

FICHE THÉORIQUE N° 15

Le système cardio-vasculaire

SOMMAIRE



- ▶ Introduction
- ▶ Le sang
- ▶ Le cœur
- ▶ Adaptations à l'effort du système cardio-vasculaire

INTRODUCTION



Le système cardio-vasculaire constitué du cœur et des vaisseaux sanguins permet de transporter le sang jusqu'à chacune des cellules de l'organisme. Celui-ci assure le transport des éléments indispensables au fonctionnement cellulaires (oxygène et substrats énergétiques), ainsi que des éléments permettant le contrôle de l'organisme (hormones), les défenses immunitaires (globules blancs, anticorps, plaquettes). Il permet également l'évacuation de produits métaboliques (CO₂).

LE SANG

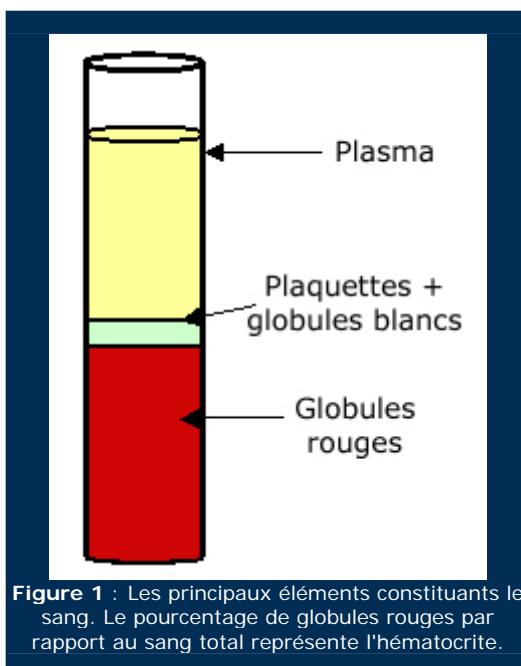


Figure 1 : Les principaux éléments constituant le sang. Le pourcentage de globules rouges par rapport au sang total représente l'hématocrite.

Le sang est constitué de différents éléments. Si on place un prélèvement sanguin dans un tube à essai contenant un produit anticoagulant, et que l'on place ce dernier dans une centrifugeuse, on obtient la séparation suivante (figure 1). On distingue alors les globules rouges (ou hématies), les globules blancs (ou leucocytes), les plaquettes (ou thrombocytes) et le plasma. En calculant le pourcentage représenté par les globules rouges par rapport au sang total, on obtient ce que l'on appelle un hématocrite. Chez la femme, les normes se situent entre 37 et 45% et chez l'homme de 40 à 54%.

Le volume total de sang représente en litres l'équivalent de 6 à 8% du poids du corps soit environ 5 litres pour un homme de 70 kg.

Le plasma

Le plasma est principalement constitué d'eau mais il contient également des protéines, des enzymes, des anticorps, des facteurs de coagulation, des hormones, des nutriments, etc.

Les globules blancs

Leur rôle est d'assurer la défense immunitaire de l'organisme et de lutter contre les agressions affectant l'organisme.

Les plaquettes

Elles jouent un rôle fondamental dans la coagulation et stoppent les hémorragies.

Les globules rouges

Les globules rouges sont les cellules responsables des transports gazeux au sein de l'organisme : oxygène (O_2) et gaz carbonique (CO_2).

La fixation de l'oxygène est possible grâce à une protéine riche en fer, l'hémoglobine. En ce qui concerne le gaz carbonique, son transport par le globule rouge est rendu possible grâce à l'action d'une enzyme qui transforme le gaz carbonique en acide carbonique.

Au niveau des poumons, les globules se chargent en O_2 et évacuent dans le même temps le CO_2 produit par le cycle de Krebs. Au niveau cellulaire, l' O_2 est alors capté par la cellule pour son activité métabolique et le sang se charge en CO_2 .

LE COEUR



Le cœur est un muscle creux (le myocarde) de la taille du poing environ, pour un poids de l'ordre de 250 à 300 grammes. Il se situe dans la cage thoracique, entre les poumons. Sa forme est celle d'une pyramide inversée avec un axe oblique vers le bas, l'avant et la gauche. Son rôle est celui d'une pompe qui fait circuler le sang dans l'organisme.

