

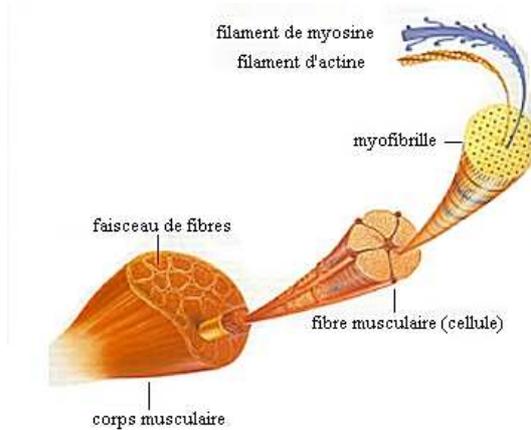
Introduction

Pour bien comprendre la suite, il est intéressant de s'intéresser au fonctionnement notre corps. Plus particulièrement aux organes et aux fonctions biologiques importantes qui contribuent à faire avancer un vélo. On se rend vite compte que la chimie de notre corps est vraiment incroyable.

Dieu doit sûrement exister, car l'homme est vraiment une création hors du commun 🤖

1. Les muscles

Composition du muscle



Un muscle est composé d'un ensemble d'éléments que je vous propose de découvrir brièvement. Vu de l'extérieur il y a une enveloppe appelé Epimysium (à vos souhaits 😊).

A l'intérieur on retrouve des faisceaux de fibres musculaires. Ces fibres musculaires sont composées myofibrille elles mêmes composées de filaments d'actine et de myosine. Le mouvement est réellement créé par le glissement entre eux de ces petits filaments.

Bon vous suivez toujours !!!

Différents types de fibres musculaires

Comme décrit précédemment, un muscle est composé de fibres musculaires. Selon la fonction du muscle et sa position il est composé d'un mélange de différents types de fibres. On en distingue 2 catégories dites lentes et rapides.

• **LENTE - Type I (ST)**

Les fibres lentes sont de petites tailles. Elles participent aux efforts longs de faibles intensités. Elles ont la particularité d'être peut fatigables. Ces fibres sont la panacée des sports d'endurance. Elles sont fortement capillarisées d'ou leur couleur caractéristique rouge.

• **RAPIDES - Type II (FT)**

pour compliquer on distingue 3 sous catégories de fibres rapides:

- **Type IIb** c'est la fibre rapide qui permet des contractions élevées. Elle ne participe qu'à des efforts brefs et intenses. Elles fonctionnent surtout un mode anaérobie. Elles sont de couleur blanche.
- **Type IIa** C'est une fibre hybride, qui permet des efforts importants tout en possédant un pouvoir oxydatif important (comprendre aérobie)
- **Type IIc** Ces fibres à mi chemin entre les fibres I et IIb sont encore mal connues. Elles sont normalement présentent chez le nourrisson. Elles peuvent réapparaître chez des athlètes de haut niveau.

Résumé des caractéristiques des fibres:

| Caractéristique | I | IIa | IIb |
|------------------------|--------|---------------|---------|
| Force | faible | intermédiaire | forte |
| Vitesse de contraction | lente | intermédiaire | rapide |
| Capillarisation | forte | intermédiaire | faible |
| Coloration | rouge | intermédiaire | blanche |
| Endurance | forte | intermédiaire | faible |
| Force maximale | faible | intermédiaire | forte |
| Vitesse maximale | faible | intermédiaire | forte |
| Capillarisation | forte | intermédiaire | faible |
| Coloration | rouge | intermédiaire | blanche |
| Endurance | forte | intermédiaire | faible |

(Source: "L'éducateur sportif", 2ème édition Vigot)

Typologies musculaire

Le cyclisme, est un sport d'endurance. Mais contrairement à d'autres disciplines comme le ski de fond ou le marathon le cycliste doit développer une certaine puissance de pédalage. Il semblerait que la typologie musculaire d'un cycliste soit un mixte de fibres rapides et fibres lentes. En CAP longue distance ou ski alpinisme seules les fibres lentes comptent. Chez certains athlète de l'ultra endurance les quadriceps possèdent plus de 85% de fibres lentes. pour le cyclisme un ratio de 60% lentes, 40% rapides est un bon compromis.



(Source: "L'éducateur sportif", 2ème édition Vigot)

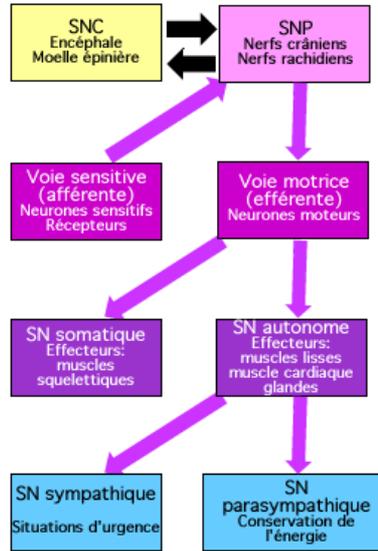
C'est pourquoi en cyclisme, il faut consacrer des séances spécifiques de PMA, force, force explosive pour exploiter et développer aussi ces fibres rapides.

De plus la répartition des ces fibres dans le muscle n'est pas homogène. Il semble que les fibres rapides se trouvent en grande proportion à la périphérie du muscle.

