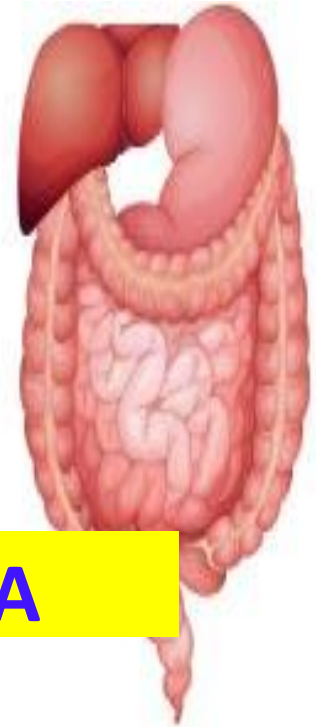
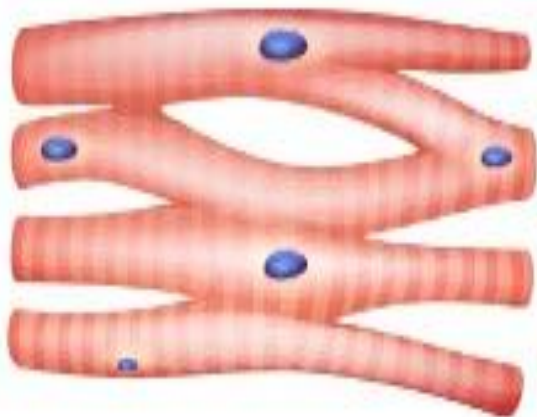


PHYSIOLOGIE DU MUSCLE



Dr KAYOUECHE FATIMA ZOHRA



Muscle cardiaque



Muscle squelettique



Muscle lisse

INTRODUCTION



Le tissu musculaire représente presque la moitié de notre masse corporelle.

Chez les animaux et l'homme la mobilité est l'apanage de cellules particulières allongée : les fibres musculaires.

L'assemblage de ces fibres forme le muscle.

La principale fonction du tissu musculaire, est son aptitude à transformer une énergie chimique (sous forme d'ATP) en énergie mécanique ainsi, les muscles sont capables d'exercer une force.

Les muscles sont les moteurs de l'organisme, il s'agit des muscles squelettiques.

INTRODUCTION



Il existe trois types de muscles :

1. les muscles squelettiques,

2. le muscle lisse et

3. le muscle cardiaque

GENENRALITES



- Les muscles sont différents de part :
- + la structure de leurs cellules,
 - + leurs situation dans le corps,
 - + leurs fonction et le mode de déclenchement de leur contraction.

LE MUSCLE STRIE SQUELETTIQUE



Les MS ont plusieurs fonctions :

- **la production des mouvements,**
- **le maintien de la posture,**
- **la stabilisation des articulations**
- **la production de chaleur.**

Pour remplir ses fonctions, le muscle squelettique possède 4 propriétés

Caractéristiques fonctionnelles des muscles



- **L'excitabilité** : est la capacité de percevoir un stimulus et d'y répondre. Le stimulus peut être un neurotransmetteur libéré par une cellule nerveuse
- **La contractilité** : est la capacité de se contracter avec force en présence de la stimulation appropriée
- **L'extensibilité** : on peut les étirer au-delà de leur longueur de repos.
- **L'élasticité** : est la possibilité qu'ont les fibres musculaires de reprendre leur longueur de repos lorsqu'on les relâche.

LE MUSCLE STRIE SQUELETTIQUE



*Le tissu musculaire squelettique s'active par la volonté, bien qu'il s'active parfois aussi par réflexe et il se caractérise par l'adaptation.

*Son activation dépend d'une synapse spécialisée:

la jonction **neuromusculaire** squelettique

LE MUSCLE STRIE SQUELETTIQUE



De l'extérieur à l'intérieur on a:

✚ Le fascia, recouvre les muscles d'un même groupe fonctionnel

✚ L'épimysium, enveloppe plusieurs faisceaux qui constituent le muscle

✚ Le périmysium, enveloppe chaque faisceau musculaire, qui contient des milliers de fibres musculaires

