

COURS GENERAUX

« Moniteur Sportif Initiateur »

Thématique 3

Facteurs déterminants de l'activité et de la performance

Module 1

Un support à l'activité physique : la « machine humaine »

Cours généraux de la formation « Moniteur Sportif Initiateur »

Thématique 3 : Facteurs déterminants de performance et de l'activité

Module 1 : Un support à l'activité physique : la machine humaine

BENOIT Nicolas, Centre d'Evaluation de la Performance Sportive (CEPS), UCL

nicolas.benoit@uclouvain.be

DEWOLF Charles, Centre d'Evaluation de la Performance Sportive (CEPS), UCL

dewolf.charles@sporteval.be

FRANCAUX Marc, Centre d'Evaluation de la Performance Sportive (CEPS), UCL

marc.francaux@uclouvain.be

Fédération Wallonie-Bruxelles, Administration Générale d'Aide à la Jeunesse, de la Santé et du Sport,
Direction Générale du Sport (Adeps), Service « Etudes et développements de projets ».

adeps.formatiodecadres@cfwb.be

⇒ **RESUME :**

Dans le cadre d'un cours dont l'objectif est de former de futurs moniteurs sportifs, la compréhension de la « machine » dont le sportif va se servir pour pratiquer son sport est indispensable. L'objectif de cette unité de formation n'est pas de former des médecins, ni de comprendre le fonctionnement fin des mécanismes cellulaires. Mais lorsqu'il s'agira de comprendre pourquoi un enfant a besoin de boire quand il joue ou lorsqu'il faudra analyser pourquoi un ensemble d'entraînements donnés n'a pas permis d'augmentation de la performance, un minimum de compréhension sur le fonctionnement du corps humain sera de rigueur.

Au terme de cette unité de formation, le candidat « moniteur sportif initiateur » devrait donc pouvoir comprendre les bases de fonctionnement du corps humain

⇒ **METHODOLOGIE :**

- Exposé magistral
- Séance « questions-réponses »

⇒ **SUPPORTS DE COURS :**

- Syllabus
- Foire aux questions (FAQ)
- Présentation assistée par ordinateur (PAO)

⇒ **MODALITES D'EVALUATION :**

- Questionnaire à choix multiple (QCM)

⇒ **CHARGE THEORIQUE DE TRAVAIL POUR LE CANDIDAT :**

- En présentiel :
 - 3 heures de cours magistral
 - 30 minutes d'évaluation
- En non présentiel :
 - 6 heures d'étude indépendante et personnelle en guise de préparation à l'évaluation

Ce module de formation apportera des réponses aux questions suivantes (liste non exhaustive) :

- ✓ **Quelle est la structure de base du corps humain ? (p 4)**
- ✓ **De quoi sont composées les cellules humaines ? (p 4)**
- ✓ **Comment le corps humain se développe-t-il ? (p 5)**
- ✓ **Qu'est-ce qu'un tissu ? (p 6)**
- ✓ **Quelle sont les grandes catégories de tissus cellulaires ? (p 7)**
- ✓ **Quelle est la structure d'un organe ? (p 8)**
- ✓ **Les organes sont-ils seuls à concourir pour une même fonction ? (p 8)**
- ✓ **Quelle est la différence entre un système et un appareil ? (p 8)**
- ✓ **Quelles sont les systèmes/appareils qui constituent le corps humain ? (p 10)**
- ✓ **Toutes les fonctions du corps humain sont-elles utilisées à l'exercice ? (p 12)**
- ✓ **Comment faire bouger l'être humain ? (p 12)**
- ✓ **De quels tissus est constitué l'appareil locomoteur ? (p 12)**
- ✓ **Comment le tissu osseux se met-il en place et comment évolue-t-il avec l'âge ? (p 14)**
- ✓ **Quel est l'impact de l'activité physique sur le tissu osseux ? (p 14)**
- ✓ **En ce qui concerne le tissu osseux, quelles sont les précautions particulières à prendre en compte lors d'un exercice ? (p 14)**
- ✓ **Quelles sont les différents types d'articulation ? (p 16)**
- ✓ **Qu'est-ce qui limite mes mouvements au niveau d'une articulation ? (p 17)**
- ✓ **Quelles sont les autres structures spécifiques d'une articulation ? (p 17)**
- ✓ **Comment le système articulaire évolue-t-il avec l'âge ? (p 18)**
- ✓ **Quel est l'impact de l'activité physique sur le système articulaire ? (p 18)**
- ✓ **Quelles sont les recommandations en termes d'activité physique pour maintenir l'intégrité du système articulaire ? (p 18)**
- ✓ **De quoi est constitué un muscle ? (p 20)**
- ✓ **Quels sont les différents types de muscles ? (p 21)**
- ✓ **Comment le tissu musculaire se développe-t-il ? (p 23)**
- ✓ **Quel est l'impact de l'activité physique sur le tissu musculaire ? (p 24)**
- ✓ **Quelles recommandations peut-on appliquer pour maintenir un fonctionnement optimal du tissu musculaire ? (p 24)**
- ✓ **Comment amener l'oxygène aux cellules ? (p 26)**

- ✓ **Comment évalue-t-on la fonction respiratoire ? (p 26)**
- ✓ **Quelle est l'évolution du système respiratoire de l'enfance à l'âge adulte ? (p 27)**
- ✓ **Quel est l'impact de l'exercice sur la fonction respiratoire ? (p 28)**
- ✓ **Quelle sont les mesures courantes de la fonction cardiaque ? (p 29)**
- ✓ **Quels sont les changements subits par l'appareil circulatoire lors de la croissance ? (p 29)**
- ✓ **Quel est l'impact de l'activité physique sur l'appareil circulatoire ? (p 29)**
- ✓ **Qu'est-ce qui nous permet de contrôler le mouvement ? (p 31)**
- ✓ **Comment voyage l'information depuis le centre vers la périphérie ? Autrement dit, comment l'information peut-elle circuler ? (p 31)**
- ✓ **Comment le système nerveux intervient-il à l'exercice ? (p 32)**
- ✓ **Comment se développe le système nerveux ? (p 33)**
- ✓ **Quels sont les éléments essentiels dont a besoin le corps humain pour fonctionner correctement ? (p 35)**
- ✓ **Quels sont les principaux facteurs de la dépense énergétique d'une journée ? (p 35)**
- ✓ **Qu'est-ce que le métabolisme de base ? Y-a-t-il des différences entre individus ? (p 35)**
- ✓ **Consommons-nous de l'énergie pour digérer ? (p 36)**
- ✓ **Quelle est la dépense énergétique liée à l'exercice ? (p 36)**
- ✓ **Qu'est ce que « l'énergie » et d'où vient-elle ? (p 36)**
- ✓ **D'où provient l'énergie contenue dans les aliments ? (p 38)**
- ✓ **Comment et quand les glucides sont-ils utilisés lors d'un exercice ? (p 39)**
- ✓ **Comment et quand les lipides sont-ils utilisés lors d'un exercice ? (p 40)**
- ✓ **Comment et quand les protéines sont-elles utilisées lors d'un exercice ? (p 41)**
- ✓ **Comment le corps utilise-t-il l'énergie mise à sa disposition ? (p 42)**
- ✓ **Qu'est-ce que l'ATP ? (p 43)**
- ✓ **Quels sont les systèmes qui permettent de fournir l'ATP ? (p 44)**
- ✓ **L'énergie utilisée est-elle utilisée à 100% pour l'exercice physique ? (p 46)**

✓ **Quelle est la structure de base du corps humain ?**

Le corps humain peut être assimilé à une machine dont le fonctionnement, d'apparence assez complexe, repose sur une structuration relativement simple à comprendre.

A l'image d'une maison, le corps humain possède des éléments essentiels (briques) qui vont s'assembler entre eux pour créer une première structure de base (les murs de la maison).

Ces éléments de base appelés **cellules** s'assemblent pour former les **tissus**. Différents tissus peuvent ensuite se combiner pour définir une fonction spécifique et créer ainsi un **organe** (plusieurs murs ensemble vont former une pièce).

Et enfin, des organes différents qui concourent à la même fonction, se rassemblent entre eux pour former un **système** ou un **appareil** (par exemple, les meubles déterminent la fonction générale de la pièce).

✓ **De quoi sont composées les cellules humaines ?**

Chacune des **cellules** du corps humain possède une structure similaire (voir figure 1) et exprime des besoins spécifiques qui participent au bon fonctionnement de l'organisme tout entier. La cellule humaine est une entité délimitée par une membrane : la **membrane plasmique (ou cytoplasmique)**, et remplie d'un liquide portant le nom de **cytoplasme**.

Tout comme nous, une cellule a besoin de respirer, de se nourrir et de se multiplier. Pour cela, elle dispose donc de différentes petites structures internes qui possèdent chacun des rôles particuliers : les **organites cellulaires**.

Le plus important de tous les organites est le **noyau** car celui-ci contient le code génétique de la cellule. Celui-ci contient le « plan » qui servira à la « construction » et au développement de l'être humain. En plus du noyau, d'autres structures sont présentes et remplissent un rôle très spécifique dans le fonctionnement cellulaire :

- les **mitochondries**, véritables centrales respiratoires qui interviennent lors de la restauration des stocks d'énergie (nous en reparlerons plus loin),
- les **lysosomes** qui participent à la défense de la cellule en digérant les corps étrangers,
- les **ribosomes** qui participent à la formation des protéines (voir plus loin), etc...

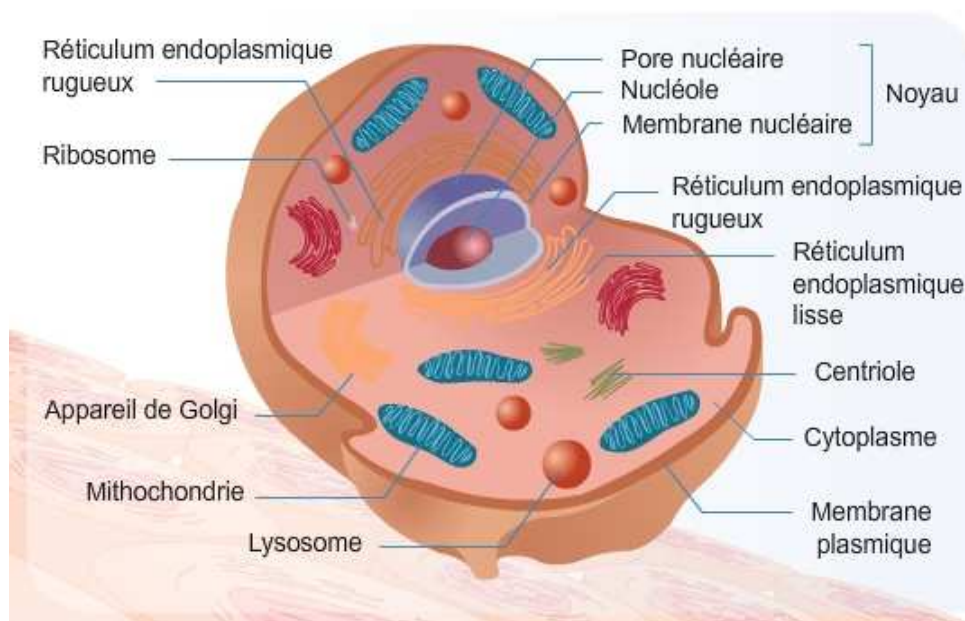


Figure 1 : Représentation d'une cellule animale avec les différents organites
(tiré de www.planetegene.com, site visité le 29/03/11).

✓ Comment le corps humain se développe-t-il ?

Chaque être humain provient d'une seule cellule issue d'un ovule fécondé par le spermatozoïde. Cette cellule va d'abord recopier toute l'information contenue dans son noyau, puis elle va se diviser. Il y aura ainsi deux cellules qui vont se diviser également à leur tour, et ainsi de suite... pour former après quelques jours un ensemble de cellules.

Si la **division cellulaire** (voir Figure 2) était le seul mécanisme impliqué, le résultat final serait une masse sphérique de cellules identiques. Ce n'est évidemment pas le cas.

Ainsi, durant leur développement, chaque cellule va se spécialiser lors de la **différenciation cellulaire**. Une fois différencié des autres cellules, un type de cellule particulier sera responsable d'une fonction particulière dans l'organisme. Par exemple, la cellule musculaire sera responsable de la production de force et de mouvement, alors que la cellule nerveuse aura pour fonction la production de signaux de nature électrique pour le transfert d'information.

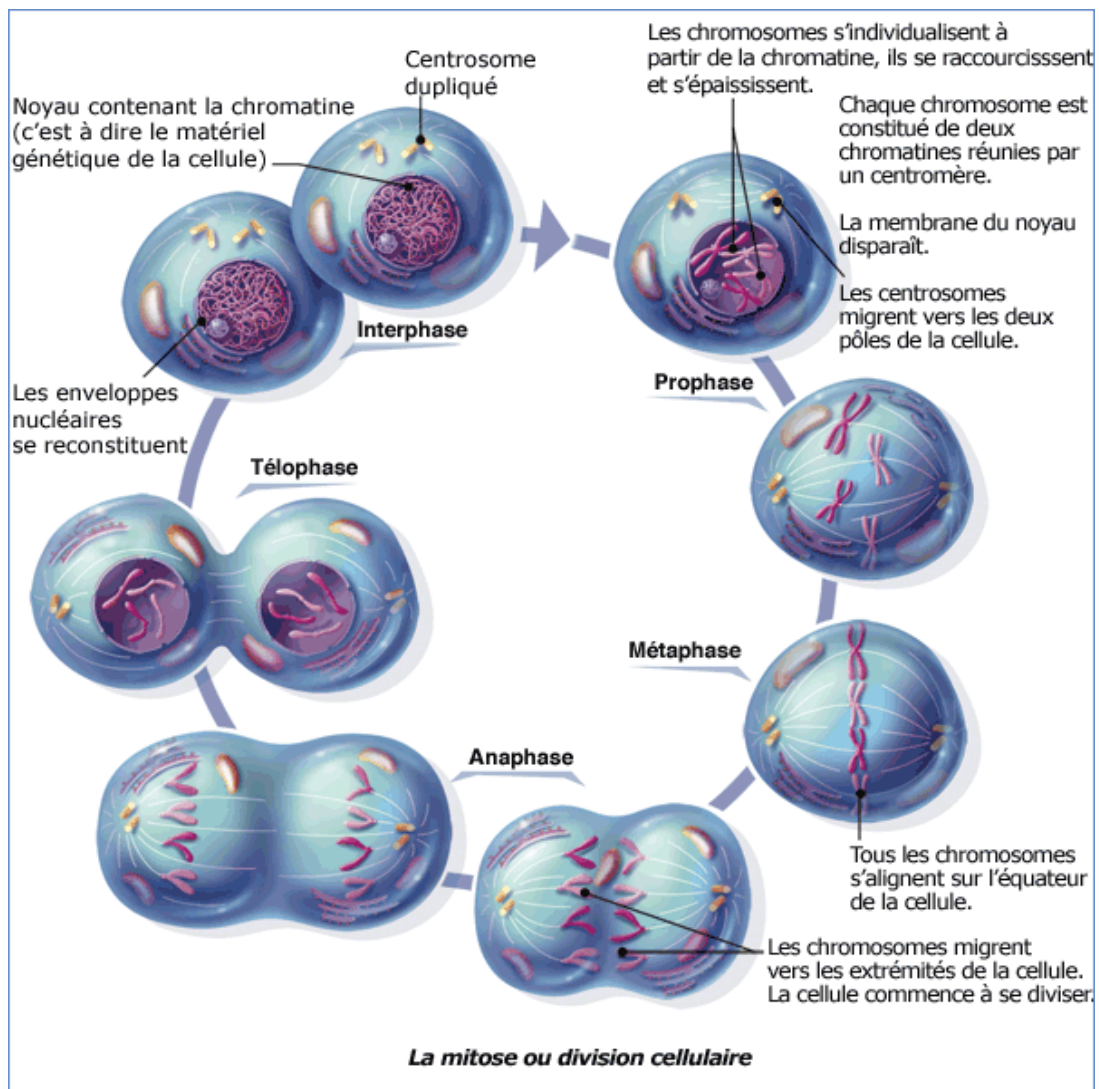


Figure 2 : Illustration de la division cellulaire
 (image tirée de www.santea.com, site visité le 29/03/11)