La génétique, bien sûr intervient. Certains naissent avec 90% de fibres rapides dans les jambes, ce sont les sprinteurs. D'autres avec 80% de fibres lentes ce sont les marathoniens. Il est intéressant de noter, qu'avec l'entraînement un certain nombre de fibres rapides deviennent des fibres lentes. Le contraire est beaucoup plus difficile. Donc on naît sprinter mais on peut devenir un athlète endurant avec l'entraînement.

2. Le système neuromusculaire

On a des muscles c'est bien !!! On sait maintenant de quoi est composé un muscle. Il ne reste plus qu'à étudier de plus près comment on peut mouvoir ces muscles.



Tout part du cerveau !!! (même chez les blondes 😊).

Le cerveau et la moelle épinière forment le système nerveux central (SNC). C'est la moelle épinière qui donne les ordres au système nerveux périphérique (SNP) en "excitant les motoneurones (c'est la câblage électrique humain).

Ces motoneurones acheminent les signaux électriques qui vont permettre au muscle de se contracter.

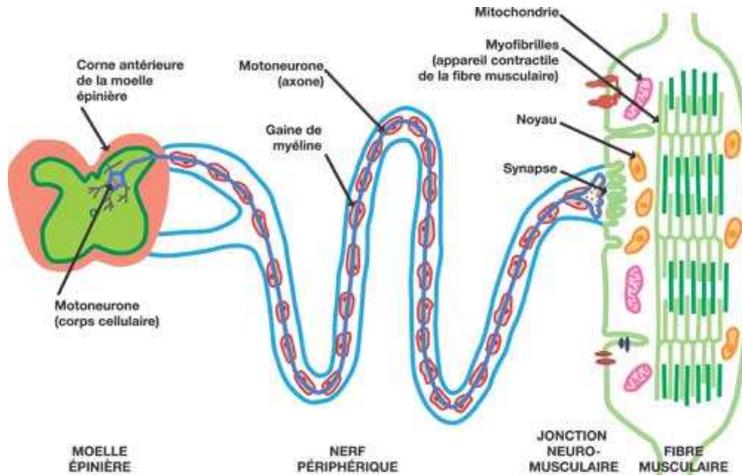
Sans entrer trop dans le détail, comment est généré cet influx nerveux ? **Ce signal électrique est d'origine chimique.**

Chaque partie du motoneurone peut subir des modifications chimiques. Tout se passe entre l'extérieur et l'intérieur du motoneurone. A travers sa membrane, il y a échange de ions potassium/ sodium (K⁺;Na⁺). Au repos on parle de potentiel de repos membranaire -70mV. Donc une différence d'équilibre de ces 2 substances crée une différence de potentiel localement. Après c'est comme une pile électrique, on se retrouve avec un point positif et un point négatif, ainsi né le courant !!!



Représentation EXCELLENTE du phénomène:

(* source [programmes Pierre Perez](#))



Il faut aussi savoir que **ce n'est pas l'influx nerveux qui parcourt le muscle**. Ce courant est bien trop faible pour cela. Lorsque l'influx nerveux



arrive en bout de parcours (synapse ou terminaison axonale) il va libérer des neurotransmetteurs (**acétylcholine ACh**) qui eux vont permettre la dépolarisation de la fibre musculaire par apport de ions sodium (Na^+). Cela va libérer du calcium Ca^{+2} qui en se fixant sur les liaisons actine/myosine va créer le mouvement. **CQFD !!!**



((source: Physiologie du sport & de l'exercice Jack H. Wilmore)

La vitesse de l'influx nerveux dépend de deux paramètres:

- **Taille:** Plus la taille du motoneurone est grosse, plus l'influx nerveux est rapide.
- **La myéline:** Les motoneurones recouverts de cette substance lipidique accélèrent vraiment l'influx nerveux

Le gros motoneurone à myéline atteignent 120m/s.

On distingue 2 types de motoneurones: Les petits qui vont commander les fibres musculaires lentes de type I et les gros qui commandent les fibres rapides types II. Chaque motoneurone commande un ensemble de fibres musculaires. Moins de 100 pour les petits motoneurones et plusieurs centaines pour les gros.

Un motoneurone est connecté à un certain nombre de fibres musculaires. Lorsque le signal passe dans la motoneurone alors toutes les fibres rattachées à ce motoneurone s'activent et se contractent. C'est du "tout ou rien". C'est ensemble est appelé "**UNITÉ MOTRICE**"

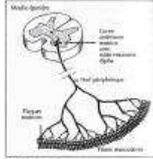


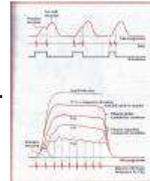
Figure 28. Division d'un motoneurone.

On a le motoneurone (le fil électrique) et on le muscle (l'ampoule). Quel type de signal est envoyé par le SNP pour faire bouger le muscle. Je développe cette partie car elle aide à comprendre comment fonctionne l'**électrostimulation** (Compex et autre).

Pour que le muscle bouge, il faut que les fibres musculaires se contractent. Le signal reçu par la plaque motrice doit avoir une certaine durée ainsi qu'une certaine intensité. La loi qui régit l'intensité de la contraction musculaire s'appelle **loi de Weiss: $I = Rh(Cr/t + 1)$** , Les termes Rh et Cr sont constants et représentent respectivement la rhéobase et la chronaxie. Pour information, les sportifs entraînés ont une « excitabilité » plus marquée que les sédentaires.

