

Corrections

Questions

- 1/ Un tendon est un organe reliant un muscle à un os.
- 2/ La VO_2 est la quantité (ou plus exactement le débit) d' O_2 consommé par l'organisme en litres/min
- 3/ Pendant un effort, la fréquence cardiaque et la fréquence respiratoire augmentent.
- 4/ Un capillaire est un vaisseau sanguin de très faible diamètre et très fin, à travers lequel se font les échanges entre le sang et les cellules des tissus. Les capillaires, dans les organes, sont situés entre les artérioles et les veinules.
- 5/ Le sang circule sous pression parce que c'est un liquide enfermé dans un système fermé (coeur et vaisseaux) qui exerce une pression sur ce liquide (pression réalisée principalement par le muscle cardiaque, mais aussi par les vaisseaux sanguins eux-mêmes).
- 6/ Le volume d'éjection systolique est le volume de sang propulsé en dehors du ventricule gauche au cours de chaque contraction (ou systole) de ce ventricule.
- 7/ La pression artérielle augmente lorsque la fréquence cardiaque augmente car, pendant une même durée, davantage de sang est propulsé dans le circuit sanguin, et ce sang «supplémentaire» exerce une pression supplémentaire sur les vaisseaux.
- 8/ Les nerfs reliés au coeur ont pour rôle général de permettre une modification de la fréquence cardiaque (que ce soit pour l'augmenter ou la diminuer).
- 9/ Un récepteur est une région d'un organe capable de fabriquer un message nerveux à la suite d'une stimulation de nature variée (étirement, changement de la composition chimique de l'environnement...). Les récepteurs sont reliés à des nerfs sensitifs.
- 10/ Un arc réflexe est un mécanisme automatique faisant intervenir des récepteurs transmettant via un nerf sensitif un message nerveux vers un centre nerveux, qui réagit en fabriquant un nouveau message envoyé par un ou des nerfs moteurs vers un organe effecteur qui va réagir à ce message. Dans le cas d'une boucle de régulation, l'effecteur va corriger la variation détectée par le récepteur.

Colles

1/ La respiration est le métabolisme, la suite de transformations chimiques par lesquelles les cellules de l'organisme obtiennent de l'énergie en consommant du dioxygène et en produisant du CO_2 et de l'eau. La ventilation est le mécanisme qui permet de faire entrer et sortir de l'air des poumons. Les deux sont souvent confondus, le terme «respirer» étant abusivement utilisé à la place de «ventiler»

2/ Le circuit de la circulation pulmonaire, placé «en série», assure ainsi l'élimination du CO_2 et la recharge en O_2 de l'ensemble du volume sanguin qui est ensuite envoyé vers les différents organes par le ventricule G. La disposition en parallèle du circuit alimentant ces organes leur permet de recevoir chacun du sang de la même composition, en provenance des poumons via le coeur gauche, et donc enrichi en O_2 .

Si les organes étaient alimentés en série, le premier recevrait du sang beaucoup plus riche en O_2 que le dernier du circuit, qui n'aurait plus que l' O_2 non utilisé par tous les autres avant lui et recevrait par contre l'excès de CO_2 qu'ils auraient généré.

Ainsi, la disposition en série de la circulation pulmonaire et en parallèle de la circulation générale assure une distribution à tous les organes d'un sang à teneur constante en O_2 provenant des poumons.

3/ Le volume d'éjection systolique, donné pour le ventricule gauche, est le même pour le ventricule droit. En effet, le système circulatoire est un système fermé: si ce qui sort du coeur d'un côté n'y rentre pas de l'autre, cela veut dire que le sang s'accumule à un endroit,

en sortant du système circulatoire par exemple. Dans les conditions normales, les volumes d'éjection systolique gauche et droit sont donc identiques.