Description du cœur

Le cœur possède 4 cavités : 2 oreillettes (une oreillette droite et une oreillette gauche) et 2 ventricules (un ventricule droit et un ventricule gauche). Les oreillettes ne communiquent pas entre elles et les ventricules ne communiquent pas entre eux. L'oreillette droite communique avec le ventricule droit et l'oreillette gauche avec le ventricule gauche.

La circulation du sang

Le sang arrive au cœur au niveau de l'oreillette droite par les veines caves supérieure et inférieure. Il se déverse ensuite dans le ventricule droit. Lorsque

celui-ci se contracte, il expulse le sang vers les poumons via l'artère pulmonaire. Celle-ci se divise rapidement en deux pour permettre la répartition du sang vers chacun des deux poumons. Une fois que la circulation pulmonaire est achevée, le sang retourne vers le cœur au niveau de l'oreillette gauche par quatre veines pulmonaires puis se rend au ventricule gauche. Lorsque celui-ci se contracte, il expulse le sang vers tout l'organisme via l'artère Aorte.

Le système de valvules impose une circulation à sens unique. Les valves tricuspide (à droite) et mitrale (à gauche) empêchent le sang de remonter du ventricule à l'oreillette. Un système similaire empêche le retour du sang des artères aux ventricules. A droite, c'est la valvule pulmonaire. A gauche, la valvule aortique (**figure 2**). Grâce à la présence de cordons fibreux, les valvules ne peuvent se retourner.

On appelle petite circulation le trajet qui part du ventricule droit à l'oreillette gauche et qui correspond à la circulation pulmonaire. La grande circulation quant à elle correspond au trajet du sang du ventricule gauche à l'oreillette droite (dans tout l'organisme).

