

Hello la team, on se retrouve pour aborder une notion d'abord médical qu'est : la pression artérielle. Ce concept est à mettre en parallèle (vraiment beaucoup) avec les autres cours de physio mais surtout ceux de biophy de la circu), cette fiche de tut rentrée ne voit que les généralités de la pression artérielle. Nous nous intéresserons donc par pour le moment à tous les détails du cours original et à la seconde partie centrée sur l'hypertention.

! C'est un cours **présentiel** donc toutes les informations ne sont pas obligatoirement les mêmes chaque années (cette fiche se base **uniquement sur la ronéo de l'année dernière**) ! N'oubliez pas que M.Favre est néphrologue donc il traite beaucoup de cas d'hypertension, ce cours semble alors assez important.

LA PRESSION ARTERIELLE

Plan du cours :

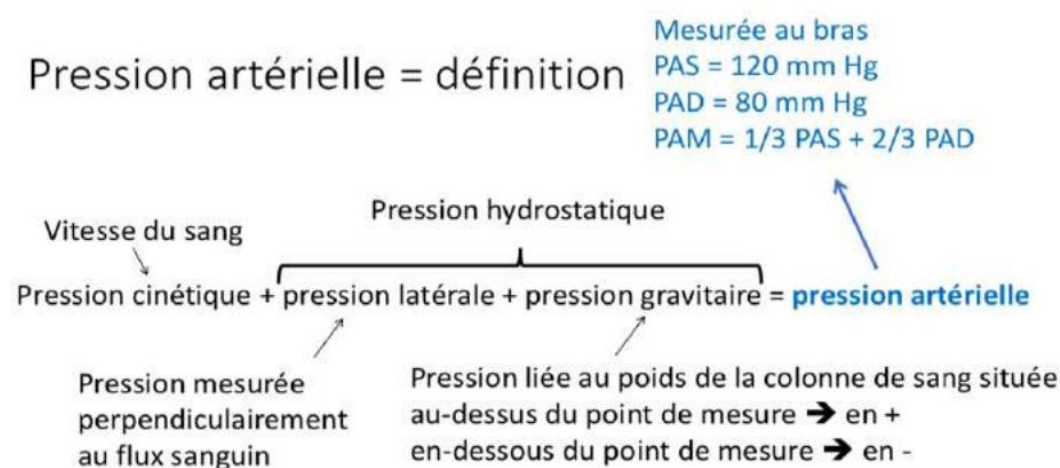
- A) Définitions
- B) Loi de Poiseuille et régulation
- C) Baroréflexe

Avant de commencer, ne vous emmêlez pas avec la "tension" ou la "pression" artérielle, on dit pression artérielle et hypertension, le prof ne fera pas de piège comme ça c'est pas son genre.

(vous verrez en biophy en gros la tension c'est des Newton et la pression, des Pascals (= Newton/m²))

A) Définitions

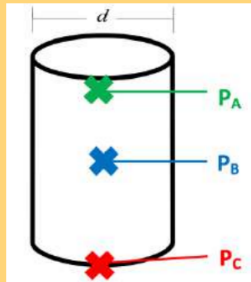
La PA est la somme de **plusieurs pressions**.



Toutes ces pressions sont générées par le **cœur** sauf la pression de **gravité**.

On a donc la pression **cinétique**, qui additionnée à la pression **latérale** et à la pression **gravitaire** nous donnent la pression artérielle (= pression hydrostatique + pression cinétique). On notera aussi que la pression latérale et la pression gravitaire sont regroupées dans un terme que l'on appelle la pression **hydrostatique**. C'est cette même pression (hydrostatique) qui détermine les échanges dans les capillaires.

La pression gravitaire va s'ajouter à la pression mesurée avec la colonne de sang si l'on est au-dessus du point de mesure, mais elle va se soustraire si l'on est en dessous du point de mesure.