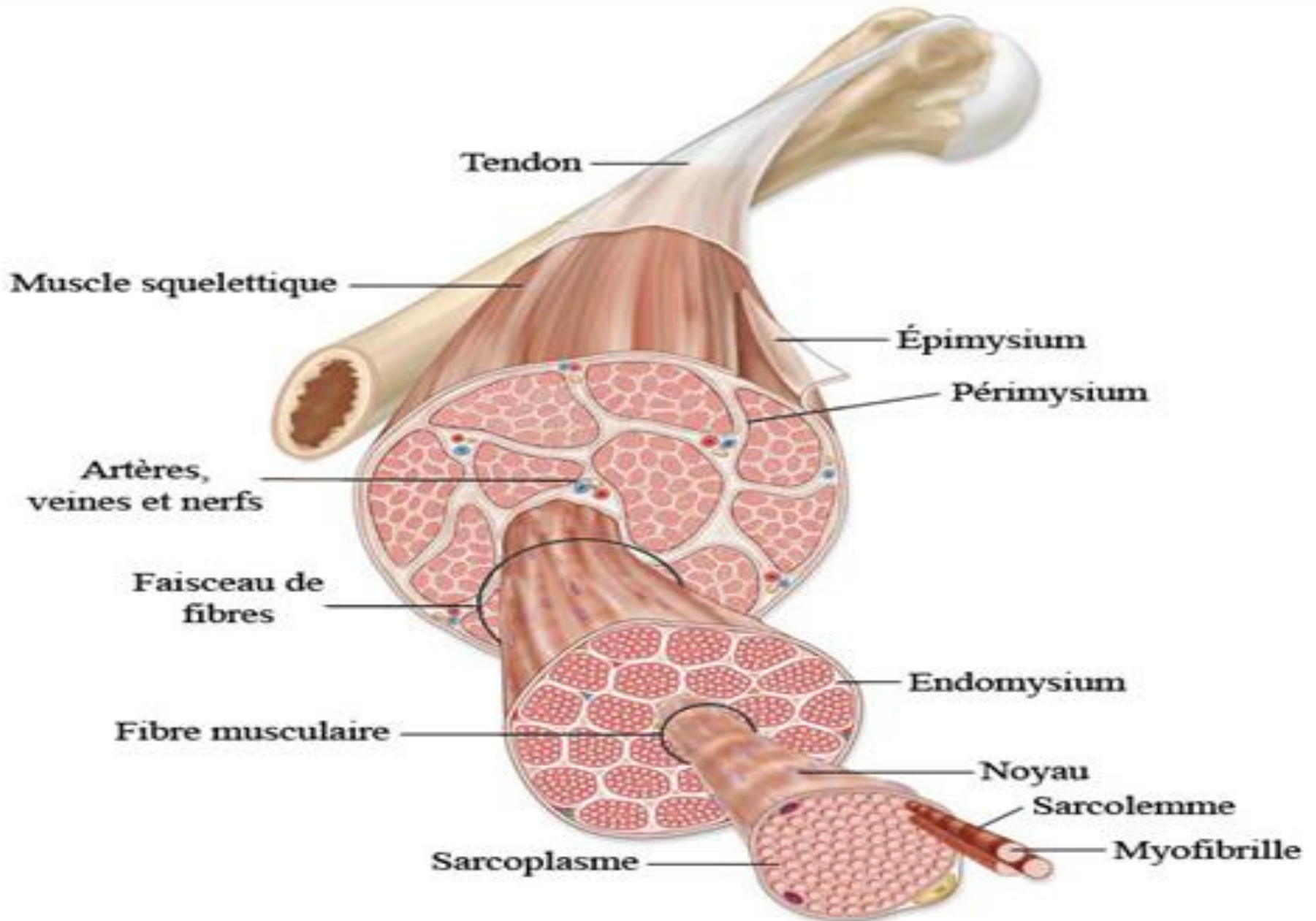
LE MUSCLE STRIE SQUELETTIQUE



✚ L'endomysium, revêtement conjonctif lâche entoure chaque fibre musculaire.

Ces gaines renforcent le muscle et sont le lieu d'entrée et de sortie des vaisseaux sanguins et des neurofibres

