

1. INTRODUCTION

Le mouvement résulte de l'alternance de la contraction (rétrécissement) et du relâchement des muscles qui représente 40 et 50 % du poids corporel total.

La force musculaire est la principale fonction du muscle

la transformation de l'énergie chimique (d'ATP) en énergie mécanique afin de générer la force, d'accomplir un travail et de produire du mouvement.

La myologie (myo: muscle ; logie : étude de) est l'étude scientifique des muscles.

2. LES TYPES DE TISSU MUSCULAIRE

Les trois types de tissu musculaire

- squelettique
- cardiaque
- lisse

Diffèrent entre eux par

- leur aspect microscopique,
- leur emplacement
- La régulation qu'exercent les systèmes nerveux et endocrinien.

2.1. Le tissu musculaire squelettique

Ainsi désigné, car rattaché aux os et déplace des parties du squelette. (Certains muscles squelettiques sont aussi rattachés à la peau, à d'autres muscles ou aux fascias profonds).

Appelé aussi **muscle strié**, car au microscope il présente des bandes (stries) claires et foncées en alternance.

C'est un tissu musculaire volontaire: possible de le contracter ou de le relâcher consciemment.

2.2. Le tissu musculaire cardiaque

Également strié, mais involontaire,

Renferme un système de régulation (pacemaker) qui fait battre le cœur.

Des modifications de la fréquence cardiaque sont possibles du fait que des hormones et divers neurotransmetteurs influent sur le régulateur.

2.3. Le tissu musculaire lisse

Situé dans les parois de structures internes creuses telles

- Les vaisseaux sanguins,
- L'estomac,
- Les intestins
- La plupart des organes abdominaux.
- Dans la peau, rattachée aux follicules pileux.

Au microscope, ce tissu paraît non strié ou lisse.

Tissu musculaire involontaire, pourvu d'autorhythmicité et influencé par quelques hormones et neurotransmetteurs.

3. LES FONCTIONS DU TISSU MUSCULAIRE

- Le mouvement.
- La stabilisation des positions du corps et la régulation du volume des organes.
- La génération de chaleur (thermogénèse).

4. LES CARACTÉRISTIQUES DU TISSU MUSCULAIRE

- **L'excitabilité** (irritabilité): l'aptitude à réagir à certains stimuli par la production de signaux électriques appelés potentiels d'action.
- **La contractilité** est la propriété du tissu musculaire de pouvoir se raccourcir et s'épaissir (se contracter),
- **L'extensibilité** signifie que le muscle peut être étendu (étiré) sans endommager le tissu.
- **L'élasticité** est la propriété du tissu musculaire de reprendre sa forme initiale après une contraction ou une extension.

5. L'ANATOMIE ET L'INNERVATION DU TISSU MUSCULAIRE SQUELETTIQUE

5.1. L'innervation et l'irrigation sanguine

Les neurones qui stimulent le muscle afin qu'il se contracte s'appellent les **neurones moteurs**.

Contraction → ATP+++ → Nutriments et O₂+++ → Déchets +++

L'action prolongée d'un muscle dépend donc d'une riche irrigation sanguine destinée à livrer les nutriments et l'O₂ en plus d'évacuer les déchets et la chaleur.

5.2. Les composants de tissu conjonctif

- Le tissu **conjonctif** entoure et protège le tissu musculaire.
- Le **fascia** (fascia: bande) désigne une couche ou une large bande de tissu conjonctif fibreux située sous la peau ou autour des muscles et d'autres organes du corps.
- Le **fascia superficiel** (la couche sous-cutanée) se trouve directement sous la peau. Il est composé
 - De tissu adipeux
 - De tissu conjonctif aréolaire.
- Le **fascia superficiel** remplit 4 fonctions importantes:
 - il emmagasine de l'eau et de la graisse (chez une personne obèse, presque toute la graisse se trouve dans le fascia superficiel),
 - il forme une couche isolante qui empêche la perte de chaleur corporelle,
 - il protège le corps des chocs extérieurs,
 - il permet aux nerfs et aux vaisseaux sanguins d'entrer et de sortir des muscles.
- Le **fascia profond** est un tissu conjonctif dense irrégulier qui tapisse la paroi du corps et les membres.
- Il maintient les muscles ensemble et les sépare en groupes fonctionnels.
- Il permet le libre mouvement des muscles, transporte des nerfs de même que des vaisseaux sanguins et lymphatiques, et remplit les espaces entre les muscles.