Tut'explication

Si on veut calculer la **pression gravitaire** (= ρgh pour les connaisseurs), on peut soit **additionner** les pressions situées **au-dessus** du point de mesure (les croix sur le schéma), soit prendre la pression la **plus forte** (= la plus en-bas étant donné que c'est là que la colonne de liquide est la plus lourde) et **soustraire** à cette valeur les pressions situées **en-dessous** du point de mesure (puisque'elles ne sont pas prises en compte par le capteur).

Ici par exemple, $P_C = P_B + P_{(\text{entre B et C})}$ ou encore $P_B = P_A + P_{(\text{entre A et B})}$

De la même manière, on peut dire $P_B = P_C - P_{(\text{entre B et C})}$

NB : $P_{(\text{entre B et C})} = P_C - P_B$ et $P_{(\text{entre A et B})} = P_B - P_A$

(Mais ne vous attardez pas trop là-dessus, je doute que le prof insiste sur cette partie, c'est pas son genre)

❖ La pression artérielle moyenne

On définit aussi un terme qui s'appelle PA moyenne (PAM) qui vaut **1/3** de la PAS (pression artérielle systolique) et **2/3** de la PAD (pression artérielle diastolique). Cette **PAM** est très utile car quand on considère la loi de **Poiseuille** on a besoin d'un ΔP et ça nous embête pour voir notre pression pulsée, la systole (120), la diastole (90-80) (en gros ΔP c'est un **gradient de pression** et si on veut le calculer à partir des pressions sys et dia c'est compliqué parce qu'il y a déjà un **gradient** = différence de pression entre ces 2 valeurs).

Donc ça ne marche pas pour le calcul dans la loi de Poiseuille, c'est pour ça qu'on a créé la pression artérielle moyenne. Donc quand on va considérer la circulation dans son **ensemble**, comme on va le faire aujourd'hui, et bien c'est la **pression artérielle moyenne** que l'on utilise.

Tut'rappelles

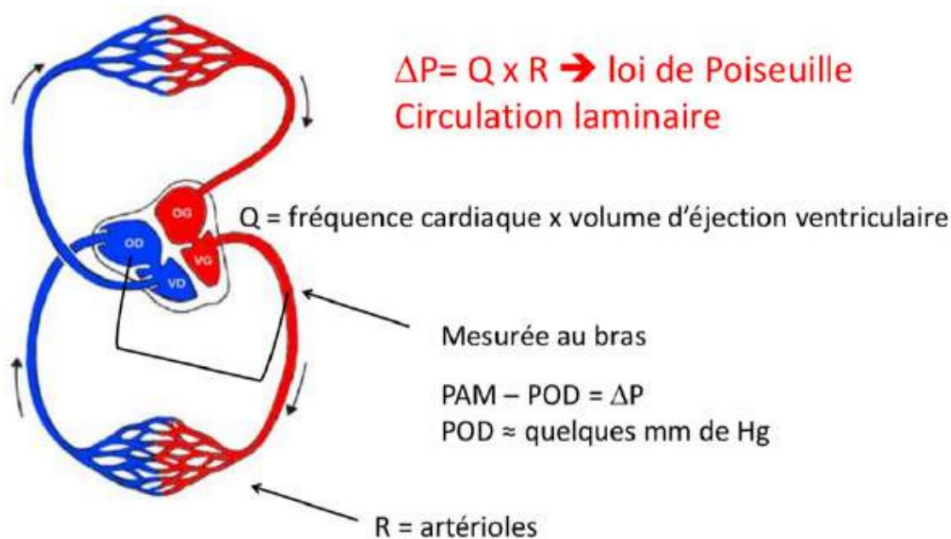
$$PAM = \frac{PAS + 2PAD}{3}$$

B) Loi de Poiseuille et régulation

Rappel loi de Poiseuille : $\Delta P = R(\text{résistance}) \times Q(\text{débit})$ (on l'a revoit juste après)

$$R = \frac{8 \times \text{longueur du vaisseau} \times \text{viscosité du sang}}{\pi \times \text{rayon vasculaire}^4}$$

Avec ces mesures **répétées**, on peut véritablement **établir la relation de Poiseuille**. Petite parenthèse : on parle de PA **systémique** (= grande circulation) car la PA **pulmonaire** (petite circulation) est soumise à d'autres règles. On parle uniquement de la systémique, c'est-à-dire que le ΔP est entre le ventricule gauche et l'oreillette droite (*point de retour veineux de la circulation systémique après distribution des nutriments du sang à l'organisme, ce qui correspond donc à la différence de pression entre le point de départ de la grande circulation qui est le ventricule gauche ou le début de la crosse aortique, et le point d'arrivée de cette circulation, qui est l'oreillette droite.*).