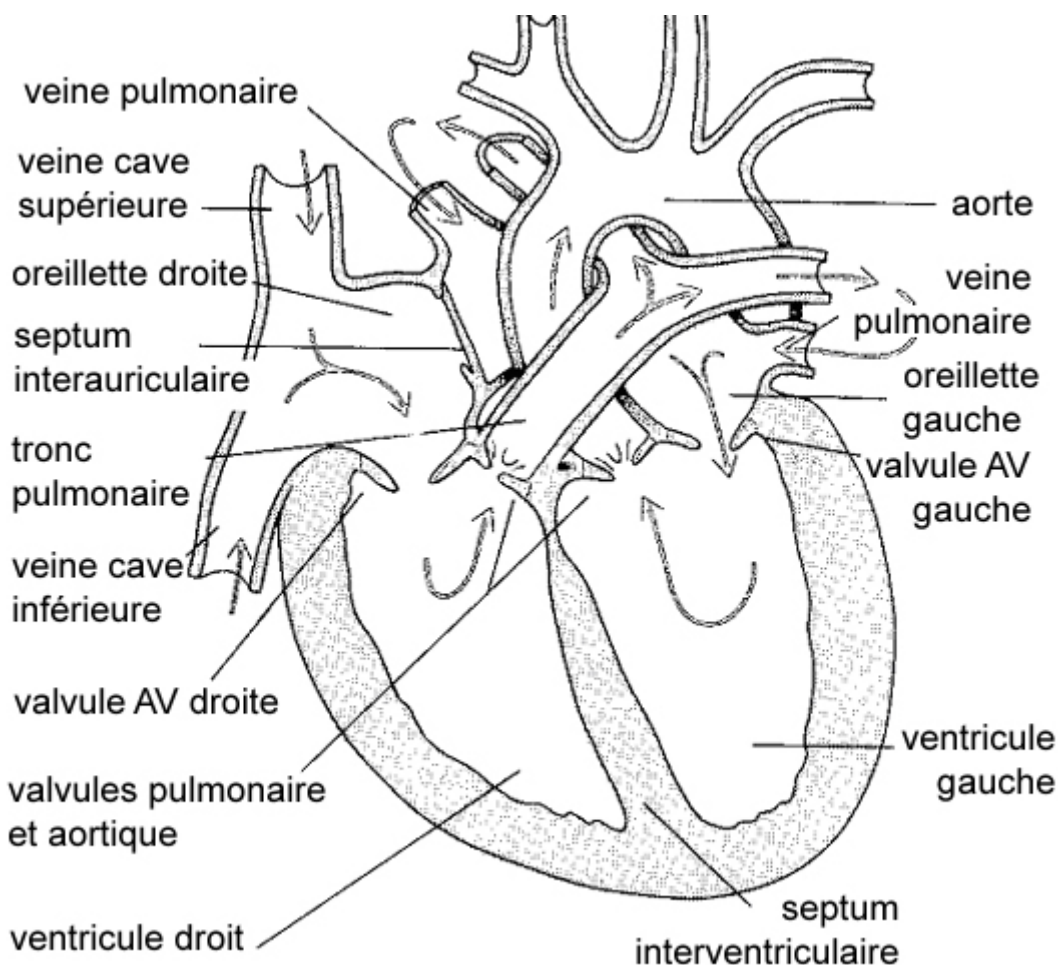


Figure 2 : Schéma du cœur représentant ses principaux composants d'après Vander A.J. et al. : *Physiologie humaine*. Ed. Mc Graw Hill. 1989.

Les vaisseaux qui assurent le retour du sang au cœur sont des veines alors que ceux par lesquels le sang va du cœur au reste de l'organisme sont des artères. Une fois éjecté dans l'artère aorte, le sang arrive dans des artères de plus en plus petites, les artérioles puis les divisions se poursuivent jusqu'à ce que les vaisseaux deviennent des capillaires. A ce niveau, le sang circule très lentement et la paroi est si fine que les échanges entre le sang et les cellules sont possibles (O_2 , CO_2 , substrats, etc.). Les capillaires se regroupent ensuite pour former des veinules puis des veines de plus en plus grosses jusqu'à former les veines caves supérieure et inférieure qui retournent au cœur, au niveau de l'oreillette droite.

La contraction cardiaque

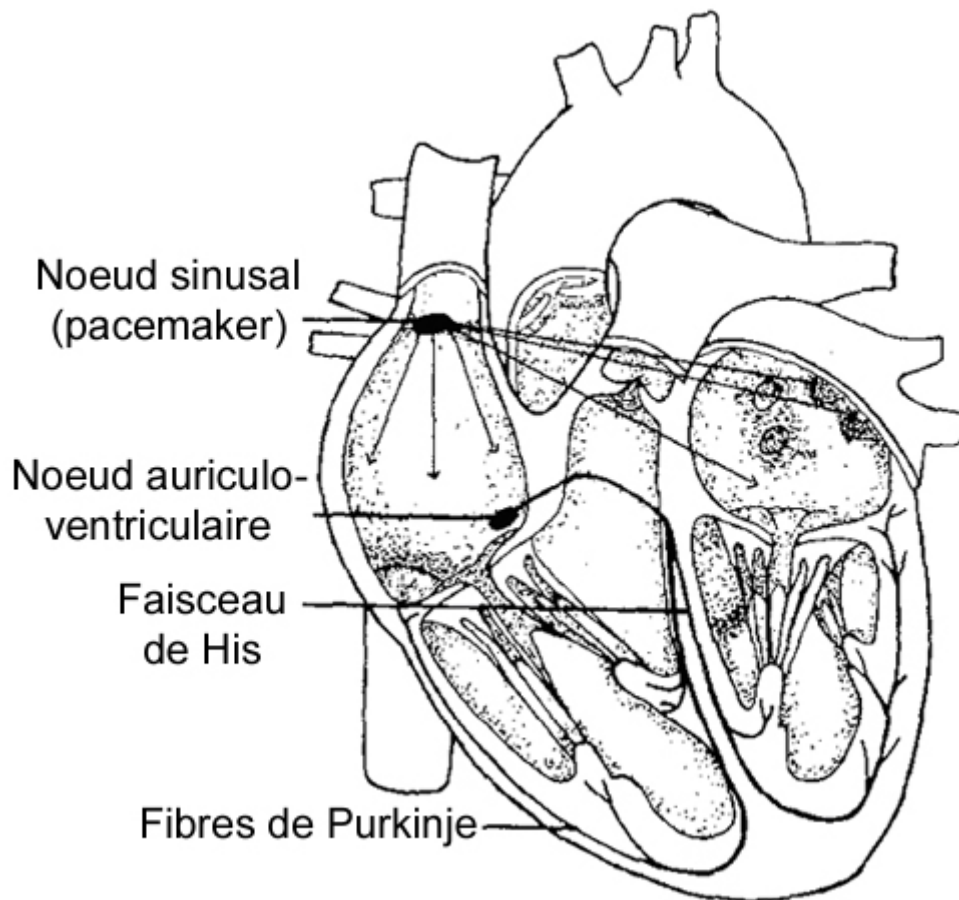


Figure 3 : Le système de conduction cardiaque d'après FOX E.L et MATHEWS D.K : *Bases physiologiques de l'activité physique*. Ed. Décarie - Vigot. 1984