Si on envoie une impulsion unique mais suffisante alors toutes les fibres qui appartiennent à cette unité motrice vont se contracter puis de relâcher. Pour créer une contraction musculaire durable il faut envoyer une série d'impulsions à travers le motoneurone. La fréquence de ces

impulsions pour créer ce qu'on appelle 'la fusion tétonique' dépend du type de fibre.



(Source: "L'éducateur sportif", 2ème édition Vigot)

- **< 20 Herz** pour les fibres lentes I ST
- **~ 30-40 Herz** pour les fibres hybrides
- **> 50 Herz** pour les fibres rapides II FT

En fonction de l'intensité de l'effort, de la rapidité du geste, le SNP envoient les impulsions à travers les motoneurones petits et gros afin de fournir un mouvement correspondant aux désirs du sportif. Ce qu'il faut savoir c'est que l'ordre de recrutement des fibres (ou unités motrices) part toujours des petits motoneurones vers les plus gros. Donc même pour une geste explosif, le SNP va d'abord contracter des unités motrices à fibres lentes !!!!

L'entraînement permet aussi de recruter plus rapidement un grand nombre d'unité motrice, c'est surtout vrai pour les sports comme le sprint, l'haltérophilie. Le plus grands progrès de force au début sont d'ordre neuromusculaire et ne sont pas du dans un premier temps à l'hypertrophie des fibres.

3. Le système nerveux autonome

Le système nerveux autonome est composé de deux sous-systèmes nerveux antagonistes qui luttent en permanence pour maintenir l'homéostasie (l'équilibre) de notre métabolisme: le système sympathique et le système parasympathique.

- Lorsque la charge d'entraînement est trop forte ou que l'athlète est dans une mauvaise période, alors il y a risque de surentraînement. Il se divise en 2 catégories:
 - **Le système sympathique** 😡 : son rôle est de défendre l'organisme contre toute attaque. Lors d'une forte activité, d'un stress ou d'une attaque c'est lui qui prend le dessus. Lors d'un entraînement c'est lui qui gouverne.

Ses effets:

 - LA FC augmente ainsi que la pression sanguine.
 - Mobilisation générale pour se préparer à l'action: dilatation des vaisseaux sanguins.
 - Par contre vasoconstriction des zones non musculaires.
 - Augmentation du métabolisme.
 - Augmentation de la glycémie.
 - Etc...
 - **le système parasympathique** 😊 : Il est le plus actif des phases de repos et de récupération. Ce système s'occupe de fonctions vitales.

Ses effets:

- vasoconstriction des zones musculaires et coronaires.
- Rôle dans la digestion.
- Il contrôle l'homéostasie au repos; Par exemple la température.
- Les fonctions urinaires.
- Etc...

- Résume l'ensemble des activités des deux systèmes:



(source: Physiologie du sport & de l'exercice Jack H.) Wilmore)

4. Physiologie neuromusculaire et préparation

Maintenant on connaît la typologie musculaire et les bases du fonctionnement de la commande nerveuse qui donne l'ordre à nos muscles de bouger.

Que se passe-t-il au niveau neuromusculaire tout le long du plan d'entraînement ? Nous allons essayer de comprendre comment les muscles et le système neuromusculaire évoluent et s'adaptent en fonction des stimuli et sollicitations. Que se passe-t-il lors d'un entraînement de force ou de sprint ?

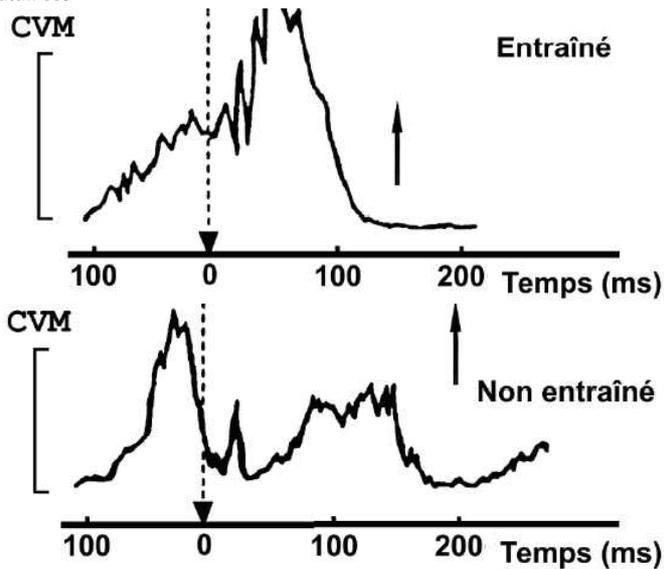
• Apprentissage du système nerveux central (SNC)

Comme vu précédemment, le **SNC communique au SNP** par l'intermédiaire d'un motoneurone, un signal électrique qui va activer des unités motrices (**UM**). L'intensité et la fréquence de pulsation de varient en fonction de la puissance requise pour une action.

