

Corrigé DM Post AP # 3 avec ajouts : LES ADAPTATIONS PHYSIOLOGIQUES A L'EFFORT

En situation d'effort physique intense de l'organisme, les besoins de certaines organes augmentent donc il y a nécessité d'un approvisionnement accru des cellules de ces organes « prioritaires » en nutriments organiques (glucose) et O₂.

Comment ces organes prioritaires à l'effort sont-ils davantage approvisionné en glucose et dioxygène par l'organisme ? (idem, inversement, pour les organes non-prioritaires)

A/ 1er NIVEAU D'ADAPTATION A L'EFFORT : CARDIAQUE

On constate par différentes mesures une **augmentation du débit sanguin cardiaque DC** jusqu'à un facteur 5 maximum (de 5 L.min⁻¹ à 25), assurée par une **augmentation de la fréquence cardiaque principalement, FC** (prise de pouls au poignet ou à la carotide) et de VES (augmentation de la force de contraction cardiaque augmentant la quantité de sang expulsé par l'aorte)

⇒ voir AP # 1 et AP # 4

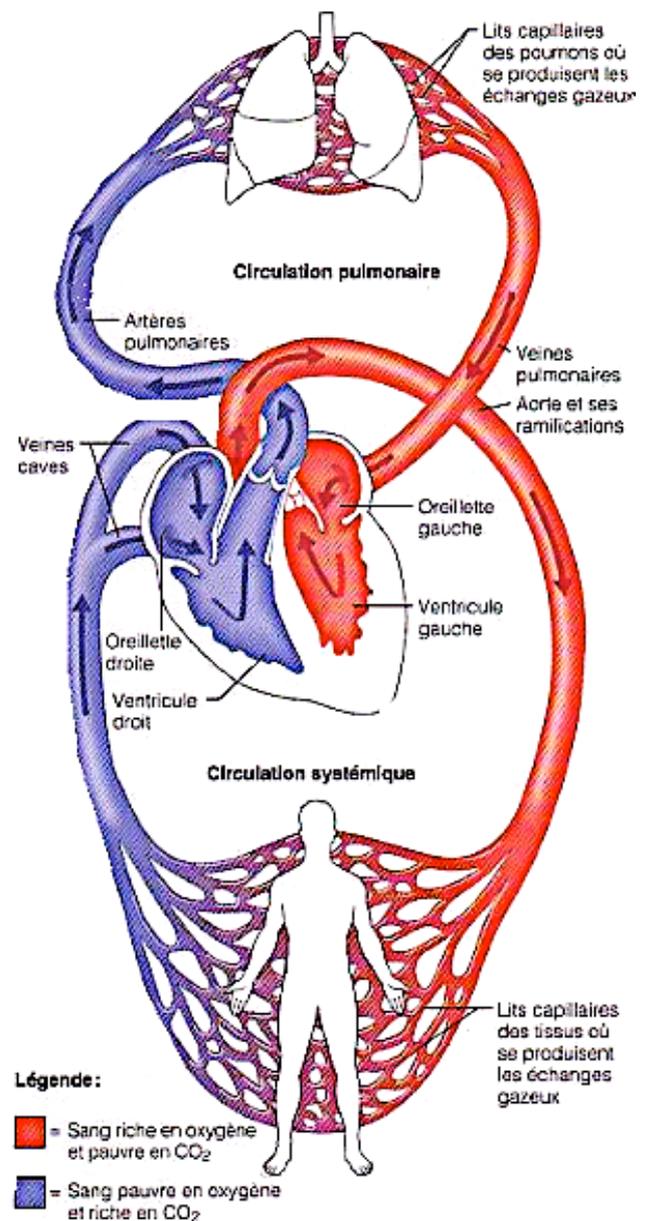
B/ 2è NIVEAU : PULMONAIRE

On constate une **augmentation du débit ventilatoire** par **augmentation de la fréquence ventilatoire (FV)** et du volume courant (Vc). On constate aussi un sang pris en charge par les hémoglobines des globules rouges à la recharge un peu plus saturé en O₂

C/ 3è NIVEAU : LA DISPOSITION VASCULAIRE DE L'ORGANISME : L'EXISTENCE D'UNE DOUBLE CIRCULATION SERIE OU LES ORGANES SONT SITUES EN DERIVATION LES UNS DES AUTRES DANS LA GRANDE CIRCULATION

On peut faire une analogie avec des circuits électriques où le coeur est le générateur délivrant un courant global à une fréquence variable et les dipôles avec un débit les traversant analogue à un courant d'intensité I dans leur maille.

