



سنة ثانية ليسانس

2^{ème} semestre.

الدرس رقم 5

الجهاز العضلي والجهد البدني

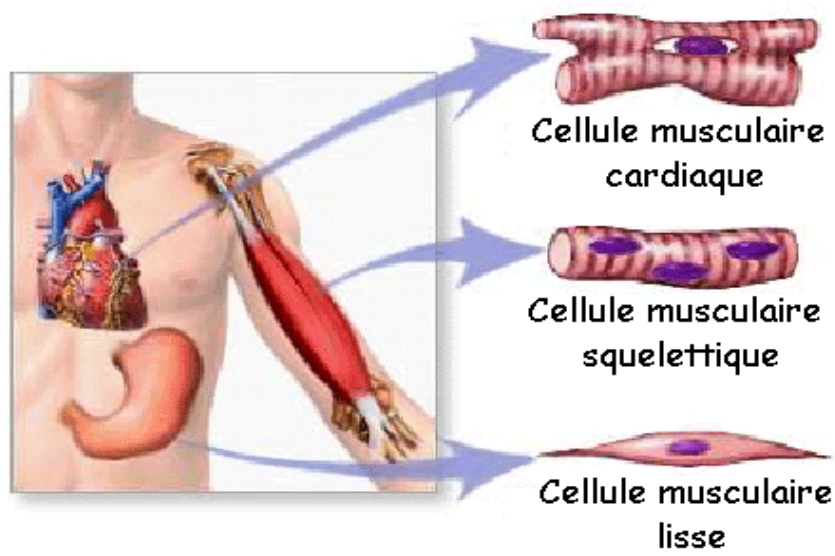
Systeme musculaire et effort physique

Le muscle strié est l'effecteur de la motricité volontaire. Il transforme l'énergie biochimique des substrats énergétiques en travail mécanique et en chaleur. Sa structure permet de coupler les voies métaboliques (utilisation de l'énergie) et la contraction mécanique. Les caractéristiques de chaque voie métabolique mises en jeu lors de l'exercice musculaire permettent de comprendre les facteurs limitant la puissance maximale, la capacité d'endurance (=résistance à la fatigue) et les phénomènes responsables de la fatigue. Les notions de physiologie de l'énergétique musculaire sont la base des principes de la nutrition de l'effort.

I/ Les différents types de muscles

3 types:

1. Tissu musculaire squelettique
2. Tissu musculaire cardiaque
3. Tissu musculaire lisse



ADAM.

II/ Fonctions des muscles

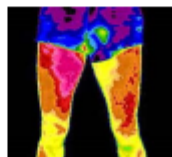
1. Production du mouvement



2. Maintien de la posture

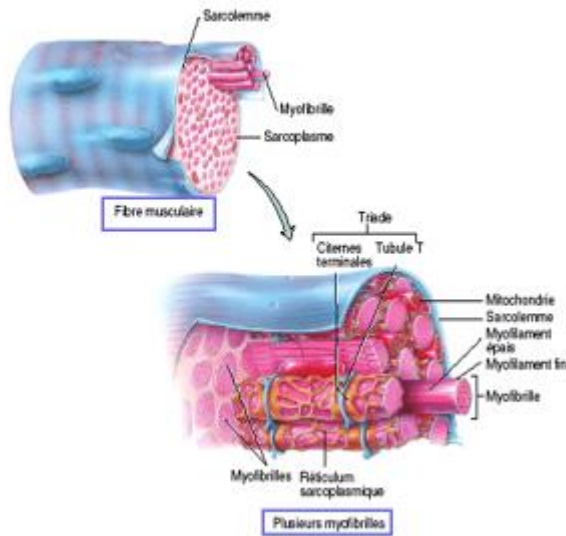


3. Stabilisation des articulations



4. Dégagement de chaleur

III/ Le muscle squelettique – Anatomie microscopique



- Chaque fibre musculaire (cellule) comporte un grand nombre de myofibrilles (organites).
- Élément contractile
- 80 % du volume de la fibre
- Composées de myofilaments

2 - ORGANISATION DU MUSCLE STRIE

2 - 1 La fibre musculaire

Elle représente l'entité histologique du muscle strié. La membrane plasmique des fibres (sarcolemme) renferme un certain nombre d'organites (noyaux, mitochondries), des substrats énergétiques (lipides, glycogène), des composés phosphorylés riches en énergie (adénosine triphosphate, ATP, créatine phosphate), de la myoglobine, et des myofibrilles. La myoglobine, protéine de petite taille, a une importance fonctionnelle toute particulière, compte-tenu de son affinité pour l'oxygène, elle stocke de l'oxygène intramusculaire disponible pour le métabolisme.