✓ **Qu'est-ce qu'un tissu ?**

Nous avons abordé le sujet en introduction, la plupart des cellules spécialisées vont s'associer avec d'autres cellules du même type pour former des tissus. Un tissu est ainsi défini comme **un ensemble de cellules de structure analogue et concourant à la même fonction.**

✓ **Quelle sont les grandes catégories de tissus cellulaires ?**

Si on classe les cellules selon le type de fonction qu'elles remplissent, quatre catégories de types cellulaires ressortent, qui correspondent aux 4 grandes catégories de tissus :

- Les cellules formant le **tissu musculaire**. Celles-ci sont spécialisées dans la production de forces génératrices de mouvements. Ces cellules peuvent se fixer aux os et produire les mouvements des membres et du tronc. Elles peuvent également s'attacher à la peau, comme les cellules des muscles responsables de l'expression du visage. Elles peuvent également entourer des cavités, de telle sorte que leur contraction expulse le contenu de la cavité, comme les cellules cardiaques à chaque battement du cœur.
- Les cellules formant le **tissu nerveux**. Celles-ci se spécialisent dans la production et la propagation de signaux de nature électrique, souvent sur de grandes distances. Ces cellules participent à la transmission de messages spécifiques au cerveau, mais également au contrôle et à la coordination du mouvement humain.



Figure 3 : Représentation artistique d'une cellule nerveuse en connexion avec d'autres (réseau synaptique – tire de 3D4Medical)

- Les cellules formant le **tissu épithélial**. Elles sont situées principalement sur les surfaces qui couvrent le corps ou certains organes, ou qui tapissent les parois des différentes structures de l'organisme. Ces cellules fonctionnent comme des barrières sélectives qui régulent les échanges de molécules à travers elles. Par exemple, les cellules épithéliales à la surface de la peau forment une barrière qui empêche la plupart des substances de l'environnement de pénétrer dans l'organisme par la peau.
- Les cellules formant le **tissu conjonctif**. Ces dernières, comme leur nom l'indique, ont pour principale fonction de relier, d'ancrer et de soutenir les structures de l'organisme. Il s'agit par exemple des cellules osseuses, les globules rouges et les globules blancs, etc.

Dans chacune de ces catégories fonctionnelles de cellule, on peut également retrouver plusieurs types cellulaires qui accomplissent la même fonction. Il y a, par exemple, 3 types de cellules musculaires : les cellules musculaires squelettiques, cardiaques et lisses. Toutes produisent des forces et du mouvement, mais elles diffèrent les unes des autres par leur forme, le mécanisme de régulation de leur activité et leur situation dans divers organes du corps.

✓ **Quelle est la structure d'un organe ?**

Les différents tissus seront agencés selon des proportions et des modèles variés pour former des organes diversifiés.

Un organe peut donc être défini comme un **agencement de différents tissus qui concourent à la même fonction physiologique.**

Par exemple, un organe comme le rein est constitué :

- d'une série de petits tubes, chacun étant composé d'une seule couche de cellules épithéliales,
- de vaisseaux sanguins dont les parois contiennent divers proportions de muscles lisses et de tissu conjonctif,
- de fibres nerveuses dont les terminaisons sont en contact avec les cellules musculaires et épithéliales,
- d'un réseau de tissu conjonctif dont les éléments sont dispersés dans le rein et forment aussi une capsule d'enveloppe.

Il est évident que dans un cours ayant un rapport direct avec le mouvement, il sera très intéressant d'étudier de manière plus spécifique les organes intervenant au cours de la locomotion. Cette étude spécifique sera réalisée ultérieurement.

✓ **Les organes sont-ils seuls à concourir pour une même fonction ?**

Evidemment non !

Un organe seul ne remplira pas une fonction complexe de l'organisme. Les organes vont se combiner entre eux pour former les systèmes et appareils. Par exemple, le sang ne pourra être distribué correctement aux cellules (fonction circulatoire) que grâce à l'action commune du cœur et des vaisseaux sanguins qui constituent ensemble l'appareil circulatoire.

✓ **Mais quelle est la différence entre un système et un appareil ?**

On appelle **système** un **ensemble d'organes ayant une structure analogue** comme le système nerveux, le système immunitaire ou le système musculaire.

Alors qu'un **appareil** est un **ensemble d'organes concourant à la même fonction mais dont la structure peut être différente.** Par exemple, les reins, la vessie et l'urètre constituent l'appareil urinaire et le cartilage, les os, les tendons, ligaments, le muscle constituent ensemble l'appareil locomoteur.

En bref... (voir figure 4)

Le corps humain peut donc maintenant être décrit comme une **société complexe de cellules différenciées, associées selon leur structure et leur fonction, et étroitement reliées entre elles afin d'accomplir les fonctions essentielles à la survie de l'organisme.**

Les cellules individuelles constituent les unités de base de cette société, et presque chacune de ces cellules accomplit les activités fondamentales communes à toutes les formes de vie.

Le corps humain est issu d'une seule cellule, issue elle-même de la fusion de deux cellules sexuelles : l'ovule et le spermatozoïde.

Au cours du développement, cette cellule va se multiplier et progressivement, certaines d'entre elles vont se spécialiser. En plus de se spécialiser, les cellules vont s'associer de façon spécifique à d'autres cellules pour former des structures multicellulaires.

Les cellules dotées de propriétés similaires s'associent pour former des tissus (on parle, par exemple de tissu nerveux ou musculaire).

Ces tissus se combinent à d'autres types de tissus pour former des organes comme le cœur, les poumons, les reins, etc.

Enfin, les organes s'associent entre eux pour former des systèmes et des appareils qui rempliront une fonction particulière pour l'organisme (*par exemple : le système nerveux ou l'appareil locomoteur*)



Figure 4 : Représentation schématique de la structure de base de l'organisme humain

✓ **Quelles sont les systèmes/appareils qui constituent le corps humain ?**

Pour assurer les grandes fonctions du corps humain, nous avons besoin des différents systèmes et appareils qui assureront, individuellement et dans des proportions variables, une part du travail au repos comme à l'exercice physique :

- **L'appareil locomoteur** : qui permet **le soutien, la protection et la mise en mouvement de l'organisme**, est constitué par :
 - o les os,
 - o les cartilages,
 - o les ligaments,
 - o les tendons,
 - o les articulations et
 - o les muscles squelettiques.

Si on fait une analogie entre le corps humain et une automobile, les os, cartilages, articulations et ligaments sont au corps humain ce que sont le châssis et le système de transmission à la voiture. Les muscles sont le moteur du corps humain.

- **L'appareil cardiorespiratoire** : L'élément primordial permettant la survie de l'individu est l'oxygène (O₂).

Chaque cellule de notre corps a besoin d'oxygène pour transformer les substrats énergétiques mis à disposition et pour fournir l'énergie nécessaire à son bon fonctionnement. Si une cellule est privée d'oxygène, elle meurt.

L'appareil cardio-respiratoire, avec le tissu sanguin, est responsable de l'approvisionnement continu des cellules musculaires en oxygène, au repos comme à l'exercice.

Pour remplir la fonction d'apport d'oxygène depuis l'air ambiant jusqu'aux cellules musculaires responsables de l'exercice deux grands appareils vont fonctionner ensemble :

- o l'appareil respiratoire va permettre la diffusion de l'oxygène au niveau pulmonaire et
 - o l'appareil circulatoire va permettre le transport de l'oxygène au sein même de l'organisme.
- **L'appareil digestif** : Les substrats énergétiques proviennent de la simplification des macromolécules directement issues de l'alimentation.

C'est **l'appareil digestif** qui se charge de la simplification de ces macromolécules en molécules assimilables par l'organisme, ainsi que du transport vers les différents sites où elles seront incorporées à la circulation sanguine pour une transformation en énergie utile au bon fonctionnement du système.

Le système digestif s'occupe également de l'évacuation des éléments non-assimilés par l'organisme.

- **Le système nerveux :** Véritable « unité centrale », le système nerveux par son fonctionnement spécifique est le centre d'intégration des différentes informations reçues depuis le milieu environnant et le système lui-même, mais aussi le centre de commande des différentes fonctions de l'organisme.

C'est ce système qui nous permet d'interagir avec l'environnement, de nous exprimer et d'exprimer des émotions, notamment, qui ont également une part importante de responsabilité dans la pratique sportive. Les organes des sens sont étroitement liés à ce système nerveux et certaines réactions, par exemple, les réflexes, sont sous son contrôle exclusif.

- **Le système endocrinien :** Le système endocrinien constitue le second système de communication de l'organisme.

Il est constitué des toutes les *glandes endocrines* qui sécrètent les *hormones*. Ces dernières sont des messagers chimiques qui sont véhiculés essentiellement par le sang depuis leur zone de production vers leur zone d'action (cellules effectrices).

Les fonctions de ces hormones sont multiples, mais on peut citer, par exemple, la stimulation de la formation des globules rouges (érythrocytes) par l'érythropoïétine (EPO) ou la régulation du transport du glucose sanguin par l'insuline, ...

- **Le système immunitaire :** Le système immunitaire est responsable des défenses de l'organisme contre les agressions extérieures, les corps étrangers.

Ce système est doté d'une fonction permettant de reconnaître ce qui appartient ou n'appartient pas à l'organisme et de mettre en place les *réactions (immunitaires)* nécessaires pour détruire les « agresseurs ».

- **Le système reproducteur :** Bien que cette fonction semble moins importante dans le cadre de l'étude du fonctionnement normal de l'organisme et de son adaptation à l'exercice, il est bon de noter qu'un développement optimal de ce dernier système est nécessaire pour la survie de l'espèce.

En bref...

Les systèmes/appareils qui remplissent les différentes fonctions du corps humain semblent indépendants les uns des autres.

Cependant, le mauvais fonctionnement ou l'altération de l'un d'entre eux peut être la cause d'un dysfonctionnement global du système qui peut devenir incompatible avec le développement harmonieux, voir même la survie de l'individu.

C'est notamment le cas dans certaines pathologies congénitales. Tous ces systèmes/appareils n'ont cependant pas la même importance, ni la même implication lors de l'exercice physique.

Certains verront leur fonctionnement accentué (ex. l'appareil cardiorespiratoire), alors que d'autres auront une activité réduite lors de l'exercice physique (ex. le système immunitaire).

✓ **Toutes les fonctions sont-elles utilisées à l'exercice ?**

Bien que l'ensemble des fonctions du corps humain soient liées entre elles, il est clair que chacune d'entre elles n'intervient pas de la même manière dans la réalisation du mouvement.

Lors d'un exercice, certaines fonctions sont mise entre parenthèses (ex. *la reproduction*), alors que d'autres fonctionnent à plein rendement (ex. *la fonction cardio-respiratoire*).

En raison de l'orientation de ce cours vers la physiologie du mouvement, nous allons analyser de manière un peu plus approfondie la structure, le fonctionnement et la mise en place en fonction de l'âge (développement et maturation) des systèmes/appareils qui interviennent de manière prédominante lors d'un exercice.

Nous observerons également brièvement les adaptations observées lors d'un exercice et nous terminerons, quand cela est d'application, par les recommandations en terme d'exercice pour un développement harmonieux.

✓ **Comment faire bouger l'être humain ?**

C'est l'appareil locomoteur qui va permettre à l'homme de se mouvoir. Outre la mise en mouvement de l'organisme, il va également assurer le soutien et la protection des différentes parties de l'être humain.

✓ **De quels tissus est constitué l'appareil locomoteur ?**

L'appareil locomoteur regroupe essentiellement **le tissu osseux, le tissu cartilagineux et le tissu musculaire** pour assurer ces trois fonctions principales.

Le système osseux – le tissu osseux

Les **os** constituent véritablement la charpente du corps humain (voir Figure 5).

Par leurs propriétés résistives ils remplissent le rôle de soutien de la forme globale du corps humain. Pour remplir la fonction de mise en mouvement, ils doivent cependant aussi être articulés et mobiles entre eux.

Pour ce faire, ils sont unis entre eux par des **articulations** (voir ci-après le système articulaire) et mis en mouvements par des **muscles** (voir ci-après le système musculaire).

L'os a donc un rôle de support pour le système musculaire qui s'y attache, ce qui lui permet d'être mobile. Sa rigidité ainsi que sa forme et sa disposition en fait le protecteur de pratiquement toutes les parties les plus sensibles et fragiles du corps humain : le crâne protège le cerveau, la cage thoracique le cœur et poumons, la colonne vertébrale les nerfs, ...

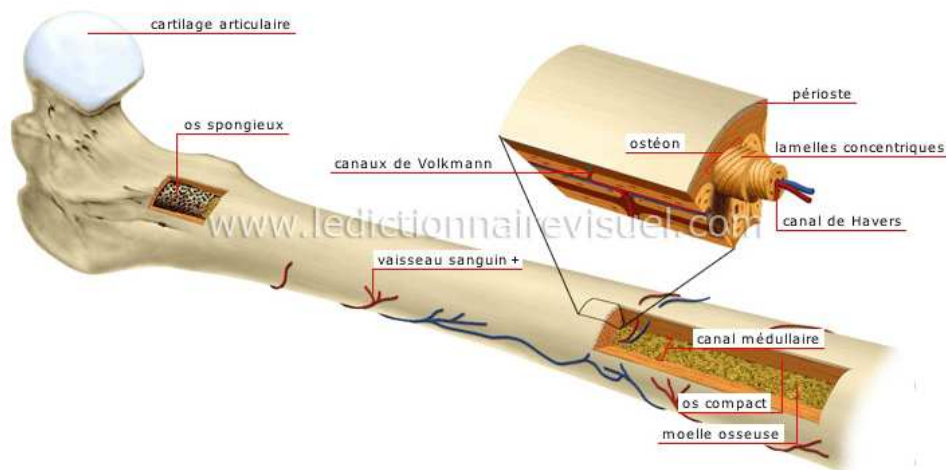


Figure 5 : Structure d'un os long

Mais leur rôle ne s'arrête pas là, c'est ainsi que dans la moelle osseuse sont fabriqués les globules rouges permettant de transporter l'oxygène aux différents tissus lors de l'activité physique et les globules blancs pour la défense de l'organisme contre les agressions extérieures.