• Le **R** de la loi de Poiseuille correspond à la **résistance** appliquée par les **artéioles**. C'est la partie qui précède les capillaires, avant l'entrée dans les tissus qui est douée de **vasomotricité** et dont la plus ou moins grande tension de partie va entraîner des **résistances** plus ou moins fortes.

Les **artéioles**, pour insister, sont des **petites artères**, qu'on peut situer entre 500 et 100 micromètres de diamètre et qui donnent naissance chacune à des **artéioles intra organiques** de diamètre inférieur à 100 micromètres chacune de ces artéioles intra organiques donnera naissance à 20 à 30 **capillaires** qui formeront les **réseaux d'échanges** au sein des organes (*c'est la plus petite structure vasculaire, certains sont même plus étroits que le diamètre d'un globule rouge (=7um)*)

1) Régulation du tonus vasculaire : tonus adrénergique

La vasomotricité des artérioles détermine la résistance de la circulation systémique

- Artérioles : $500 < \text{diamètre} < 100 \mu\text{m}$
- Chaque artériole donne naissance à 3 à 5 artérioles intra-organiques (diamètre $< 100 \mu\text{m}$)
- Les cellules musculaires lisses sont disposées en anneau
- Vasoconstriction : augmentation des résistances
- Tonus vasomoteur : système nerveux sympathique
- Artérioles : siège des résistances maximales

Autour de ces artérioles il y a comme des faisceaux où les **cellules musculaires** (lisses) sont disposées de manière **circulaire** (en anneau). Ainsi leur contraction **ferme** et leur décontraction **ouvre** l'artériole. Les artérioles sont innervées **UNIQUEMENT** par le système nerveux **sympathique**. Il n'y a pas d'intervention du système **parasymphatique**, donc pas d'action de l'acétylcholine qui joue sur le tonus.

On a alors : **dopamine, noradrénaline, adrénaline** (*hormone du système sympathique*) --> joue sur le tonus vasculaire ===== **RÉGULATION PAR LE TONUS ADRENERGETIQUE**

Acétylcholine (*hormone du système para*) --> ne joue PAS sur le tonus vasculaire

Ce système va permettre de modifier le tonus. Il faut savoir que ce tonus est **permanent** +++, et va soit se **relâcher** soit **augmenter** de manière coordonnée par le système nerveux central.

Autrement dit, si on augmente le débit à un endroit de l'organisme (on vasodilate), il faut donc diminuer le débit à un autre endroit (on vasoconstricte) : c'est de la **coordination**.

Donc c'est là que les résistances augmentent énormément selon cette relation qui met le rayon vasculaire au dénominateur (*résistance et rayon vasculaire sont **inversement proportionnels** ; plus le vaisseau est grand, moins la résistance est élevée. De la même manière, plus le vaisseau est étroit et plus la résistance est **élevée***).

$$R = \frac{8 \times \text{longueur du vaisseau} \times \text{viscosité du sang}}{\pi \times \text{rayon vasculaire}^4}$$

Quand on regarde ce genre de relation on comprend en physiologie que la **longueur du vaisseau** n'a pas tellement de raison de changer. La **viscosité du sang** quant à elle peut changer, mais chez un individu **malade** (non standard). En effet imaginez que quelqu'un ait une **polyglobulie** (trop d'hémoglobine) ou une **anémie** (pas assez d'hémoglobine, le contraire), c'est sûr que la viscosité n'est pas la même.