5.3. L'unité motrice

Un neurone moteur transmet le stimulus qui provoque finalement la contraction d'une fibre musculaire. On appelle unité motrice l'**ensemble** formé par un **neurone moteur** et **toutes les fibres musculaires** que ce dernier stimule.

N.B; un seul neurone moteur peut entrer en contact avec **150** fibres musculaires. Les muscles intervenant dans des mouvements précis (voix) contiennent à peine **2** ou **3** fibres musculaires par unité motrice, les moins précis (biceps) jusqu'à **2 000** fibres par unité motrice.

5.4. La jonction neuromusculaire

Les cellules excitables communiquent dans des zones spécialisées appelées **synapses**. un petit espace appelé **fente synaptique** sépare les deux cellules excitables.

La première cellule communique avec la suivante en libérant un produit chimique appelé **neurotransmetteur**.

Le type particulier de synapse formé entre un neurone moteur et une fibre musculaire squelettique est appelé la **jonction neuromusculaire (JNM)** ou **jonction myoneurale**.

Tout près de ses fibres musculaires squelettiques cibles, l'axone d'un neurone moteur se ramifie en groupes de **terminaisons axonales** bulbeuses.

La région de la membrane de la fibre musculaire adjacente aux terminaisons axonales possède des caractéristiques propres et est appelée **plaque motrice**.

Le terme jonction neuromusculaire couvre à la fois les terminaisons axonales du neurone moteur et la plaque motrice de la fibre musculaire.

5.5. L'anatomie microscopique du muscle

L'examen microscopique d'un muscle squelettique révèle la présence de centaines ou de milliers de cellules très longues et cylindriques appelées **fibres musculaires**.

Disposées en rangs parallèles, mesurent de 10 à 100 μm de diamètre.

Malgré un diamètre habituel de 100 μm , certaines fibres peuvent atteindre jusqu'à 30 cm de long.

5.5.1. Les myofibrilles

Ce sont les éléments contractiles du muscle squelettique,

Diamètre de 1 à 2 μm et contiennent trois types de structures encore plus petites appelées filaments (**myofilaments**).

Le diamètre respectif des filaments fins ou épais se rapproche de 8 et de 16 μm .

Les filaments situés dans une myofibrille ne s'étendent pas sur toute la longueur de la fibre musculaire ; ils sont disposés en compartiments appelés **sarcomères**.

Des zones étroites et denses, en forme de plaques et appelées **disques Z**, séparent les sarcomères les uns des autres.

Dans un sarcomère, la région la plus sombre appelée **bande A (anisotrope)** s'étend d'une extrémité à l'autre des filaments épais et comprend des parties de filaments fins qui chevauchent les filaments épais.

Une région plus claire et moins dense appelée la bande **I (isotrope)** contient le reste des filaments fins, mais aucun filament épais.

Le disque **Z** passe à travers le centre de chaque bande **I**.

L'alternance des bandes **A**, sombres, et **I**, claires, donne à la fibre musculaire son apparence striée.

Une zone **H**, étroite, au centre de chaque bande **A**, ne contient que des filaments épais.

La strie **M**, qui divise la zone **H**, est formée de molécules de **protéines** qui relient les filaments épais adjacents.

Les deux protéines contractiles du muscle sont la **myosine** et l'**actine**.

Un filament épais comprend près de 200 molécules de myosine.

Chacune de celles-ci ressemble à deux bâtons de golf entrecroisés ; les queues (les poignées du bâton de golf) pointent vers la strie **M** au centre du sarcomère, alors que les têtes appelées **ponts d'union** s'étendent vers les filaments fins.

Les filaments fins s'étendent depuis des points d'ancrage dans les disques **Z**.