- **l'indépendance des 2 circuits série** permise également par le cloisonnement gauche/droite du coeur assure l'entretien de 2 types de sang non mélangés (enrichi en O₂ et appauvri en CO₂ et inversement) : ainsi, la recharge en O₂ et la décharge en CO₂ est permise par la petite circulation « coeur-poumons » et on peut observer un rythme accru de ces échanges pulmonaires ventilatoires qui joueront sur l'intensité de la respiration mitochondriale cellulaire en aval.
- **la disposition en parallèle (dérivation) des organes dans la grande circulation** permet d'assurer une teneur en O₂ et glucose constante et équitable d'un organe à l'autre et aussi variable d'un organe à l'autre en fonction des besoins (mailles indépendantes, à condition d'avoir des dispositifs de régulation du débit dans chaque maille en fonction des situations physiologiques. De plus, on évite ainsi en cas de problème pour un organe de plus grandes répercussions en cas d'hémorragie « raisonnable », cela affecte moins l'organisme dans un premier temps.



On peut penser que ce dispositif n'est pas le fruit du hasard et a été sélectionné positivement au cours de l'évolution chez les Mammifères : il a accordé une bonne survie et donc reproduction à ses possesseurs qui ont transmis ce dispositif à leurs descendants par voie génétique.

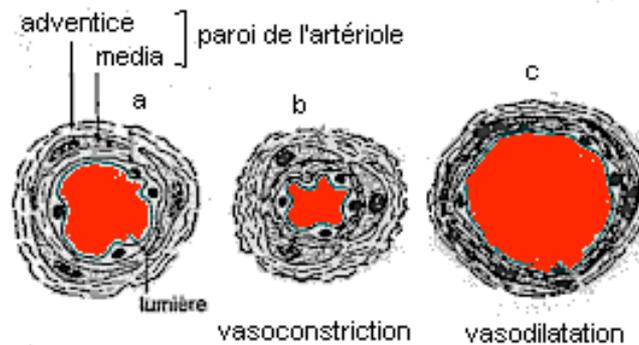
C/ 4è niveau : Où ? AU NIVEAU VASCULAIRE : LES ARTERIOLES (⇒ documents 2a, 2b et 2c)

Des mesures des débits des différents organes au repos et à l'effort montre 3 séries d'organes : les prioritaires à métabolisme accru, (leur débit augmente : cerveau, peau, coeur, autres muscles), les non prioritaires au métabolisme baissant (organes du tube digestif et reins par exemple), les indifférents à la situation d'effort, sans changement de leur métabolisme cellulaire (les os) (⇒ document 2a)

A/ une vasoconstriction (diminution du calibre d'un vaisseau sanguin due à la contraction de ses fibres musculaires lisses à commande involontaire) des artérioles des organes non-prioritaires : reins, foie, estomac, ...

B/ une vasodilatation des organes prioritaires (augmentation du diamètre d'un vaisseau due au relâchement de ses fibres musculaires) : muscles, coeur, poumon, peau (transpiration amplifiée par vasodilatations artériolaires et augmentation du pourcentage de sphincters pré-capillaires ouverts voir D/ des cellules des glandes cutanées sudoripares permettant une lutte supérieure contre l'échauffement lié à la production de chaleur des muscles davantage actifs donc de métabolisme supérieur pour permettre à l'organisme son fonctionnement à 37,2 °C pour que le métabolisme des de tous les organes se fasse sans heurts)