Ici le prof prend les composants de la relation un par un est essaie de nous montrer que seul le **rayon vasculaire** chez un sujet sain va impacter la résistance, la régulation gérée par les artérioles.

Le prof reprecise donc que l'on considère ici un sujet **sain** et donc avec une viscosité **constante** (et normale). Le rayon vasculaire est donc le **SEUL paramètre** que l'organisme adapte en permanence (tonus permanent).

2) Régulation du tonus vasculaire : vasodilatation flux dépendante (NO)

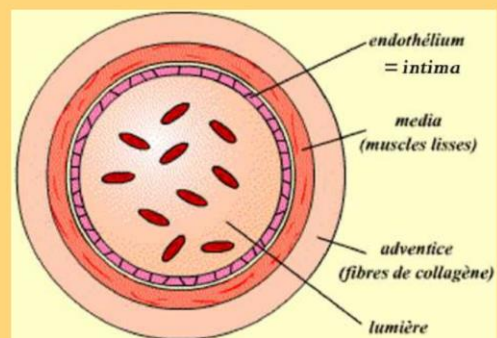
On appelle **paracrine** l'effet d'une substance produite par une cellule agissant sur la cellule d'à côté. Dans notre cas c'est la cellule **endothéliale**, qui borde la surface interne du vaisseau qui reçoit le sang. Cette cellule produit du **monoxyde d'azote** (NO) qui est un **gaz** qui diffuse très rapidement. Ce dernier va dans notre cas diffusé sur les **cellules musculaires lisses** disposées en anneaux DONC au niveau des artérioles (voir la tut explication de ma vieille)

Régulation paracrine du rayon des artérioles

- Les cellules endothéliales sécrètent du monoxyde d'azote (NO)
- Le NO est vasodilatateur sur les cellules musculaires lisses vasculaires
- Les cellules endothéliales sont stimulées par le frottement du sang
- Le frottement est proportionnel à la vitesse du sang

Tut'explication

Petit teaser de l'histoooo pour que vous visualisiez mieux (comme d'hab si ça ne vous aide pas oubliez). Un vaisseau sanguin comprend **3 couches** (sauf les capillaires), de l'intérieur vers l'extérieur : l'**intima** (avec des **cellules endothéliales**), la **média** (avec des **cellules musculaires lisses**), et l'**adventice** (principalement composée de **collagène**). Ici, la **régulation paracrine** se fait depuis les cellules endothéliales (**intima**) vers la 2^e couche, plus externe (**media**) composée de cellules musculaires lisses qui pourront se décontracter, **s'étirer sous l'effet du NO**, augmentant ainsi le diamètre de l'artériole.



Ce NO est **vaso-dilatateur** donc indique en permanence quel est le **tonus** des fibres musculaires lisses (*la quantité de NO produite indique l'état de constriction de l'artériole, si on en retrouve beaucoup on comprendra que l'artériole se dilate*). Ce qui est remarquable c'est que le **frottement** du sang, qui est proportionnel à la **vitesse** du sang (*car c'est un fluide non-Newtonien, cf. biophy*), dans une artériole détermine complètement la **production** de monoxyde d'azote. Lorsque le sang accélère le NO est produit et l'artériole se **dilate**. Cela crée donc un système de régulation paracrine dans chaque petite artère de l'organisme. C'est fait comme ça parce que le **débit est le produit de la section par la vitesse** ($Q = Sv$, encore une fois cf. biophy) et que lorsque le débit augmente, la vitesse augmente et instantanément la section augmente (car NO produit) le débit reste **élevé** et la vitesse diminue.

