

Biophysique de la circulation TTR cours 3 (le dernier):

Sommaire :

1/ Mesure des pressions

- A) La pression artérielle
- B) la pression veineuse centrale
- C) La pression du liquide céphalo-rachidien
- D) La pression intra-oculaire

2/ Applications cliniques en santé

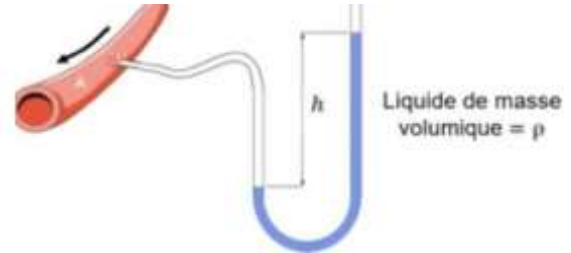
- A) Auscultation cardiovasculaire
- B) Mesure auscultatoire de la PA

3/ Application à l'imagerie médicale

- A) L'IRM
- B) Echographie cardiaque
- C) Application de l'échographie Doppler

1/ Mesure des pressions

L'unité des pressions **va dépendre** des modes de mesures que l'on va utiliser. Le mode de mesure est basé (et surtout au début) sur des **manomètres à colonne de liquide**.



Lorsqu'on s'intéresse aux fluides corporels, on va se baser sur des unités hors S.I. :

- Le millimètre de mercure :

$$1\text{mmHg} = 133\text{ Pa}$$

Unité utilisée pour mesurer **la pression artérielle**

- Le centimètre d'eau :

$$1\text{cmH}_2\text{O} = 98\text{ Pa}$$

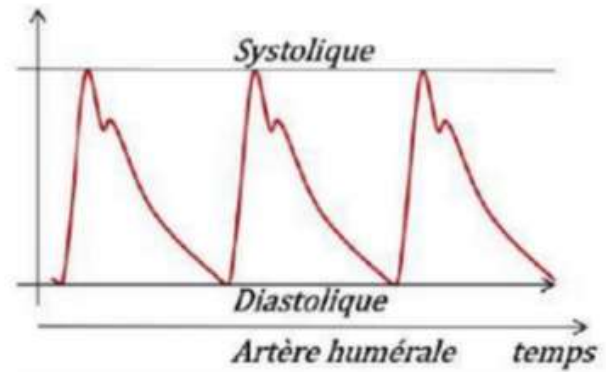
Unité utilisée pour mesurer la pression veineuse centrale.

A) La pression artérielle

La **PA** (appelé à tort « tension artérielle »), c'est la pression du sang produite **par le cœur** dans les **artères**.

La pression artérielle moyenne est égale à **98 mmHg soit 13 kPa**.

Mais elle est en fait **variable** au cours du cycle cardiaque. Elle évolue entre un **minimum diastolique** et un **maximum systolique**.



Cette pression artérielle moyenne qui règne dans les artères correspond à la **pression statique selon Bernoulli** = la pression qui s'exerce sur les parois.

Pour la mesurer, on veut considérer la pression à la sortie du cœur, on se place donc au niveau du cœur = **artère humérale**. On peut la mesurer allongé et debout.



- Mesure de la PA **allongé** :

Ici la valeur de la PA **sera toujours la même** quelle que soit le niveau de mesure (PA tête = PA pieds)

$$\rho gh + \frac{1}{2} \rho v^2 + PA = 13 \text{ kPa}$$

$$h = 0 \text{ et } v = 0 \Rightarrow PA = 13 \text{ kPa}$$

quelle que soit la position de mesure

- Mesure de la PA **debout** :

Ici la valeur de la PA **va varier** en fonction de la mesure.
(PA tête \neq PA pieds)

On réutilise l'équation de **Bernoulli** :

→ On prend pour valeur de référence la pression artérielle au niveau du cœur.

→ On prend $PA(0) = 96 \text{ mmHg} = 13 \text{ kPa}$

→ Et on soustrait à la $PA(0)$ ρgh , ce qui nous donne $PA = 13 \text{ kPa} - \rho gh$

EXEMPLE :

Au niveau de la **tête**, si on considère la tête à une distance de **50 cm du cœur** on obtient :

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Tête : } PA(+0,5) &= 13 \cdot 10^3 - (10^3 \times 9,8 \times 0,5) \\ &= 13 \cdot 10^3 - 4,9 \cdot 10^3 = 8,1 \text{ kPa} = \frac{8,1 \cdot 10^3}{133} = 61 \text{ mmHg} \end{aligned}$$

Au niveau des **pieds** c'est pareil, si on considère que les pieds sont situés **en dessous du cœur à 1,30m** on a :

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Pieds : } PA(-1,3) &= 13 \cdot 10^3 + (10^3 \times 9,8 \times 1,3) \\ &= 13 \cdot 10^3 + 12,74 \cdot 10^3 = 25,74 \text{ kPa} \\ &= \frac{25,74 \cdot 10^3}{133} = 194 \text{ mmHg} \end{aligned}$$

B) La pression veineuse centrale

La pression veineuse est **plus faible que la pression artérielle** (valeur globalement faible).