Ils se composent principalement d'**actine**.

Ils contiennent en outre des quantités moins importantes de deux protéines régulatrices, la **tropomyosine** et la **troponine**.

Sur chaque molécule d'actine se trouve **un site de liaison de la myosine** sur lequel peut se fixer un pont d'union.

Quand le muscle est au repos, la tropomyosine couvre les sites et empêche ainsi les ponts d'union de la myosine de se fixer à l'actine.

5.5.2. Le réticulum sarcoplasmique et les tubes transverses

Un système de citernes rempli de liquide et appelé **réticulum sarcoplasmique (RS)** entoure chaque myofibrille

Dans une fibre musculaire au repos le RS stocke des Ca_2^+ .

La libération de ces ions, qui passent du RS qui entoure les filaments fins et épais, déclenche la contraction musculaire.

Les ions calcium traversent des pores spéciaux situés dans le RS et appelés **canaux de libération de Ca_2^+** .

Les **tubules transverses (tubules T)** sont des replis internes en forme de tunnel du sarcolemme.

Ils pénètrent la fibre musculaire perpendiculairement au réticulum sarcoplasmique et aux filaments.

Ils s'ouvrent à l'extérieur de la fibre et sont remplis de liquide extracellulaire.

Des deux côtés d'un tubule transverse se trouvent des sacs terminaux dilatés du réticulum sarcoplasmique appelés **citernes terminales**.

Une **triade** est formée d'un tubule transverse et des citernes terminales de part et d'autre de celui-ci.

6. LA CONTRACTION DU MUSCLE

Hanson et **Huxley** avançaient que le muscle squelettique rétrécit pendant la contraction du fait que les filaments épais et fins glissent l'un près de l'autre.

Leur modèle est appelé **mécanisme de contraction par glissement des filaments**.

6.1. Le mécanisme de contraction par glissement des filaments

Durant la contraction musculaire, les ponts d'union de la myosine tirent sur les filaments fins et les forcent à glisser à l'intérieur vers la zone H

À mesure que les ponts tirent (appliquent une force) les filaments fins, ces derniers se rencontrent au centre du sarcomère.

Les ponts peuvent même tirer les filaments fins de chaque sarcomère tellement vers l'intérieur que leurs extrémités chevauchent

Pendant que les filaments fins glissent vers l'intérieur, les disques Z se rapprochent les uns des autres, et le sarcomère raccourcit, alors que la longueur des filaments épais et fins ne varie pas.

Le glissement des filaments et le raccourcissement des sarcomères entraînent le rétrécissement de la fibre musculaire et, ultimement, de tout le muscle.

6.2. Le rôle du calcium et des protéines régulatrices

Qu'est-ce qui déclenche et arrête le glissement des filaments ?

Une augmentation de la concentration de Ca_2^+ dans le sarcoplasme amorce le glissement des filaments, alors qu'une diminution met fin au processus de glissement.

Quand une fibre musculaire est au repos (aucune contraction), la concentration de Ca_2^+ dans le sarcoplasme est faible, car la membrane du réticulum sarcoplasmique (RS) contient des pompes de transport actif de Ca_2^+ qui retirent le Ca_2^+ du sarcoplasme. Le Ca_2^+ est stocké ou séquestré dans le RS. Toutefois, à mesure qu'un potentiel d'action musculaire se déplace le long du sarcolemme et dans le système de tubules transverses, les canaux de libération de Ca_2^+ s'ouvrent dans la membrane du RS. Il en résulte un flot de Ca_2^+ qui se déverse depuis l'intérieur du RS jusque dans le sarcoplasme situé autour des filaments épais et fins.

Les ions calcium libérés du RS se combinent avec la troponine dont ils modifient la forme.

Cette modification fait glisser le complexe troponine-tropomyosine hors des sites de liaison de la myosine sur l'actine.

6.3. La force motrice et le rôle de l'ATP

Il en résulte un flot de Ca_2^+ qui se déverse depuis l'intérieur du RS jusque dans le sarcoplasme situé autour des filaments épais et fins.