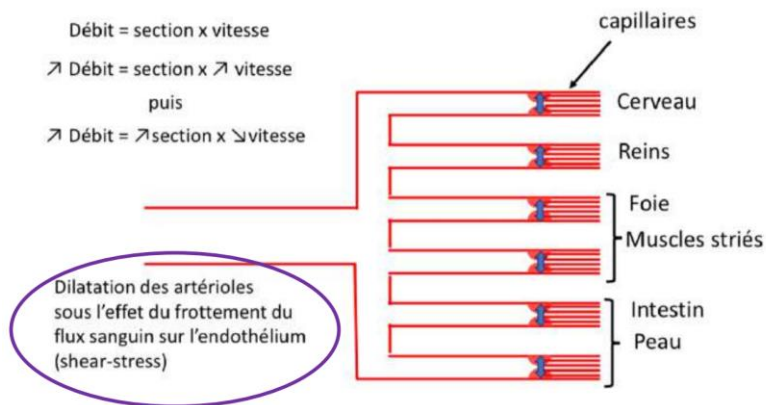
💡 Tut'rappelles 💡

D'après le principe de **continuité du débit**, le débit reste **constant**. Ainsi, si on augmente la vitesse de circulation du sang, le débit augmente. Pour qu'il **reste constant**, on va **augmenter la section** proportionnellement de sorte à ce que la **vitesse puisse diminuer**. *Vraiment ce cours c'est full biophy circu j'espère que vous êtes bien rodés !*

Toutes les artérioles réagissent comme ça.

C'est un mécanisme universel dans la circulation systémique.

Vasodilatation flux-dépendante : mécanisme général



Au niveau du "puis" --> on a le NO qui a été produit et qui vasodilate (donc juste après --> section 1)

Ce que le prof a voulu représenter ici c'est une **artère** qui donne des **artérioles**. La vasomotricité s'exerce à la **fin** des artérioles, ici c'est ce qui est représenté par cette zone bleue puis rouge et derrière nous avons les capillaires. Ce système de **vasodilatation flux dépendante** existe (c'est ce qu'on a expliqué plus haut avec le NO sécrété sous l'effet de l'accélération du flux qui permet de dilater les artérioles, j'ai entouré la définition en violet sur la diapo), que vous soyez dans le cerveau, les reins, le foie, les muscles striés, l'intestin, la peau...

--> **MECANISME GENERAL** (le prof l'a répété dans son cours (en présentiel de 2023 je rappelle)).



3) Répartition du débit sanguin par organe

La perfusion sanguine de certains organes est privilégiée.

En conditions basales	% débit cardiaque	
Poumons	100 %	Débit constant
Cerveau	15 %	
Reins	20 %	
Intestin et appareil digestif	36 %	Débit variable selon l'activité
Muscle et peau	24 %	
autres	5 %	

Certains **organes** (intestin, appareil digestif, muscles, peau et autres) reçoivent un débit **variable** et d'autres (**poumons, cerveau, reins**) (ma vieille *retenait en se disant PCR l'année dernière en mode le test COVID t'as capté*) reçoivent un débit **constant**.

S'il y a ce phénomène de vasodilatation flux dépendant, comment font les organes qui reçoivent du sang à débit constant ? --> il y a d'autres mécanismes de régulation qui vont intervenir pour les organismes qui ont un débit variable.

Débit constant	Débit variable
	
15% 20% 100%	36% 24%
Organes à débit sanguin privilégié (constant)	Ouverture des sphincters précapillaires selon l'activité des organes situés en aval
La vasodilatation flux-dépendante existe & Le rayon des artéριοles dépend d'autres mécanismes uniques Reins : débit de Na et Cl dans l'urine Cerveau : mécanismes mal connus, rôle du baroréflexe	activité motrice digestion sudation...

Les mécanismes seront plus détaillés avec la fiche complètes mais surtout avec le cours en présentiel.

Débit sanguin variable :

Ce qu'il faut se dire c'est qu'un organe qui fonctionne beaucoup a + besoin de nutriments et oxygène (=SANG) que ce même organe qui fonctionne peu.

+ on a besoin de cet organe + le débit sanguin est élevé

C'est donc pour ça que les muscles, la peau ou le système digestif ont un débit variable CAR il a une activité variable.

Pour les muscles --> faire du sport produit du **CO2** (voir cours acide base) donc on aura une acidification du sang ce qui entrainera la **vasodilatation** des artéioles + les muscles vont également consommer de l'oxygène entraînant une **hypoxie** dans le tissu ce qui dit aux artéioles de **s'ouvrir**.