NB : selon ce mécanisme adaptatif, à l'effort soutenu, on peut donner jusqu'à 90 % du débit augmenté global aux muscles



où (organe) ?	quoi ?	variation du débit alloué par rapport au repos
POUMONS	augmentation de la recharge en O ₂ / augmentation de la vasodilatation artériolaire, augmentation du degré d'ouverture en % des sphincters pré-capillaires ⇒ augmentation du débit ventilatoire par augmentation de la fréquence ventilatoire	> x 1
COEUR	augmentation de la vasodilatation artériolaire, augmentation du degré d'ouverture en % des sphincters pré-capillaires ⇒ augmentation du débit cardiaque	x 5
PEAU	augmentation de la vasodilatation artériolaire, augmentation du degré d'ouverture en % des sphincters pré-capillaires ⇒ augmentation du débit cutané	x 10
TUBE DIGESTIF (TD)	augmentation de la vasoconstriction artériolaire et diminution du degré d'ouverture (en %) des sphincters pré-capillaires ⇒ diminution du débit global digestif	< / 2 environ
AUTRES MUSCLES	augmentation de la vasodilatation artériolaire, augmentation du degré d'ouverture en % des sphincters pré-capillaires ⇒ augmentation du débit des muscles striés squelettiques à commande volontaire des gestes de l'effort	environ x 2

Remarques : effets artériolaires (Ø = diamètre)

1/ vasoconstriction => ↓ Ø organes non prioritaires

2/ vasodilatation => ↑ Ø organes prioritaires => afflux O₂ + glucose ↑ => approvisionnement O₂ + glucose ↑ existence DC max limitant l'approvisionnement musculaire en O₂

Ainsi, la part allouée du débit total augmenté à l'effort est optimisée, accrue pour les organes prioritaires tout en maintenant au minimum le fonctionnement correct des organes non-prioritaires, dont la part allouée du total accru diminue.

hors-programme : l'état des artérioles (plus ou moins ouvertes ou fermées) est contrôlé par la composition moléculaire locale : certaines sont vasodilatatrices comme NO, d'autres vasoconstrictrices comme l'adrénaline mais aussi le taux d'hormones et le SNA, système nerveux autonome ...

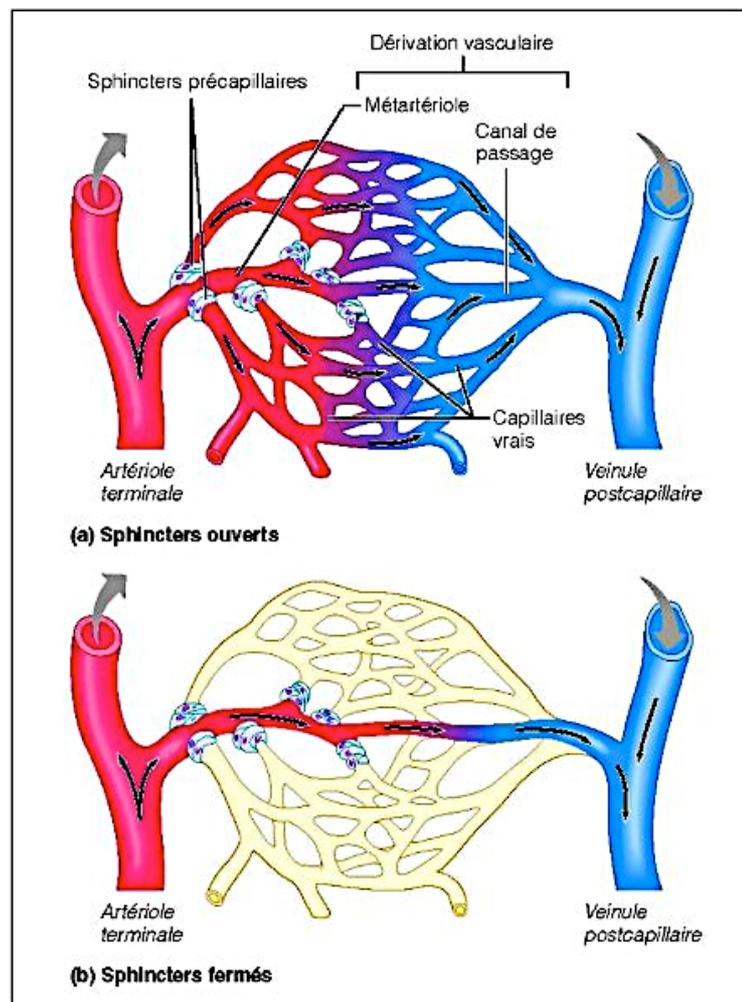
D/ 5è niveau : Où ? AU NIVEAU VASCULAIRE : LES SPHINCTERS PRE- CAPILLAIRES (⇒ documents 2b et 2c)