4/ Comparaison de l'organisation générale d'un arc réflexe avec l'organisation précise de l'arc réflexe contrôlant la fréquence cardiaque.

organisation générale	arc réflexe contrôlant la fréquence cardiaque.
Récepteur	Barorécepteurs aortiques et du sinus carotidien
Nerf sensitif	Nerf de Hering
Centre nerveux	Bulbe rachidien
Nerfs moteurs	Nerf parasympathique et sympathique
Effecteur	muscle cardiaque

5/ L'arc réflexe concernant le rythme cardiaque est aussi une boucle de régulation car toute variation détectée au niveau des barorécepteurs est contrée par le fonctionnement de l'arc réflexe: si la pression augmente, l'arc réflexe provoque sa diminution en diminuant la fréquence cardiaque, et inversement. La pression artérielle est donc régulée par cet arc, qui constitue donc bien une boucle de régulation.

6/ Pendant un effort physique, la fréquence cardiaque est augmentée, ce qui fait augmenter à son tour le volume d'éjection systolique. L'augmentation conjointe de la fréquence respiratoire permet un apport supplémentaire d' O_2 dans l'organisme, ce qui permet de subvenir aux besoins dus à l'augmentation de sa VO_2 .

7/ Les barorécepteurs détectent une baisse de la pression artérielle. Ils fabriquent alors un message nerveux qui remonte le nerf de Hering et arrive dans un centre nerveux bulbaire. Dans le centre, les messages entrants sont analysés et conduisent à la formation de nouveaux messages nerveux qui se dirigent vers le nerf sympathique. Ces messages parcourent ce nerf et arrivent dans le coeur, où ils déclenchent une augmentation de la fréquence cardiaque qui va faire remonter la pression artérielle.

Il y a aussi dans le même temps des messages nerveux bulbaires qui diminuent l'influence permanente et modératrice du nerf parasympathique.

8/ Notre pression artérielle et notre fréquence cardiaque peuvent augmenter sans activité physique particulière, en regardant un film

On peut formuler plusieurs hypothèses, mais il faut qu'elles résistent à la critique. On peut ainsi penser que c'est la position assise, devant l'écran, qui provoque cette augmentation de pression. Mais, dans ce cas, la pression artérielle n'augmenterait pas que devant un film, mais même en classe, lorsque nous sommes assis. De plus, on pourrait montrer que, même debout, nos émotions font augmenter notre tension.

L'hypothèse la plus logique est de considérer que les centres nerveux qui contrôlent la pression artérielle sont situés à la base du cerveau, et sont donc sans doute très probablement reliés à celui-ci. On peut alors supposer qu'il existe des communications nerveuses entre les zones de notre cerveau responsables de nos émotions, devant un film par exemple, et le centre bulbaire contrôlant la pression artérielle. Des messages nerveux en provenance de notre cerveau agiraient alors sur le centre bulbaire de la même façon que ceux l'alertant d'une baisse de la pression artérielle.

Exercices

1 - Rufus, le précurseur. (/2)

Les «nerfs du mouvement» sont ceux qui conduisent les messages vers les muscles, qui sont les acteurs de ces mouvements. Ce sont donc ceux que nous désignons sous le terme de nerfs moteurs.

Les «nerfs du sentiment» sont donc ceux qui servent à «ressentir», ceux qui amènent des messages nerveux vers le cerveau. Ce sont donc ceux que nous appelons à notre époque les nerfs sensitifs.

2 - Le postulat D'Avicenne (/8)

21 - Le sang présent dans le côté droit du cœur provient de tous les organes et part vers les poumons. Il est donc appauvri en O₂ et enrichi en CO₂. (On peut aussi dire qu'il est non hématosé, ce qui revient au même).

22 - Le muscle cardiaque a une activité intense, aussi a-t-il logiquement besoin de beaucoup d'énergie, donc de dioxygène. Il ne serait donc pas logique d'alimenter ce muscle avec du sang appauvri en O₂.

23 - Vous avez découvert que l'alimentation du cœur lui-même se fait par un réseau de vaisseaux sanguins qui prend naissance à la base de l'aorte et qui irrigue tout le muscle cardiaque, lui apportant O₂ et nutriments et prenant en charge le CO₂ qu'il produit. Ces vaisseaux sont appelés, à leur départ de l'aorte, les artères coronaires.

