

PARAMETRES CARDIO-VASCULAIRE LIES A L'EFFORT

I- RAPPEL SUR LE SYSTEME CARDIOVASCULAIRE :

Constitué du cœur et des vaisseaux (les artères et les veines), le système cardio-vasculaire a pour fonction de distribuer aux organes, par le sang, l'oxygène et les nutriments indispensables à leur vie, tout en éliminant leurs déchets.

Le sang circule à l'intérieur d'un réseau constitué de "canalisations", aux calibres parfaitement adaptés à leurs fonctions :

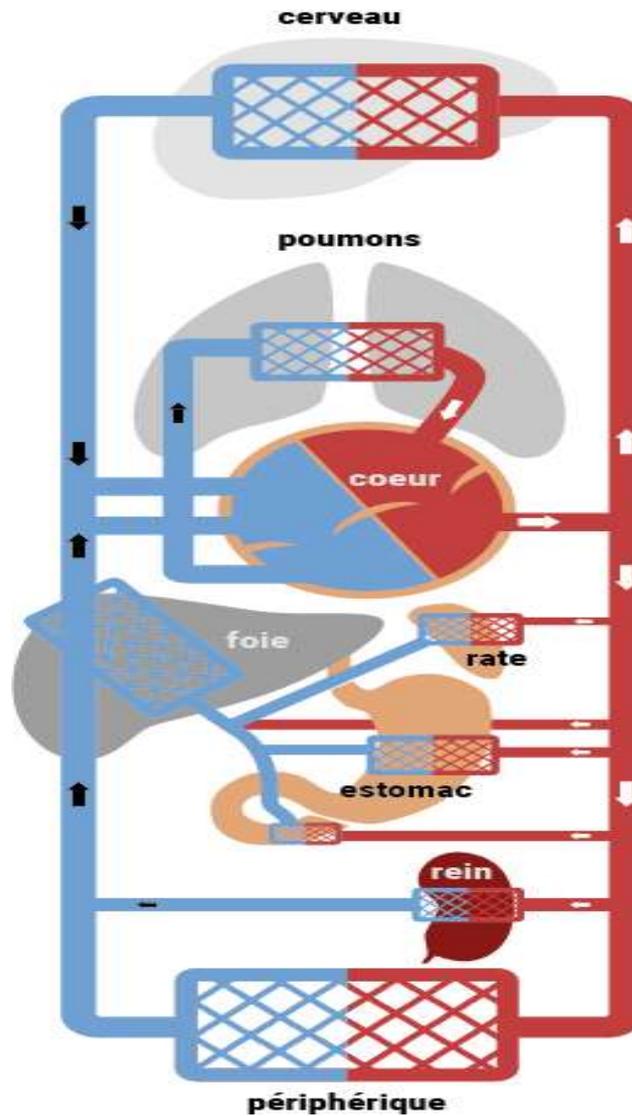
- les artères, depuis la grosse aorte (2,5 centimètres de diamètre) jusqu'aux petites artérioles (pas plus de 2 millimètres), conduisent le sang chargé d'oxygène du cœur vers les organes,
- les capillaires, fins "comme des cheveux", assurent, à l'intérieur de chaque organe, la circulation du sang,
- les veines ramènent au cœur le sang chargé de gaz carbonique.

1- LE CŒUR :

Le cœur est une pompe en perpétuelle activité ayant une puissance de 15 watts, réalisant des performances étonnantes :

Taille	12 cm
Poids	250-350 g
Fréquence	60-80
Batt/jour	100 000
Batt/vie	3 milliards
Vol. éjection (VE)	80 ml/ battement
VE/jour	8 000 litres / jour

2- LA CIRCULATION SANGUINE :



a- Du cœur vers les différents organes :

Le sang chargé d'oxygène, est propulsé dans l'aorte : l'artère principale de notre organisme. Il emprunte alors les nombreuses artères secondaires qui mènent aux différentes parties du corps. Puis des artères, de plus en plus étroites (les artérioles), le sang est conduit jusqu'aux différents organes.

Dans chaque organe, le sang, circulant dans les capillaires, distribue aux cellules leur ration d'oxygène et de nutriments, se chargeant, en échange, de gaz carbonique et des déchets.

b- Des organes vers / jusqu'au cœur :

Le sang, chargé de gaz carbonique, est ramené au cœur par le circuit veineux, empruntant les veinules) puis des veines de plus en plus importantes jusqu'aux veines caves.

c- Du cœur au cœur :

- Le sang veineux est éjecté du cœur vers les poumons par l'**artère pulmonaire**. Il rejoint les alvéoles pulmonaires, sortes de petits "sacs" situés sur les bronches, où aboutit l'air respiré.
- Le sang bleu se régénère alors en puisant, à travers la membrane perméable des alvéoles, l'oxygène, pris en charge par les globules rouges, tout en évacuant le gaz carbonique.
- Les veines pulmonaires se chargent de ramener au cœur gauche le sang régénéré – riche en oxygène et pauvre en gaz carbonique – prêt pour un nouveau voyage dans le réseau artériel.