Ce qui est remarquable, c'est que le SNC/SNP s'adapte avec le temps. Les 2 premiers mois d'un entraînement en force, il n'y a pas d'hypertrophie musculaire, cependant on observe un gain de force. Ce gain provient uniquement de l'amélioration de la commande électrique. Si on fait des mesures EMG (électromyogramme) on observe un accroissement de la fréquence de pulsations des unités motrices ainsi qu'un pic électrique plus précoce. Cela veut dire que le temps d'installation de la force est meilleur.

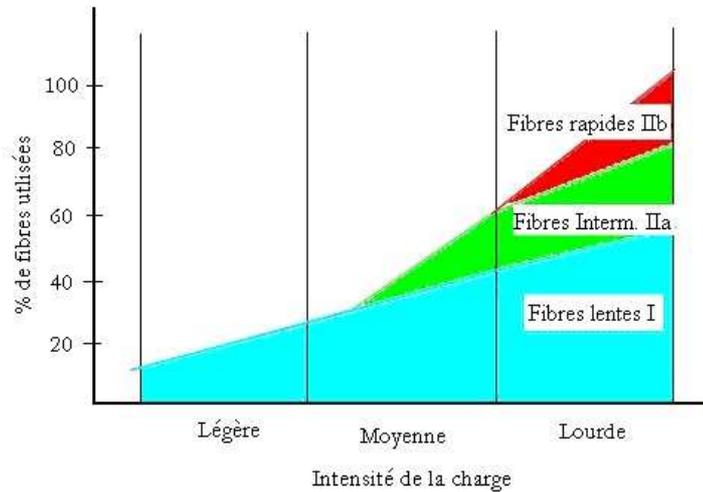


Rappel: les signaux que l'on voit si dessous ne sont pas des influx nerveux mais ce sont les signaux électriques dans les fibres musculaires.



Un autre phénomène récemment découvert. Chez des athlètes entraînés dans des disciplines explosives (sprint, lancer etc ..), le SNC envoie des pulsations par « doublet » lors de sollicitation extrême. Donc un gain de force.

Le recrutement des fibres à travers les unités motrices (UM) dépend de la force requise. Le SNC active en premier les UM lentes, intermédiaires puis rapides. En clair même lors d'un sprint on utilise ses fibres lentes.



(* Recrutement des fibres en fonction de l'intensité de charge (Costill 1980))

Cela montre bien que la typologie musculaire joue un rôle dans les sports. Dans les sports d'endurance, un athlète prédisposé (fort pourcentage de fibres lentes) pour une forte charge mettra plus de fibres lentes à contribution. Il aura certes moins de force mais ces fibres sont infatigables. **CQFD !!!**

• Apprentissage intramusculaire versus intermusculaire

Lors d'exercice de force pure, en général le mouvement se fait à une vitesse constante en appliquant une charge importante. Appliqué à notre sport, cela veut dire pédaler à une cadence de 40 TPM et appuyant très fort sur les pédales. On **améliore la coordination intramusculaire**, c'est-à-dire l'ensemble des UM dans un muscle.

Lors de mouvement explosif, comme un sprint, on doit accélérer une masse ou une charge. Dans notre sport c'est la capacité à augmenter la fréquence de pédalage en un temps très court. Avec un grand braquet bien sûr. On améliore **la coordination intermusculaire**.

On voit l'intérêt de pratiquer des sprints et des exercices de force même pour un sport d'endurance qui a priori ne fait pas appel à des qualités explosives. Sauf pour les pistards ou les purs sprinters.

• Travail sensori-moteur

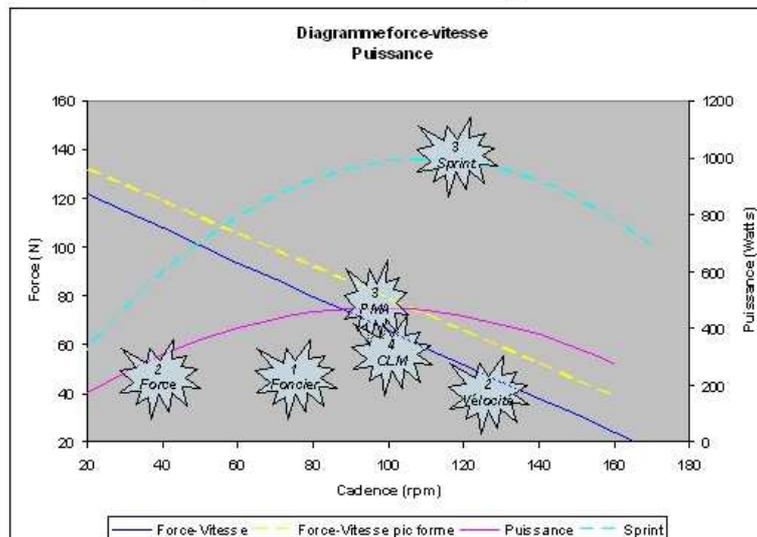
Les exercices d'équilibre, de pilotage, tout ce qui fait appel à la cognitivité ont une répercussions sur la puissance. Ce travail sensoriel améliore le travail intermusculaire. Des haltérophiles qui ont suivi un programme de développement sensori-moteur ont eu un gain de puissance.

