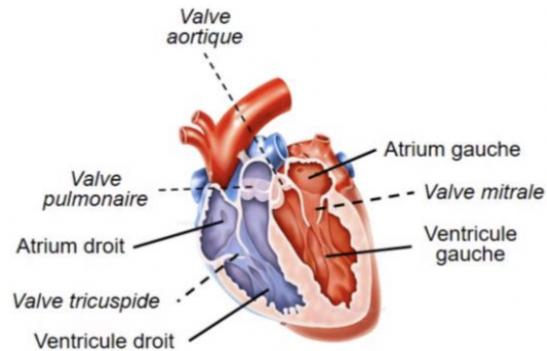


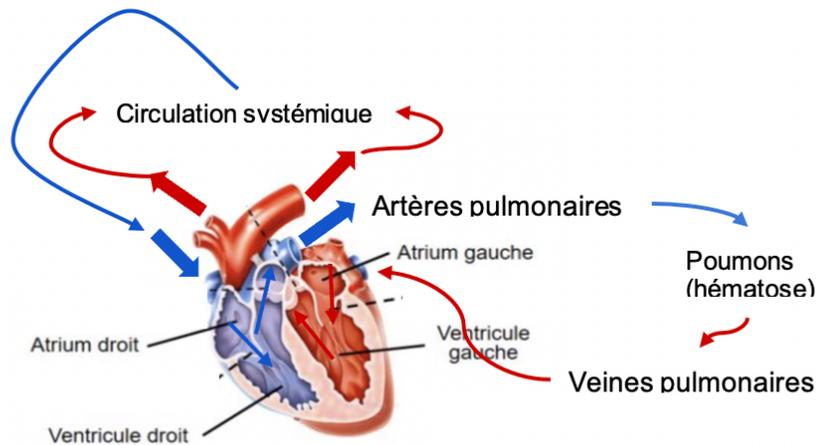
Tut'récap : La biophysique cardiaque

I. Anatomie cardiaque



II. Fonction cardiaque

Fonction = envoyer une quantité de sang aux tissus de l'organisme & assurer la circulation sanguine



☆ Cycles et volumes cardiaque

Le fonctionnement de la pompe cardiaque est **continu**, on parle de **régime pulsatile**. Un battement cardiaque correspond à un cycle cardiaque.

Un cycle cardiaque comprend :

- Une phase de **systole** (=contraction) = **1/3 du cycle**
- Une phase de **diastole** (=relaxation) = **2/3 du cycle**

Quand la FC est modifiée, c'est le temps de la diastole qui s'adapte.

VTD = volume télédiastolique = volume en fin de diastole (**max**)

VTS = volume téléstolique = volume en fin de systole (**min**)

VES = volume d'éjection systolique = volume éjecté

$$VES = VTD - VTS$$

Fraction d'éjection

$$FE (\%) = \frac{VES}{VTD} (\text{Volume éjecté sur le volume max})$$

$$FE = \frac{VTD - VTS}{VTD}$$

Si FEVG < 50 %, le patient est en insuffisance cardiaque

Débit cardiaque

$$Q (\text{en mL/min}) = VES \times FC = VTD \times FE \times FC$$

III. Physiologie contractile du myocarde

Contraction au niveau de la fibre musculaire :

Contraction isométrique : mise en tension de la fibre **sans mouvement** +++, pas de travail musculaire

Contraction isotonique : raccourcissement de la fibre (la myosine glisse sur l'actine) donc travail musculaire

Contraction au niveau du muscle :

Contraction isométrique : mise en tension **sans mouvement**

Contraction isotonique : raccourcissement des fibres donc **mouvement**

Relaxation : retours à la longueur de repos

☆ Notion de précharge et de postcharge

Postcharge : Charge contre laquelle travaille la fibre musculaire

Au niveau du myocarde, la postcharge correspond à ce qui freine l'éjection du sang, et dépend des résistances aortiques. Le cœur travaille donc **contre les résistances aortiques** (pour le VG).

Précharge : force d'étirement qui va allonger les fibres musculaires, c'est la capacité des fibres musculaires à s'écarter. Elle dépend donc du **volume de remplissage**.