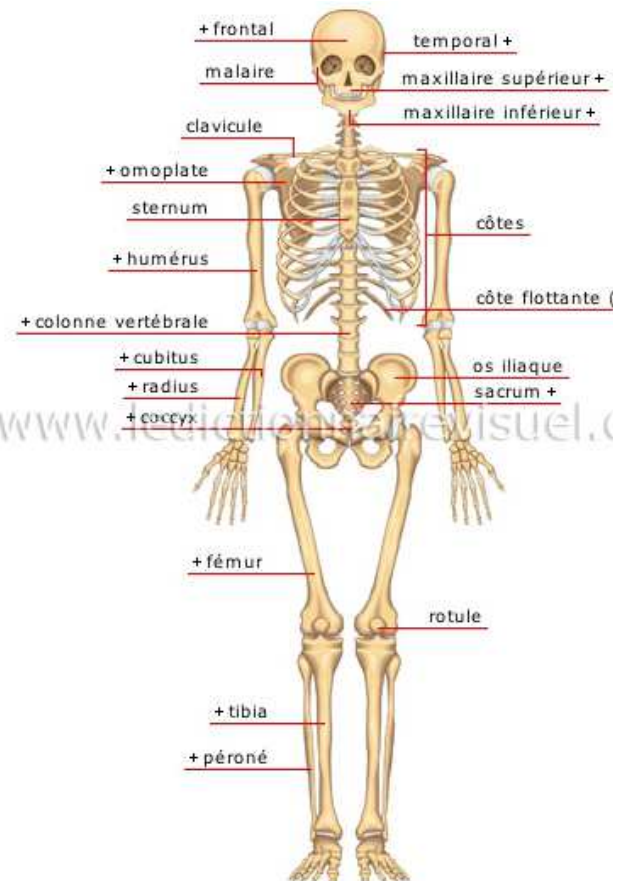


Figure 6 : Squelette humain (vue antérieure)

✓ **Comment le tissu osseux se met-il en place et comment évolue-t-il avec l'âge ?**

Le tissu osseux provient de la différenciation de cellules initiales (non-différenciées) en cellules osseuses appelées **ostéoblastes**.

Ces cellules vont ensuite subir un processus d'ossification et porteront le nom d'**ostéocyte**.

Durant toute la phase de croissance, le tissu osseux n'est pas encore complètement formé. En son sein, subsistent des zones appelées **cartilages de conjugaison**. Ces zones font la liaison entre les extrémités de l'os et sa partie moyenne qui est le siège de la croissance de l'os. Celle-ci s'arrêtera lorsque ces dernières zones seront transformées en tissu osseux.

En général, cette période de croissance s'étend de la naissance à la période post-pubertaire avec deux pics de croissance lors des deux premières années de la vie et lors de la puberté.

Cependant, la structure osseuse n'est pas identique à tous les âges de la vie. Les os s'allongent et s'épaississent progressivement pendant la croissance alors qu'ils ont plutôt tendance à réduire leur densité durant le phénomène de vieillissement, ce qui les rend plus fragiles (ex. *phénomène d'ostéoporose, bien connu chez la femme*).

✓ **Quel est l'impact de l'activité physique sur le tissu osseux ?**

Puisqu'il constitue la charpente du corps humain et que les muscles viennent s'y insérer, le système osseux joue un rôle majeur pour la locomotion. L'activité physique peut aussi avoir un impact sur le tissu osseux. Par les contraintes mécaniques qu'elle exerce sur le squelette, l'activité physique stimule la formation du tissu osseux. Elle agit à la fois sur la masse osseuse, sa densité et sur sa texture.

✓ **En ce qui concerne le tissu osseux, quelles sont les précautions particulières à prendre en compte lors d'un exercice ?**

Tant que le squelette n'est pas encore totalement constitué (chez les jeunes enfants) ou lorsqu'il est plus vulnérable (chez les personnes plus âgées), il peut être dangereux de faire exécuter n'importe quel mouvement ou exercice sans pouvoir en prévoir les conséquences (sports avec de nombreux chocs, des disciplines comme le motocross peuvent ainsi apparaître traumatisantes pour de plus jeunes enfants, le hockey sur glace dont les contacts, bien que réglementés sont souvent très violents). Une pratique intensive et excessive entraînera les mêmes risques.

En bref à propos du système osseux / tissu osseux ...

Le tissu osseux remplit de multiples rôles : protection, soutien, locomotion et rôle métabolique.

	Enfant	Adulte	3^{ème} âge
<i>Evolution du tissu</i>	Développement - ossification	Equilibre dynamique	Sénescence – Réduction densité osseuse
<i>Impact de l'activité physique</i>	Stimulation de la formation du tissu osseux		
<i>Recommandations</i>	Attention à la surcharge lors des périodes de croissance	/	Attention à la surcharge car l'os est fragilisé

Le système articulaire – le tissu articulaire

Le système articulaire est composé essentiellement des capsules articulaires, du cartilage, des surfaces articulaires et des ligaments.

Ces structures, mises ensemble, permettent aux différents segments osseux de se mouvoir les uns par rapport aux autres.

Le type de mouvement possible d'une articulation est déterminé par la conformation des surfaces articulaires, c'est-à-dire la forme des extrémités osseuses qui s'articulent entre elles.

✓ Quels sont les types d'articulations ?

Les articulations peuvent être classées sur base des mouvements qu'elles permettent. On distinguera par exemple les articulations sphériques, charnières et pivots.

Les articulations sphériques, aussi appelées énarthroses, dans lesquelles une extrémité osseuse en forme de sphère s'articule avec une autre extrémité osseuse en forme de cavité hémisphérique, permettent des mouvements dans toutes les directions.

C'est le cas de l'articulation de l'épaule dans laquelle la tête de l'humérus s'articule avec la cavité glénoïde de l'omoplate, ou encore de l'articulation de la hanche, dans laquelle la tête du fémur s'articule avec la cavité cotyloïde de l'os iliaque.

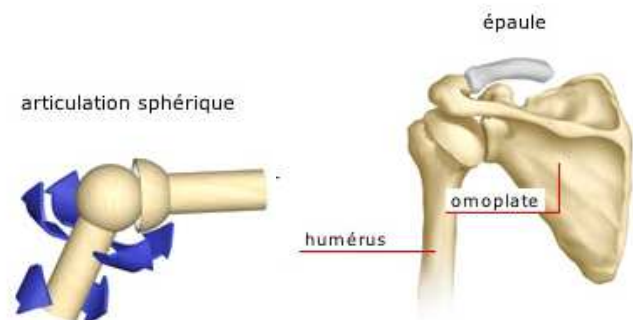


Figure 7 : Articulation sphérique - articulation de l'épaule

(tiré de www.ledictionnairevisuel.com, site visité le 29/03/11)

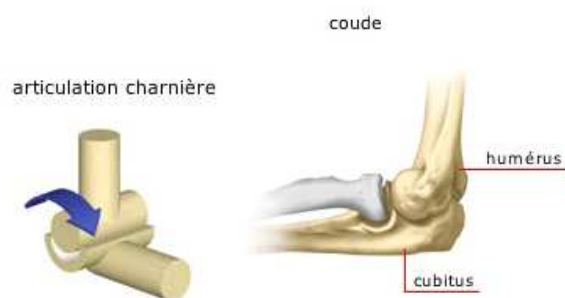


Figure 8 : Articulation charnière - articulation du coude

(tiré de www.ledictionnairevisuel.com, site visité le 29/03/11)

Les articulations pivot permettent un mouvement de rotation entre une extrémité osseuse en forme de pivot et une autre en forme d'anneau.

C'est le cas de l'articulation entre les extrémités proximales du cubitus et du radius au niveau du coude. Cette articulation participe au mouvement de pronation/supination de l'avant-bras.

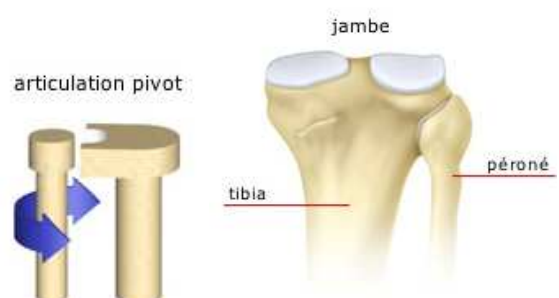


Figure 9 : Articulation pivot - articulation de la jambe

(tiré de www.ledictionnairevisuel.com, site visité le 29/03/11)

✓ **Qu'est-ce qui limite mes mouvements au niveau d'une articulation ?**

L'amplitude de mouvement articulaire est limitée par les structures osseuses, ligamentaires ou musculaires.

Quelques exemples :

- l'extension du coude est limitée par les structures osseuses et en particulier par la butée du bec de l'olécrane (extrémité proximale du cubitus) sur la face arrière de la trochlée humérale (extrémité distale de l'humérus) ;
- l'extension de la hanche est limitée selon les sujets par la mise en tension du muscle iliopsoas ou des ligaments antérieurs de la capsule articulaire ;
- l'élévation antérieure du bras (antépulsion) est limitée notamment par mise en tension du muscle grand dorsal.

L'amplitude de mouvement varie donc grandement d'une articulation à l'autre, mais aussi d'un individu à l'autre pour une même articulation.

Des différences interindividuelles

- dans la forme des structures osseuses et
- dans la forme de leurs surfaces articulaires ou
- dans les caractéristiques mécaniques des tissus conjonctifs constitutifs de la capsule, des ligaments et des tendons,
- ou encore dans les caractéristiques des muscles (masse, longueur, tonus, raideur) entourant l'articulation

expliquent ces variations d'amplitude d'un individu à l'autre.

✓ **Quelles sont les autres structures spécifiques d'une articulation ?**

- Le **cartilage** : Il s'agit d'un tissu conjonctif dense et élastique se trouvant à la jonction de nombreux os. C'est une structure qui peut prendre plusieurs formes et qui possède un rôle de protection osseuse et d'amortisseur. Le cartilage articulaire, par sa constitution principalement de protéines et d'eau, amortit les contacts entre surfaces articulaires et favorise le glissement entre les os qu'il recouvre. Son épaisseur est variable.

Le cartilage n'est pas vascularisé, c'est donc l'action de pompage engendré par la compression et les glissements de celui-ci qui lui permet d'amener les éléments nutritifs essentiels.

Ainsi, par rapport à d'autres tissus conjonctifs, le cartilage se développe et se répare plus lentement.

- La **capsule articulaire** : Elle entoure les surfaces articulaires en contact et constitue le manchon de protection de l'articulation. Elle contient à l'intérieur de l'articulation un liquide visqueux sécrété par sa membrane interne : la synovie.
- Les **ligaments** : Il s'agit de tissus conjonctifs fibreux qui vont aider la capsule articulaire à maintenir les surfaces osseuses en contact (par exemple les ligaments croisés du genou). Ils protègent l'intégrité de l'articulation des entorses et des luxations lors de mouvements forcés (hyperflexion ou hyperextension).

✓ ***Comment le système articulaire évolue-t-il avec l'âge ?***

Dès la naissance, le système articulaire est déjà formé et les différentes structures déjà fonctionnelles.

Le vieillissement se ressentira essentiellement au niveau du tissu cartilagineux. Son nombre de cellules (les chondrocytes) tend à se réduire avec l'âge, il devient moins résistant, ce qui pourrait favoriser l'apparition de certaines pathologies, notamment l'arthrose (maladie dégénérative).

✓ ***Quel est l'impact de l'activité physique sur le système articulaire ?***

L'activité physique régulière va avoir un impact positif sur les différentes composantes du système articulaire.

Elle agit sur le tissu osseux : les mouvements des articulations ont un rôle important pour « nourrir » et « entretenir » le tissu cartilagineux.

Le maintien d'une activité physique permet d'entretenir l'élasticité des structures telles que les tendons et ligaments. Cette dernière caractéristique est primordiale pour maintenir toute l'amplitude de l'articulation et son fonctionnement optimal. Ce sujet sera davantage développé dans le module « recommandations de base pour une bonne pratique ».

✓ ***Quelles sont les recommandations en termes d'activité physique pour maintenir l'intégrité du système articulaire ?***

Pour faire suite à ce que nous venons d'évoquer ci-dessus, un minimum d'exercice physique permet donc d'entretenir les qualités mécaniques du cartilage et de prévenir sa dégradation (la plus connue étant l'arthrose). Il est cependant bon de noter que les sports avec beaucoup de changements de

directions et de rotations sont plus traumatisants pour ce cartilage par les contraintes mécaniques qu'elles engendrent. Entreprendre une activité de ce type avec un système articulaire déjà amoindri est donc plus risqué (p.ex. avec une personne âgée).

En bref à propos du système articulaire / du tissu articulaire ...

	Enfant	Adulte	3 ^{ème} âge
Evolution du tissu	Développement	Avec l'âge, tendance à la dégénérescence du système : altération du tissu osseux et du tissu cartilagineux, diminution des propriétés élastiques des structures ligamentaires et tendineuses	
Impact de l'activité physique	Stimulation de la formation du tissu osseux – les mouvements permettent d'entretenir le tissu cartilagineux (nourrir-réparer) – maintien des propriétés élastiques des structures tendineuses et ligamentaires		
Recommandations	Multiplicité des schémas moteurs (variations) – routines sur l'amplitude articulaire	Entretien des schémas moteurs – entretien de l'amplitude articulaire	Activités adaptées en fonction des antécédents locomoteurs et pathologies existantes

Le système musculaire – le tissu musculaire

Le mouvement sportif s'effectue grâce à la transformation de l'énergie chimique (stockée dans l'organisme) en énergie mécanique (nécessaire pour réaliser le mouvement sportif) via l'action des muscles, nous verrons cela en détail plus loin. Les forces engendrées agissent sur les os qui se déplacent autour de l'axe de leur articulation. C'est de cette manière qu'un individu pédale, cours ou lance un objet.

✓ De quoi est constitué un muscle ?

Le muscle est constitué par l'association de milliers de **cellules musculaires** cylindriques nommées **fibres musculaires**. (voir figure 10)

Ces fibres fines et longues sont organisées de manière spécifique selon le muscle.

La force de contraction s'applique dans le sens du grand axe de la fibre.

Un muscle squelettique renferme essentiellement deux types de fibres :

- des fibres dites lentes (slow twitch – ST)
- et des fibres dites rapides (fast twitch - FT).

La longueur des fibres musculaires varie de quelques millimètres dans les muscles de l'œil à plus de 150 mm dans les muscles plus volumineux de la jambe.

Chaque fibre est entourée d'une robuste membrane (sarcolemme). Ces fibres se rassemblent en faisceaux qui forment le corps du muscle.