Le cœur possède un rythme spontané. Ce phénomène est dû à l'activité d'une région spécialisée : le nœud sinusal. Celui-ci se situe au niveau de l'arrivée des veines caves, dans l'oreillette droite. Une structure particulière, le disque intercalaire, permet la propagation de l'onde d'excitation d'une fibre cardiaque à l'autre. Ainsi, lorsqu'une fibre se contracte, l'onde d'excitation se propage et toutes les cellules se contractent à leur tour. L'onde produite par le nœud sinusal provoque la contraction des oreillettes. Arrivée au niveau de la jonction entre l'oreillette et le ventricule droit, un deuxième système (le nœud auriculo-ventriculaire) prend le relais et propage l'onde d'excitation dans le septum jusqu'à un troisième système, le faisceau de His qui assure la contraction simultanée des deux ventricules (**figure 3**).

Une fois qu'elles se sont contractées, les fibres cardiaques deviennent insensibles à toute stimulation le temps nécessaire à leur relâchement, ce qui explique l'alternance entre contraction (systole) et relâchement cardiaque (diastole).

La fréquence cardiaque (FC)

La fréquence cardiaque correspond au nombre de systoles par minute. Au repos, elle est de l'ordre de 75 pulsations par minute chez un sédentaire mais elle peut descendre jusqu'à 40 voire moins chez les sportifs spécialistes d'endurance.

A l'effort, la fréquence cardiaque maximale théorique peut être estimée par la formule d'Astrand :

$$Fc \text{ max} = 220 - \text{l'âge} \pm 10 \text{ battements par minute}$$

Le volume d'éjection systolique (VES)

Le volume d'éjection systolique correspond à la quantité de sang éjecté lors d'une systole. Il varie en fonction de plusieurs facteurs tels que la position, le sexe, l'intensité d'effort et surtout le niveau d'entraînement.

Le débit cardiaque (QC)

Le débit cardiaque correspond à la quantité de sang éjecté par minute. C'est le produit de la fréquence cardiaque par le volume d'éjection systolique :

$$QC = FC \times VES$$

ADAPTATIONS A L'EFFORT DU SYSTEME CARDIO-VASCULAIRE



Lors d'un exercice physique, les besoins en énergie augmentent. Le système cardio-vasculaire doit s'adapter le plus vite possible pour répondre aux besoins de l'organisme. Les adaptations se font alors à deux niveaux, local et général.

Au niveau local, on observe une dilatation des artères et artérioles dans les zones actives, ainsi qu'un recrutement plus important des capillaires sanguins. Sur le plan général, les différentes adaptations à l'exercice correspondent à une augmentation de la fréquence cardiaque, du volume d'éjection systolique et donc du débit cardiaque. On observe également une redistribution des masses sanguines dans l'organisme et une amélioration du retour veineux.

L'évolution de la fréquence cardiaque est proportionnelle à l'intensité de l'exercice. La relation entre fréquence cardiaque et l'intensité est directe jusqu'à la valeur de fréquence cardiaque maximale (figure 4).