☆ Loi de Franck Starling

Nécessité d'avoir une stricte égalité entre le débit du cœur droit et celui du cœur gauche +++

Loi de Franck-Starling : La force de contraction du ventricule est d'autant plus grande que les cellules myocardiques sont étirées avant leur contraction

→ adaptation instantanée et automatique de la force de contraction du ventricule en fonction du retour veineux

Une augmentation de la précharge = augmentation de la force de contraction du VG contre la postcharge +++

Si on a une augmentation du VTD, on a une augmentation « linéaire » du VES, vrai qu'en conditions physiologiques, si on est en conditions pathologique, la loi de FS ne sera plus appliquée.

☆ Insuffisance aortique

= fuite de la valve aortique lors de sa fermeture

Fuite aortique = ↑ du volume de remplissage du VG

= ↑ de la précharge (force d'étirement du ventricule)

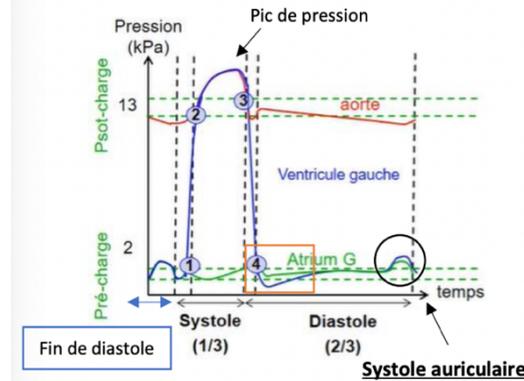
= ↑ de la force de contraction en systole

= ↑ du VES, qui permet de compenser la fuite aortique quand elle est peu abondante mais souvent elle évolue et se majore.

On quitte alors la phase où la loi de FS est vraie, et on passe dans une **phase de décompensation cardiaque**.

Le VTD augmente, mais s'il est très élevé, le VES ne pourra plus s'adapter => **insuffisance cardiaque**

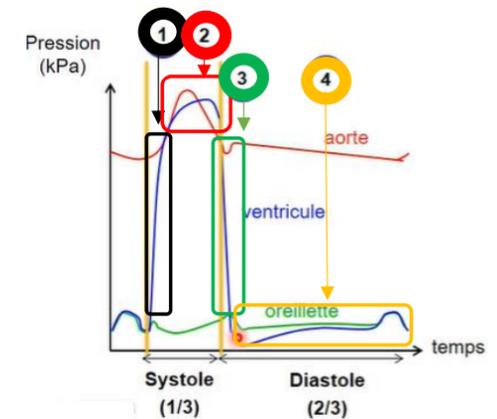
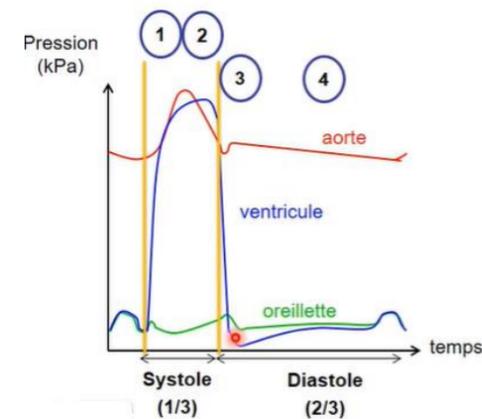
☆ Courbe de pression du VG



- ① Fermeture valve mitrale
- ② Ouverture valve aortique
- ③ Fermeture valve aortique
- ④ Ouverture valve mitrale

La pression dans l'atrium G est assez faible (1kPa)

La courbe de pression aortique est assez élevée (13 kPa)



- 1) **Phase de contraction isovolumétrique** : mise sous tension du muscle, tout orifice valvulaire est fermé, la pression intraventriculaire s'élève très rapidement, jusqu'à attendre la pression aortique
- 2) **Éjection** : Débute avec l'ouverture de la valve aortique, la pression ventriculaire continue à **s'élever** au début puis arrive à un maximum et **diminue** pour venir égaliser la pression aortique (à la fin de cette phase il y a la fermeture de la valve aortique)
- 3) **Relaxation isovolumétrique** : les deux valves sont fermées, on a une **relaxation** du myocarde et la pression ventriculaire **diminue** de manière très rapide
- 4) **Phase de remplissage** : la pression intraventriculaire va devenir inférieure à la pression de l'atrium ce qui entraîne **l'ouverture de la valve mitrale**, et le début de la phase de remplissage diastolique

Systole auriculaire = 10 à 20 % du remplissage du ventricule.