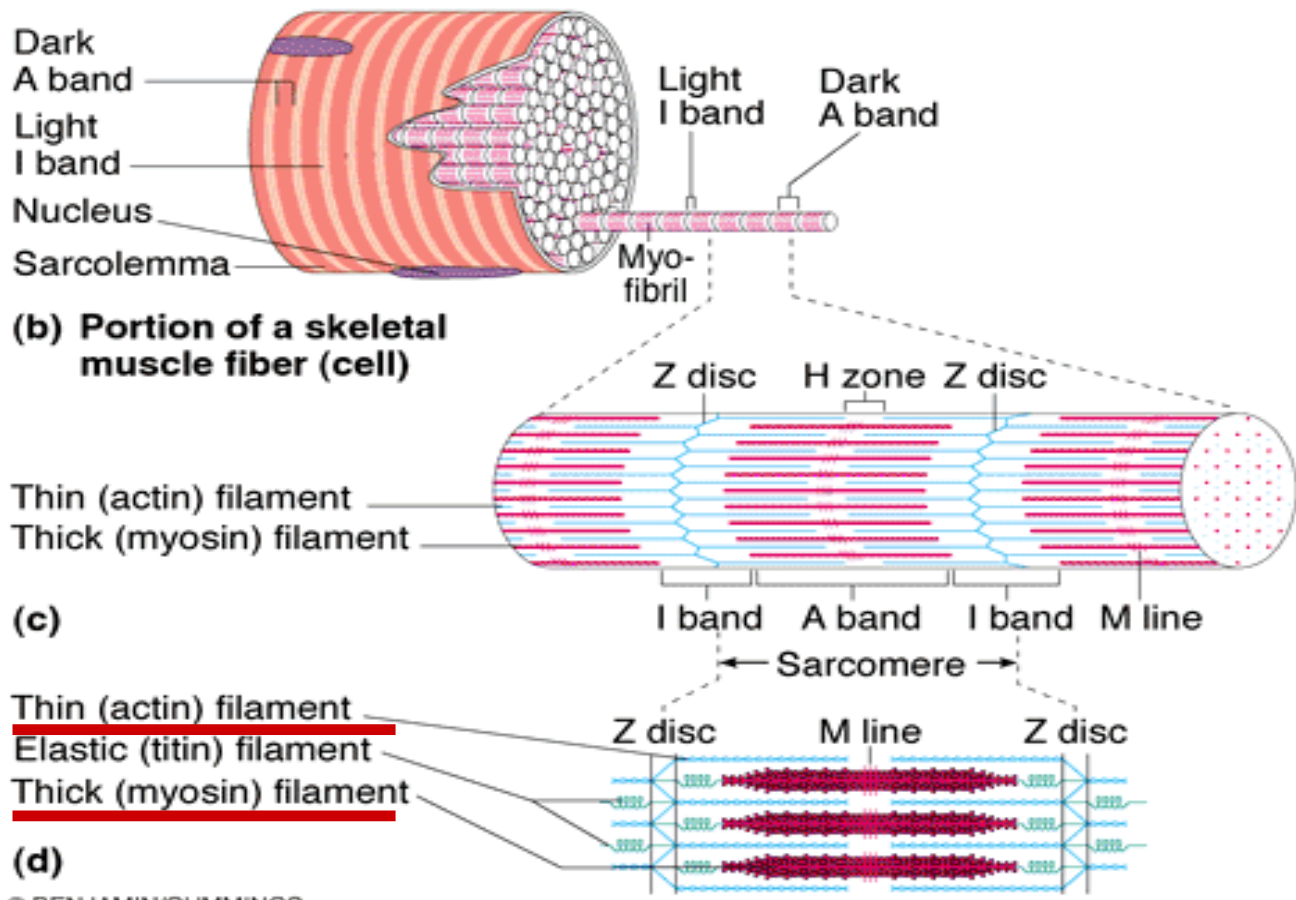
LE MUSCLE STRIE SQUELETTIQUE

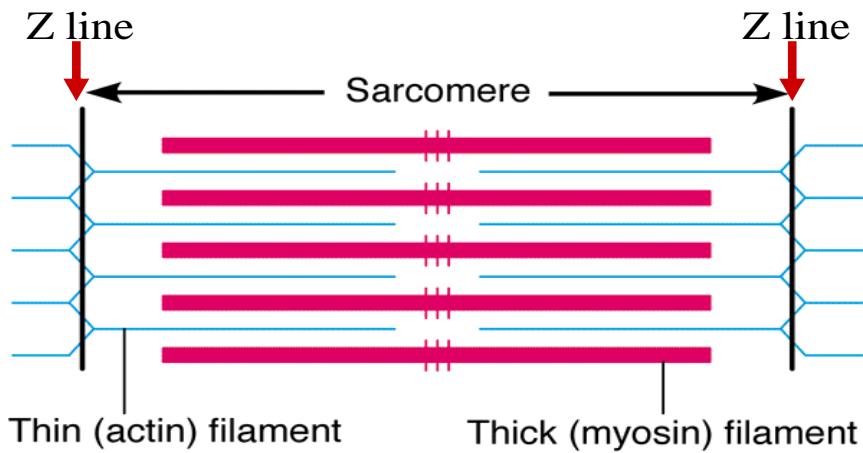




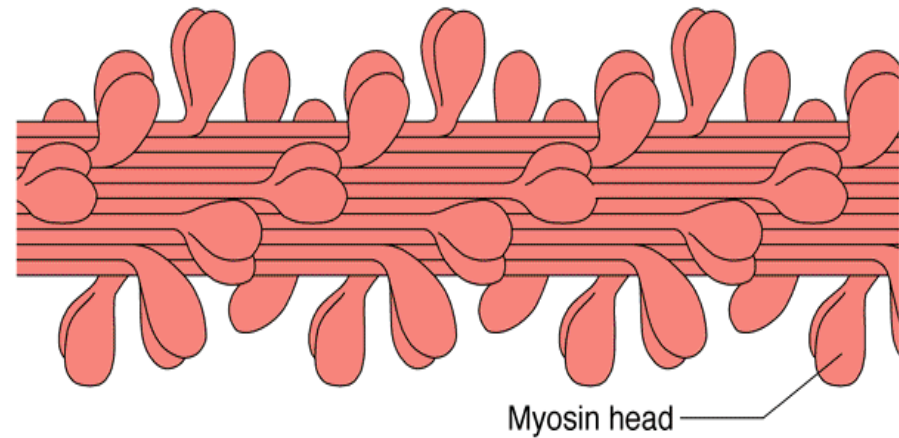
LE MUSCLE STRIE SQUELETTIQUE

Microstructure





© BENJAMINCUMMINGS

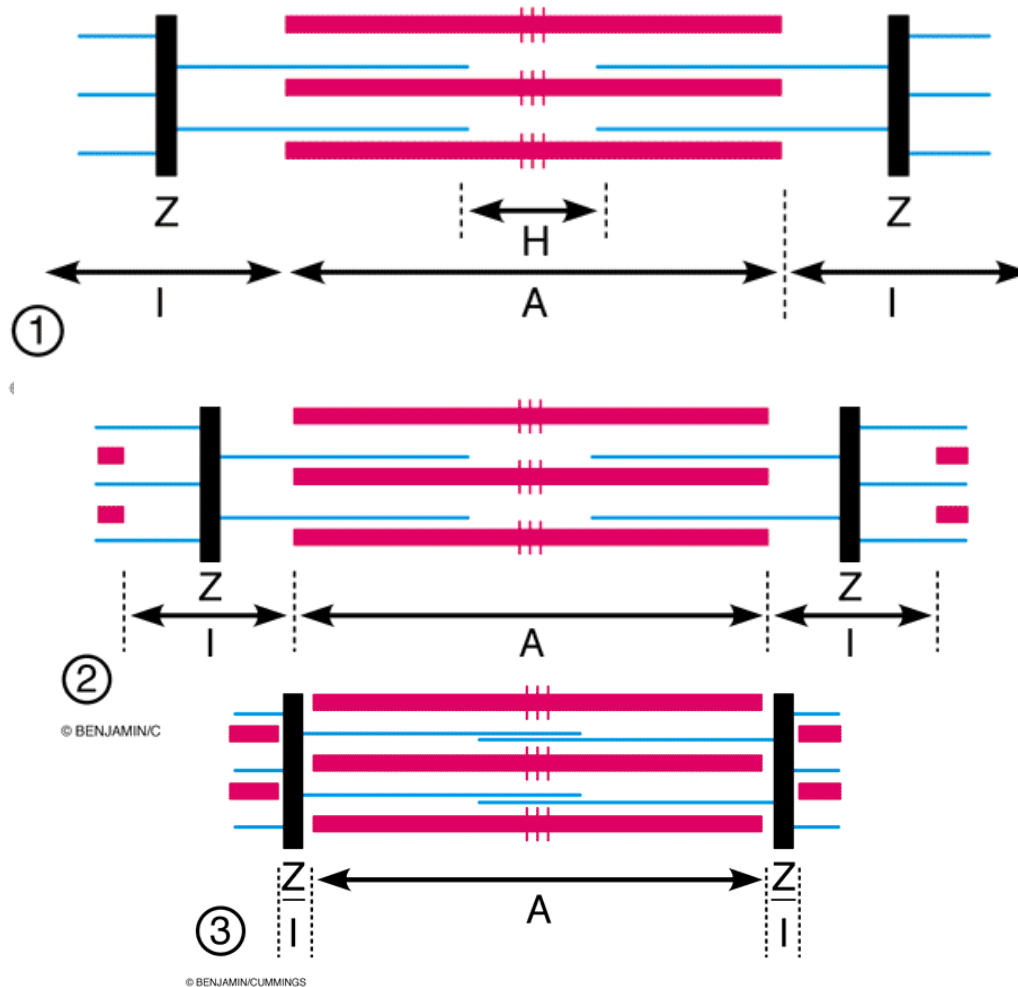


(b) Portion of a thick filament

© BENJAMINCUMMINGS

Représentation d'un sarcomère et de la myosine

MS/ La contraction musculaire



Théorie des filaments glissants

MS/ La contraction musculaire



En 1954, deux scientifiques Andrew Huxley et Rolf Niedergerke, ont constaté que la longueur de la bande A de myofibrille restait constante lors de la contraction.