Outre les organites classiques que l'on retrouve dans tous les types de cellules, les fibres musculaires se caractérisent par :

- La possibilité de contenir plusieurs noyaux : elles sont **polynucléées**.
- La possession d'un réseau serré de protéines qui, en interagissant entre elles, confère à la fibre musculaire sa fonction de contraction (actine, myosine, titine, tropomyosine, troponine...). Ce réseau porte le nom de **myofibrille** et l'unité contractile du muscle est appelée **sarcomère**.

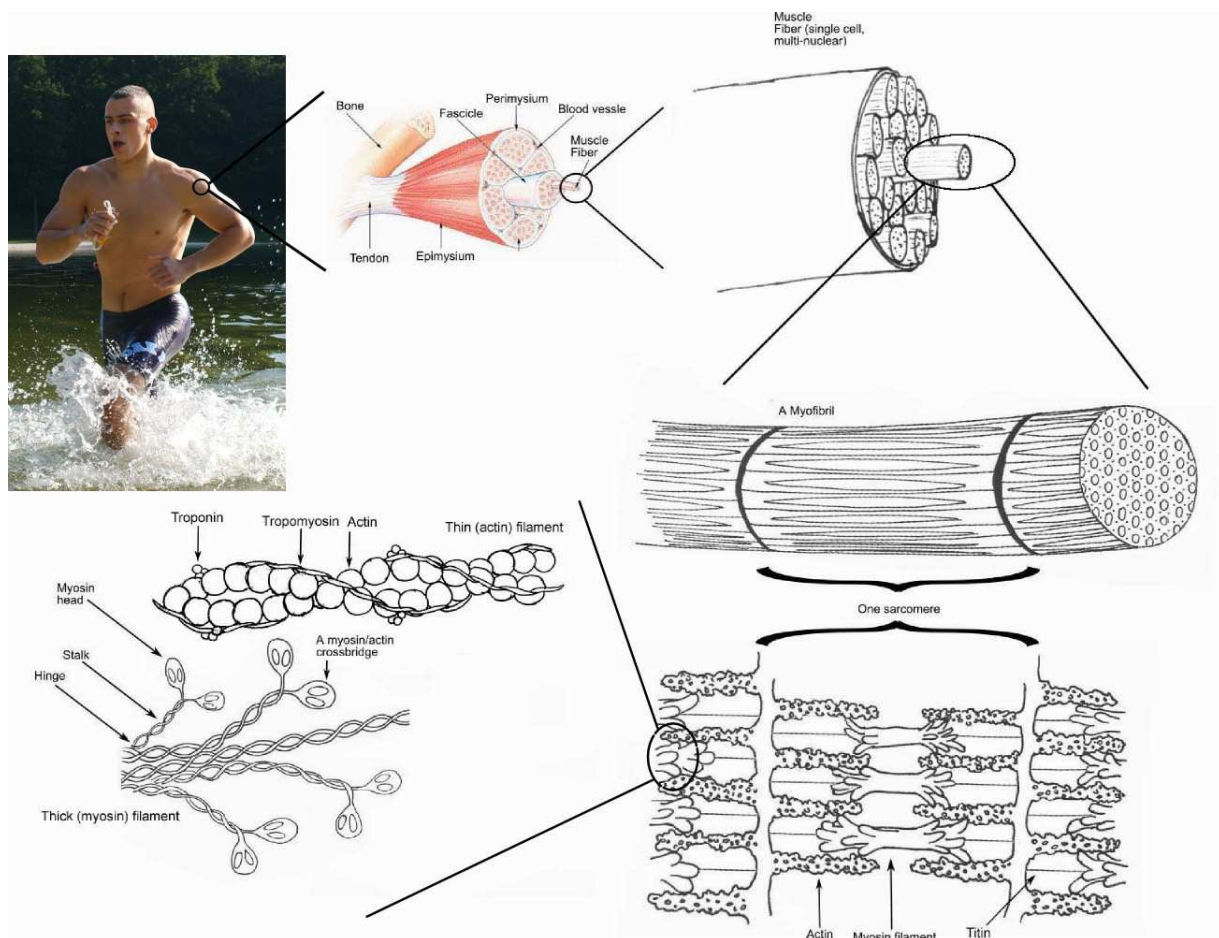


Figure 10 : Représentation de la structure musculaire squelettique striée
(tiré de Wikipédia, site visité le 04/04/11)

✓ **Quels sont les différents types de muscles ?**

L'ensemble constitue une architecture à haute résistance mécanique.

On distingue 3 types de muscles différents :

- Les **muscles lisses** : Ce sont les muscles qui échappent à la volonté, qu'on ne sait pas décider de contracter mais dont l'action est gérée par notre cerveau (sous contrôle du système nerveux autonome). Il s'agit par exemple des muscles situés autour des vaisseaux sanguins pour en modifier le diamètre, des muscles qui entourent l'estomac et qui vont contribuer au malaxage de la nourriture ingérée.
- Les **muscles striés squelettiques** : Ce sont les muscles qu'on va contracter volontairement (sous le contrôle du système nerveux central), ceux de l'activité consciente, les muscles de l'activité physique permettant la mise en mouvement du corps. On les appelle « striés »

parce que lorsqu'on regarde au microscope les fibres qui les constituent, ils laissent apparaître des stries à intervalle régulier. Ces stries sont la conséquence de l'organisation des protéines contractiles qui sont présente au sein de la fibre musculaire.

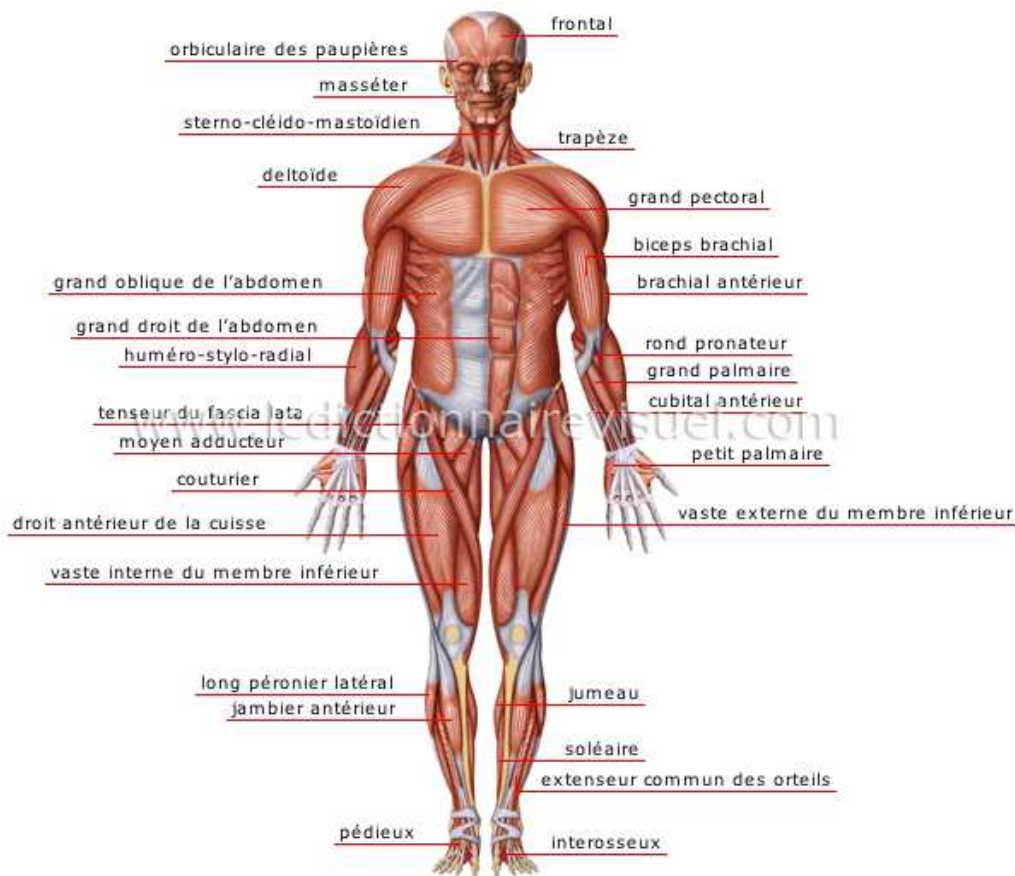


Figure 11 : Vue antérieure de la musculature squelettique striée.

- Les ***muscles striés de type cardiaque*** : Il s'agit également de cellules striées, mais dont la structure est légèrement différente des cellules du muscle strié squelettique. Une grande différence réside dans le fait qu'il n'est pas possible et contrôler volontaire la contraction des cellules du muscle strié cardiaque.

Aux extrémités du muscle, on retrouve du tissu conjonctif fort et dense : les **tendons**. Ceux-ci réunissent chaque extrémité du muscle à la membrane externe des os.

Ce complexe constitue un lien solide entre le muscle et l'os qu'il est difficile de briser sauf à l'occasion d'un important stress au cours duquel il peut être endommagé voire arraché de son insertion osseuse.



Figure 12 : Vue postérieure d'un tendon (Tendon d'Achille)

La force de contraction musculaire est donc transmise par l'intermédiaire des tissus conjonctifs reliés aux tendons qui, à leur tour, tirent sur les os où ils s'attachent. Nous y reviendrons ultérieurement, mais il est d'ores et déjà important de retenir que la commande musculaire sera réalisée grâce à l'intervention du système nerveux.

Chaque muscle est en effet relié au système nerveux par des prolongements de ce dernier : **les nerfs**.

✓ **Comment le tissu musculaire se développe-t-il ?**

Il faut savoir que le tissu musculaire peut se développer de deux manières :

- soit il y a augmentation du nombre de cellules (hyperplasie),
- soit il y a développement de la taille des cellules qui le constitue (hypertrophie).

Lors de la vie fœtale et pendant une courte durée après la naissance, c'est le premier mécanisme qui est prédominant. Il proviendrait de la différenciation cellulaire expliquée plus haut. Après la naissance, c'est clairement le second mécanisme qui est privilégié, notamment en réponse à l'exercice physique.

Lors du vieillissement, le mécanisme est inversé et la masse musculaire tend à se réduire, on parle de **sarcopénie**. C'est notamment ce mécanisme qui est à l'origine de la diminution des capacités fonctionnelles chez les personnes âgées.

✓ **Quel est l'impact de l'activité physique sur le tissu musculaire ?**

L'exercice physique possède des effets multiples sur le tissu musculaire.

Le premier effet a déjà été décrit dans le paragraphe précédent. Suite à l'exercice, le tissu musculaire va se développer grâce aux phénomènes d'hypertrophie ou d'hyperplasie (lors d'un exercice de musculation, p. ex.).

Le second impact possible est une modification de la typologie musculaire. En fonction de l'exercice réalisé, l'activité enzymatique de la cellule musculaire va être modifiée et on observera un changement dans la typologie musculaire (lors d'un exercice d'endurance par exemple).

Troisièmement, l'activité du muscle peut subir des changements d'un point de vue neuromusculaire. L'exercice va avoir un impact sur les jonctions possibles entre le système nerveux et le tissu musculaire, la commande motrice sera donc ainsi modifiée (lors de l'apprentissage d'un mouvement complexe, p.ex.).

✓ **Quelles recommandations peut-on appliquer pour maintenir un fonctionnement optimal du tissu musculaire ?**

La recommandation de maintien d'une activité physique régulière depuis l'enfance jusqu'à l'âge adulte pour ses bénéfices sur le tissu musculaire vise surtout à l'apprentissage de routines qui permettront d'éviter les effets néfastes du vieillissement (sarcopénie).

Par son rôle stimulant sur le développement musculaire, l'exercice physique permet de réduire de manière significative les effets négatifs de la sarcopénie.

En bref à propos du système musculaire / du tissu musculaire ...

Véritable « moteur » de la locomotion humaine, les muscles squelettiques striés vont permettre de mettre en mouvement la charpente osseuse, dont les différents éléments sont articulés entre eux.

Ensuite, retenons également qu'il existe aussi d'autres structures musculaires primordiales pour la survie de l'individu : celles qui constituent le muscle cardiaque.

Finalement, l'activité physique peut avoir 3 grandes influences sur le tissu musculaire. Ces modifications possibles rendent la pratique d'une activité physique indispensable pour la lutte contre les effets du vieillissement de ce tissu.

	Enfant	Adulte	3^{ème} âge
<i>Evolution du tissu</i>	Développement (hyperplasie- hypertrophie)	Possibilité d'entraînement – début dégénérescence si mode de vie sédentaire	Sarcopénie
<i>Impact de l'activité physique</i>	Hypertrophie – hyperplasie – changement typologie – adaptation neuro-musculaire		Idem enfant et adulte, mais pour combattre les effets de la sarcopénie
<i>Recommandations</i>	Activité physique régulière : activation générale de type musculaire (renforcement musculaire)		

✓ Comment amener l'oxygène aux cellules ?

Nous avons déjà vu que l'oxygène était primordial dans le bon fonctionnement de l'organisme humain. Cet oxygène, résultat de la photosynthèse des végétaux, doit donc être acheminé vers les cellules pour être utilisé.

Pour réaliser cela, 2 appareils fonctionnent ensemble : **l'appareil respiratoire** et **l'appareil circulatoire**.

L'appareil respiratoire

L'objectif principal de cet ensemble d'organes est de favoriser le passage de l'oxygène depuis l'air ambiant vers la circulation sanguine. Mais un échange inverse a également lieu pour éliminer un déchet de la respiration cellulaire : le gaz carbonique (CO_2).

L'air est inspiré au niveau des voies aériennes supérieures et est acheminé via les voies aériennes inférieures vers les poumons.

C'est au niveau de ces derniers organes qu'aura lieu le passage de l'oxygène vers la circulation sanguine, grâce aux structures terminales qui portent le nom d'alvéoles pulmonaires. Etroitement liées à un réseau sanguin très développé, le passage de l'oxygène au travers des membranes se fait grâce à une différence de pression entre le tissu sanguin et le milieu pulmonaire.

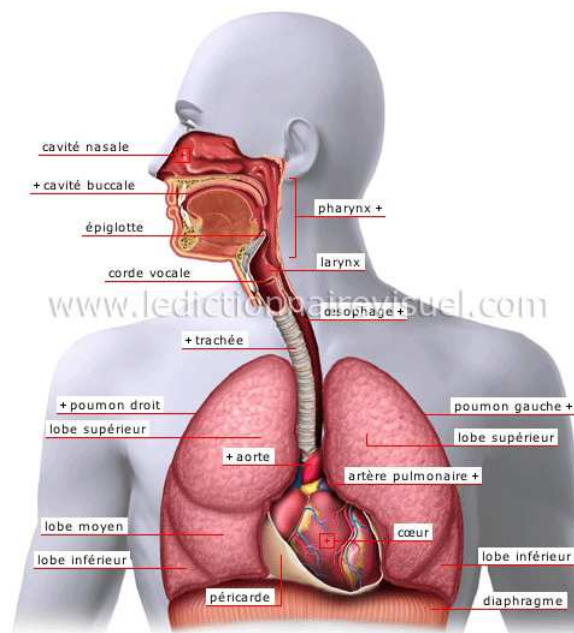


Figure 13 : Appareil respiratoire

✓ Comment évalue-t-on la fonction respiratoire ?