24 - Le sang que contient et pompe en permanence le cœur ne suffit-il pas à l'alimenter en dioxygène et en nutriments, car les échanges entre le sang et les organes ne sont possibles qu'à travers la fine paroi des capillaires sanguins. Il faut donc que l'épaisseur du muscle cardiaque soit irriguée par des capillaires, ce qui implique l'existence d'un réseau de vaisseaux sanguins dans les parois du cœur permettant d'alimenter et de drainer ces capillaires.

3 - Le bruyant Laennec (/7)

31 - L'instrument inventé par Laennec est le stéthoscope.

32 - Les organes situés dans la poitrine qui font du bruit sont le cœur ainsi que les poumons. L'origine des bruits est différente : pour le cœur, c'est le bruit causé par le mouvement du sang et la fermeture des différentes valves entre oreillettes, ventricules et artères. Pour les poumons, les bruits sont causés par l'écoulement de l'air à l'intérieur des poumons et des bronches.

33 - Les bruits normaux des poumons et du cœur sont liés à leur fonctionnement «normal». Si ces organes sont endommagés par une maladie, il y a de fortes chances pour que la perturbation qui les affecte ait une influence sur les bruits qu'ils produisent. Comme écouter les bruits du thorax est un examen simple, rapide, peu coûteux, indolore et sans danger (à notre époque, mais plus encore à l'époque de Laennec où l'on ne disposait d'aucun moyen pour «voir» l'intérieur du corps), il peut être réalisé sur tout le monde et donner des signes internes permettant d'identifier une maladie.

4 - Les surhommes (/10)

41 - La différence entre les valeurs moyennes de VO₂max chez les hommes et chez les femmes peut être expliquée par plusieurs hypothèses basées sur les différences moyennes entre homme et femme.

Hypothèse a: La masse musculaire des femmes étant en moyenne moins élevée que celle des hommes, au cours d'un effort physique, ce sont les muscles qui consomment l'essentiel du dioxygène: une plus grande quantité de muscles aboutira à une plus grande valeur de consommation d'O₂, donc de VO₂max chez l'homme.

Hypothèse b: la ventilation est moins performante, en moyenne, chez la femme, en raison d'un volume pulmonaire plus limité lié à sa taille moins importante (en moyenne toujours). Des poumons d'un volume inférieur limiteront l'apport en dioxygène disponible, abaissant ainsi la valeur de VO₂max.

On peut aussi considérer que ces deux phénomènes se conjuguent pour aboutir aux différences décrites.

42 - La VO₂max est le «débit» maximal de dioxygène dans l'organisme, en L/min. L'entraînement sportif peut l'améliorer en jouant sur:

- le volume pulmonaire. En «apprenant» à respirer de façon à mieux remplir ses poumons, en développant les muscles respiratoires pour en augmenter un peu le volume, en jouant sur la posture pour dégager au maximum les poumons.
- le rythme de la ventilation, en travaillant l'inspiration/expiration (souvenez-vous, par exemple, de vos profs d'EPS vous disant d'inspirer par le nez et de souffler par la bouche)
- l'efficacité de la circulation sanguine, le développement des muscles, donc du cœur, permettant d'obtenir des contractions plus fortes, donc un volume systolique plus grand et un apport de dioxygène sanguin supplémentaire. (Les muscles jouent également en comprimant davantage les veines, ce qui facilite le retour du sang vers le cœur, mais cela, vous ne pouviez pas le deviner...)

43 - Les VO₂max des champions cyclistes cités sont étrangement élevés, non ? Il n'y a pas beaucoup d'hypothèses possibles.

S'il s'agissait d'un effet de l'entraînement, on ne voit pas pourquoi les VO₂max des champions actuels seraient à présent dans la moyenne, alors que les techniques d'entraînement se perfectionnent d'année en année.

On ne peut donc que faire l'hypothèse que ces champions étaient des surhommes, ou alors que leurs VO₂max ne sont pas «d'origine naturelle», que l'apport de dioxygène dans leur organisme a été artificiellement provoqué, par exemple en causant une forte augmentation de la capacité de leur sang à transporter le dioxygène... Il va de soi que ce comportement discutable (et dangereux) porte un nom: le dopage.