Pour l'appareil digestif --> l'intestin lorsque vous digérez reçoit des **substances nutritives**. Ces substances nutritives stimulent les artéioles pour **s'ouvrir**. On a donc un flux sanguin qui va augmenter dans un intestin qui digère.

Pour la peau --> s'il fait très chaud on transpire, donc les glandes sudoripares sont **actives** elles produisent également de l'acide, consomment de l'oxygène, et ordonnent aux artéioles leur **ouverture**.

Débit sanguin privilégié :

Dans les reins et dans le cerveau, la **vasodilatation flux dépendante** existe, mais il y a des mécanismes **uniques** qui contrôlent le **rayon** des artéioles.

Pour le rein --> c'est le débit de **sodium** et de **chlorure** dans l'urine qui conditionne la perfusion rénale. Si vous avez peu de sel qui arrive dans **l'urine primitive**, et bien l'information délivrée aux reins est de modifier le **diamètre de l'artéiole**.

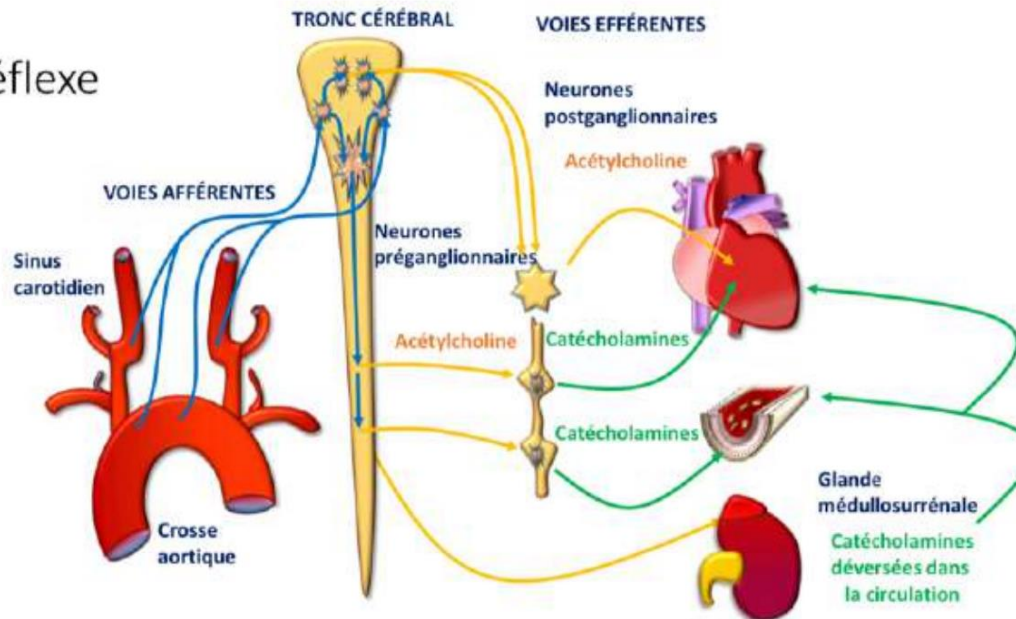
Pour le cerveau --> les mécanismes sont **complexes** et **difficiles** à étudier parce qu'ils sont très nombreux à la fois dépendants de l'activité cérébrale, de la pression partielle des gaz + le **BAROREFLEXE** qui joue un rôle **fondamental** dans la perfusion cérébrale car il est le plus **performant** en terme de régulation de la pression artérielle à **très court terme**.

C) Baroréflexe

Qui dit **réflexe** dit arc réflexe. Donc il y a :

- Un **capteur**,
- Un **intégrateur**,
- Et un **effecteur** vasculaire avec un **arc neuronal** qui va de l'effecteur au muscle

Baroréflexe



On voit sur les schémas que la **crosse de l'aorte** est le siège de **mécano récepteurs**, qui sont donc dans la paroi de l'aorte et sont couplés à des **neurones sensitifs** dont l'axone se projette dans les zones du **tronc cérébral** (*structure nerveuse en bas du cerveau*). Ces derniers vont modifier l'**activité** des neurones **centraux** (dans la moelle épinière), qui vont eux **redescendre sur les muscles vasculaires**. De plus on retrouve le même processus au niveau des **sinus carotidiens** (*qui sont les bifurcations entre carotides internes et carotides externes*).