II- LES PARAMETRES CARDIAQUES :

1- La fréquence cardiaque :

La fréquence est le nombre de contractions cardiaques par minutes.

1-1- Fréquence cardiaque de repos (FCO) :

Chez le sujet sain le rythme cardiaque de repos chez le sujet moyen, ou la **FC de repos** est **70-80 bats/min** et peut s'élever jusqu'à $220 - l'âge \pm 10$ pendant l'effort.

En réalité au repos la fréquence cardiaque varié spontanément en permanence battement à battement et de manière périodique. C'est ce qu'on appelle la **variabilité de fréquence cardiaque**. Celle-ci est facile à observer avec un **cardiofréquencemètre (CFM)**. Il suffit de surveiller sa fréquence cardiaque de repos en position allongée pendant plusieurs minutes et l'on note alors que celle-ci varié en permanence. La variabilité spontanée de la fréquence cardiaque a pour but de maintenir un niveau du débit cardiaque adapté aux besoins de l'organisme qui même au repos varient en permanence. Cette variabilité est sous la dépendance des influx nerveux parasympathiques et sympathique.

Les nerfs qui innervent le cœur et des substances chimiques en circulation peuvent faire varier rapidement la fréquence cardiaque. 50 % de l'augmentation de FC est due principalement à l'activité orthosympathique et la libération des neurotransmetteurs **adrénaline** et **noradrénaline**. Ces contrôles extrinsèques peuvent accélérer le cœur par anticipation, avant même le début de l'exercice. Dans une large mesure ce contrôle extrinsèque peut abaisser la

fréquence cardiaque à **30 bat/min** chez les **athlètes** en **endurance** bien entraînés, et l'élever jusqu'à **200 bat/min** au court d'un **exercice maximal**.

De façon schématique, il suffit de retenir que les **variations rapides** de la fréquence cardiaque sont sous la **dépendance** du **système parasympathique** et les **variations plus lentes** sous celle du **sympathique**.

L'analyse de la variabilité de la fréquence cardiaque est actuellement bien validée au repos et elle est possible avec un CFM. Un niveau élevé de variabilité est considéré comme un marqueur de « bonne santé » générale.

❖ **Comment mesurer sa fréquence cardiaque au repos ?**

La FC au repos peut se mesurer quotidiennement puisqu'elle est soumise à variations suivant différents paramètres comme le niveau de forme du sportif. Elle se prend idéalement le matin au **réveil à jeun en position allongée** et détendue. Deux options pour mesurer sa FC au repos :

En prenant son pouls au poignet ou à la carotide et en comptant le nombre de battements sur 20 secondes ou 30 secondes et multiplié le résultat par 3 ou 2.

Pour une mesure plus précise, se munir d'un **cardio-fréquencemètre** qui mesure le nombre de battements du cœur à un instant T. Ce petit appareil est composé d'une ceinture placée autour du thorax qui dispose d'un émetteur et d'un récepteur autour du poignet.

Un médecin peut également mesurer la fréquence cardiaque au repos.

Plusieurs paramètres peuvent jouer sur la fréquence cardiaque au repos (niveau d'activité physique, troubles du rythme cardiaque, stress etc).

Plus largement, la condition physique joue sur la fréquence cardiaque au repos : plus le niveau d'activité physique est important, plus la FC au repos diminue.

❖ **Les troubles de la FC :**

Une fréquence cardiaque insuffisamment élevée ou trop élevée peut indiquer un trouble du rythme cardiaque :

- Si le cœur bat trop vite (plus de 100 battements par minute) : il peut s'agir de **tachycardie** ;

- Si le cœur bat trop lentement (moins de 50 battements par minute) : il peut s'agir de **bradycardie**
- Si le cœur bat de façon irrégulière : **arythmie**.

1-2- Fréquence cardiaque maximale :

La FC Max est la FC la plus haute obtenue lors d'un effort, à la limite de l'épuisement. C'est un paramètre fréquemment utilisé dans le calcul des intensités d'entraînement.

Cette donnée n'est pas affectée par l'entraînement. Le cœur d'un sportif ne grimpe pas plus haut que celui d'un sédentaire. En revanche, elle diminue progressivement avec l'âge.

Astrand, physiologiste suédois, a établi une formule pour évaluer globalement cette diminution :

$$\text{FC max} = 220 - \text{l'âge} \pm 10 \text{ (pulsations)}$$

Mais il s'agit en fait de moyennes. A l'échelle d'une personne, on peut avoir des résultats très différents. Certains quadragénaires atteignent encore les 200 pulsations alors que des jeunes adultes n'y arrivent pas.