Un argument en faveur de cette hypothèse est la décroissance, dans le temps (96 en 1985, 92 en 1990 et 88 «seulement» en 1995), des valeurs «colossales» de ces VO₂max au fur et à mesure que les techniques et les contrôles antidopage se multipliaient et se perfectionnaient...

Bien entendu, il ne s'agit ici que d'une hypothèse. Après tout, ils étaient peut-être surhumains...

5 - Harvey a eu de la veine (/4)

Le raisonnement de Harvey pour démontrer que le résultat de l'expérience du garrot confirme l'existence de la circulation sanguine se base sur le sens des changements observés.

Si le sang ne se déplaçait pas dans les veines, alors comprimer une veine ne s'accompagnerait pas de son dégonflement, car le sang présent resterait en place, sauf au point d'appui.

Si le sang se déplaçait vers l'extrémité des membres, alors comprimer la veine devrait l'empêcher de passer en direction de la main. Ce n'est pas ce qui est observé.

Si le sang dans les veines se déplaçait en direction du cœur, alors la compression de la veine devrait l'empêcher de passer en direction du cœur, donc dans la direction de l'épaule. C'est bien ce qui est observé, ce qui montre qu'il existe bien un déplacement du sang dans les veines qui se produit en direction du cœur.

Vous pouvez vous demander pourquoi le sang ne disparaît qu'entre les valvules. Cela montre que n fait il existe tout un réseau veineux qui draine le sang vers le coeur, et que plusieurs veinules se rejoignent au niveau de la valvule O du schéma, ce qui permet de remplir la veine continuant vers le coeur même si le sang du segment HO ne passe plus.

Attention: toutes les expériences utilisant des garrots sont dangereuses et douloureuses, n'essayez donc pas de vous prendre pour W. Harvey !


6 - Un enregistrement historique (/7)

61 - La courbe supérieure de l'enregistrement est constituée d'une suite d'oscillations, car elle correspond à l'enregistrement de la pression artérielle, dont la valeur oscille (change, varie) constamment entre un maximum (au cours des contractions du coeur, ou systoles) et un minimum (pendant la période de «repos» du coeur, ou diastole). L'enregistrement montre donc une suite de minimum et de maximum dont le niveau reste, au début, stable.

62 - Sur l'enregistrement, on observe une diminution du niveau des oscillations pendant la période où le nerf de Hering a été stimulé électriquement (côté bulbe).

On en déduit que la pression artérielle a diminué lorsque l'extrémité du nerf de Hering reliée au bulbe a été stimulée.

Hering interprète ce résultat en proposant que le nerf a conduit un message nerveux jusqu'à un centre nerveux, ce dernier provoquant ensuite, en agissant sur les messages nerveux conduits par le nerf parasympathique, la diminution de la pression artérielle observée.

 En sciences, la distinction entre observation, déduction et interprétation est importante. L'observation semble être l'étape la plus simple, la déduction faisant appel aux connaissances et à la logique. L'interprétation est l'étape cruciale, une de celle qui caractérise la démarche scientifique, où il faut aller plus loin que le phénomène observé et compris pour en proposer une explication nouvelle faisant appel à un ensemble de mécanismes ainsi découverts ou précisés. Bien entendu, l'interprétation demande à être acceptée et confirmée par d'autres expériences et d'autres chercheurs afin d'établir si elle constitue une description correcte et cohérente des phénomènes (en particulier si elle permet d'expliquer d'autres expériences et d'autres observations).

7 - Descartes et les muscles «pneumatiques» (/12)

71 - Ceux qui observent la structure des nerfs peuvent critiquer les idées de Descartes car ce dernier pense que les nerfs se comportent comme des tubes parcourus par un liquide. Or, l'observation des nerfs montre qu'ils ne sont pas creux, comme des tubes, mais pleins, constitués de fibres (vous le saviez depuis la quatrième... l'auriez-vous oublié ?). Ils ne peuvent donc pas conduire un éventuel liquide du cerveau vers les muscles, où alors pas comme le fait un tuyau...