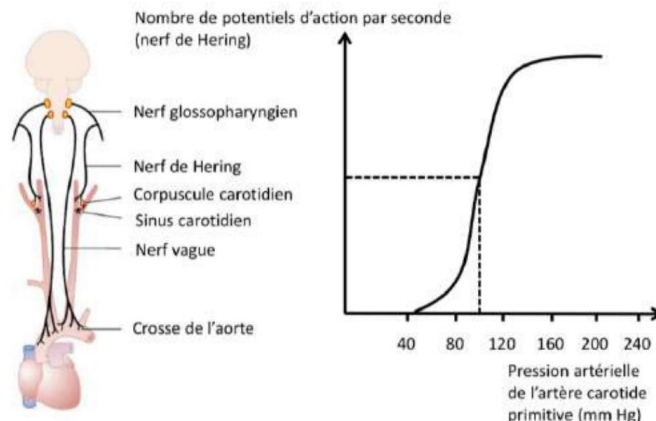
Tout ça sera largement revu en anat au S2

Pour bien mettre en évidence ce qu'il se passe **là-haut** [dans le cerveau], on va considérer le nerf de Hering. C'est un petit nerf que l'on peut isoler, dont on peut **enregistrer l'activité**, et sur lequel on peut agir pour qu'il fasse **varier la PA**.

(pas dit : le nerf de Hering véhicule les informations des barorécepteurs carotidiens (dans les 2 sinus) alors que c'est le nerf vague qui véhicule celles de la crosse de l'aorte)

Barorécepteurs aortiques et carotidiens

→ proches du cerveau



Si vous enregistrez le **nombre de potentiels d'action par seconde** dans le **nerf de Hering** (sur l'axe vertical) en fonction de la **PA** au niveau de son capteur dans le **sinus carotidien**, on voit que lorsque la pression artérielle augmente, le nombre d'influx nerveux augmente aussi, et **inversement**.

On retrouve une relation **sigmoïde** (*important*) entre ces 2 paramètres, ce qui est très fréquent en physiologie et s'interprète toujours de la **même façon**, c'est à dire que vous avez un système, qui, pour une **très faible variation de pression autour de la zone de pression normale va générer de très grandes différences de fréquence de potentiel d'action** (*important*). Ce qui fait que le contrôle est **optimal** (car ces artères sont à destination du système nerveux central). (En gros il suffit que votre PA varie un tout **petit peu** pour que le nerf de Hering soit en alerte maximale et augmente de **beaucoup** la fréquence de ses potentiels d'action) La précision de ce baroréflexe est liée à la relation **sigmoïde** avec une pente très forte pour une **valeur normale de pression artérielle**.

Donc le **tronc cérébral** reçoit les voies **afférentes** (*exemple : nerf de Hering*), les voies **efférentes** ressortent du système nerveux central vers des **ganglions** (*au niveau de la moelle*), et donc les **neurones pré-ganglionnaires**, (*qui sont représentés entre le tronc cérébral et les ganglions périphériques*) sont des neurones à **acétylcholine**. Les neurones post ganglionnaires sont **adrénergiques**, ils émettent des **catécholamines** (adrénaline et noradrénaline) qui vont cibler leurs **tissus** et leurs **organes** cibles

Neurones pré-ganglionnaires --> **acétylcholine**

Neurones post ganglionnaire --> **catécholamine**

Récap de Paul le ronéiste de l'année dernière :

Mécano récepteurs(aortiques, carotidiens) > voies afférentes (= neurones sensitifs) > tronc cérébral > voies efférentes (= neurone pré-ganglionnaire > ganglion > neurone post-ganglionnaire) > cible