La bande A représente le filament de myosine

Huxley et Niedergerke ont réalisé que la contraction ne pouvait pas être due à un raccourcissement de la molécule de myosine

Ils ont proposé un modèle qui est :

La théorie des filaments glissants

Glissement des filaments fins d'actine le long des filaments épais de myosine. Coup de rame (power stroke)



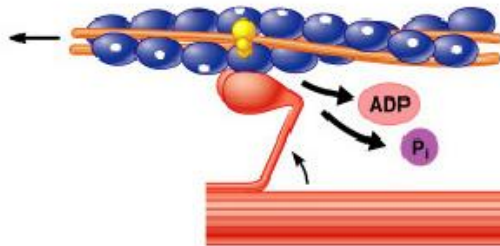
4) La liaison d'une nouvelle molécule d'ATP provoque la séparation de l'actine et de la myosine

ATP

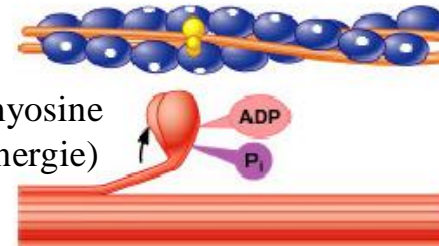
Filament fin (actine)

1) Hydrolyse de l'ATP

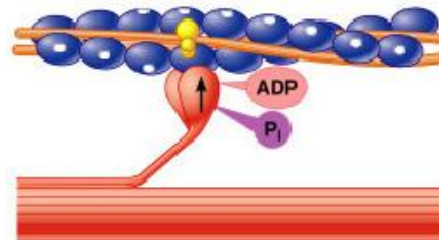
Filament épais (myosine)



tête de myosine (haute énergie)

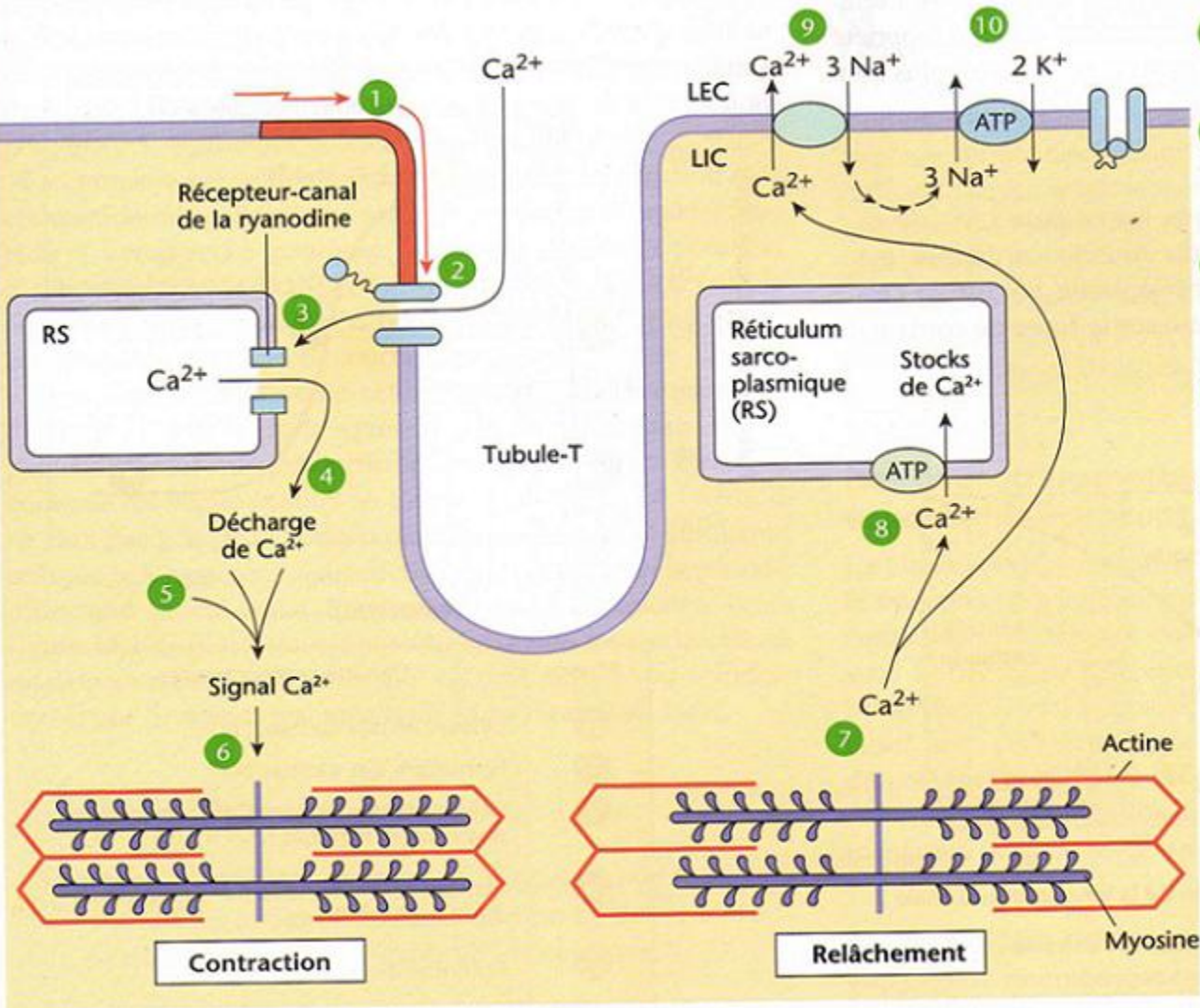


3) libération de l'ADP et du P_i : la myosine se détend et revient à son état de basse énergie, causant le glissement du filament d'actine