72 - Cette question demande réflexion. Lorsque l'on contracte un muscle (ou plusieurs, dans l'exemple de la main) sous l'eau, le niveau de l'eau ne change pas. Si vous mettez un ballon dégonflé dans l'eau puis que vous le gonflez, le niveau de l'eau va monter puisque le volume du ballon va augmenter. Souvenons-nous que Descartes pense que les muscles reçoivent du liquide venant du cerveau et se gonflent de ce liquide. On a donc là des muscles «gonflables» avec un liquide, donc des muscles dont le volume devrait augmenter lorsqu'ils se contractent.

Mais le niveau de l'eau ne change pas. Cela signifie donc que le volume du muscle, quand il se contracte, ne change pas non plus. Seule sa forme change. On en déduit que le muscle n'est donc pas «gonflé» par un liquide, et que l'hypothèse de Descartes est fautive.

73 - Les idées de Descartes sont fausses, mais elles présentent toutefois des analogies importantes avec le fonctionnement d'un arc réflexe. En effet, nous retrouvons dans ses descriptions:

- l'idée d'un récepteur, constitué ici par «un étirement de la peau».
- L'existence d'une transmission, d'une communication entre ce récepteur et le cerveau grâce à un nerf («étirement se transmettant à un tube nerveux»).
- La réaction du cerveau lorsqu'il reçoit cette information (l'idée d'une valve qui s'ouvre peut vous paraître très simpliste, mais à l'époque de Descartes, elle constituait un progrès)
- la communication entre cerveau et muscle, l'effecteur de notre arc réflexe, au moyen d'un nerf.

Descartes a donc bien établi le plan général, la logique de l'arc réflexe, mais il ne connaît pas les modalités qui permettent aux organes de communiquer (les connaissances scientifiques de son époque ne lui permettaient pas d'en savoir plus)

 Vous pouvez vous demander pourquoi Descartes, qui ici s'est trompé, est considéré comme un grand scientifique. Outre qu'il a effectué par ailleurs d'importantes découvertes, un scientifique n'est pas obligatoirement celui qui «a raison», mais celui qui sait poser les problèmes d'une nouvelle façon qui permettra de renouveler leur étude, même si les solutions qu'il propose à son époque ne se révèlent pas être les bonnes. Il est parfois plus important en sciences de poser les questions d'une façon nouvelle plutôt que d'y répondre dans un cadre ancien.

8 - Stephan Hales, «grenouillator». (/7)

81 Si on pince l'extrémité du pied d'une grenouille fraîchement décapitée, elle replie alors sa patte. Ce comportement disparaît si la moelle épinière de l'animal est détruite.

On observe une contraction des muscles qui assurent le repliement de la patte. Cela fait suite à un pincement, il y a donc communication entre la peau pincée et ces muscles. Le seul centre nerveux disponible (vu qu'il n'y a plus de cerveau, ni de bulbe, ni de tête, d'ailleurs...) est la moelle épinière. Comme la contraction des muscles de la patte disparaît si la moelle est détruite, nous avons confirmation qu'elle joue bien un rôle dans ce processus. Comme le tout ne peut être conscient (sans tête...), Hales a donc observé un comportement réflexe impliquant la moelle épinière comme centre nerveux.

82 - Parcours suivi par les messages nerveux chez les grenouilles lors de l'expérience.

Les messages nerveux sont fabriqués par des récepteurs au niveau de la peau de la patte de la grenouille (on parle de récepteurs cutanés). Ces messages remontent vers la moelle épinière par un nerf sensitif. La moelle épinière est le centre nerveux où les messages reçus sont intégrés et provoquent la formation de nouveaux messages sortant de la moelle par des nerfs moteurs qui vont provoquer la contraction ou le relâchement des muscles de la grenouille nécessaires au mouvement de flexion de la patte.

Le type de parcours ainsi mis en évidence est un arc réflexe.