A l'effort, on constate :

- 1/ le degré d'ouverture (en %) des sphincters pré-capillaires d'entrée dans les cellules des muscles et organes prioritaires augmente voire devient proche du maximal (100% d'ouverture) par vasodilatation, relâchement des fibres musculaires lisses de leur paroi
- 2/ dans les organes non-prioritaires, c'est l'inverse : le degré d'ouverture en % des sphincters diminue par vasoconstriction liée à la contraction des fibres musculaires lisses de leur paroi, ce qui diminue le nombre de capillaires irrigués et diminue la surface d'échanges sang/cellules et donc l'approvisionnement en glucose + O₂

NB : Lors d'un effort physique intense, le sang est dérivé vers les lits capillaires des muscles: ces ont eux qui ont le plus besoin d'un apport sanguin. Dès lors, si on pratique un effort physique juste après repas, cela peut causer une indigestion ou des crampes abdominales.

hors-programme : l'état des sphincters (ouverts ou fermés) est contrôlé par la composition moléculaire locale : certains sont vasodilatateurs comme NO, d'autres vasoconstricteurs ...



Bilan : A l'effort, par rapport à une situation de repos, le métabolisme cellulaire (respiration surtout) doit augmenter pour faire face aux besoins accrus en O₂ et glucose qui permettront aux mitochondries de synthétiser de l'énergie, notamment pour permettre la contraction de nombreux muscles davantage sollicités, ce qui accroîtra aussi la transpiration pour lutter contre la production de chaleur accompagnant cet effort. Ceci est permis par 5 niveaux d'adaptations de l'organisme :

- **1/ et 2/ AU NIVEAU CARDIAQUE ET PULMONAIRE** : une augmentation des débits cardiaque et ventilatoire, essentiellement assurés par la croissance de leur fréquence, qui permettent une distribution accrue d'O₂ et glucose aux cellules dans la grande circulation
- **3/ AU NIVEAU DE LA STRUCTURE VASCULAIRE DE L'ORGANISME** : la disposition double série grande circulation / petite et la dérivation pour la grande circulation des organes les uns par rapport aux autres permettent une régulation des débits suivant les organes, qu'ils soient prioritaires ou non à l'effort et un maintien du non-mélange des 2 types de sang enrichis ou appauvris en O₂, ce qui est sine qua none pour permettre cette régulation des débits locaux en O₂ et glucose
- **4/ AU NIVEAU VASCULAIRE** : les fibres musculaires lisses artériolaires se contractent (VASOCONSTRICTION), ce qui diminue leur diamètre et donc le débit local en amont des cellules des organes non-prioritaires en O₂ et glucose tandis que celles des artérioles en amont des cellules des organes prioritaires (muscles, peau par exemple) se relâchent, ce qui augmente leur diamètre et le débit local d'approvisionnement en O₂ et glucose (VASODILATATION)
- **5/ AU NIVEAU VASCULAIRE** : les fibres musculaires lisses des sphincters pré-capillaires des cellules des organes prioritaires se relâchent (position ouverte) davantage (augmentation du pourcentage de sphincters ouverts à l'effort), ce qui augmente la surface d'échanges cellules-sang, tandis qu'ils se ferment davantage par contraction (ne permettent plus alors le passage du sang en leur aval), pour diminuer l'afflux en O₂ et glucose des cellules des organes non-prioritaires.

Les niveaux 4 et 5 font offices de vannes en amont des cellules à approvisionner de manière différentielle suivant les besoins. Qui contrôle cela ? essentiellement le système nerveux autonome, involontaire, à commande automatique

(⇒ voir en partie l'AP # 4 avec les volorécepteurs carotidiens et aortiques qui détectent les variations de pression artérielle et sont à l'origine de messages nerveux compensateurs)