• Notions appliquées au cyclisme

J'ai tenté d'imaginer comment tout cela s'applique au cyclisme et dans quel ordre. Les numéros de 1 à 4 correspondent à la chronologie. Avant d'entrer dans le vif du sujet, nous devons poser 2 grands principes :

- **Le couple Force/Vitesse suit une loi linéaire.** Voir sur le schéma (ligne bleu et jaune)
- La puissance c'est la force par la vitesse. En cyclisme **$P = F \times V$**

Séquence d'entraînement en 4 phases !!!



- **La force/vélocité**

Avec l'entraînement, on assiste à un déplacement de la courbe bleu Force-Vitesse vers la droite (courbe jaune). Ce gain résulte en grande partie d'un gain de force. Pour ce qui est de la vélocité c'est malheureusement la génétique qui décide. Il est donc primordial d'accorder du temps au développement de la force.

La vélocité sert à améliorer l'interdépendance des UM entre elles. On améliore la coordination et la fluidité du mouvement.

A cette période on peut également démarrer un cycle d'électrostimulation. Toujours cette idée de cibler les fibres à recruter. Je suis assez favorable à utiliser le programme force. Pendant ce temps le SNC dort !!!

- **PMA/Sprint**

On travaille un maximum de fibres. Le système SNC va pouvoir s'adapter en envoyant un max. de « sauce » aux UM. Et pourquoi pas des pulsations en « doublet ».

Ce n'est pas intuitif, mais il semble que travailler l'explosivité améliore également la PMA. Au moins, j'aurais appris quelque chose à ce séminaire UCI !!!

- **Travail Sensori_moteur**

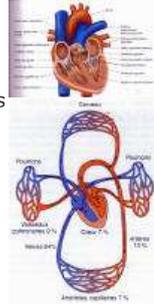
Si on est à l'aise sur son vélo, alors on se positionnera mieux et le mouvement sera plus fluide. Cela me laisse à penser que le VTT fait énormément appel à la proprioception : motricité, pilotage, saut etc ... Donc un pilote de VTT aura de meilleures facultés sensori-motrices qu'un routier. Il est donc conseillé aux routiers de chevaucher un VTT pendant la période hivernale.

5. Le Coeur (SG, fractionné SV2, VO2MAX, VES)

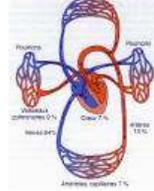
Le cœur c'est une pompe qui a pour but d'envoyer et de récupérer le sang à travers tout l'organisme. Il se divise en 2 parties distinctes: la partie droite qui traite le sang "pollué" en CO2 et la partie gauche qui traite le sang riche en oxygène. La partie droite et gauche fonctionnent exactement de la même manière.

Excellent programme d'animation de Pierre Perez **programmes** !!!

Coupe schématique du cœur



distribution du sang dans le corps



(source: Physiologie du sport & de l'exercice Jack H. Wilmore)

Un cœur normal pèse 300g pour un volume de 600 à 800 ml alors qu'un cœur de sportif on observe 500g et 1000 ml. Ok un sportif d'endurance a un cœur plus gros mais également plus puissant. Le sang arrive par l'oreillette (sorte de récepteur du sang), puis il passe dans le ventricule (diastole). Ensuite le ventricule se contracte (systole) pour expulser le sang à l'extérieur du corps. Via l'aorte et les artères pulmonaires. La quantité de sang expulsé s'appelle le **VES** = Volume d'Éjection Systolique.

VTD = Volume Télé Diastolique (volume de sang dans le ventricule gauche en fin de diastole, c'est-à-dire juste avant éjection).

VTS = Volume Télé Systolique (volume de sang dans le ventricule gauche en fin de systole, c'est-à-dire juste après éjection du sang et avant le remplissage suivant).

Le **VES** peut être calculé comme suit : $VES = VTD - VTS$

(source Wikipédia)



(source: Physiologie du sport & de l'exercice Jack H. Wilmore)

Il est évident que pour un sujet non entraîné il y aura avec le temps une augmentation du volume du cœur ainsi que du volume d'éjection systolique. Au début le cœur est moins efficace et les tuyaux moins performants !!!

Concernant le VES (Volume d'Éjection Systolique) et la FC voici une réflexion toute simple.

Il semblerait effectivement que le VES n'augmente plus après une certaine FC et même se dégrade lorsque le cœur bat très vite. Cela me paraît logique au vu de la dynamique des fluides. Un cœur qui bat à 200 pulsations par minute laisse $60/200 = 0,3$ secondes pour remplir et vider les cavités que sont les oreillettes et les ventricules. Donc ces cavités ne sont plus remplies à 100%. De plus l'écoulement devient turbulent (versus laminaire). En gros il y a plus de remous, de perturbations pour la distribution du sang dans les "tuyaux".

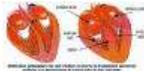
Certains athlètes élités très entraînés semblent déroger à cette règle. Leurs VES continuent à augmenter pour des valeurs de FC proches de leur FCMAX.

Il est à noter que l'augmentation du volume plasmatique sanguin contribue également à l'amélioration du VES. On augmente la précharge et l'oreillette se remplit plus facilement.