✓ Est utilisée en pratique **en réanimation**

✓ La PVC (Pression Veineuse Centrale) = pression veineuse au niveau du cœur, est donc **mesuré de façon DIRECTE** par **cathéter veineux**.

Valeurs normales : $PVC \leq 1 \text{ kPa}$

→ En position debout, la valeur de la PVC dépend de la distance au cœur.
Elle est plus importante au niveau des membres INFÉRIEURS (peut entraîner varices, œdèmes...)

C) La pression du liquide céphalo-rachidien

- Valeur proche de celle de la PVC
- Exprimée en cmH_2O
- Peut être mesurée par ponction lombaire

D) La pression intra-oculaire

- Exprimée en mmHg
- Valeur normale = 15 mmHg
- Augmente en cas de glaucome
- Mesurée par un tonomètre oculaire

2. Applications cliniques en santé

A) Auscultation cardiovasculaire

RAPPEL :

Afin de déterminer si le régime est turbulent ou laminaire, on utilise le nombre de Reynolds.

- Si $Re > 10\,000$, alors il est turbulent.
- Si $Re \leq 2000$, alors il est laminaire.
- Entre les 2, instabilité.

Le diamètre est un facteur de turbulence et est lié à la vitesse (elle-même un facteur de turbulence) : si d diminue, v augmente. Si d diminue, le risque de turbulence diminue aussi.

ATTENTION +++ Ceci ne s'applique que si le diamètre varie de manière isolée

En pratique, si d diminue, v augmente (principe de continuité du débit). Il faut donc réécrire la formule en introduisant le débit, ce qui donne :

$$\text{A débit constant, } Q = Sv ; \text{ avec une section circulaire : } Q = \frac{\pi d^2 v}{4} \Rightarrow d \cdot v = \frac{4Q}{\pi \cdot d}$$

$$Re = \frac{\rho \cdot d \cdot v}{\eta} = \frac{\rho \cdot 4Q}{\eta \cdot \pi \cdot d}$$

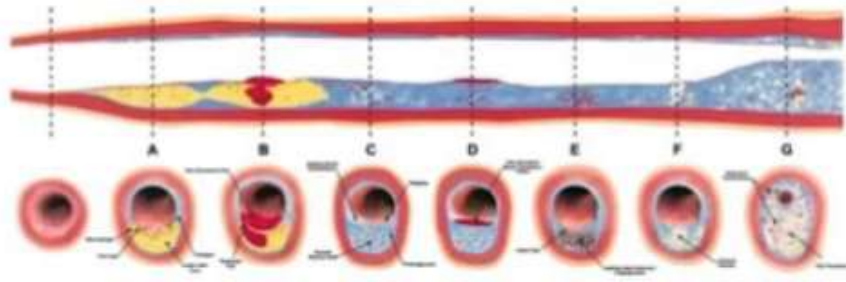
En pratique, on utilisera plutôt cette formule lorsque l'on parle de variations de diamètre SAUF : lorsque l'on parle augmentation/diminution isolée du diamètre.

Causes LÉSIONNELLES	$d \downarrow$ <ul style="list-style-type: none"> ✓ Souffle <u>vasculaire</u> : sténose vasculaire ✓ Souffle <u>cardiaque</u> : sténose ou fuite valvulaire cardiaque
Causes FONCTIONNELLES	$Q \uparrow$ $\eta \downarrow$ <ul style="list-style-type: none"> ✓ Souffle <u>d'effort</u> ✓ Souffle lié à l'anémie (anémie: $n \downarrow$ et $Q \uparrow$)

Souffle vasculaire ==>

Athérosclérose :