Les ions calcium libérés du RS se combinent avec la troponine dont ils modifient la forme.

Cette modification fait glisser le complexe troponine-tropomyosine hors des sites de liaison de la myosine sur l'actine.

7. LE TISSU MUSCULAIRE CARDIAQUE

Le tissu musculaire cardiaque compose principalement la paroi du cœur.

Bien qu'il soit strié comme un muscle squelettique, il est involontaire comme un muscle lisse.

De plus, certaines fibres musculaires cardiaques (et musculaires lisses) sont dotées d'autorhythmicité, ce qui leur permet d'établir un rythme inhérent de contraction et de relâchement en alternance.

7.1. L'anatomie

Les fibres du tissu musculaire cardiaque ont grossièrement la forme d'un quadrilatère de près de 14 μm de large.

Elles ne possèdent habituellement qu'un **seul noyau central**

Le sarcolemme des fibres musculaires cardiaques ressemble à celui des fibres musculaires squelettiques, mais **le sarcoplasme est plus abondant**, et les **mitochondries** sont **plus grosses et plus nombreuses**.

La disposition de l'actine et de la myosine, les zones et les disques Z des fibres musculaires cardiaques sont identiques à celle des fibres squelettiques.

Les **tubules** transverses des fibres cardiaques sont **plus volumineux** que ceux des fibres squelettiques, et **le RS est plus rare**.

Dans un même réseau, chaque fibre est reliée aux fibres suivantes par des épaissements transverses irréguliers du sarcolemme appelés **disques intercalaires**.

Ces disques contiennent des desmosomes qui maintiennent les fibres ensemble et des jonctions lacunaires qui permettent aux potentiels d'action musculaires de passer d'une fibre musculaire à une autre

7.2. La physiologie

Dans les fibres musculaires cardiaques, les mitochondries sont **plus volumineuses** et **plus nombreuses** que dans les fibres musculaires squelettiques.

Cette observation faite au microscope montre que le muscle cardiaque dépend largement du système aérobie pour produire l'ATP.

Par ailleurs, le système glycogène-acide lactique permet au muscle cardiaque de produire un peu d'ATP par la voie anaérobie.

En outre, les fibres musculaires cardiaques peuvent utiliser l'acide lactique produit par les fibres musculaires squelettiques afin de produire de l'ATP, ce qui constitue un avantage pendant les exercices. Le tissu musculaire squelettique se contracte **seulement** sous la stimulation de l'**acétylcholine** libérée par un potentiel d'action d'un neurone moteur.

Le tissu musculaire cardiaque peut, en revanche, se contracter sans stimulation nerveuse extrinsèque (externe) ou hormonale; sa source de stimulation est le tissu nodal.

Une stimulation nerveuse peut seulement entraîner les fibres conductrices de ce réseau à **augmenter** ou à **diminuer** leur taux de décharge.

Une autre différence entre les tissus musculaires cardiaque et squelettique est que le premier reste contracté de 10 à 15 fois plus longtemps que le second, en raison d'une **libération prolongée de Ca^{2+} dans le sarcoplasme**.

Dans les fibres musculaires cardiaques, les Ca^{2+} entrent dans le sarcoplasme en provenance à la fois du réticulum sarcoplasmique (comme dans les fibres musculaires squelettiques) et du liquide extracellulaire.

8. LE TISSU MUSCULAIRE LISSE

8.1. L'anatomie

Le tissu musculaire lisse, comme le tissu musculaire cardiaque, est généralement involontaire.

Un examen microscopique classique ne révèle pas la présence de myofibrilles.

Les fibres musculaires lisses sont beaucoup plus petites que les fibres musculaires squelettiques. Une fibre musculaire lisse mesure de 30 à 200 μm de long, est davantage épaisse en son milieu (3 à 8 μm) et est effilée à ses deux extrémités.

Chacune contient un seul noyau central ovale

Leur sarcoplasme renferme des filaments épais et fins non disposés en sarcomères ordonnés, contrairement aux fibres musculaires striées.