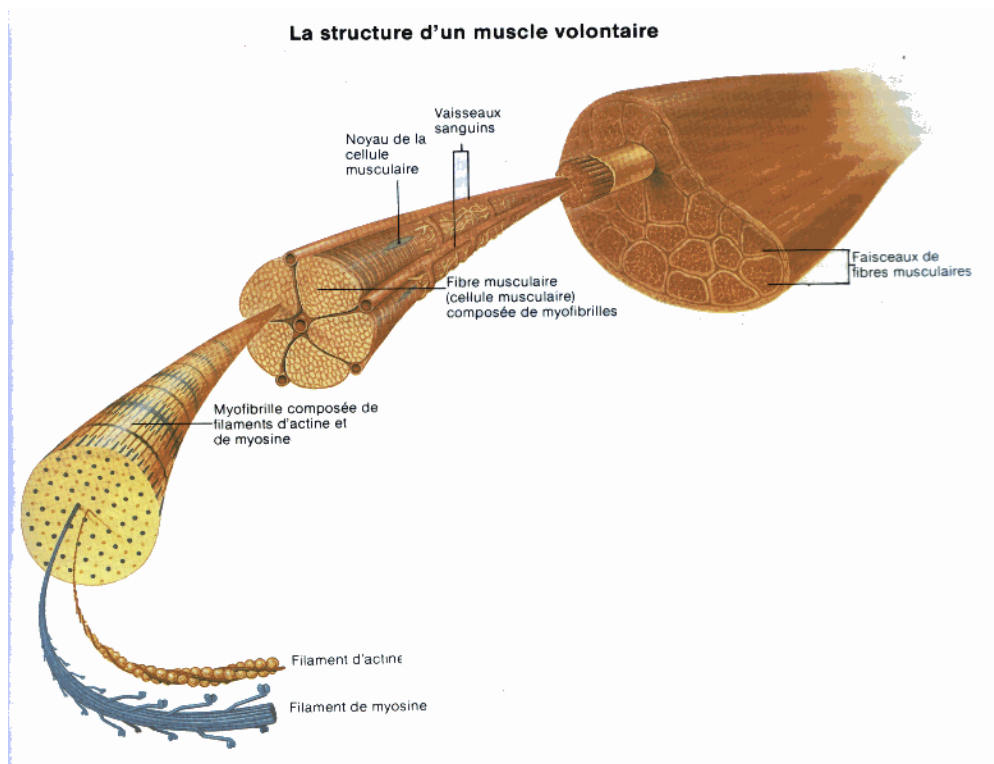
2- 2 Le réseau capillaire

Le réseau capillaire du muscle strié est de toute première importance dans la mesure où celui-ci représente l'interface d'échange entre le lit vasculaire et la fibre musculaire. Il est l'élément de transport et de distribution de l'oxygène et des substrats. L'entraînement physique augmente la densité capillaire au sein des fibres musculaires.

2-3 -Classification des fibres motrices

Elles sont classées en trois types principaux dont le métabolisme est différent :

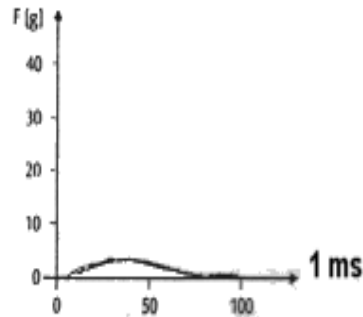
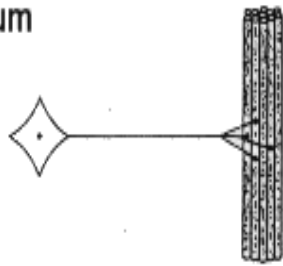
- Rapides
- Intermédiaires
- Lentes



Les fibres lentes sont majoritaires dans les muscles de posture (muscles du rachis, abdominaux), les fibres rapides sont majoritaires dans les muscles travaillant essentiellement de manière dynamique (quadriceps, muscles des yeux, des doigts etc...). De la même manière, les hommes et femmes sédentaires possèdent 45 à 55% de fibres lentes alors qu'un sportif d'endurance possédera une musculature majoritairement en fibres lentes et qu'un sprinter possédera une musculature majoritairement en fibres rapides. L'entraînement permet de plus ou moins spécialiser un type de fibres. Chez les sportifs entraînés "en force", la surface de section des différentes fibres peut surpasser de 45% celle des athlètes d'endurance ou d'individus sédentaires de même âge, car l'entraînement en force et en puissance stimule le développement de l'appareil contractile. Les athlètes mâles ont habituellement des fibres plus volumineuses que les athlètes femelles. Cependant, l'identification d'un nombre prédominant de fibres n'a pas d'incidence sur la performance, car c'est l'interaction optimale de tous les systèmes qui est importante.