2) formation d'un pont actine-myosine

Le mécanisme moléculaire de contraction musculaire (Cummings, 2001)



- 1 Arrivée du potentiel d'action venant d'une cellule adjacente.
- 2 Ouverture des portes de canaux Ca^{2+} dépendant du potentiel et entrée de Ca^{2+} dans la cellule.
- 3 Le Ca^{2+} induit la libération de Ca^{2+} qui passe par des récepteurs-canaux de la ryanodine (RyR).
- 4 La libération locale cause la décharge de Ca^{2+} .
- 5 L'effet cumulé des décharges aboutit au signal Ca^{2+} .
- 6 La liaison d'ions Ca^{2+} à la troponine déclenche la contraction.
- 7 Le relâchement a lieu quand le Ca^{2+} se détache de la troponine.
- 8 Le Ca^{2+} rentre par pompage dans le RS pour y être stocké.
- 9 Échange du Ca^{2+} avec le Na^+ .
- 10 La différence de concentration de Na^+ est entretenue par la $\text{Na}^+-\text{K}^+\text{ATPase}$.

Couplage excitation-contraction et relâchement du muscle cardiaque.



Les étapes du couplage excitation-contraction ont lieu comme suit :

- Les potentiels d'action de la membrane de la cellule musculaire déclenchent la dépolarisation des tubules T**
- La dépolarisation des tubules T ouvre des canaux Ca^{++} dans le RS proche provoquant la libération de Ca^{++} par le RS dans le liquide intracellulaire**
- La concentration en Ca^{++} intracellulaire augmente**
- Le Ca^{++} se lie à la troponine C sur les filaments minces provoquant une modification conformationnelle de la troponime.**



- ✚ La tropomyosine se déplace latéralement pour que le cycle du pont transversal puisse commencer
- ✚ L'actine et la myosine se lient les têtes, du pont transversale basculent, les filaments minces et épais glissent l'un sur l'autre et l'ATP est hydrolysée
- ✚ Les ponts transversaux se rompent et une nouvelle molécule d'ATP se lie à la tête de la myosine et un nouveau cycle peut commencer
- ✚ Les cycles de formation des ponts se succèdent tant que le Ca reste lié à la troponine C



✚ La relaxation se produit quand la captation de Ca^{++} dans le RS abaisse $[\text{Ca}^{++}]$ intracellulaire.

✚ Le processus de captation du Ca^{++} consomme de l'ATP (comme pendant le cycle de formation du pont)



✚ Mécanisme du téтанos.

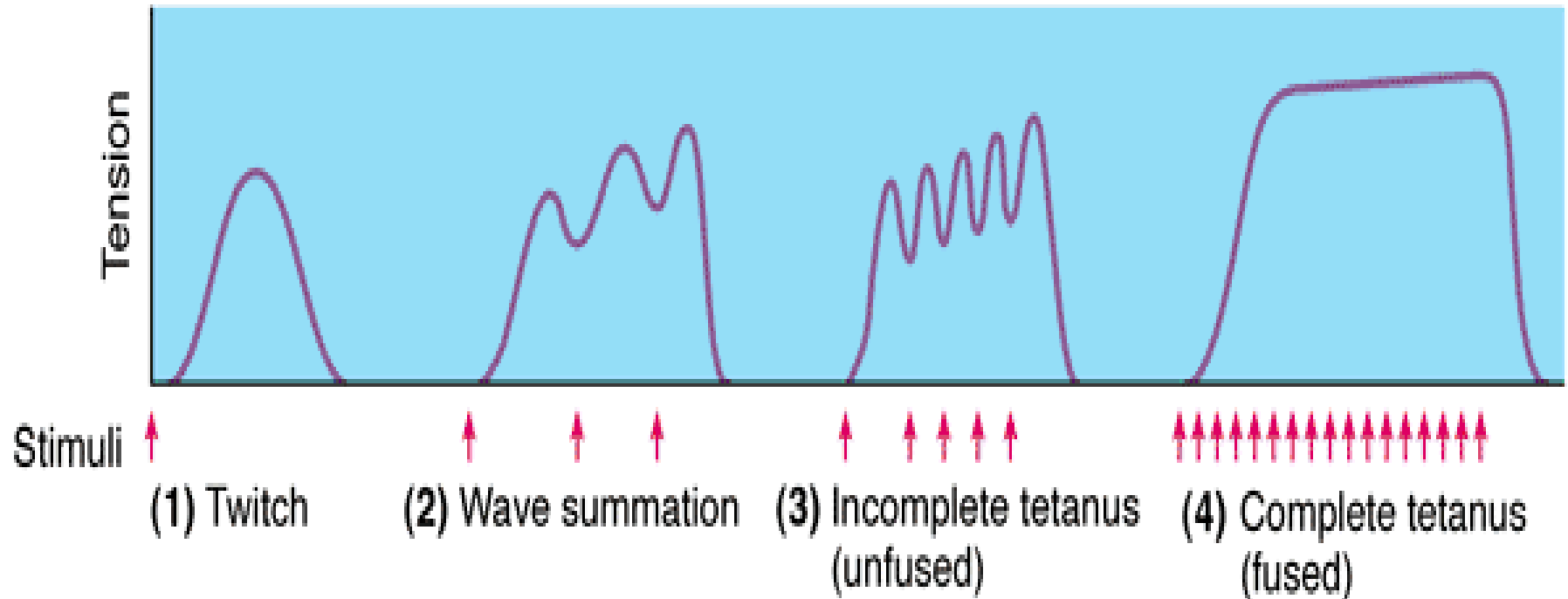
✚ Un potentiel d'action unique provoque la libération par le RS d'une quantité standard de Ca^{++} et une simple secousse.