La fonction respiratoire est facilement évaluée et le paramètre le plus couramment mesuré est la **ventilation minute** (environ 6L/min au repos).

Celui-ci peut être assimilé à un débit ventilatoire, à savoir une quantité d'air qui passe dans le système par unité de temps, et correspond au produit entre le **volume courant** (environ 0.5L au repos) et la **fréquence respiratoire** (environ 12cycles/min au repos).

Le volume courant représente le volume mobilisé lors d'une inspiration et d'une expiration normale au repos (voir Figure 14) et la fréquence respiratoire constitue le nombre de cycles d'inspiration/expiration par unité de temps (minute). Lors d'un exercice à intensité constante, la ventilation minute va augmenter pour se stabiliser.

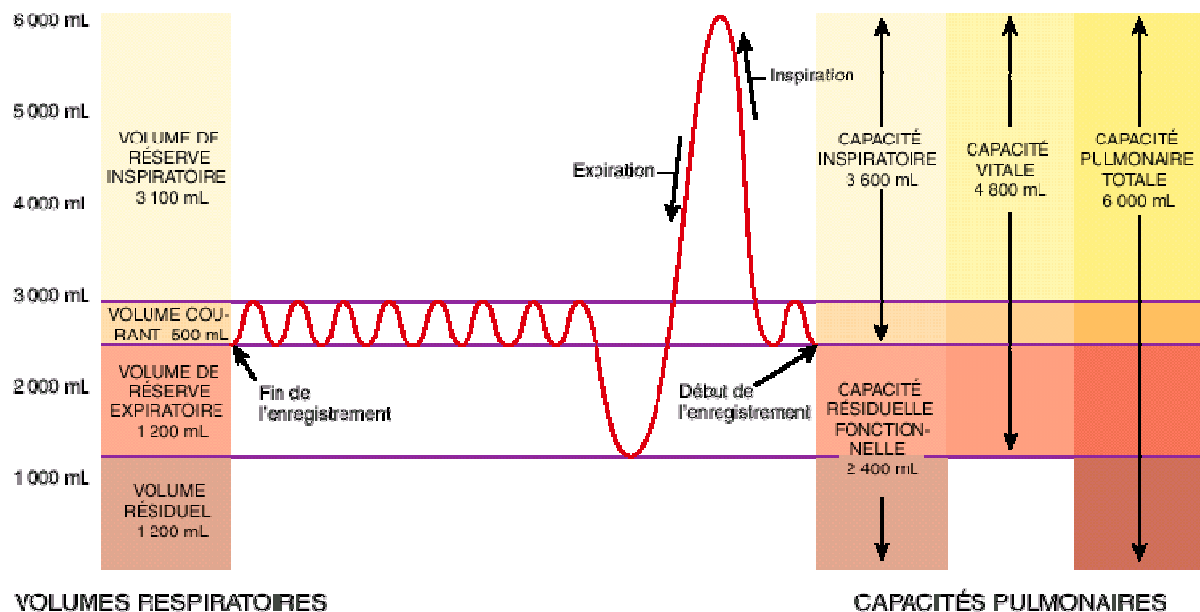


Figure 14 : Volumes et capacités respiratoires (tiré de Tortora et Grabowski, 2006)

✓ Quelle est l'évolution du système respiratoire de l'enfance à l'âge adulte ?

Le développement complet du système respiratoire doit être achevé pour la naissance.

Le système est ainsi fonctionnel dès les premières minutes de la vie et évoluera très peu (sauf maladie asthme, BPCO,...).

Au fur et à mesure des années et en fonction du style de vie adopté (sédentaire, sportif, fumeur ou non,...), le système va vieillir naturellement et son fonctionnement sera moins bon (on parle d'une diminution de 1% par an). On observe ainsi souvent une diminution de la capacité vitale (liée à une augmentation du volume résiduel => moins bonne compliance pulmonaire) et du volume courant avec l'âge (souvent lié à une diminution de l'élasticité bronchique).

La ventilation minute restera la même entre un jeune et une personne âgée, mais pour un volume courant plus faible et une fréquence respiratoire plus élevée pour le plus âgé. Ceci peut également s'expliquer par une rigidité plus importante de la région thoracique et un moins bon fonctionnement des muscles impliqués dans la respiration.

✓ Quel est l'impact de l'exercice sur la fonction respiratoire ?

La pratique d'un exercice physique va plutôt induire des adaptations aiguës du système respiratoire afin de répondre temporairement à la perturbation du système. Ainsi, lors d'un exercice physique, la ventilation minute va augmenter à cause de l'augmentation du volume courant, mais également de la fréquence respiratoire.

De manière très concrète, on constate un essoufflement qui est la traduction de l'augmentation de la ventilation minute.

La répétition chronique de ces adaptations va avoir un impact sur la fonction respiratoire qui sera améliorée. En général, les sportifs entraînés atteignent des ventilations plus élevées que des personnes sédentaires en augmentant le volume mobilisé plutôt que la fréquence respiratoire. Le coût énergétique lié à la respiration est également amélioré par l'exercice régulier.

L'appareil circulatoire

Une fois que l'oxygène est passé au niveau du sang, celui-ci doit être transporté vers les cellules qui en ont besoin.

Toutes les cellules du corps en ont bien sûr besoin, mais ce sont essentiellement les cellules impliquées dans l'exercice qui seront grandes consommatrices : les cellules musculaires, p. ex.

L'appareil circulatoire est donc organisé comme un système de pompes et de tuyaux permettant une circulation vers les différentes parties de l'organisme.

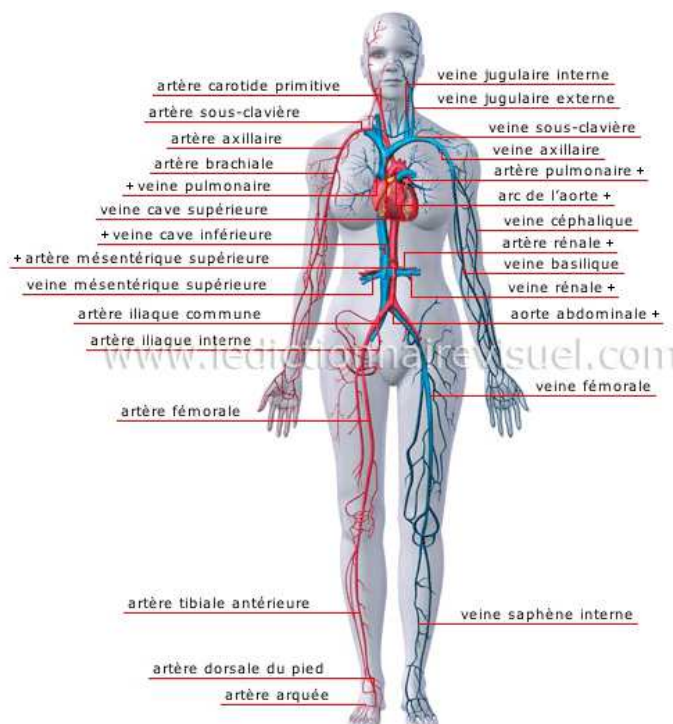


Figure 15 : Appareil circulatoire

Le cœur jouera le rôle de pompe et en se contractant et se relâchant de manière régulière, il entraînera l'éjection du sang vers les vaisseaux sanguins (artères et veines) et inversement son remplissage pour préparer l'éjection suivante.

✓ **Quelle sont les mesures courantes de la fonction cardiaque ?**

La séquence de contraction / relâchement est perceptible et peut être mesurée : il s'agit de la **fréquence cardiaque (FC)**. Il s'agit du nombre de battements de cœur par unité de temps.

Lorsqu'on multiplie cette FC par la quantité de sang qui quitte le cœur à chaque battement (**Volume d'Ejection Systolique – VES**), on obtient la quantité de sang qui passe par le cœur par unité de temps : le **débit cardiaque**.

Lorsqu'il fonctionne, le cœur agit comme une double pompe qui assure un débit constant pour alimenter les différentes parties du corps. Cette pompe est ainsi reliée à deux réseaux de distributions distincts dont l'objectif n'est pas identique :

- la **petite circulation** dont l'objectif est d'amener le sang vers le système pulmonaire pour y être oxygéné et,
- la **grande circulation** qui distribuera le sang vers les différents organes consommateurs d'oxygène (c'est-à-dire tous !!!).

✓ **Quels sont les changements subits par l'appareil circulatoire lors de la croissance ?**

A l'image du système respiratoire, le système circulatoire doit être fonctionnel dès la naissance sous peine d'incompatibilité avec la vie (fort heureusement, ce système est fonctionnel après quelques semaines de gestation).

Après la naissance et avec la croissance de l'être humain, la taille et le volume du cœur vont augmenter. A l'opposé, la fréquence cardiaque de repos (FC) aura tendance à se réduire. Ainsi, il est tout à fait normal, pour une intensité d'effort donnée, d'avoir une nette différence de fréquence cardiaque entre un sujet adulte et un enfant.

Le vieillissement de l'appareil circulatoire se caractérise par un vieillissement cardiaque et artériel : la pompe devient moins efficace et les tuyaux sont altérés (moins élastiques) ... Apparaît alors souvent l'hypertension artérielle. Couplée à un mode de vie sédentaire, les effets peuvent ainsi être désastreux : risque d'infarctus du myocarde.

✓ **Quel est l'impact de l'activité physique sur l'appareil circulatoire ?**

De manière aigüe, on constate une augmentation du débit cardiaque (DC).

De manière logique, l'apport en oxygène doit être plus grand vers les parties de l'organisme qui sont impliquées par l'exercice. L'apport de sang est donc augmenté vers ces parties, d'où une augmentation de la quantité apportée par unité de temps (débit).

Cette augmentation est possible à la fois par augmentation de la FC, mais également grâce à l'augmentation du VES¹.

De manière chronique, maintenant, suite à une activité d'endurance régulière, le poids et le volume du cœur tendent à augmenter.

En conséquence directe de ce premier phénomène, on constate généralement une diminution de la FC au repos et à l'exercice sous-maximal. C'est par cette diminution qu'on mesure les effets bénéfiques de l'entraînement sur le système cardio-vasculaire.

On constate également que le débit cardiaque est plus grand (plus de sang est pompé par unité de temps) et que la capacité à extraire l'oxygène fixée dans le sang est améliorée.

En bref à propos du système cardio-respiratoire...

Sous peine d'incompatibilité avec la vie, les appareils circulatoire et respiratoire doivent être pleinement fonctionnels dès les premières minutes de vie. Ce fonctionnement à temps plein précoce aura pour conséquence principale que les structures qui les composent subiront les effets de l'âge très rapidement et cet effet sera d'autant plus marqué si le mode de vie adopté est de type sédentaire et n'accorde que peu de place à l'activité physique.

	Enfant	Adulte	3^{ème} âge
<i>Evolution des structures</i>	Fonctionnel dès la naissance	Possibilité d'entraînement – début dégénérescence si mode de vie sédentaire	Diminution des capacités fonctionnelles
<i>Impact de l'activité physique</i>	Entretien – développement des capacités fonctionnelles		Idem enfant et adulte, mais pour combattre les effets de la diminution
<i>Recommandations</i>	Activité physique régulière : activation générale de type endurance		

¹ VES : Volume d'Ejection Systolique

✓ **Qu'est-ce qui nous permet de contrôler le mouvement ?**

La commande motrice, mais ce n'est pas la seule, a son siège dans le système nerveux.

Celui-ci est divisé en deux grandes parties :

- le **système nerveux central** incluant le cerveau (voir Figure 16) et la moelle épinière (prolongement du bulbe rachidien)
- le **système nerveux périphérique** incluant les nerfs conduisant l'information en provenance de et vers le système nerveux central (depuis les récepteurs périphériques dans ce cas-ci).

Le **cerveau**, constitué de deux hémisphères, est logé dans la boîte crânienne.

La **moelle épinière** est d'environ 45cm de longueur, de 1cm de diamètre et se loge dans la colonne vertébrale pour ainsi être protégée par 33 vertèbres.

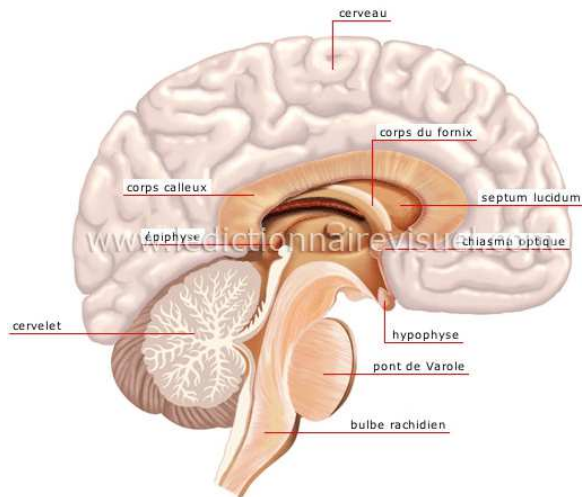


Figure 16 : Le cerveau

✓ **Comment voyage l'information depuis le centre vers la périphérie ? Autrement dit, comment l'information peut-elle circuler ?**

Constitué de cellules capable de générer de l'information sous forme électrique (les neurones), le système nerveux possède la capacité de faire véhiculer de l'information dans les différentes parties du corps via différentes voies nerveuses. Les voies ascendantes véhiculent l'information en provenance des récepteurs périphériques, alors que les voies descendantes seront responsables des informations sur le contrôle moteur, notamment.

Les circuits nerveux du cerveau, de la moelle épinière et de la périphérie sont, en quelque sorte, semblables à ceux d'un ordinateur moderne, dont les capacités d'organisation et d'intégration sont toutefois beaucoup plus avancées et spécialisées. Dans la plupart des cas, les fonctions comme la locomotion humaine sont sous le contrôle de la volonté, mais un certain nombre de fonctions comme la respiration et la circulation ne font pas l'objet d'un contrôle volontaire. Ces dernières sont sous l'influence du **système nerveux autonome** qui régule les fonctions vitales de l'organisme.