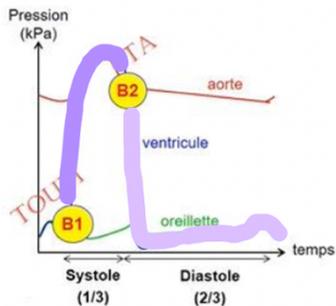
En systole, 2 phases : **contraction isovolumétrique** et **éjection**,

Et deux phases en diastole : **relaxation isovolumétrique** et **remplissage**

☆ Étude des bruits du cœur (= phonocardiographie)

Expliqués par le bruit de fermeture (majoritairement) et ouverture des valves, et turbulences pour les souffles éventuels

B1 : fermeture des valves **auriculoventriculaires** (= valves mitrales et tricuspides) = bruit **sourd** = « TOUM »



B2 = fermeture des valves **sigmoïdes** (= valve aortique et pulmonaire, qui séparent les ventricules des artères) = tonalité de « TA »

Systole = phase de contraction ventriculaire et d'éjection → entre B1 et B2 (= 1/3 de la durée du cycle)

Diastole = entre B2 et B1, dure environ 2/3 du cycle

Les souffles cardiaques correspondent à une augmentation des turbulences du sang à la suite d'une modification de l'écoulement sanguin (tel qu'une fuite, ou un rétrécissement

des valves). Les souffles vont avoir différentes tonalités selon la cause de la turbulence.

Un **rétrécissement aortique** s'entend par un **souffle systolique et râpeux** (ça donne « frrrr »)

L'insuffisance mitrale crée un **souffle systolique beaucoup plus doux**.

ATTENTION : il ne faut pas oublier que **les contractions du cœur droit et gauche sont simultanées**, donc la fermeture des valves droites et gauches sont aussi simultanées, **B1 et B2 correspondent aux bruits simultanés de la fermeture des valves à droite et à gauche**.

En cas d'asynchronisme du cœur, on va avoir un dédoublé de B1 et B2.

☆ Compliance cardiaque

La **compliance** définit la **capacité de distension passive des fibres musculaires du ventricule** (grâce aux propriétés élastiques) lors de la phase de remplissage

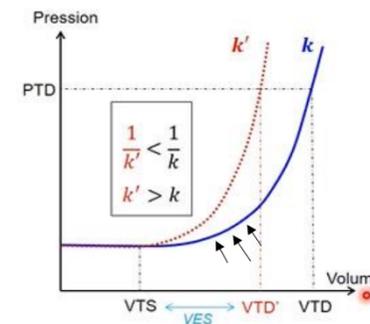
diastolique. La compliance est donc définie en **DIASTOLE** +++

k est tel que $1/k$ est la compliance ventriculaire

Pour une même valeur de PTD :

Si la **compliance** ($1/k$) **augmente**, alors k diminue, le VTD augmente et le VES aussi

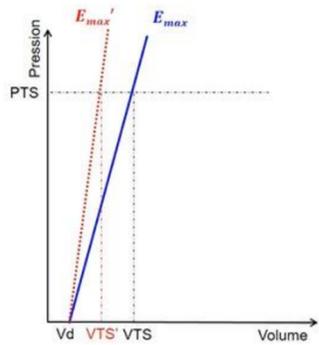
Si la **compliance** ($1/k$) **diminue** alors k diminue (on a alors moins d'élasticité), le VTD diminue et le VES diminue



☆ Contractilité cardiaque

La **contractilité cardiaque** définit la **vigueur, la force de contraction des fibres musculaires cardiaques lors de la phase d'éjection systolique**.