Dans les fibres musculaires lisses, il existe de 10 à 15 filaments fins par filament épais, alors que dans les fibres musculaires squelettiques, le rapport est de 2 à 1.

Il existe deux types de tissu musculaire lisse : **viscéral** et **multi-unitaire**.

Le type le plus courant est le **tissu musculaire lisse viscéral (mono-unitaire)**.

Il forme des couches enveloppantes qui constituent une partie des parois des artérioles, des veines et des viscères creux tels que l'estomac, l'intestin, l'utérus et la vessie.

Les fibres du tissu musculaire viscéral forment d'importants réseaux du fait qu'elles contiennent des jonctions lacunaires.

Ces dernières permettent aux potentiels d'action musculaires de s'étendre dans tout le réseau.

Quand un neurotransmetteur, une hormone ou un signal autorythmique stimule une fibre, le potentiel d'action musculaire s'étend aux fibres voisines qui se contractent alors en bloc.

Le tissu musculaire lisse **multi-unitaire** est formé de fibres distinctes dotées chacune de ses propres terminaisons neuronales motrices et de quelques jonctions lacunaires entre les fibres voisines.

Alors que la stimulation d'une seule fibre musculaire viscérale provoque la contraction de plusieurs fibres adjacentes, la stimulation d'une fibre multi-unitaire provoque la contraction de cette seule fibre.

Le tissu musculaire lisse multi-unitaire se trouve dans les parois des grosses artères, dans les bronchioles, dans les muscles arrecteurs des poils qui se fixent aux follicules pileux, de même que dans les muscles radiaux et circulaires de l'iris qui ajustent le diamètre de la pupille.

8.2. La physiologie

Les processus de contraction sont sensiblement les mêmes dans les tissus musculaires lisse et strié.

Toutefois, le tissu musculaire lisse possède plusieurs différences physiologiques importantes : sa contraction commence plus lentement et dure plus longtemps.

De plus, le muscle lisse raccourcit et s'allonge davantage.

8.2.1. Le rôle de la calmoduline et de la kinase de la chaîne légère de la myosine

Une plus grande concentration de Ca^{2+} dans le sarcoplasme du muscle lisse provoque la contraction, tout comme dans un muscle strié. Le réticulum sarcoplasmique (le réservoir de Ca^{2+} dans les muscles striés) est rare dans le muscle lisse.

Les ions calcium passent dans le sarcoplasme du muscle lisse depuis à la fois le liquide extracellulaire et le réticulum sarcoplasmique.

Vu l'absence de tubules transverses dans les fibres musculaires lisses, les Ca^{2+} sont plus lents à atteindre les filaments situés au centre de la fibre et à déclencher le processus contractile, ce qui explique partiellement la lente activation et la contraction prolongée du muscle lisse.

Dans le muscle lisse, la protéine régulatrice qui fixe les Ca^{2+} dans le cytosol est la calmoduline. (Ne pas oublier que la troponine tient ce rôle dans les fibres musculaires striées.)

Après s'être unie à Ca^{2+} , la calmoduline active une enzyme appelée **kinase de la chaîne légère de la myosine**.

8.2.2. Le tonus du muscle lisse

Non seulement les Ca^{2+} pénètrent lentement dans les fibres musculaires lisses, mais ils sortent aussi lentement de la fibre musculaire quand la stimulation diminue.

Cela retarde le relâchement, et le séjour prolongé des Ca^{2+} dans les fibres assure le tonus du muscle lisse, un état de contraction partielle permanente.

Le tissu musculaire lisse peut soutenir un tonus de longue durée, ce qui est important dans le tube digestif où les parois du tube maintiennent une pression constante sur le contenu du tube.

Cette caractéristique est aussi importante dans les parois des vaisseaux sanguins appelés artérioles, qui maintiennent une pression constante sur le sang.

8.2.3. La régulation de la contraction du muscle lisse

La plupart des fibres musculaires lisses se contractent ou se relâchent en réaction aux potentiels d'action qui proviennent du système nerveux autonome (involontaire).

LE TISSU MUSCULAIRE

Tronc Commun

BMS