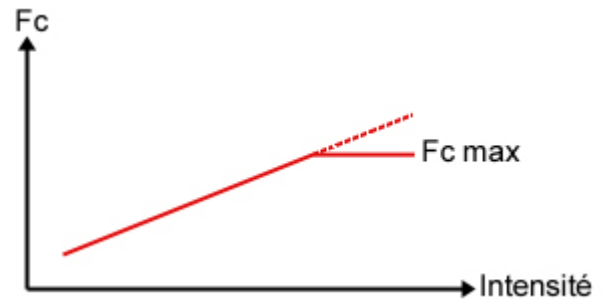


Figure 4 - Relation entre fréquence cardiaque et intensité

Au cours d'un exercice, la fréquence cardiaque subira de nombreuses adaptations. Avant même de commencer, on observe une légère élévation de la fréquence cardiaque par anticipation qui s'explique principalement par le stress qui précède le début de l'exercice. Dès le début de l'effort, la fréquence cardiaque augmente en deux temps. D'abord brutalement, puis progressivement jusqu'à atteindre la valeur correspondant à l'effort réalisé. A ce moment, si l'intensité n'est pas modifiée, le rythme cardiaque est plus ou moins stable. Dès l'arrêt de l'exercice, la fréquence cardiaque diminue en deux temps. On observe immédiatement une chute très brutale de la fréquence cardiaque pouvant atteindre plusieurs dizaines de battements par minute en l'espace de quelques 20 à 30 secondes. Ensuite, la diminution de la fréquence cardiaque se poursuit d'une manière plus progressive jusqu'au retour à une valeur normale de repos, en fonction du remboursement de la dette d'oxygène.

L'entraînement sportif, et particulièrement l'entraînement aérobie à des effets importants sur la fréquence cardiaque. En effet, celui-ci développe considérablement le système cardio-vasculaire, et notamment le volume cardiaque. Ainsi, au repos comme pour toute intensité donnée, la valeur de fréquence cardiaque sont plus basse chez le sportif que chez le sédentaire (figure 5).

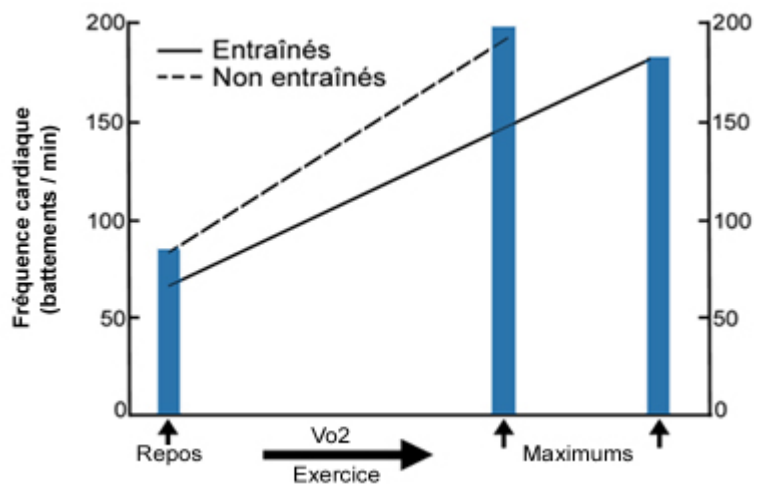


Figure 5 - Effet de l'entraînement sur la fréquence cardiaque d'après FOX et MATHEWS (1984)

Le volume d'éjection systolique quant à lui, augmente également lors d'un exercice grâce à deux phénomènes. D'abord, la puissance de contraction du cœur augmente ce qui permet au ventricule de se vider davantage qu'au repos. Ensuite, le retour veineux s'améliore ce qui permet d'augmenter le volume de remplissage des cavités cardiaques. En bref, le cœur se remplit et se vide mieux qu'au repos. Le volume d'éjection systolique passe alors d'environ 70 ml à 120 ml chez un sédentaire. Pour ce paramètre aussi, le niveau d'entraînement est un élément déterminant. Ainsi, on observe une évolution bien plus importante du volume d'éjection systolique chez un sportif, qui peut passer de 120 ml à plus de 200 ml chez un spécialiste d'endurance aérobie.

Enfin, l'élévation simultanée de la fréquence cardiaque et du volume d'éjection systolique se traduit par une augmentation considérable du débit cardiaque. Ainsi, si celui-ci correspond à environ 5 litres par minute au repos chez le sédentaire comme chez le sportif, il évolue jusqu'à 25 l/min chez un sédentaire et jusqu'à parfois plus de 40 l/min chez un sportif spécialiste d'endurance. L'entraînement Aérobie se révèle donc être un moyen particulièrement efficace dans le développement du débit cardiaque maximal.

Pour terminer, soulignons le fait que la redistribution des masses sanguines, provoquée par l'exercice, se fait toujours au profit des zones actives. Or, après un repas, les organes digestifs réclament une masse sanguine importante pour permettre la digestion des aliments. Il est donc préférable de ne pas réaliser d'effort intense immédiatement après un repas, à la fois pour permettre une bonne digestion mais également pour que la perfusion musculaire et la fourniture d'oxygène soient maximales.