Pour rappel la quantité d'oxygène (véhiculé par le sang) qui arrive au muscle est donnée par la **formule de Fick**

VO2 = FC x VES x (CaO2-CvO2 différence artério-veineuse)

Il est clair que FC et VES contribuent tous les deux à augmenter le carburant O₂ que l'on amène au muscle. Le volume d'éjection systolique d'un athlète endurant est de 120 ml au repos et 250 ml à l'effort contre respectivement 60 ml et 120 ml pour un sédentaire. Après chacun est génétiquement différent, certains ont des gros cœurs (gros V8), d'autres des petits cœurs qui battent vite (style FIAT). Ce qui est sûr c'est qu'un bon entraînement sur plusieurs années, amène le sportif à se construire un cœur d'athlète.

Voici les caractéristiques de ce que l'on appelle un cœur d'athlète  (source sport et Vie)

- La bradycardie (pouls au repos plus lent que la normale, habituellement 40 à 60 battements par minute).
- La cardiomégalie (un cœur plus gros).
- L'hypertrophie cardiaque (épaississement de la paroi musculaire du cœur, habituellement au niveau du ventricule gauche).

A ce sujet j'ai lu pas mal de choses:

1. 1ère théorie

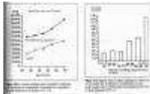
Si on s'entraîne à des FC faibles de l'ordre de 65-70% de FC_{MAX} alors le cœur prendrait du volume. Une fois ce volume acquis les intensités élevées musculeraient le cœur qui prendrait de l'épaisseur; En gros le cœur se muscle. Donc cette approche prône l'entraînement foncier dans un 1er temps et les intensités dans un second temps. Ça tombe bien c'est dans la logique d'un plan d'entraînement.

2. 2ème théorie

Le fractionné !!! Il semblerait que **pour avoir un "gros cœur"** il faut faire du fractionné moyen (rep. 1 à 2 mn, récup. 1 à 2mn). En effet sous l'effet de l'effort la pression cardiaque élevée induit une hypertrophie (musclature) du muscle cardiaque. Et pendant la phase de repos active, la diminution de la pression systolique et diastolique est absorbée par dilatation du cœur, ce qui à pour conséquence directe l'accroissement des cavités cardiaques.

Les conséquences directes d'une fréquence cardiaque au repos de ~ 40-50 pulsations/mn pour un sujet entraîné. Il est très intéressant de voir l'économie sur une journée ainsi que le risque de maladie cardio-vasculaire qui baisse drastiquement si on tient compte de ce critère

unique voir:



Ce site est excellent et explique très bien le fonctionnement du cœur [cœur et circulation sanguine](#)

6. Le sang

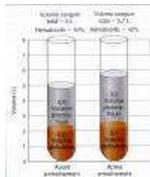
Le sang ne subit "normalement" aucune modification" sous l'effet de l'entraînement" à l'exception du volume sanguin qui augmente.

Un sujet toujours brûlant, le taux d'hématocrite dans le sang. C'est quoi l'hématocrite ??? C'est le rapport entre le volume globulaire et le

volume plasmatique.  (source: Physiologie du sport & de l'exercice Jack H. Wilmore)

- **Le volume globulaire:** 99% de globules rouges, 1% de globules blancs et plaquettes.
- **Le volume plasmatique:** 90% d'eau, 7% protéines plasmatiques et 3% divers.

Un taux moyen pour un individu se situe entre 40%-45%. En réponse à un entraînement en endurance, on observe une augmentation importante du volume plasmatique et dans une moindre mesure du nombre de globules rouges. Donc un sportif sain qui entraîne voit systématiquement son taux d'hématocrite chuter (appelé hémodilution).



Le sang est donc plus fluide. (source: Physiologie du sport & de l'exercice Jack H. Wilmore)

Donc logiquement, un sportif sain doit voir son taux d'hématocrite baisser de 5-10% pour un entraînement élite. L'UCI a placé la barre à 50% ce qui est déjà très haut pour un sédentaire. Pour ces athlètes de haut niveau cela signifie que leur taux hors entraînement pourrait être supérieur à 55%.

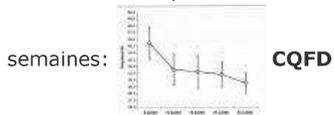
Quels sont les facteurs qui peuvent augmenter le taux d'hématocrite:

1. Une forte déshydratation augmente le taux.
2. Temporairement lors d'un exercice prolongé ou intense. 10%-15%.
3. Un séjour de 3 semaines en haute montagne (> 2500 mètres d'altitude).
4. La sédentarité. Un non sportif possède un volume plasmatique bas.
5. Quelques maladies rares.
6. EPO qui agit sur le nombre de globules rouges !!!

Quels sont les facteurs qui peuvent diminuer le taux d'hématocrite:

1. Le sport d'endurance.
2. Une anémie. Chute du taux de globule rouge.
3. Quelques maladies rares.

En conclusion, à part quelques exceptions génétiques ou environnementales, un sportif sain possède un taux d'hématocrite relativement bas. Plus faible qu'un sédentaire. A titre d'exemple, voici la taux d'hématocrite moyen d'une équipe pro pendant une course à étape de 3



Donc un critère de la performance devrait être d'avoir un taux d'hématocrite bas et non à des niveaux stratosphériques comme les mobylettes qui passent à la télé 😊.

7. Les capillaires

Les capillaires sont des vaisseaux très fins, interposés entre les artères et les veines. C'est grâce aux capillaires que les échanges entre le sang et les tissus peuvent se faire. En effet, leur paroi est perméable, elle peut laisser passer l'eau et les substances. Oxygène et nutriments traversent la paroi pour nourrir les tissus et, dans l'autre sens le gaz carbonique et les déchets sont évacués des tissus vers le sang.