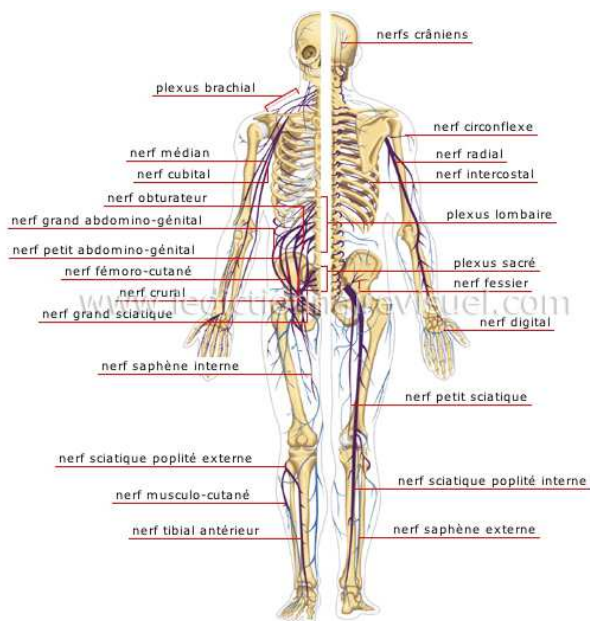


Figure 17 : Système nerveux périphérique (vue antérieure)

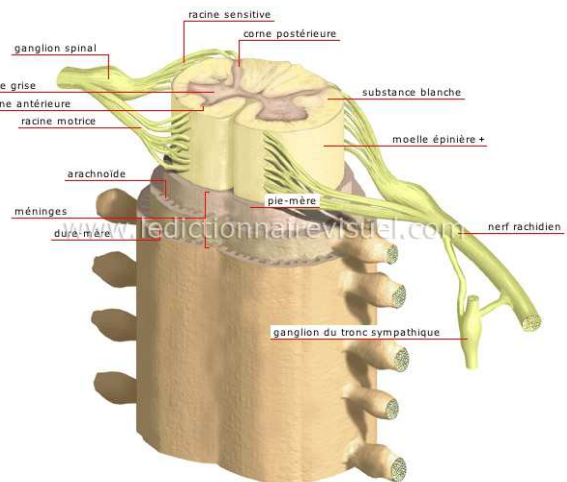


Figure 18 : La moelle épinière

L'unité fonctionnelle du mouvement (association du système nerveux et du système musculaire) est l'unité motrice.

Les neurones générateurs de mouvement (motoneurones) et les fibres musculaires constituent cette unité motrice. Bien que chaque fibre soit innervée par un seul neurone, celui-ci peut cependant innerver plusieurs fibres musculaires.

✓ **Comment le système nerveux intervient-il à l'exercice ?**

L'application d'une force dans un mouvement complexe comme par exemple celui du service au tennis ou de la prise d'élan au golf ne dépend pas seulement de la force produite par les différents groupes musculaires sollicités lors de ce mouvement, mais également d'une séquence d'actions neuromusculaire coordonnées.

Le système nerveux est donc celui qui est responsable de la commande et la coordination de toutes nos actions pour arriver à un geste final précis.

✓ **Comment se développe le système nerveux ?**

Les neurones sont presque déjà tous présents dès la naissance. Tout sera alors question de maturation de ce système.

En effet, par la qualité et le nombre de stimulations qui seront offertes à l'enfant, le système nerveux va se développer pour acquérir sa pleine maturité.

Au niveau du contrôle moteur, ce sont d'abord les parties cérébrales dédiées au contrôle de la tête qui vont se développer, suivies de celles du tronc et des membres supérieurs, pour terminer ensuite par les membres inférieurs.

Le plus bel exemple du développement du contrôle moteur est l'évolution chronologique qu'on peut observer chez le petit enfant : il va d'abord tenir sa tête seul, puis il se redressera et commencera à saisir des objets pour enfin se mettre à marcher. Ensuite, l'enfant évoluera dans son milieu en utilisant des patterns moteurs ²grossiers pour développer des patterns de plus en plus précis en fonction de son âge chronologique.

Le vieillissement de la fonction nerveuse se traduit souvent par une diminution du nombre de connexions au sein du système ainsi qu'une réduction de la vitesse de transmission de l'information. Ceci peut expliquer la réduction des performances avec l'âge, spécialement pour des disciplines dans lesquelles le temps de réaction ou encore la vitesse d'exécution est déterminant pour le résultat final.

² Structure d'action motrice

En bref à propos du système nerveux ...

Le contrôle moteur est sous l'influence des structures nerveuses centrales et périphériques au même titre que les fonctions de base de l'organisme.

Le système nerveux est donc un élément clé dans l'adaptation de l'être humain à l'exercice lorsqu'il s'agit d'intégrer, à la fois, les informations en provenance du milieu, les informations en provenance des différents récepteurs disséminés dans tout le corps, mais aussi d'adapter la réponse à la situation envisagée, et ceci, aussi bien pour les fonctions de bases que pour la fonction motrice.

	Enfant	Adulte	3^{ème} âge
<i>Evolution des structures</i>	Fonctionnel en ce qui concerne le fonctionnement basal, mais nécessite une maturation pour les fonctions de cognitions et locomotrices, p.ex.	Maturité	Diminution des capacités fonctionnelles
<i>Impact de l'activité physique</i>	AP aide la maturation des fonctions locomotrices	AP entretient le fonctionnement optimal	Idem enfant et adulte, mais pour combattre les effets de la diminution

✓ **Quels sont les éléments essentiels dont a besoin le corps humain pour fonctionner correctement ?**

Nous avons déjà vu dans les questions précédentes que l'**oxygène** était **un composant essentiel dont le corps humain devait disposer pour fonctionner correctement**.

Combinée aux aliments (substrats), cet oxygène permettra d'apporter l'énergie nécessaire au fonctionnement normal de la machine humaine.

La machine humaine a donc besoin d'énergie...

Le corps humain est souvent assimilé à une machine par les différents système/appareils qui fonctionnent ensemble. L'objectif principal de l'être humain est d'inscrire son activité dans le milieu environnant, et pour cela il a besoin qu'on lui fournisse de l'énergie de manière régulière. L'homme (être humain) va dépenser l'énergie pour trois raisons principales.

Ainsi, **les trois principaux facteurs de la dépense énergétique d'une journée sont :**

- Le **métabolisme de base** (incluant le métabolisme de base plus l'énergie propre au sommeil et au réveil)
- L'**effet thermogène des aliments ingérés**
- L'**énergie dépensée durant l'effort** et la récupération.

✓ **Qu'est-ce que le métabolisme de base ?**

L'organisme a besoin d'un minimum d'énergie pour entretenir ses fonctions vitales en éveil. Ce besoin énergétique est appelé **métabolisme de base**. Il s'agit de *l'ensemble des processus métaboliques des cellules réservés à l'entretien des fonctions normales de l'organisme et au maintien de l'équilibre au repos*.

Chez un individu standard, le métabolisme de repos constitue 60 à 75% de la dépense énergétique d'une journée.

Y-a-t-il des différences entre individus ?

(1) Le métabolisme de base des femmes est de 5 à 10% inférieur à celui des hommes. Ceci s'explique par le fait que les femmes ont moins de masse musculaire et plus de masse adipeuse (cette dernière étant moins active métaboliquement).

(2) Celui-ci varie également en fonction de l'âge, il augmente lors des pics de croissance de l'individu, puis tend à diminuer pour se stabiliser à l'âge adulte et décroître à nouveau lorsque le phénomène de vieillissement s'installe au-delà de la cinquantaine.

(3) La pratique régulière d'une activité physique se répercute sur des facteurs ayant un effet stimulant sur le métabolisme de repos. Un individu actif possède donc un niveau plus élevé de son métabolisme de base.

(4) Certains états physiologiques particuliers peuvent entraîner une hausse de ce métabolisme de base, comme la grossesse et l'allaitement chez la femme ou la puberté.

(5) Enfin, certaines pathologies peuvent également entraîner une hausse du métabolisme de base, notamment lors de troubles hormonaux.

✓ **Consommons-nous de l'énergie pour digérer ?**

Effectivement, cette production de chaleur (énergie calorique – appelée thermogénèse liée à l'alimentation) d'origine alimentaire est le résultat :

- des processus de la digestion,
- de l'absorption et de l'assimilation des nutriments
- d'une activation du système nerveux et de son action stimulante sur le métabolisme.

Cet effet thermogène est maximal une heure après l'ingestion d'un repas. Bien qu'il soit très variable d'un individu à l'autre, l'effet thermogène de l'alimentation nécessite 10 à 35% de l'énergie alimentaire.

✓ **Quelle est la dépense énergétique liée à l'exercice ?**

Cette dépense d'énergie va dépendre de la durée et de l'intensité de l'effort fourni par les individus.

La majorité de cette énergie est dégagée sous forme de chaleur et une petite quantité seulement est utilisée pour mettre le corps en mouvement.

✓ **Qu'est ce que « l'énergie » et d'où vient-elle ?**

L'énergie peut être définie comme **la capacité à réaliser un travail**, le travail étant entendu comme le produit d'une force par un déplacement ($W=F \cdot \Delta x$).

Ce travail, exprimé en fonction du temps ($P=W/t$), permet de définir la notion de **puissance** qui est primordiale en sport. L'intérêt pour le sportif étant de pouvoir utiliser, en fonction du type de discipline envisagé, la plus grande puissance possible.

Unités d'énergie – puissance

L'**énergie** est exprimée en Joules (J), selon le système international. Cependant, une mesure plus usuelle lui est préférée, il s'agit de la calorie (cal). Cette dernière unité correspondant à la quantité d'énergie (chaleur) nécessaire pour augmenter de 1°C la température d'un gramme d'eau, de 14.5°C à 15.5°C. La transformation d'une unité à l'autre est possible selon la relation suivante : 1cal = 4.18J ou 1kcal=4.18kJ

La **puissance** est calculée en watts (W). Les watts correspondent à des J.s⁻¹ et comme défini ci-avant, il s'agit d'une quantité d'énergie dépensée par unité de temps. Plus l'énergie dépensée par unité de temps est grande, plus la puissance sera élevée.

En revenant à la notion d'énergie, nous allons nous intéresser maintenant aux différentes sources d'énergie disponible dans le milieu dans lequel nous vivons. Celles-ci sont multiples : énergie chimique, énergie thermique, énergie électrique, énergie électromagnétique, énergie mécanique, énergie nucléaire.

Selon le premier principe de la thermodynamique³, **cette énergie n'est ni créée ni détruite, mais bien transformée d'une forme à une autre**. C'est le principe de la conservation d'énergie du milieu.

Exemple : si dans un système fermé, une pierre est tenue à une certaine hauteur, elle possède de l'énergie potentielle gravitationnelle. Si cette pierre est lâchée, elle va tomber en prenant de la vitesse. L'énergie potentielle gravitationnelle sera ainsi progressivement transformée en énergie cinétique (vitesse de déplacement) et lors du contact avec le sol, l'énergie sera dissipée dans le sol. Ce dernier pourra subir une déformation.

Si on applique ce principe de la thermodynamique à notre machine humaine dans son besoin de mouvement, les habilités de course, de saut, de marche seront possibles grâce à la capacité du corps humain à utiliser et transformer l'énergie disponible.

Concrètement, il s'agit de la capacité à extraire l'énergie de la nourriture ingérée et à la transférer aux systèmes responsables de la contraction musculaire qui interviendront lors de la locomotion. En d'autres termes, dans l'organisme, **l'énergie chimique** extraite des aliments n'est pas perdue mais se transforme à la fois en **énergie mécanique** (la contraction musculaire), mais aussi en **énergie calorique** (le système n'est pas parfait, toute l'énergie ne peut pas être transformée en mouvement - nous produisons de la chaleur).

³ Les principes de la thermodynamique sont une série de règles universelles qui permettent d'expliquer les échanges d'énergie qui existent entre le milieu et les éléments qui constituent ce milieu.

D'où provient l'énergie contenue dans les aliments ? L'énergie lumineuse est à la base de toute forme d'énergie utilisée par l'organisme humain. Elle est recueillie et transformée en énergie chimique (via la photosynthèse) par les végétaux. Nous récupérons cette énergie lorsque nous mangeons des plantes ou des animaux qui les consomment.

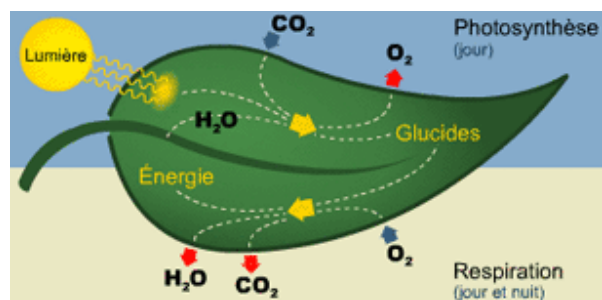


Figure 19 : Mécanisme de photosynthèse. En journée, grâce à la chlorophylle, l'énergie lumineuse est captée pour former des glucides à base de CO₂ et d'H₂O. Un dégagement d'O₂ a également lieu (Tiré de <http://ecosys.cfl.scf.rncan.gc.ca/dynamique-dynamic/respiration-fra.asp>, site visité le 29/03/11).

Cette énergie est stockée sous forme de molécules particulières : les **glucides**, les **lipides** ou les **protéines**.

Ces composants, nous les dégradons ensuite dans nos cellules. Cette dégradation permet la synthèse d'un composé, appelé **adénosine triphosphate (ATP)** qui permet de transformer l'énergie chimique en énergie mécanique au travers du phénomène de la contraction musculaire. Nous en reparlerons plus loin.

Les glucides

Les glucides sont plus communément appelés « sucres ». On les retrouve dans notre alimentation en grande quantité dans les pâtes et autres céréales par exemple. Les glucides sont de grosses molécules constituées de plus petites molécules appelées unité glucose. Leur organisation structurelle et leurs rôles sont multiples : on parle de monosaccharides, disaccharides, polysaccharides...

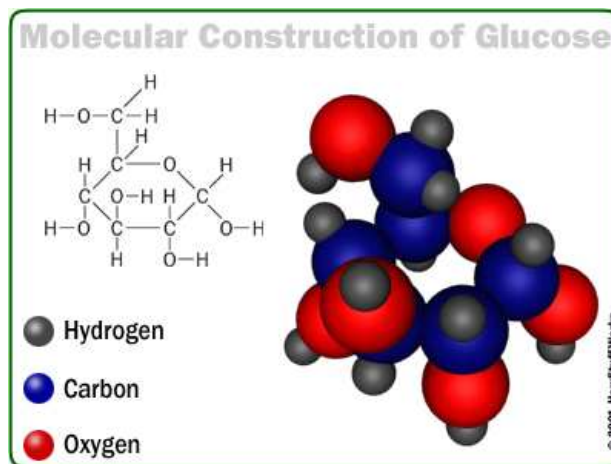


Figure 20 : Molécule de glucose

Pour être utilisées comme source d'énergie, les grosses molécules (macromolécules) doivent être simplifiées.

C'est le système digestif qui s'en chargera en partie. Une majeure partie du glucose absorbé est stocké sous une forme complexe qui porte le nom de **glycogène**. Ces stocks sont concentrés essentiellement au niveau du muscle et du foie, deux organes que nous reverrons plus loin. L'autre

partie du glucose reste dans la circulation sanguine et détermine ce qu'on appelle la **glycémie**. Le maintien d'une valeur de glycémie stable au cours d'un exercice de longue durée est primordial.

Les glucides sont également essentiels au bon fonctionnement du système nerveux central. En effet, le cerveau se nourrit presque exclusivement du glucose sanguin et ne possède pratiquement pas de réserves.

✓ *Comment et quand les glucides sont-ils utilisés lors d'un exercice ?*

L'énergie issue de la dégradation du glucose sanguin et du glycogène musculaire et hépatique (foie) est nécessaire au processus de la contraction musculaire.