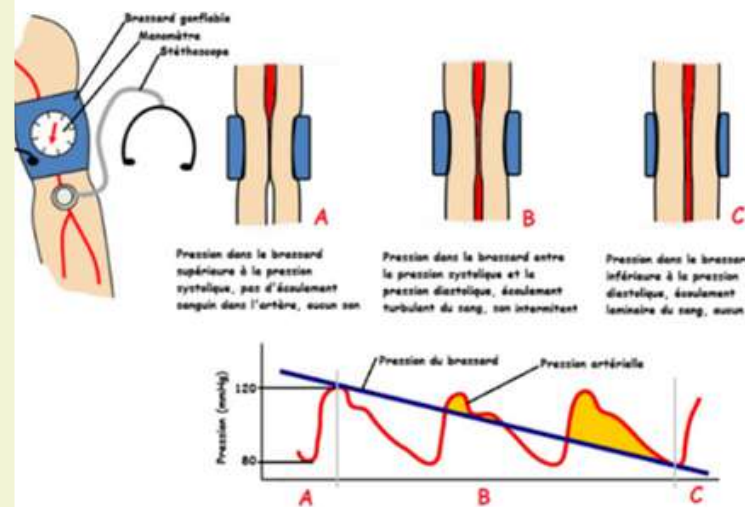
Formation de plaques d'athérome -> diminution progressive du diamètre du vaisseau ; audible au stéthoscope.



B) Mesure auscultatoire de la PA

La mesure auscultatoire de la PA (stéthoscope) est :

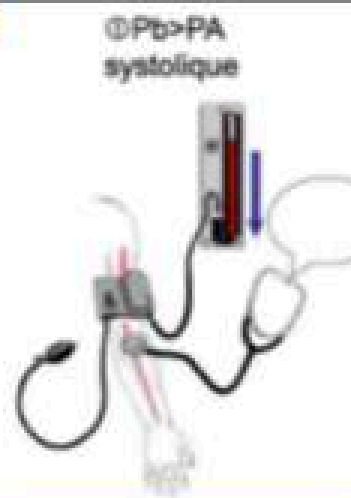
- **Non invasive** (pas douloureuse, aucun caractère qui nuit au patient)
- **Indirecte** (on vient pas placer un capteur directement sur les vaisseaux)
- Basée sur la création d'**une sténose** par le brassard (par contrepression)
- Réalisée au niveau de **l'artère humérale**
- **Basée sur l'interprétation des bruits de Korotkov**



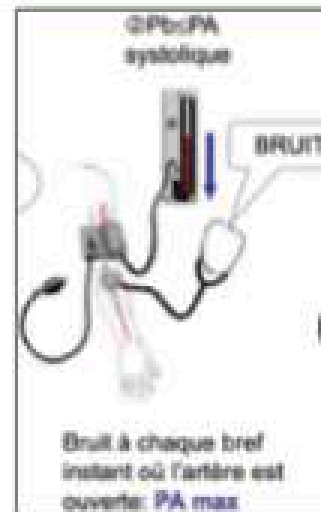
1 - $P_{\text{brassard}} > P_{A_{\text{systole}}}$: aucun bruit

⇒ On gonfle le brassard jusqu'à contrer la PA : cela collabre l'artère

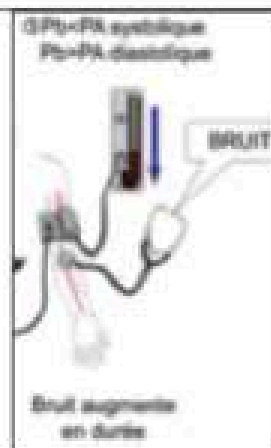
On n'entend rien car le sang ne circule pas !

**2 - $P_{\text{brassard}} \leq P_{A_{\text{systole}}}$:
Bruit sec intermittent**

- ⇒ Peu à peu on diminue la pression du brassard jusqu'à passer en dessous de la PA maximale = $P_{A_{\text{systole}}}$
- ⇒ Bruit bref audible à chaque moment où l'artère est perméable (ouverte) sous l'effet de la pression artérielle
 - ⇐ On entend un bruit dû à l'écoulement **turbulent en systole**.
 - ⇐ **Apparition du 1er bruit sec: c'est la PA maximale soit la PA systolique**

**3 - $P_{A_{\text{diastole}}} < P_b < P_{A_{\text{systole}}}$:
Bruit qui s'allonge et qui persiste**

- ⇒ On continue à diminuer la pression du brassard, on entend alors un **bruit qui augmente en durée et change de timbre**
- ⇒ En systole, la circulation est redevenue laminaire, mais est turbulente en diastole

**4 - $P_b < P_{A_{\text{diastole}}}$:
Disparition de tout bruit**

On diminue toujours la pression du brassard jusqu'à ne plus rien entendre le sang circule à nouveau de manière **laminaire en diastole** et en **systole**, l'artère n'est plus compressée.

On obtient donc la **PA minimale = PA diastolique ++**

③ $P_b < P_{A_{\text{diastolique}}}$



Du point de vue **physique**, les bruits de Korotkov correspondent aux **limites entre écoulement laminaire et turbulent**.