*** La fibre lente (type I)**

Fibres I
diamètre: 26 μm
V: 60-80 m/s
f: 10 Hz
a tonique



- Fibre rouge de contraction lente
- Très résistante à la fatigue
- Activité tonique
- Métabolisme aérobie oxydatif
- Mitochondries

Les fibres I sont entourées d'un réseau capillaire très dense pouvant atteindre 200 km pour 100 g de muscle, chaque fibre étant en contact avec 6 à 8 capillaires.



* La fibre intermédiaire (type IIa)

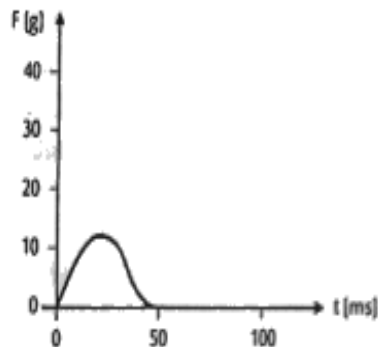
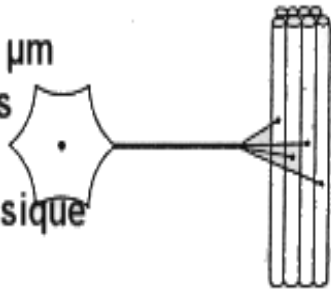
Fibres IIa

diamètre: 28 μm

V: 80-100 m/s

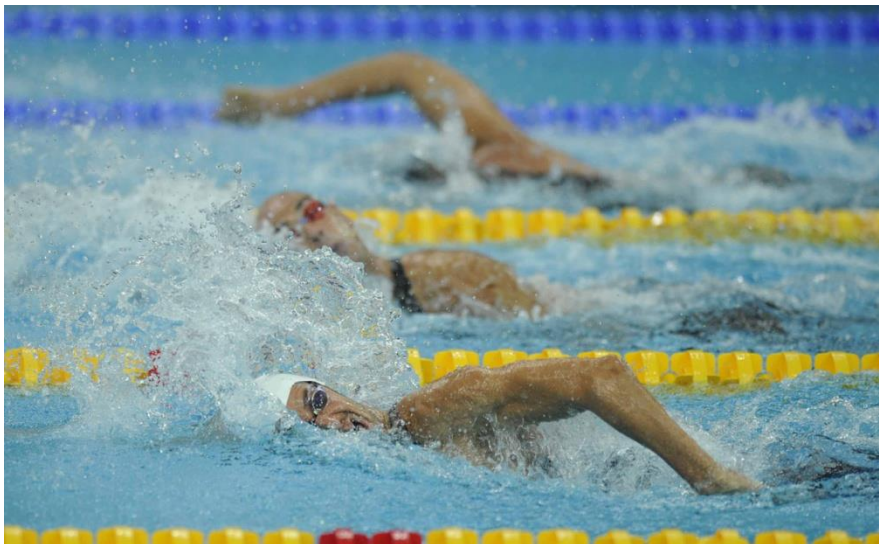
f: 20 Hz

a-tonico-phasique



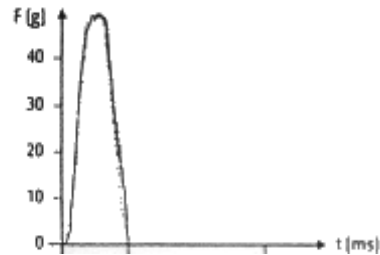
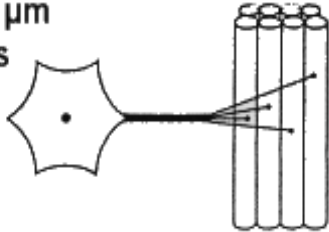
- Fibre intermédiaire de contraction rapide
- Résistante à l'activité intermédiaire
- tonico-phasique

La fibre de type IIa est dite intermédiaire du fait qu'elle est relativement rapide et qu'elle présente une bonne capacité aérobie (haut niveau d'activité de l'enzyme S.D.H.) et anaérobie (haut niveau l'activité de l'enzyme P.F.K.) alors que les fibres du type IIb ont le plus grand potentiel anaérobie ; ce sont les fibres FG (fast glycolytic). La fibre du type IIc est rare et non différenciée : c'est probablement une fibre en voie de réinnervation ou de transformation.