De plus, ces glucides fournissent de grandes quantités d'énergie et sont mobilisables très rapidement (lors d'effort d'intensité élevée comme les sprints par exemple).

Par ailleurs lors d'un exercice de longue durée, il est important de consommer régulièrement des quantités adéquates de glucides afin de maintenir les réserves de glycogène qui sont relativement faibles dans l'organisme. S'ils sont consommés en trop grande quantité sans dépense énergétique associée (sédentarité), les glucides se stockent alors sous forme de lipides (graisses - augmentation du risque d'obésité).

Les lipides (graisses)

On en retrouve de différentes sortes (triglycérides, acides gras saturés, insaturés,...). Ils ont une capacité de stockage très importante au niveau du corps humain. Nous les retrouvons après leur absorption au niveau de l'intestin, dans les **adipocytes**⁴ et dans les cellules musculaires, sous forme de **triglycérides**, et en très faible quantité dans le sang.

Ce sont les **acides gras libres**, issus des triglycérides, qui constituent des substrats énergétiques très importants pour les muscles squelettiques.

Ils apportent une plus grande quantité d'énergie que les glucides (9kcal/g pour les lipides contre 4kcal/g pour les glucides) mais ont un débit énergétique plus lent. En conséquence, ils seront préférentiellement utilisés lors d'exercices de faible intensité afin d'épargner les réserves de glucides.

⁴ Cellule située dans le tissu adipeux, responsable du stockage des graisses.

Leur contribution à l'apport d'énergie lors de l'effort physique diminue quand l'intensité de celui-ci augmente. Le surplus d'énergie requis pour les besoins d'un effort très intense provient en effet presque exclusivement du glycogène musculaire.

✓ **Comment et quand les lipides sont-ils utilisés lors d'un exercice ?**

Les lipides seront une source importante d'énergie pour les efforts de longue durée comme les ultra-trails ou les IronMan. En effet, lors d'un effort de plus de 3h, les lipides peuvent fournir jusqu'à 70, voir 80% de l'énergie requise !!! L'entraînement physique a un effet important sur le métabolisme des lipides lors de l'effort. Les muscles entraînés utilisent plus de lipides au cours de l'effort modéré. Cela permettrait de préserver les stocks limités de glycogène dans les muscles actifs.

Astuce – NE PAS confondre stocks énergétiques et puissance musculaire

Attention, ce n'est pas le stock énergétique qui est important, mais la puissance !

Un individu obèse possède un stock énergétique nettement plus important que l'individu entraîné car ses stocks lipidiques sont importants.

En sport, ce qui est important c'est l'aptitude à délivrer une grande quantité d'énergie par unité de temps c'est-à-dire la puissance.

Le sportif sera plus performant car même si son « stock énergétique » est plus faible, il est capable de l'utiliser plus rapidement.

Les protides

Sous ce vocable, on retrouve un ensemble de molécules : les acides aminés, les peptides et les protéines.

Les **protéines** sont les plus grosses molécules et sont constituées par un amas **d'acides aminés**.

Elles n'ont pas comme fonction principale l'apport énergétique, mais elles sont surtout impliquées dans la croissance, la formation et la réparation des tissus (le muscle notamment, après un exercice physique), elles aident aux réactions chimiques dans notre organisme, au transport, à l'immunité et aux activités hormonales, ... Les œufs, le lait, la viande, le poisson et la volaille en sont les principales sources.

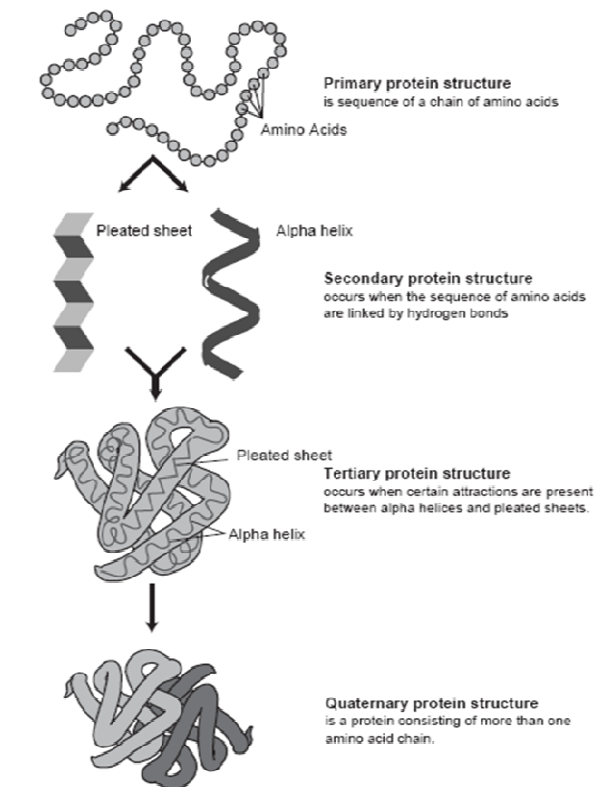


Figure 21 : Structure d'une protéine
(d'après Access Excellence @ the national health museum)

✓ Comment et quand les protéines sont-elles utilisées lors d'un exercice ?

Lors d'un exercice d'endurance, les protéines fournissent une quantité négligeable d'énergie (2-3%). Par contre, cette fourniture peut s'accroître dans des situations de stress extrêmes comme des exercices d'ultra-endurance de type 100km en course à pied ou lors d'Ironman.

Pour fournir de l'énergie au muscle à l'exercice, la protéine doit être dégradée en son unité la plus simple, l'acide aminé. Cet apport énergétique peut être direct ou indirect. Le muscle est en effet capable de dégrader un nombre restreint d'acides aminés pour synthétiser de l'ATP. La voie indirecte est basée sur l'utilisation des acides aminés par le foie qui est capable de les transformer en glucose (néoglucogenèse). Le glucose une fois formé est libéré dans la circulation sanguine et capté par le muscle pour y être dégradé et former de l'ATP.

La dégradation des protéines est liée à la durée de l'exercice, à son intensité (*plus l'exercice est intense plus on dégrade de protéines*), mais aussi à l'état nutritionnel de l'athlète (*une personne à*

jeun dégradera plus de protéines qu'une personne nourrie réalisant le même exercice). L'apport en glucides pendant des épreuves de plus d'une heure permet d'éviter l'activation protéolyse (destruction des protéines musculaires) chez les athlètes d'endurance.

✓ **Comment le corps utilise-t-il l'énergie mise à sa disposition ?**

Chaque fois qu'un sportif réalise un exercice, qu'il soit léger, modéré, intense ou maximal, une certaine quantité d'énergie doit être libérée par son organisme.

Chacun s'est déjà rendu compte que la libération d'énergie ne se produit pas de la même façon selon le type d'effort effectué.

Lorsqu'on fait un sprint, cela requiert la libération d'une grande quantité d'énergie sur un temps relativement court donc une puissance très élevée. Sur les premières secondes de sprint, on se sent très fort mais très rapidement, cette sensation de puissance s'estompe et laisse place à une sorte de vide ou on ne perçoit plus qu'une faible libération d'énergie.

A l'inverse, lorsqu'on effectue une séance d'entraînement à intensité modérée, en décontraction, on a le sentiment de pouvoir rouler/courir/nager/... pendant des heures sans aucun problème. La puissance développée permet un maintien de l'activité pendant plusieurs minutes, voire plusieurs heures.

Dans les deux cas, l'exercice a été réalisé avec une certaine libération d'énergie, indispensable à la production du mouvement, mais de manière tout à fait différente. Dans le premier cas, l'objectif était de libérer le maximum d'énergie dans un minimum de temps alors que dans le second cas, le but était de maintenir un exercice sur une longue durée.

✓ Qu'est-ce que l'ATP ?

L'énergie fournie par l'oxydation des aliments (glucides, lipides, protides) est libérée au cours de réactions complexes survenant au niveau cellulaire.

Cette énergie des aliments n'est pas nécessairement transférée directement aux cellules musculaires responsables du mouvement. Elle peut être stockée temporairement sous forme de graisses (triglycérides) dans le tissu adipeux ou dans la cellule musculaire elle-même, ou encore sous forme de glycogène dans le muscle ou le foie.

Lors de l'exercice, ces réserves pourront être mobilisées et converties en ATP au niveau du muscle.

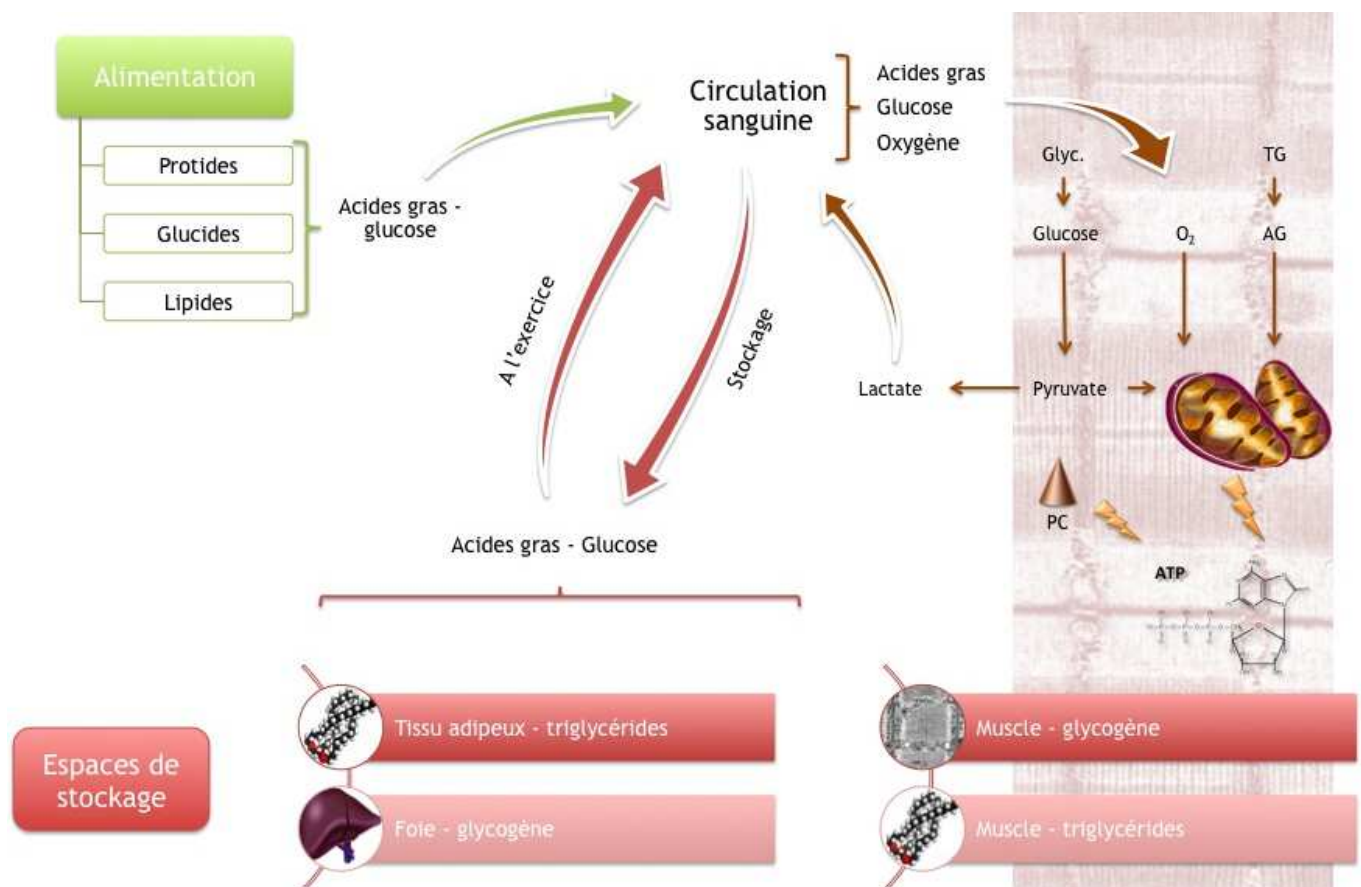


Figure 22 : Illustration de l'énergie fournie par l'oxydation des aliments

L'ATP est une molécule particulière dans le sens où elle est indispensable pour transformer l'énergie chimique en énergie mécanique au travers du phénomène de la contraction musculaire. Sans ATP le muscle ne pourrait pas réaliser le cycle contraction-relâchement indispensable au mouvement.

Plus l'intensité de l'exercice est élevée, plus le muscle va utiliser de grande quantité d'ATP chaque seconde.

Il y a néanmoins deux paradoxes. Le premier est relatif à la quantité d'ATP présente dans le muscle qui est très faible. Théoriquement cette quantité permet au muscle de réaliser un exercice très intense comme un sprint durant 2 ou 3 secondes. Ensuite tout l'ATP devrait être utilisé. Or, et c'est le deuxième paradoxe, car si on mesure la concentration d'ATP dans le muscle après un sprint ou un marathon, on constate que celle-ci n'est presque pas diminuée.

On doit donc en conclure qu'il existe des systèmes qui permettent de re-synthétiser l'ATP durant l'exercice et que ces systèmes sont régulés de manière suffisamment fine pour pouvoir équilibrer les vitesses de synthèse et de dégradation de l'ATP. En d'autres termes, lorsque le muscle consomme beaucoup d'ATP, les systèmes qui le régénèrent sont fortement activés et lorsque le muscle consomme peu d'ATP ces mêmes systèmes en fournissent de faible quantité.

La question est à présent de pouvoir identifier les mécanismes qui régénèrent cet ATP.

✓ **Quels sont les systèmes qui permettent de fournir l'ATP ?**

La libération d'énergie suite à la scission des liaisons riches en énergie de l'ATP est primordiale lors d'un exercice, quel que soient sa durée et son intensité. Il est donc important de pouvoir assurer une concentration constante d'ATP pour assurer l'apport énergétique, et ce, quel que soit le type d'activité envisagée.

Plusieurs systèmes concourent pour restaurer l'ATP et assurer un apport énergétique suffisant :

- Le **système ATP-PCr** : l'ATP est restauré grâce à une molécule appelée phosphorylcréatine. Cette filière énergétique domine lors d'exercice de très courte durée et de très haute intensité (ex. sprint court, smash au volley, haltérophilie...).
- Le **système glycolytique** : la concentration d'ATP est maintenue grâce à l'utilisation du glucose comme substrat énergétique et grâce à la production d'acide lactique en cours d'effort. Cette filière énergétique est dominante pour des exercices de moins d'une minute et d'intensité élevée (ex. 400-m en athlétisme, le kilomètre arrêté en cyclisme, le 100-m en natation,...).
- Le **système oxydatif** : ce système est omniprésent, mais il devient dominant pour la synthèse de l'ATP lorsque les exercices sont de durée moyenne à longue et dont l'intensité est moyenne à faible. Ce système fait appel à l'oxydation des glucides et des graisses.

Les deux facteurs principaux qui vont influencer le métabolisme à l'exercice sont donc la durée et l'intensité.