Les femmes possèdent également des cœurs légèrement plus rapides que les hommes. Pour elles, il faudrait appliquer l'équation :

$$\text{FC Max} = 226 - \text{l'âge}$$

Pour toutes ces raisons, on ne peut pas prendre l'équation d'Astrand en référence. Surtout lorsqu'on est un sportif bien entraîné. En effet, la valeur obtenue par le calcul se révèle généralement supérieure à la valeur réelle mesurée sur le terrain. Ainsi, il n'est pas rare de trouver, chez des cyclistes de 20 ans, des fréquences cardiaques maximales situées aux alentours de 185 puls/min au lieu de 200 comme le prédisait **Astrand**.

La FC max peut être estimée, tant pour les hommes que pour les femmes (Gilet 1984) par la relation proposée par **Chaffin (1966)** en fonction de l'âge du sujet (A ans).

$$\text{FC max} = 205.5 - [0.62 \times A] \text{ (bpm)}$$

Cette expression donne des résultats que la relation plus généralement connue (220 – A).

Différentes formules existent pour estimer la FCmax :

- $FCM = 220 - \text{âge}$ (**Astrand et Ryhming, 1954**)
- $FCM = 205,8 - 0,685 \times \text{âge}$ (**Inbar, 1994**)
- $FCM = 208,754 - 0,734 \times \text{âge}$ (**Robers et Lanwher, 2002**)

Il existe différentes méthodes pour estimer cette fréquence cardiaque maximale : après un bon échauffement, à un exercice relativement court de l'ordre de **4 à 6 minutes**, mais **très intense**, par exemple une course en côte. Il est aussi possible (idéalement sur une piste de 400 m), de débiter avec un **1er tour d'échauffement**, d'effectuer le **2e a une intensité modérée**, le **3e plus vite**, en **accélérant sur le dernier tour** pour **terminer au sprint sur le dernier 100 m**. La valeur de FC retenue est celle s'affichant au passage de la ligne d'arrivée.

1-3- La réserve cardiaque :

Il s'agit de la **différence** entre la **FCmax** et la **FCrepos**. C'est la plage d'utilisation de compte-tours de moteur humain. Il est évident que plus cette différence est importante plus le rôle de la fréquence cardiaque est important dans l'**augmentation de l'apport oxygène** aux muscles actifs. S'il est donc important pour un sportif d'avoir une fréquence cardiaque de repos basse, il est tout aussi primordial de maintenir une fréquence cardiaque maximale élevée. Ainsi un sujet entraîné peut avoir une réserve cardiaque presque deux fois plus importante qu'un sédentaire de même âge. Le premier pouvant passer de 50 btt/min au repos à 200 btt/min à son niveau de VO_2 max alors que le second passera dans les mêmes conditions de 80 à 155 btt/min, soit une réserve cardiaque de 150 pour le premier et de 75 seulement pour le second.

1-4- La fréquence cardiaque cible :

Les **fréquences cardiaques cibles** sont **des zones de fréquence cardiaque dans lesquelles on travaillera** au cours de l'entraînement. Elles permettent **d'améliorer le niveau de performance au fur et à mesure** des séances.

On calcule les FC cibles en pourcentage de la FC de réserve (FCR) puis on ajoute la FC de repos (FCO).

Les pourcentages dépendent de la charge à laquelle on veut s'entraîner.

- **Allure Footing**: entre (60% FCR + FCO) et (70% FCR + FCO)
- **Allure Endurance Fondamentale** : entre (70% FCR + FCO) et (80% FCR + FCO)

- **Allure Endurance Active** : entre (80% FCR + FCO) et (90% FCR + FCO)
- **VMA** : entre (90% FCR + FCO) et (100% FCR + FCO)

Exemple : si vous souhaitez courir à l'allure Footing avec une FCR à 120 et une FCO à 60 alors $(120 \times 60\% + 60)$ $(120 \times 70\% + 60)$ = zones cibles entre 132 et 144

Attention : la fréquence cardiaque de réserve peut changer, il faut donc **la recalculer régulièrement**.

1-5- La fréquence cardiaque de récupération :

La fréquence cardiaque de récupération **se prend après l'effort environ toutes les 15 secondes pendant 1 minute**.