Il y a plusieurs théories qui s'affrontent:

1. Celle de Christian VAAST celui-ci nous écrit que l'augmentation des capillaires se fait lors de **séance de travail à 70% de fréquence max**. Il écrit: ' comparons le vaisseau sanguin à une sorte de tuyau plus ou moins souple dont la section peut s'ouvrir plus ou moins en fonction des débits qui sont imposés. après une longue période d'inaction, les plus petits vaisseaux sont quasiment inutilisables car pratiquement fermés. l'entraînement doit permettre de les réouvrir le seul moyen c'est d'y faire circuler le sang. Comment fait on pour remplir un récipient à petite ouverture ? On verse très lentement le liquide. il en va de même pour la circulation sanguine: il faut avoir un faible débit circulatoire et donc travailler à un niveau de pulsations peu élevé pour ouvrir les capillaires. Avec l'exercice ceux-ci s'ouvrent de plus en plus et l'on peut augmenter le débit sanguin (monter plus haut en pulsation). Imaginons que, alors que nous sommes dans les tout premiers jours de reprise d'entraînement, on décide de "pousser" la machine (une envie soudaine de se montrer aux copains). Il se produit un afflux de sang qui ne peut pas être véhiculé par les seuls capillaires dont l'ouverture est encore relativement faible; les gros vaisseaux sont mis a contribution et s'ouvrent un peu plus. Au moment du retour au calme, le sang continue à circuler par cette même voie qui vient de lui être ouverte et même améliorée puisque élargie. Les capillaires, inutilisés se referment. La séance d'entraînement devient inutile...."
2. Celle de qqs scientifiques: Il faut entraîner les fibres oxydatives capables d'extraire et de consommer de l'oxygène (-> volume en aérobie), et les mettre en situation d'hypoxie (c'est à dire, **autour du seuil ana SV2**), et c'est ça qui favorise la libération de médiateurs qui stimulent l'angiogenèse. Donc en gros, suivre une planification classique qui permet, en plus de faire de beaux capillaires, de progresser en vélo...
3. Le continu endurance haute !!! (**autour de SV1**). Il a été démontré que pour accroître le nombre de capillaire il faut travailler sur des séances au minimum de 30mn à un seuil aérobie qui donne une pression systolique de 160 mmHg. cela me donne une FC ~ 160. C'est l'hypertension prolongée qui provoque la formation de nouveaux capillaires.

En gros il y en a pour tous les goûts. Alors pour être honnête qui a raison , MYSTÈRE!!!

8. Les mitochondries (Aérobie pure SG)

Dernier éléments de la chaîne qui amène l'énergie aux cellules donc aux muscles, cesont de petites structures (des organites) situées dans le cytoplasme de la plupart des cellules animales et végétales. Elles fournissent l'énergie nécessaire au fonctionnement de la cellule. C'est la **"centrale atomique"** de la cellule. Le nombre de mitochondries d'une cellule (plusieurs unités à plusieurs dizaines de milliers) dépend de l'intensité de son activité : une cellule musculaire, par exemple, en possède beaucoup.

L'entraînement en aérobie entraîne une augmentation du nombre et de la surface des mitochondries. cette surface peut doubler voir tripler avec l'entraînement. 6 semaines sont suffisantes pour améliorer la densité de mitochondrie dans l'organisme. Un athlète entraîné en endurance parviendra a extraire 20 ml d'oxygène pour 100 ml de sang contre 10 ml pour un sédentaire.

Résumé physiologique

Les tableaux suivants donnent une idée des adaptations physiologiques particulières mises en oeuvre selon les zones d'intensité de travail. On peut voir les zones de travail qui permettent de développer des qualités spécifiques.



(source sport&Vie)



(source sport&Vie)

9. Vieillesse et performance !!!!

Vieillesse et performance !!!!

Activité physique:

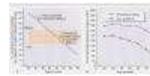
On observe vraiment de grandes différences selon le niveau d'activité physique. Un sédentaire vieillit beaucoup plus vite qu'un sportif master. Il pourrait même y avoir un côté irréversible. ce qui condamne un senior à entretenir ses acquis toute sa vie !!!

Paradoxalement, il semble que chacun possède un **potentiel quantitatif de compétition**. Je m'explique, un athlète élite qui s'entraîne dur depuis l'adolescence et qui reste à haut niveau une quinzaine d'années fera peut-être un vétéran moyen. Il aura usé son corps, son organisme. Il sera également usé mentalement et n'éprouvera plus aucun désir à se faire mal ou à mener une vie saine. C'est pourquoi on voit de "jeunes" vétéran , qui ont su ménager leur monture et qui marche bien après 40 ans.

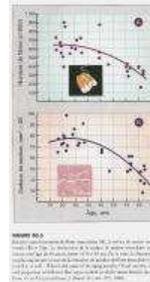
Niveaux biologiques:

- Musculaires

- Le pic de force est en général autour de 25-30 ans.
- Diminution du nombre de fibres par diminution de la synthèse protéique



(source: Physiologie du sport & de l'exercice Jack H. Wilmore)

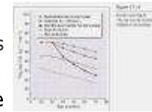


(source physiologie de l'activité physique W.McArdle - F.Katch-V.Katch)

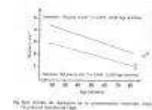
- Les motoneurones, surtout ceux des fibres rapides meurt ce qui entraîne un dénervation de l'unité motrice.
- La fatigabilité: Lors d'un effort violent ou une grosse sortie un sénior mettra plus de temps à recouvrer sa condition initiale.