* La fibre rapide (type IIB)

Fibres IIb
diamètre: 46 μm
V: 80-130 m/s
f: 50 Hz
a-phasique



- Fibre blanche de contraction rapide typiquement phasique
- Métabolisme anaérobie pauvre en mitochondries
- Moins oxydative et plus anaérobie
- développe une grande puissance mais de courte durée
- Très fatigable.
- Riche en glycogène

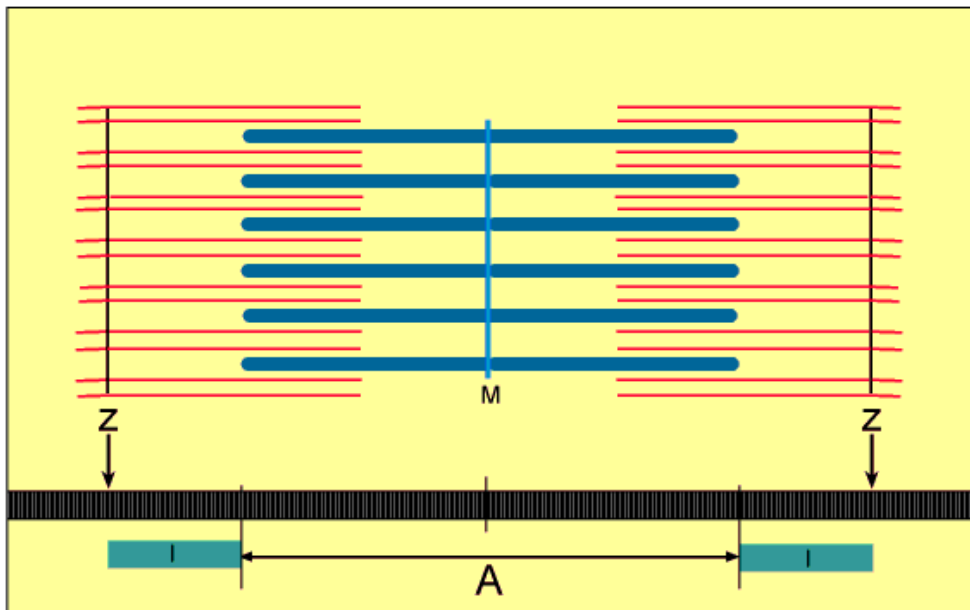
L'entraînement permet aux fibres rapides d'améliorer leur potentiel métabolique aérobie sans entrer en concurrence avec les fibres lentes et de déterminer ainsi une augmentation de la consommation d'O₂.



3 * La contraction musculaire

*La théorie de la contraction par glissement des filaments

Durant la contraction, les filaments minces glissent sur les filaments épais de sorte que l'actine et la myosine se chevauchent davantage.



- **Type de contraction musculaire**

Concentrique :

- Le muscle se raccourcit
- Contraction dynamique

Statique :

- La longueur du muscle ne varie pas
- Contraction isométrique

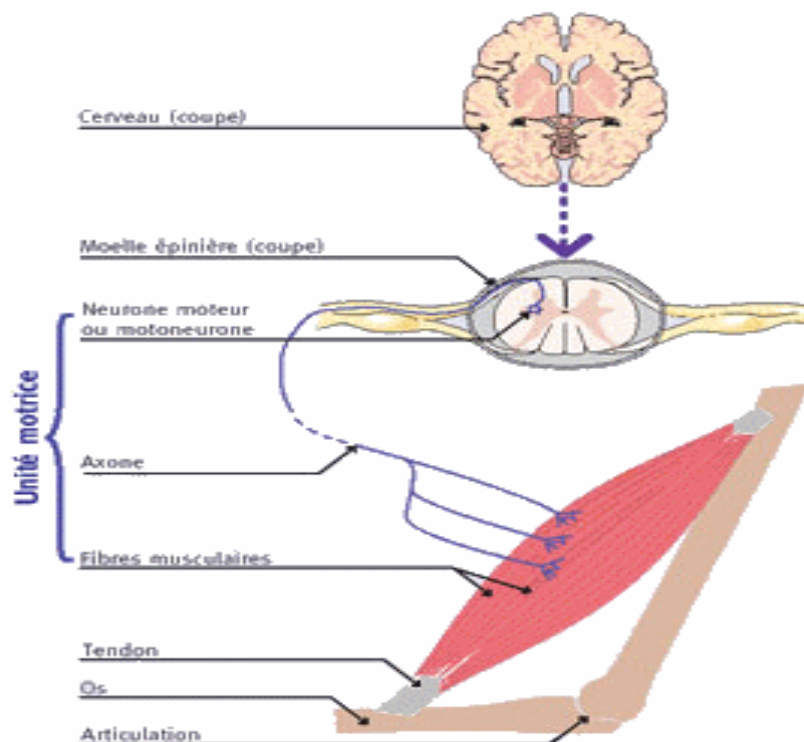
Excentrique :

