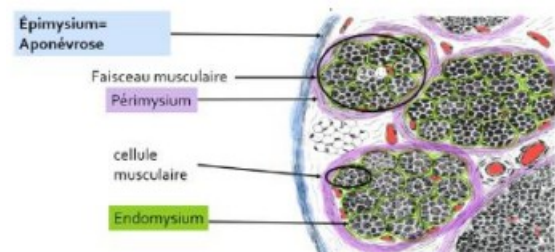
Si on coupe transversalement un muscle (comme si on faisait des tranches de saucisson avec ton biceps si tu veux), on verra **4 composantes** : une composante **conjonctive**, une composante **musculaire** (logik), une composante **vasculaire** et une composante **nerveuse**.

*Composante musculaire et conjonctive

Le **corps** du muscle est entouré d'un tissu conjonctif appelé **épimysium (ou aponévrose)**. L'**épimysium** émet de cloisons conjonctives qui vont entourer les **faisceaux** de ce muscle. Ce tissu conjonctif entourant les **faisceaux** s'appelle le **périmysium**. Enfin, le **périmysium** émet également des cloisons conjonctives pour entourer individuellement **chaque cellule** : c'est l'**endomysium**.

Récap :

Epimysium = corps du muscle
Perimysium = faisceau de muscle
Endomysium = cellule musculaire



*Composante vasculaire

Afin de couvrir ses **besoins énergétiques** (et oui il faut de l'oxygène et du glucose pour alimenter tes saillants quadriceps quand tu cours après ton bus), le muscle strié squelettique est **richement vascularisé**. Nous allons voir que la composante vasculaire traverse la composante conjonctive dont nous venons de parler :

Ainsi de **volumineuses artères** traversent l'**épimysium** puis se ramifient dans les cloisons du **périmysium** : ce sont les **artères périmysiales**.

Les **artères périmysiales** continuent leur petit chemin et se ramifient dans les **cloisons de l'endomysium** pour donner naissance à un **vaste réseau de capillaire sanguins**.

Chaque capillaire sanguin vascularise une seule cellule musculaire.

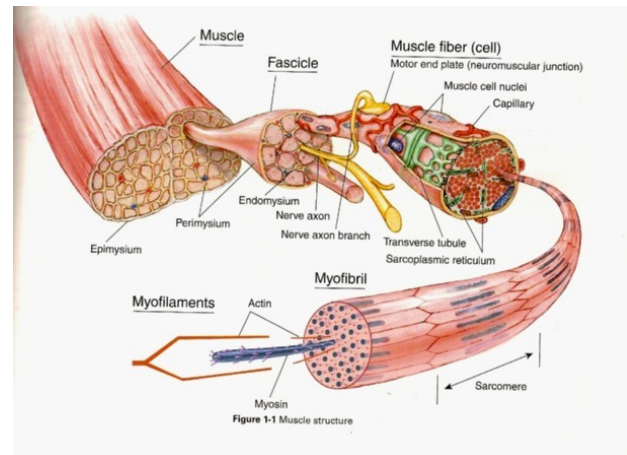
*Composante nerveuse

La composante **nerveuse** est de **deux types** : **motrice** et **sensitive**.

-La composante **sensitive** est sensible à l'**étirement du muscle**

-La composante **motrice** sert à la **contraction**.

Les trajets des **nerfs** sont semblables à ceux de la **vascularisation**. Ainsi, les **nerfs de gros calibres** traversent l'**épimysium**, se ramifient dans le **périmysium** et se ramifient encore dans l'**endomysium** pour être en **contact avec les cellules musculaires**.



THE END

C'était ma première fiche hésitez pas à venir donner votre avis sur le fofo, si vous avez des suggestions pour les prochaines soyez pas timides. La bizzzzz

Maintenant places aux dédicaces, 2 ans que j'attends ça :

Tout d'abord dédié à vous, d'avoir le courage d'entrer en première année de médecine, vous verrez au début ça sera dur de prendre le rythme et vous risquez de prendre peur mais promis vous allez vous y faire !

Très grosse dédicace à mes deux co-tut, on espère vous faire surkiffer l'histoire vous êtes pas prêts

Dédi à toute l'équipe du tut qui va vous rendre la vie plus belle

Dédi à Izy et Valentin mes parrains pref

Dédi à Yanis, le meilleur des vieux (allez le voir si vous avez besoin d'un test covid il est très doué pour perforer les narines)

Dédi à ma Léa, qui a rendu les journées à la BU bien plus belles

Dédi à ma zaza qui m'a encouragée pendant ces 2 PACES

Dédi à mon paillassou gang même s'ils verront jamais ma dédicace

Dédi à mon copain qui a toujours cru en moi

Dédi à toute ma petite famille qui était toujours là (c'est précieux)

Dédi enfin à tonton Flo qui aurait été fier de lire ma première fiche ☆



Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.