- Cardiovasculaires

- Si on résume la performance au VO2MAX, ce qui est réducteur mais donne quand même une image correcte de l'état de la fonction cardio vasculaire. Plusieurs études transversales permettent de chiffrer la perte du VO2 avec l'âge. La fourchette est de **0.4 à 0.25 ml/mn/kg par an** selon le niveau d'activité. Une autre étude parle de **0.8% par an**. BIBI qui est autour de 70 ml/mn/kg à 40 ans cela donnerait 76 à l'âge de 20 ans.



(source: Physiologie du sport & de l'exercice Jack H. Wilmore)



(source: physiologie du sport Hugues Monod, Roland Flandrois, Henry Vandewalle)

- Diminution de la FCMAX. Probablement due à la baisse du tonus sympathique ainsi qu'à une moins bonne conduction du nœud sinusal. Hé oui on est comme les vieilles batteries 🤔
- Diminution de la VES (Volume d'éjection systolique). Moins bonne contractilité du cœur.
- Régression du système périphérique. Veines et artères moins souples, diminution du nombre de capillaires, échange gazeux plus laborieux (à -VO2). **On parle d'impédance systémique.**

- Respiratoires

Pour ce point, il semble que les vieux s'en tirent pas trop mal. On arrive avec un entraînement régulier à préserver une bonne fonction respiratoire. Ce point n'est pas à priori le maillon faible chez les séniors.

- Récupération

Alors là y a pas photo, l'âge est clairement un handicap. On peut faire le parallèle entre les nuits blanches de nos 20 ans et maintenant. Si je passe une nuit courte alors attention les dégâts.

La dynamique du cœur est également très révélatrice. Un enfant arrive à sa FCMAX en 30", un athlète élite en 1' et un sénior en plusieurs minutes. Les séniors ont une plus grande inertie cardiaque. C'est pourquoi ils ne peuvent pas répondre coup pour coup aux attaques des plus jeunes.

- Agilité, Réflexe

Là aussi c'est pas la joie. La vitesse de conduction de l'influx nerveux chute. Les motoneurones (surtout pour les fibres rapides FT) disparaissent et les fibres sont innervées par d'autres motoneurones voisins. Donc une unité motrice (UM) pilote de plus en plus de fibres. Il en résulte une baisse de l'agilité, de rapidité et de précision dans les mouvements.

10. Comportement du cœur d'un sportif en endurance

Voici une approche systémique brique par brique pour essayer de comprendre les différences de comportement cardiaque selon les individus.

Le cœur Un débutant aura un cœur peu musclé et des cavités moins grosses. Ce qu'on appelle le **VES** (volume d'éjection systolique) est faible. A chaque pulsation du cœur le débutant envoie peu de sang au muscle. Le cœur doit donc battre rapidement pour nourrir le muscle en oxygène.

La commande. Le cœur accélère et décélère grâce à 2 commandes antagonistes du système nerveux autonome: sympathique (accélérateur) et parasympathique (frein). Avec l'entraînement, ces systèmes apprennent et s'adaptent à la physiologie de l'athlète. Lorsque le cardio est hyper efficace alors pas besoin de mettre un grand coup d'accélérateur non alors que quelques battements suffisent au besoin.

Système cardio vasculaire Comprendre la tuyauterie (veines et artères) et toute la chaîne: mitochondries, échanges gazeux, volume plasmatique augmenté etc ... Tout s'améliore. C'est comme pour la plomberie d'une maison qui est rénovée, il faut moins de pression, moins d'effort pour alimenter des muscles qui sont plus performants pour "bouffer" de l'oxygène.

Age Avec le temps, la FC_{MAX} baisse et le cœur est moins dynamique, c'est inexorable et il faut faire avec !!! Donc l'inertie et l'amplitude cardiaque diminuent avec le temps.

La génétique Après il y a des Lancia (petites cylindrées mais haut dans les tours) et des V8 (bas en tour mais grosses cylindrées).

Il faut aborder la notion de watts par battement de cœur. Cette notion est peu présente dans les discussions mais très importantes je trouve. Avec un entraînement assidu et ce sur plusieurs années, chaque battement supplémentaire de votre cœur vous fera gagner de nombreux watts. C'est pour cela lorsque l'on est fatigué, les jambes n'ont pas assez de watts pour taquiner les limites du cardio.

A mes débuts il y a 5 ans, j'appuyais à peine sur les pédales que mes pulses s'envolaient, je pouvais passer les 190 facilement. Aujourd'hui je dois chauffer la machine, mon inertie cardiaque est grande (j'ai 45 ans !!!) et atteindre 180 relève de l'exploit. D'ailleurs je ne me rappelle pas de la dernière fois 

En règle générale les gros moteurs, comprendre grosses VO₂MAX ont plutôt des gros cœur et des pulses à l'effort relativement basses mais il y a des exceptions.

Tu peux continuer la visite !!! Clique sur [entraînement test d'effort](#)