- Le muscle s'allonge
- Contraction excentrique et dynamique

4 -Les différents types d'unités motrices

Les unités motrices peuvent être classées en différents types sur la base de leurs propriétés contractiles et métaboliques. Il existe deux grandes classes d'unités motrices : les unités motrices de type lent (slow), caractérisées par la lenteur de leur vitesse de contraction, la faible valeur de leur puissance mécanique, et leur

résistance à la fatigue. A l'opposé, les unités motrices de type rapide (fast) sont caractérisées par leur contraction rapide et leur puissance élevée. Elles sont rangées en rapides-fatigables ou rapides-résistantes, en fonction de leur résistance à la fatigue. Il est maintenant établi qu'un certain nombre de ces propriétés contractiles, et en particulier la vitesse de contraction de l'unité motrice, sont étroitement dépendantes de la vitesse d'hydrolyse de l'ATP. Les propriétés métaboliques dépendent de l'équipement enzymatique et de la densité mitochondriale. Les fibres de type I ou slow possèdent une forte densité mitochondriale et des enzymes orientant le métabolisme vers les voies oxydatives. Elles sont capables d'utiliser des substrats glucidiques ou lipidiques, elles sont aussi le siège de l'oxydation de certains acides aminés lors du travail musculaire. Les fibres de type rapides sont classées en deux sous-groupes qui diffèrent par leurs capacités métaboliques. Les fibres rapides résistantes à la fatigue sont capables d'assurer un métabolisme oxydatif important, elles sont désignées sous les termes de fibres : Fast Twitch Resistant FR ou type IIA ; les fibres rapides fatigables ont un métabolisme essentiellement anaérobie, elles sont désignées sous les termes de fibres de type Fast Twitch Fatigables FF ou type IIB.



5 -Effets de l'entraînement physique sur les structures du muscle

Il a été bien démontré que les structures des muscles d'athlètes très entraînés diffèrent de celles de sujets sédentaires. Les athlètes endurants présentent une augmentation de la proportion de fibres lentes de type I dans les muscles locomoteurs associés à un réseau capillaire plus dense. Il existe aussi une augmentation de la densité mitochondriale qui est bien corrélée avec l'amélioration de la consommation maximale d'oxygène. Les athlètes entraînés dans des sports de force présentent une augmentation de la surface des fibres musculaires et dans certains types d'activités, on a pu relever une augmentation de la proportion de fibres de type rapides. Cependant la discussion reste ouverte pour savoir dans quelles proportions ces modifications observées chez des athlètes, qui réussissent dans leur discipline, est le résultat de leur entraînement ou bien reflètent leur patrimoine génétique. Les études récentes suggèrent que l'entraînement favorise surtout la transition des fibres de type rapides glycolytiques IIB vers les rapides oxydatives IIA.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

1. Frank Multon, Paul Delamarche, Thierry Horrut « Anatomie, physiologie, neurosciences et biomécanique ».Edition Elsevier. Masson. Aout2018.Paris.
2. Guillaume Millet, Stéphane Perrey « physiologie de l'exercice musculaire ».Edition Elipses.janvier2005.FRANCE.
3. Hugues. M, Roland. F, Henry. V « Physiologie du sport : bases physiologiques des activités physiques et sportives ».6^{ème} édition .Elsevier Masson. 2007 paris.
4. Jack H wilmore, David L Costill, W Larry kenney « physiologie du sport et de l'exercice »4^{ème} édition Deboeck. Bruxelles 2009.