✚ Si le muscle est stimulé de façon répétitive, une quantité plus grande de Ca^{++} est libérée par le RS.

✚ Il se produit une augmentation plus importante de $[\text{Ca}^{++}]$ intracellulaire et il y a formation plus importante de ponts transversaux.

✚ La tension engendrée par le muscle est donc plus grande (téтанos).

La sommation des secousses aboutit au tétanos



© BENJAMIN/CUMMINGS

L'état de rigidité : Les têtes de la myosine créent des ponts en se liant étroitement aux molécules d'actine G.

Dans cet état il n'y a pas d'ATP ou d'ADP sur le second site de liaison de la tête de myosine.

Dans le muscle vivant, la rigidité ne dure pas longtemps (action de l'ATPase)

La régulation de la contraction



La contraction est régulée par

- * la **troponine** et
- * la **tropomyosine**

La tropomyosine s'enroule autour de filament d'actine et bloque

partiellement les sites de liaison entre l'actine et la myosine.

La troponine est une protéine liant le Ca^{++} qui contrôle la position de la tropomyosine.

L'acétylcholine (ACh) est un neurotransmetteur (NT)



déclenche le couplage excitation-contraction

1. l'ACh est libérée par le neurone somatomoteur
2. l'ACh déclenche le PA dans la f.m
3. le PA musculaire déclenche la libération du Ca^{++} depuis le RS
4. le Ca^{++} se combine avec la troponine et déclenche la contraction



**La contraction du muscle
squelettique nécessite un
approvisionnement régulier
en énergie sous forme d'ATP,
c'est l'une des clés de la
physiologie**

Classement des fibres musculaires squelettiques



- Leur vitesse de contraction
- Leur résistance à la fatigue

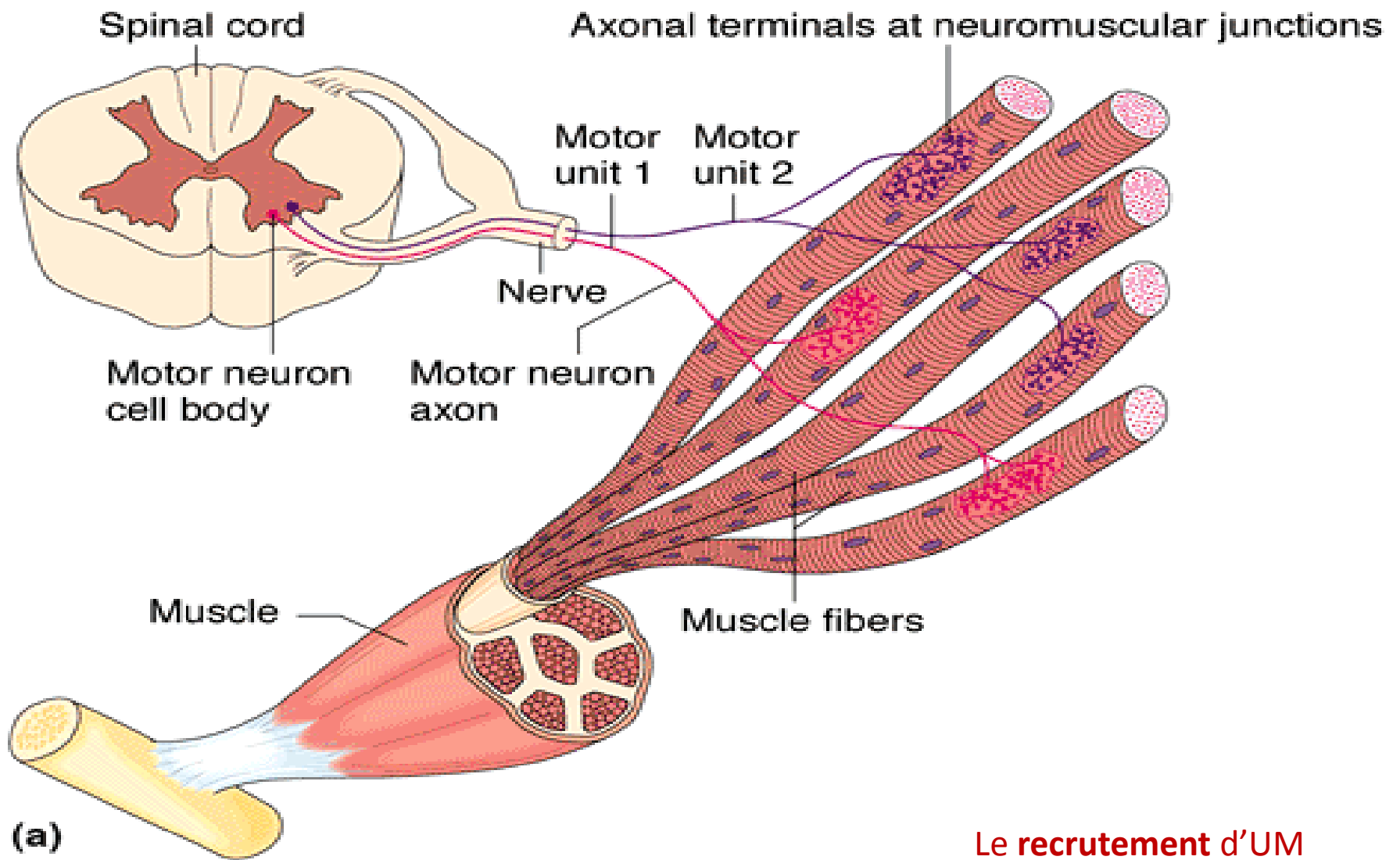
La force de contraction

Elle augmente avec la sommation des secousses musculaires

L'unité motrice (UM)