2- Le volume d'éjection systolique :

Le volume systolique est la quantité du sang éjecté à chaque systole par le ventricule dans l'artère correspondante. Ce volume systolique est la différence entre le **volume télédiastolique** « VTD » (contenu ventricule à la fin de la diastole) et **volume télésystolique** « VTS » (contenu ventricule à la fin de la systole).

$$\text{VES} = \text{VTD} - \text{VTS} \text{ (ml sang)}$$

Dans le volume d'éjection systolique on distingue :

- Le de fin de diastole ou télédiastolique (VTD) : quantité du sang (ml) remplissant le ventricule gauche pendant la période de remplissage du cœur (la « diastole »). Sa valeur est de l'ordre de 120-140 ml de sang.
- **La fraction d'éjection (FE)** : il s'agit de la quantité de sang expulsée à chaque systole depuis le ventricule gauche (c'est-à-dire le volume 'déjection systolique mais exprimée en pourcentage de VTD. Les valeurs normales sont comprises entre **54 % et 64 %**.
- Le volume de fin systole ou télé systolique (VTS) : quantité du sang (ml) restant dans le ventricule gauche après chaque battement cardiaque. Plus la fraction d'éjection est importante, plus le volume de fin de systole est réduit. Les valeurs normales sont de l'ordre de : **100 % (volume du sang total) – 60 % (FE) = 100 ml – 100 ml × 0.6 = 40 ml** du sang par battement cardiaque.

La valeur de **VES** au **repos** se situe entre **70 et 90 ml** par battement cardiaque chez le **sujet sédentaire**, les **valeurs maximales** varient d'un individu à l'autre et sont comprise entre **100 à 120 ml**. Chez le **sujet entraîné**, **VES** au **repos** est d'environ **100 à 120 ml** et peut atteindre **200 ml** par battement lors de l'**effort maximal**.

3- Le débit cardiaque :

Le **débit cardiaque (QC)** est défini comme la quantité du sang qui sort de l'aorte par minute. Il dépend du volume de sang éjecté à chaque contraction « volume d'éjection systolique » et du nombre de battements cardiaques par minutes « fréquence cardiaque ». On peut illustrer ceci par l'équation suivante :

$$\text{QC (ml/min)} = \text{FC (bpm)} \times \text{VES (ml/bt)}$$

Au **repos**, le **débit cardiaque (QC)** est d'environ **6 L/min**, il varie cependant beaucoup au repos, il est influencé par l'état émotionnel du sujet.

4- La tension artérielle (pression artérielle) :

La pression artérielle est la pression exercée par le sang sur la paroi de ces vaisseaux. Elle classiquement exprimé par deux valeurs : la pression systolique et la pression diastolique.

Le chiffre le plus élevée correspond à la pression artérielle systolique. Le chiffre le plus bas correspond à la pression artérielle diastolique.

La pression artérielle moyenne (PAM) représente la pression moyenne exercée par le sang contre les parois artérielle.

On estime la pression artérielle moyenne à partir des pressions systolique et diastolique de la façon suivante :

$$\text{PAM} = 2/3 \text{ pression diastolique} + 1/3 \text{ pression systolique}$$

Soit,

$$\text{PAM} = \text{pression diastolique} + [0.333 \times (\text{pression systolique} - \text{pression diastolique})]$$

Chez l'adulte normal au repos, la **pression systolique** varié entre **110 et 140 mm Hg**, et la **pression diastolique** entre **75 et 80 mm Hg**. Cependant, la pression artérielle variée considérablement d'une personne à une autre. Elle liée à l'âge, à la masse corporelle, à la race, à l'humeur, à l'activité physique et à la position du corps.

5- L'électrocardiogramme (ECG) :

L'activité électrique du cœur peut être enregistrée pour aider au diagnostic d'une pathologie cardiaque. Le principe est simple. Les liquides biologiques sont de bons conducteurs électriques.

L'activité électrique du cœur est ainsi transmise grâce aux liquides extracellulaires jusqu'à la peau où elle peut être détectée et enregistrée grâce à un système sensible appelé **électrocardiographe**.

Le tracé obtenu est appelé **électrocardiogramme** ou **ECG**.

L'ECG s'obtient en plaçant des électrodes sur la peau. Ces **électrodes** sont reliées à un **amplificateur** et à **un enregistreur** constituant, ensemble, l'**électromyographe**. L'activité électrique du cœur crée un courant électrique qui se transmet par les tissus et qui est recueilli par les électrodes situées sur la peau, puis amplifié et enregistré. Chaque onde de tracé de l'ECG (succession de déflexions périodique caractéristiques) est associée à un phénomène électrique au niveau du cœur :

- a) l'onde P correspond à la dépolarisation des oreillettes ;
- b) l'onde PQ traduit la durée de transition de l'influx nerveux entre les oreillettes et les ventricules ;
- c) le complexe QRS correspond à la propagation de l'excitation (dépolarisation) des ventricules ;
- d) ST signale l'excitation complète des ventricules ;
- e) l'onde T correspond à la repolarisation des ventricules qui produit une onde masquée par l'important complexe QRS.