La pression maximale est exactement égale à la pression artérielle systolique ; mais la PA minimale surestime la pression diastolique car on mesure la P_{Amin} lors du passage du sang en écoulement laminaire (on attend qu'il n'y ait plus du tout de bruit).

On considère que $P_{Amin} = P_{Adiast} + 2\text{mmHg}$. La Pression Artérielle moyenne est donnée par la relation suivante :

$$P_{Amoy} = \frac{P_{Asys} + 2P_{Adiast}}{3} = 13 \text{ kPa (98 mmHg)}$$

3/ Application à l'imagerie médicale

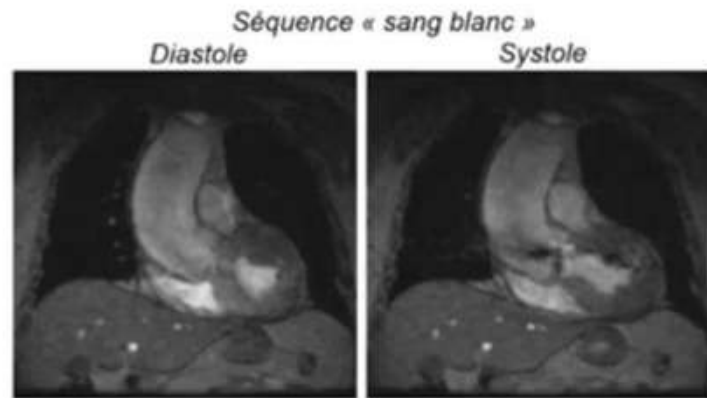
A) L'IRM

L'IRM, c'est **l'imagerie par résonance magnétique nucléaire** avec visualisation d'un signal lié aux protons.

En IRM on va utiliser différentes séquences capables de générer différents contrastes.

En IRM cardiaque on peut utiliser **deux types de séquences** : sang noir et sang blanc.

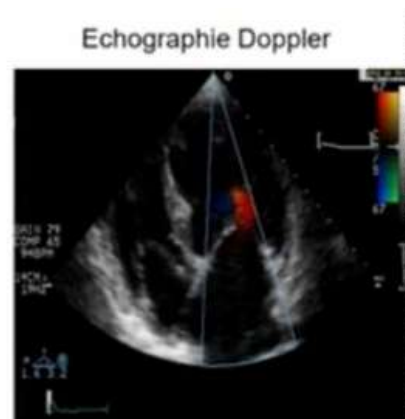
- Séquence en « sang noir » : **signal de la relaxation des protons** du sang en mouvement.
- Séquence en « sang blanc » : **sang en hypersignal lié aux protons** du sang qui circulent en écoulement laminaire/perte de signal (sang noir) si écoulement turbulent.



B) L'échographie cardiaque

C'est une méthode d'imagerie qui utilise **les ultrasons**. On peut distinguer 2 types d'échographie :

- **Echographie simple (2D)** qui permet d'étudier les structures anatomiques (mouvements cavités et valves cardiaques)
- **Echographie doppler** qui permet de mesurer les vitesses locales d'écoulement (diagnostic de maladies valvulaires, ex : insuffisance mitrale). Les vitesses sont codées en couleur



C) (Une) application de l'échographie Doppler

On peut grâce à l'échographie simple et Doppler faire un certain nombre de mesure : mesurer la chambre de chasse (zone de VG) juste en amont la valve aortique, les vitesses à ce niveau et au niveau de la valve.

- Utilisation du principe de continuité du débit

$$S_1 v_1 = S_2 v_2$$

$$S_2 = \frac{S_1 v_1}{v_2}$$

$$\frac{\pi}{4} (d_2)^2 = \frac{\pi}{4} (d_1)^2 \frac{v_1}{v_2}$$

$$d_2 = d_1 \sqrt{\frac{v_1}{v_2}} = 20 \sqrt{\frac{1}{4}} = 10 \text{ mm}$$

Voilà ! Vous en avez fini avec la biophy circu pour la TTR, je sais que c'est long mais plus vous allez le voir, plus vous allez l'aimer ! Le cours n'est pas complet les fiches complètes sortiront un peu plus tard dans le semestre !
Courage pour cette année ça va le faire !

Déiiiiissss :

Dédis à ma famille qui verront jamais ça mais merci à eux d'avoir été là

Dédis à tous mes meilleurs potes du lycée on a tous vécu une année pas facile heureusement que l'été a bien rattrapé

Dédis au tutorat même si ça vient de commencer

Dédis à certains chefs tut je dirais pas lesquelles...