Les voies afférentes correspondent aux neurones sensitifs (exemple : nerf de Hering). Tandis que les voies efférentes correspondent au neurones pré et post ganglionnaires, qui émettent respectivement de l'acétylcholine (pour les pré-ganglionnaires) et des catécholamines (pour les post-ganglionnaires)

Tut'explication

Je sais que j'avais eu beaucoup de mal à me représenter tout ça l'année dernière, ce qui est tout à fait normal quand on n'a pas de bagage en anatomie. Du coup je vous ai bricolé un schéma légendé avec la meilleure appli d'anat, Complete Anatomy (37€/an mais qu'est-ce que c'est rentable), du coup voilà ce n'est évidemment pas à apprendre mais j'espère que ça vous aide à comprendre ! À noter que les voies **efférentes** sont présentes sur **tous les niveaux de la moelle**, je vous en ai mis qu'une à titre d'exemple. **Après** les voies efférentes viennent les **organes cibles** (que je n'ai pas pu ajouter au schéma sinon c'est le bazar, mais j'espère que vous arrivez à visualiser).

1) Les hormones des systèmes ([ortho]sympathique et parasympathique)

Para-sympatique	(Ortho-) Sympathique
Acétylcholine	Catécholamines (adrénaline, noradrénaline, dopamine)
COEUR (uniquement)	Cœur, vaisseaux, bronches etc --> récepteurs
Ralentir la fréquence cardiaque --> bradycardie	Accélérer la fréquence cardiaque --> tachycardie (B1) a1 a2 B1 B2
Rest and digest	Fight or flight

- **Acétylcholine** : Vous voyez sur le schéma (du baroréflexe) que l'acétylcholine dans le système nerveux **parasympathique** ne va que sur un **seul** organe : le **cœur**. Et en fait physiologiquement la seule action de l'acétylcholine (vu dans le cours ECG et cœur) est de **ralentir la fréquence cardiaque** +++(important)+++ (c'est d'ailleurs le rôle du système nerveux parasympathique, par opposition au SN orthosympathique qui lui accélère la fréquence cardiaque par le biais des catécholamines). L'acétylcholine **ne** joue **pas** sur le tonus vasculaire.

- **Catécholamines** : En revanche les actions des catécholamines, elles, vont être différentielles selon le **type de récepteurs**. Donc quand il y a de l'adrénaline il y a une **vasodilatation** due à l'activation des récepteurs **$\beta 2$** sur les artérioles, sur les artères coronaires avec **$\beta 1$** . En revanche sur la peau, dans les viscères il y'a des récepteurs **$\alpha 1$** et l'adrénaline est **vasoconstrictrice** à cet endroit-là. Dans les **bronches** qui sont des organes réagissant aussi au SN (ortho)sympathique, les **$\beta 2$** présents dans les bronches sont bronchodilatateurs.

A retenir :

Système nerveux **parasympathique** --> **Bradycardisant** (rythme cardiaque ralenti) avec l'acétylcholine (sa **seule** action)

Système nerveux **sympathique** --> **Tachycardisant** (rythme cardiaque augmenté) avec les hormones adrénérgiques (catécholamine) (**une** de leur action)

Donc finalement le schéma (*celui du baroréflexe toujours*) est **extrêmement simplifié** ici mais c'est important de voir que les **catécholamines** ont des actions très précises en fonction de l'équipement en récepteurs de chaque tissu qui les reçoit. Finalement, le baroréflexe est un système qui a des **barorécepteurs** proches du cerveau (*sinus carotidiens + crosse de l'aorte*) et donc les variations de pression juste en dessous de la tête sont **extrêmement précises** et mesurées par des systèmes et des neurones afférents très **nombreux**.

L'action qui suit la stimulation est neuronale et vous savez que la conduction nerveuse est extrêmement rapide, beaucoup plus que la circulation sanguine donc l'effet de cette circulation neuronale permet très rapidement au cœur et aux vaisseaux de **s'adapter**. C'est-à-dire, tout ce qui contient du sang du cœur aux vaisseaux, tout ce qui va presser dessus, et tout ce qui va conditionner sa **progression**.