C'est un neurone somatomoteur plus les fibres qu'il innerve :

c'est l'unité de base ou unité fonctionnelle d'un muscle squelettique intact



© BENJAMIN/CUMMINGS

Le recrutement d'UM

UM : 1 motoneurone contrôle plusieurs f. m.s (Cumming, 2001)

La mécanique des mouvements corporels



Le rôle principal d'un muscle squelettique est de mouvoir le corps

Le terme de mécanique c'est la façon dont les muscles déplacent les charges

Contraction isotonique :

le muscle est capable de générer la force pour générer le mouvement

Contraction isométrique :

le muscle est capable de générer la force sans générer le mouvement

LE MUSCLE LISSE



Le muscle lisse sont quant à eux plus importants pour l'homéostasie

se trouve surtout dans les parois des organes creux et tubulaires



Il existe plusieurs variétés de muscles lisses

🍷 vasculaire,

🍷 gastro-intestinal,

🍷 urinaire,

🍷 respiratoire,

🍷 reproducteur et

🍷 oculaire



L'anatomie du ML rend son étude fonctionnelle difficile

- ✚ La contraction du ML est commandée par :
- ✚ des hormones e
- ✚ des substances endocrines,
- ✚ des NT

A la différence du MS qui n'est commandé que par l'ACh venant des neurones somatomoteurs, l'activité du ML peut être commandée par

- l'ACh,
- les hormones,
- les substances endocrines et
- les NT

Les propriétés électriques du ML



Le ML a des propriétés électriques variables.

Les MS répondent par un PA par une secousse

Le ML a différents comportements électriques

Il peut s'hyperpolariser ou se dépolariser.

Les ML peuvent se dépolariser sans PA, la contraction peut avoir lieu après un PA

Facteurs influençant la contraction et la relaxation du muscle lisse



Les MS se contracte en réponse à l'ACh libérée par le motoneurone somatomoteur et se relâchent quand le stimulus de la contraction cesse

De multiples NT, hormones et substances endocrines agissent sur la f.ML
peuvent inhiber la contraction ou la stimuler



Les différents signaux peuvent atteindre la f.ML au même moment

les f.ML doivent se comporter comme un centre d'intégration (vaisseaux sanguins)



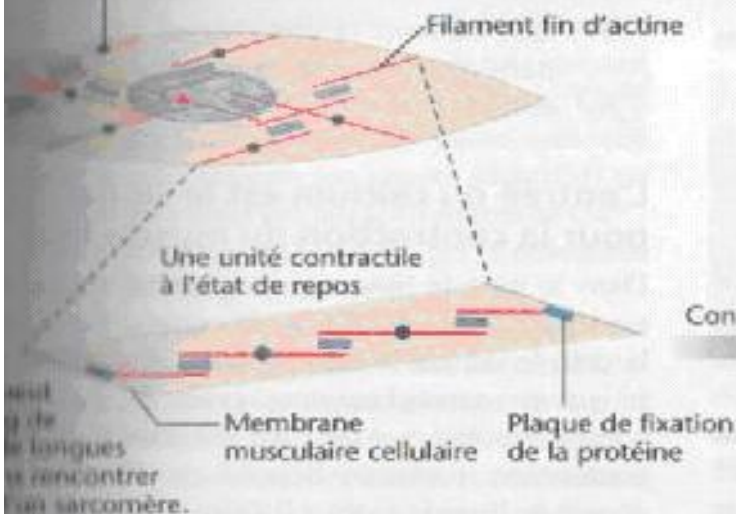
Myosine sont grossièrement disposées à la périphérie maintenues en place par les protéines des lysosomes.



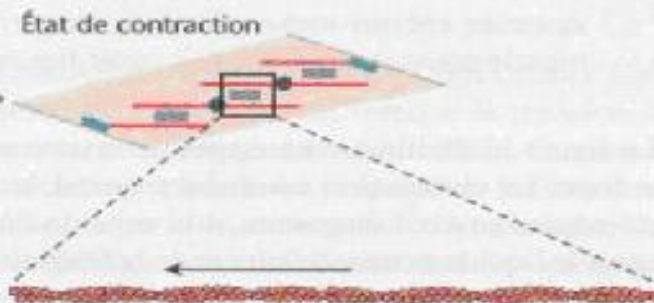
Contraction



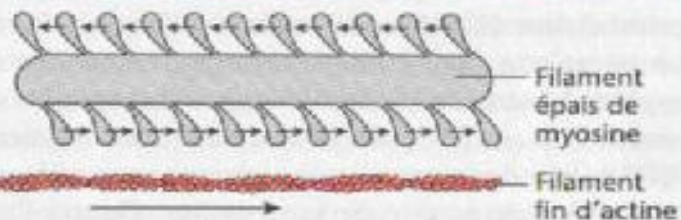
(b) La disposition des fibres fait que la cellule devient globulaire quand elle se contracte.



Contraction



(d) La myosine du muscle lisse a des têtes pivotantes sur toute sa longueur.



La fibre musculaire lisse (f.ML)