A haute intensité, l'oxydation des glucides est dominante alors qu'à faible intensité sur des exercices de longue durée, l'oxydation des lipides sera dominante (*ceci s'explique essentiellement par le débit énergétique plus important pour les glucides que pour les lipides*).

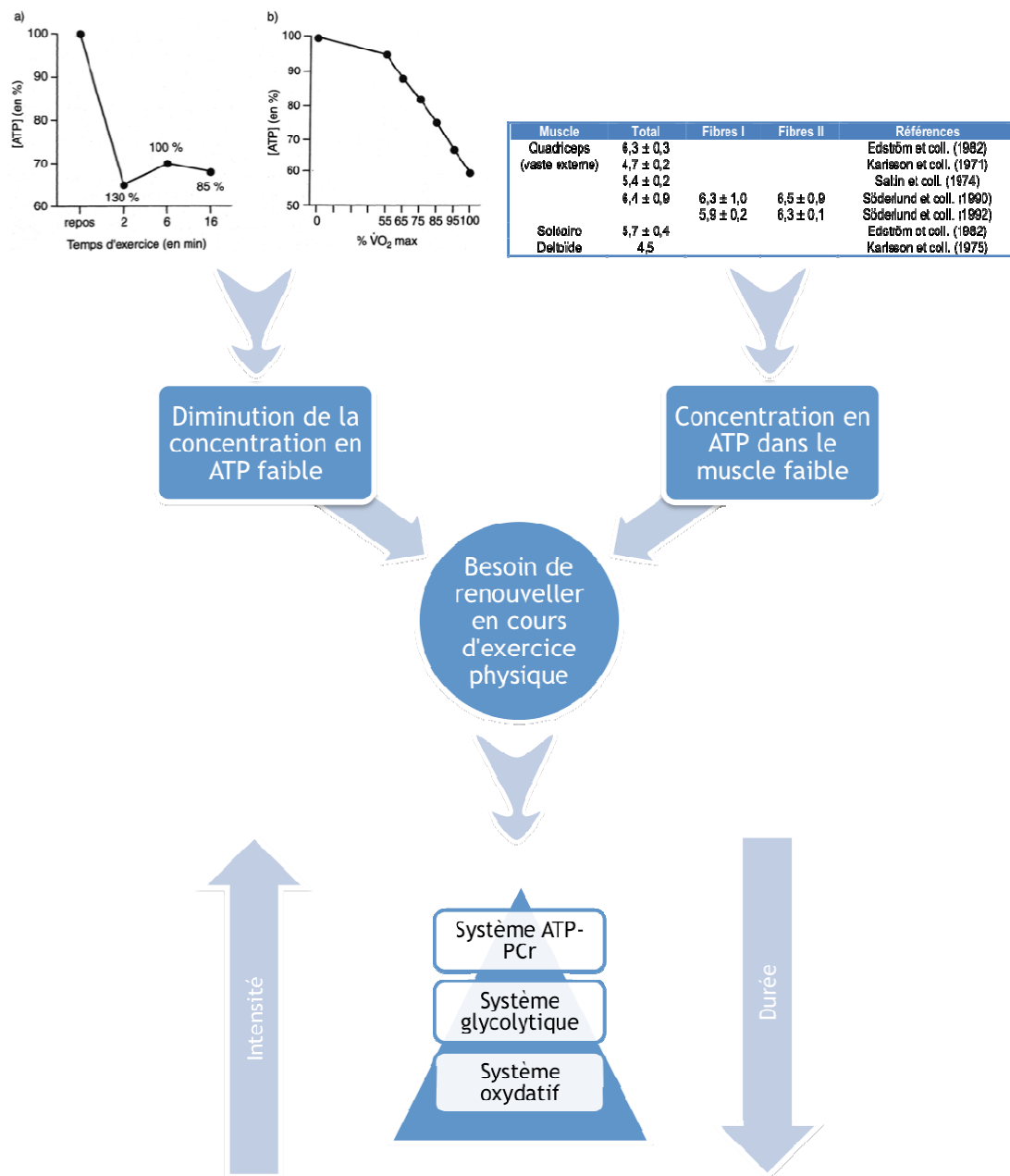


Figure 23 : Paradoxe de la concentration d'ATP (à partir de données tirées de Poortmans et Boisseau, 2003)

✓ **L'énergie utilisée est-elle utilisée à 100% pour l'exercice physique ?**

Les échanges d'énergie dans le corps ne sont pas parfaits. Il y a de grosses déperditions sous la forme de production de chaleur.

Par exemple, chez un cycliste environ 75 à 80% de l'énergie chimique qui est consommée durant l'exercice est transformée en chaleur et donc seuls 20-25% de cette énergie serviront à faire avancer son vélo. C'est ce qu'on appelle le **rendement**. Celui-ci est peu influencé par l'entraînement. Il est quasiment le même chez le champion confirmé que chez le sportif récréatif. La chaleur produite va tendre à faire augmenter la température corporelle et le système thermorégulateur va devoir se charger de la dissiper dans l'environnement pour que la température corporelle de l'athlète reste dans des limites physiologiques qui ne mettent pas sa vie en danger (hyperthermie). C'est l'évaporation sudorale qui se charge de dissiper l'essentiel de la chaleur produite lors d'un exercice.

En résumé ...

Ce module a tenté de créer les fondations d'une formation dont l'aspect scientifique est omniprésent. Il permet de comprendre les bases de fonctionnement du corps humain et envisage d'apporter une réponse claire quant à l'utilité de ce dernier dans la motricité humaine.

Plus tard, si le moniteur sportif développe une vocation pour l'entraînement de sportifs dans une discipline donnée avec un objectif de performance au plus haut niveau, cette unité de formation servira de base à une intégration plus large de la physiologie de base à la physiologie de l'exercice.

Lexique

- **Adipocyte** : cellule adipeuse. Cellule spécialisée dans le stockage et la synthèse des triglycérides.
- **Arthrose** : maladie dégénérative touchant les articulations.
- **Cavité cotyloïde** : cavité en forme de cupule située au niveau de l'os de la hanche, constitutive de l'articulation de la hanche. Cette cavité est entourée d'un bourrelet cotyloïdien (cartilage) permettant d'augmenter sa profondeur afin d'éviter la sortie du fémur pour maintenir l'intégrité de l'articulation.
- **Cavité glénoïde** : cavité en forme de cupule située au niveau de l'omoplate, constitutive de l'articulation de l'épaule. Cette cavité est entourée d'un bourrelet glénoïdien (cartilage) permettant d'augmenter sa profondeur afin d'éviter la sortie de l'humérus pour maintenir l'intégrité de l'articulation.
- **Chondrocyte** : type cellulaire formant le cartilage.
- **Code génétique** : séquence de molécules qui seront transcrites et traduites lors de la production des protéines.
- **Compliance pulmonaire** : variation du volume pulmonaire causée par une variation de la pression transpulmonaire. Une faible compliance pulmonaire est liée à une élasticité pulmonaire moindre.
- **Coût énergétique** : consommation d'énergie d'un système particulier par rapport à la dépense énergétique totale. Ex. le coût énergétique moyen par watt sur cycloergomètre est de 11ml/min/watt d'oxygène.
- **Différenciation cellulaire** : processus par lequel les cellules acquièrent des propriétés structurales et fonctionnelles spécialisées.
- **Disaccharide** : molécule de glucide constituée de deux monosaccharides.
- **Entorse** : lésion ligamentaire au niveau d'une articulation, créée à la suite d'un mouvement en dehors des limites prévues par l'articulation normale.
- **Enzyme** : protéine qui permet d'accélérer la vitesse d'une réaction. Cette substance ne sera pas affectée par la réaction qu'elle facilite, sa structure restera intacte.
- **Glycémie** : concentration de glucose dans le sang.
- **Hypertension artérielle** : pression artérielle trop élevée.
- **Hyperthermie** : augmentation de la température corporelle.

- **Infarctus du myocarde** : phénomène de mort cellulaire au niveau du myocarde (muscle cardiaque). Cette mort cellulaire s'accompagne d'une perte de fonctionnalité qui engage le pronostic vital du patient.
- **Luxation** : déboîtement permanent des surfaces articulaires d'une articulation.
- **Macromolécule** : molécule de grande taille, possédant une masse moléculaire élevée.
- **Métabolisme** : ensemble des réactions chimiques qui ont lieu dans un organisme vivant.
- **Moelle épinière** : partie du système nerveux central se prolongeant en dessous du tronc cérébral. Dans la moelle épinière, les corps cellulaires des neurones sont situés en partie centrales, la partie périphérique de la moelle étant constituée essentiellement des prolongements cellulaires permettant la communication entre les différentes cellules.
- **Monosaccharide** : nom générique des glucides contenant 5 à 6 atomes de carbone (ex. glucose)
- **Néoglucogenèse** : formation de glucose dans le foie et les reins à partir de pyruvate, de lactate, de glycérol et d'acides aminés.
- **Organite** : compartiment limité par une membrane qui accomplit des fonctions spécialisées dans une cellule.
- **Ostéoblaste** : type cellulaire responsable de l'élaboration de la trame protéique spécifique du tissu osseux.
- **Ostéocyte** : cellule du tissu osseux ayant subi l'ossification.
- **Ostéoporose** : maladie dégénérative du tissu osseux. La masse osseuse est réduite et induit une plus grande fragilité du tissu. Cette maladie touche essentiellement les femmes après la ménopause.
- **Ovule** : cellule sexuelle femelle.
- **Photosynthèse** : processus chimique au cours duquel l'énergie lumineuse est utilisée par les végétaux pour transformer la matière organique. Le corollaire important de cette photosynthèse est la production de l'oxygène.
- **Polysaccharides** : grosse molécule de glucides constituée de plusieurs monosaccharides.
- **Puberté** : étape du développement humain marquant le passage de l'enfance à l'adolescence.
- **Pronation** : s'applique à un membre : rotation vers l'intérieur.
- **Sarcopénie** : phénomène physiologique de perte de masse musculaire.

- **Sénescence** : vieillissement.
- **Spermatozoïde** : cellule sexuelle mâle.
- **Substrat** : substance entrant en jeu dans une réaction dirigée par un type de protéine particulier : l'enzyme.
- **Supination** : s'applique à un membre : rotation vers l'extérieur.
- **Synovie** : liquide sécrété par la membrane synoviale qui entoure les articulations.
- **Thermodynamique** : science des grands systèmes en équilibre.
- **Triglycérides** : lipide simple formé par la liaison d'une molécule de glycérol et de 3 acides gras.

Table des illustrations

- FIGURE 1 :** REPRESENTATION D'UNE CELLULE ANIMALE AVEC LES DIFFERENTS ORGANITES (TIRE DE WWW.PLANETEGENE.COM, SITE VISITE LE 29/03/11) (P 5)
- FIGURE 2 :** ILLUSTRATION DE LA DIVISION CELLULAIRE (IMAGE TIREE DE WWW.SANTEA.COM, SITE VISITE LE 29/03/11) (P 6)
- FIGURE 3 :** REPRESENTATION ARTISTIQUE D'UNE CELLULE NERVEUSE EN CONNEXION AVEC D'AUTRES (RESEAU SYNAPTIQUE – TIRE DE 3D4MEDICAL) (P 7)
- FIGURE 4 :** REPRESENTATION SCHEMATIQUE DE LA STRUCTURE DE BASE DE L'ORGANISME HUMAIN (P 9)
- FIGURE 5 :** STRUCTURE D'UN OS LONG (P 13)
- FIGURE 6 :** SQUELETTE HUMAIN (VUE ANTERIEURE) (P 13)
- FIGURE 7 :** ARTICULATION SPHERIQUE - ARTICULATION DE L'ÉPAULE (TIRE DE WWW.LEDICTIONNAIREVISUEL.COM, SITE VISITE LE 29/03/11) (P 16)
- FIGURE 8 :** ARTICULATION CHARNIERE - ARTICULATION DU COUDE (TIRE DE WWW.LEDICTIONNAIREVISUEL.COM, SITE VISITE LE 29/03/11) (P 16)
- FIGURE 9 :** ARTICULATION PIVOT - ARTICULATION DE LA JAMBE (TIRE DE WWW.LEDICTIONNAIREVISUEL.COM, SITE VISITE LE 29/03/11) (P 16)
- FIGURE 10 :** REPRESENTATION DE LA STRUCTURE MUSCULAIRE SQUELETTIQUE STRIEE (TIRE DE WIKIPEDIA, SITE VISITE LE 04/04/11) (P 21)
- FIGURE 11 :** VUE ANTERIEURE DE LA MUSCULATURE SQUELETTIQUE STRIEE (P 22)
- FIGURE 12 :** VUE POSTERIEURE D'UN TENDON (TENDON D'ACHILLE) (P 23)
- FIGURE 13 :** APPAREIL RESPIRATOIRE (P 26)
- FIGURE 14 :** VOLUMES ET CAPACITES RESPIRATOIRES (TIRE DE TORTORA ET GRABOWSKI, 2006) (P 27)
- FIGURE 15 :** APPAREIL CIRCULATOIRE (P 28)
- FIGURE 16 :** LE CERVEAU (P 31)
- FIGURE 17 :** SYSTEME NERVEUX PERIPHERIQUE (VUE ANTERIEURE) (P 32)
- FIGURE 18 :** LA MOELLE EPINIERE (P 32)
- FIGURE 19 :** MECANISME DE PHOTOSYNTHESE. EN JOURNEE, GRACE A LA CHLOROPHYLLE, L'ÉNERGIE LUMINEUSE EST CAPTEE POUR FORMER DES GLUCIDES A BASE DE CO₂ ET D'H₂O. UN DEGAGEMENT D'O₂ A EGALEMENT LIEU (TIRE DE [HTTP://ECOSYS.CFL.SCF.RNCAN.GC.CA/DYNAMIQUE-DYNAMIC/RESPIRATION-FRA.ASP](http://ECOSYS.CFL.SCF.RNCAN.GC.CA/DYNAMIQUE-DYNAMIC/RESPIRATION-FRA.ASP), SITE VISITE LE 29/03/11). (P 38)
- FIGURE 20 :** MOLECULE DE GLUCOSE (P 38)
- FIGURE 21 :** STRUCTURE D'UNE PROTEINE (D'APRES ACCESS EXCELLENCE @ THE NATIONAL HEALTH MUSEUM) (P 41)
- FIGURE 22 :** ILLUSTRATION DE L'ÉNERGIE FOURNIE PAR L'OXYDATION DES ALIMENTS (P 43)

FIGURE 23 : PARADOXE DE LA CONCENTRATION D'ATP (A PARTIR DE DONNEES TIREES DE POORTMANS ET BOISSEAU, 2003) (P 45)

Références bibliographiques

- Alter, *Science of flexibility*. Human Kinetics, 2004
- Boisseau, *Nutrition et bioénergétique du sportif : Bases fondamentales*, Masson, Paris, 1995
- Tortora et Grabowski, *Principe d'Anatomie et de Physiologie*, De Boeck, 4^{ème} édition, 2006
- Vander et al., *Physiologie Humaine*, Chenelière/McGraw-Hill, 3ème édition, 1995