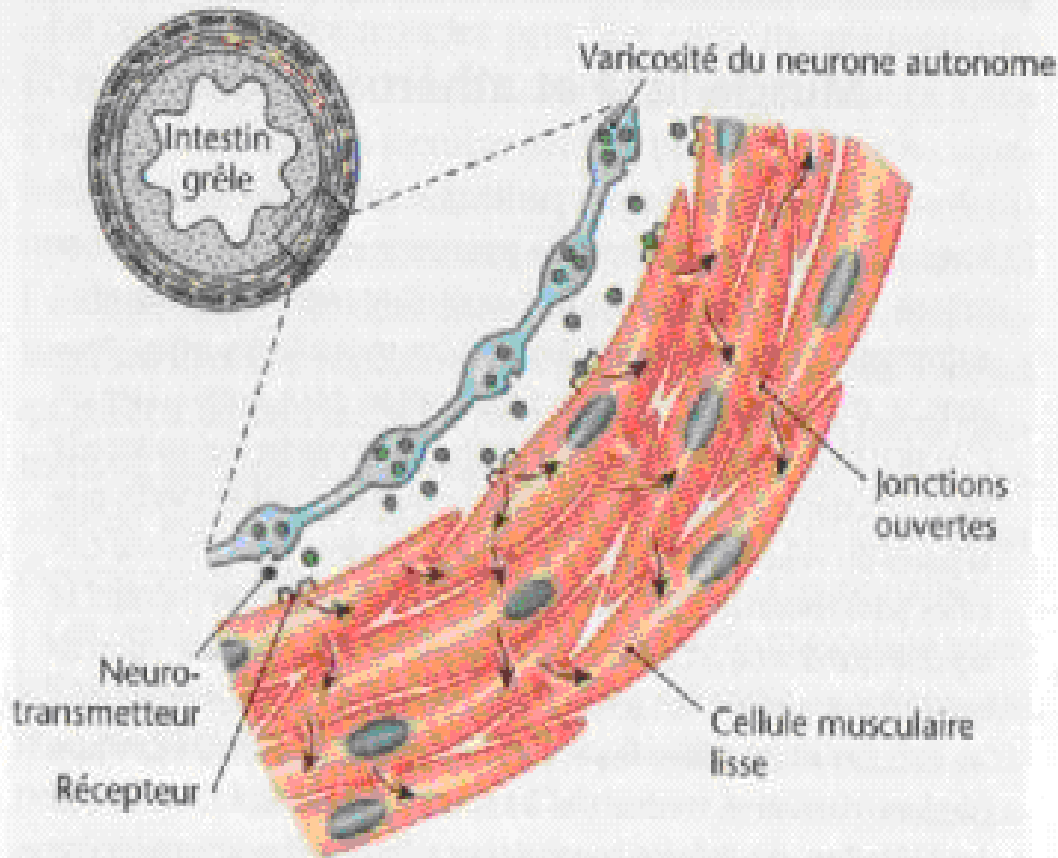


Les fML sont de petites cellules et ont des cellules en forme de fuseaux à noyau unique

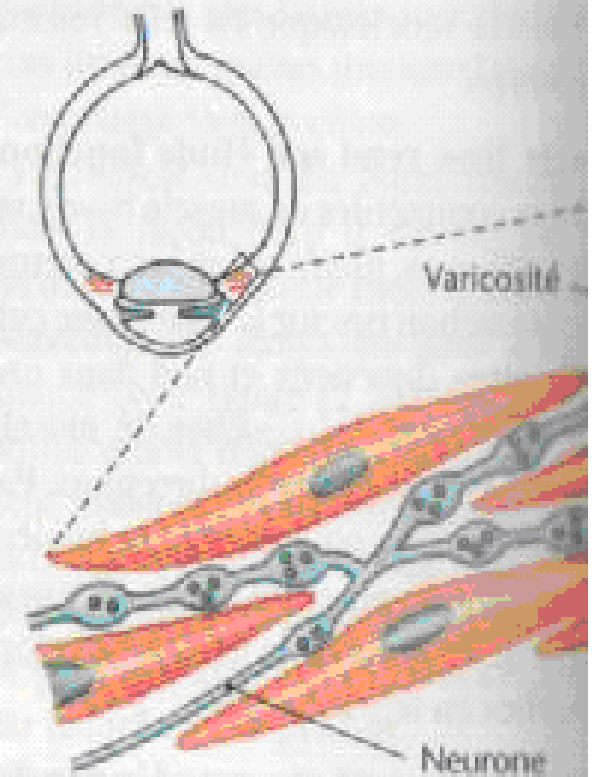
Dans un ML à commande nerveuse, le NT est libéré par la varicosité des neurones végétatifs près de la surface des f.ML



(a) Des cellules musculaires lisses isolées sont connectées par des jonctions ouvertes et les cellules se contractent d'un seul bloc.



(b) Des cellules musculaires lisses multi-connectées électriquement et chaque de façon indépendante.



Type de muscles lisses (Silverthorn, 2007)

LE MUSCLE CARDIAQUE



Il partage certaines propriétés avec le ML et le MS.

Les f.m. cardiaques (f.MC) sont striées et ont des sarcomères.

Elles sont courtes et peuvent être ramifiées mais n'ont qu'un seul noyau.

Comme dans le ML unitaire, les f.MC sont électriquement connectées les unes aux autres

LES REFLEXES DU MUSCLE SQUELETTIQUE



Les neurones somatomoteurs provoquent toujours la contraction du MS

La relaxation provient d'une absence de stimulation excitatrice par le neurone somatomoteur

L'inhibition et l'excitation des neurones somatomoteurs et de leurs muscles squelettiques associés doivent s'effectuer dans les synapses du SNC

Les récepteurs sensoriels appelés propriocepteurs sont localisés dans les MS, les capsules des articulations et les ligaments

ARC RÉFLEXE



L'unité fondamentale de l'activité nerveuse intégrée est l'arc réflexe.

L'**arc réflexe** est composé :

- d'un organe sensoriel
- d'un neurone afférent
- d'une ou de plusieurs synapses situées dans une station intégratrice centrale ou dans un ganglion sympathique
- d'un neurone efférent
- d'un effecteur.



**Chez les Mammifères,
la connexion entre les neurones somatiques
afférents et efférents
est généralement située dans
le cerveau ou
la moelle épinière**



**Les neurones afférents entrent dans le SNC
par les racines postérieures des nerfs
rachidiens ou
par les nerfs crâniens
Leur corps cellulaire est situé dans les
ganglions de la racine postérieure ou
dans les ganglions homologues des nerfs
crâniens**

La loi de BELL-MAGENDIE.



**Les fibres efférentes sortent
par les racines antérieures des nerfs
rachidiens ou
par les nerfs crâniens moteurs
correspondants**

**Le principe selon lequel les racines
postérieures des nerfs rachidiens sont
sensitives et les racines antérieures sont
motrices porte le nom de loi de BELL-
MAGENDIE.**