La contractilité se **définit en SYSTOLE** +++ (quant à la compliance, elle c'est en diastole).



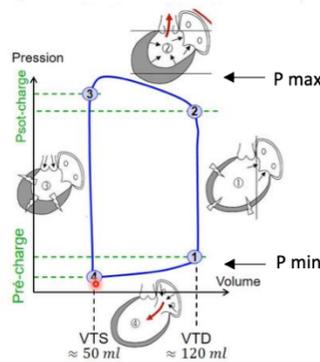
E_{max} = Élastance maximale, c'est la la pente de la droite
 E_{max} est un très bon indice de la **contractilité**
 E_{max} est indépendante de la **précharge** et de la **postcharge** +++

Si la **contractilité augmente**, alors le VTS diminue, le VES augmente

Si la **contractilité diminue**, alors le VTS augmente, le VES diminue

IV. Diagramme pression-volume du VG +++

- 1 Fermeture valve mitrale
- 2 Ouverture valve aortique
- 3 Fermeture valve aortique
- 4 Ouverture valve mitrale



Phases systoliques :

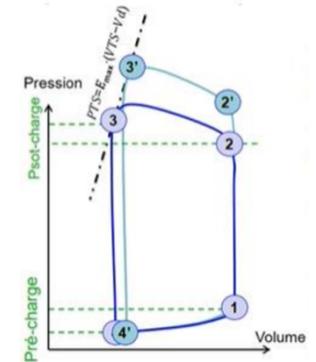
Contraction isovolumétrique : 1 → 2	Systole (1/3 du cycle en temps) Éjection Contraction isovolumétrique
Entre (1) et (2) <u>Volume ventriculaire constant</u> (se voit sur le graphique), les deux valves sont fermées, on a une forte AUGMENTATION de la pression	
Éjection : 2 → 3	
Entre (2) et (3) <u>Légère augmentation de la pression</u> jusqu'à Pmax et baisse du volume ventriculaire	

Phases diastoliques :

Relaxation isovolumétrique : 3 → 4	Diastole (2/3 du cycle en temps) Relaxation isovolumétrique Remplissage
Entre (3) et (4) <u>Volume ventriculaire constant</u> (se voit sur le graphique), les deux valves sont fermées, on a une forte DIMINUTION de la pression	
Remplissage : 4 → 1	
Entre (2) et (3) Légère <u>augmentation de la pression</u> jusqu'à Pmax et augmentation du volume ventriculaire	

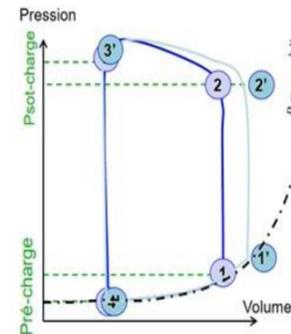
♥ **Augmentation de la POST CHARGE**

- ♦ **Pression intraventriculaire AUGMENTE**
- ♦ **PTS AUGMENTE**
- ♦ **VTS AUGMENTE**
- ♦ **VES DIMINUE**
- ♦ **Débit cardiaque DIMINUE**



♥ **Augmentation de la PRECHARGE**

- ♦ **VTD AUGMENTE**
- ♦ Légère augmentation de la pression
- ♦ **PTS reste la même**
- ♦ **PTD AUGMENTE**
- ♦ **VES AUGMENTE**



25/10/22

LAS 1 – 2 – 3 : BIOPHYSIQUE

Eleabsolue ❤️

♥ Augmentation de la PRECHARGE et de la POSTCHARGE

- ✦ VTD AUGMENTE
- ✦ PTD AUGMENTE
- ✦ PTS AUGMENTE
- ✦ VTS AUGMENTE
- ✦ VES AUGMENTE (car augmentation VTD > augmentation VTS)

♥ Augmentation de la contractilité

Contractilité indépendante de la précharge et de la postcharge

Pour un même patient, on a une contractilité inchangée (ici on change la contractilité avec des médicaments, inotrope positif = augmente la contractilité)

- ✦ VTD n'est pas modifié
- ✦ VTS DIMINUE
- ✦ VES AUGMENTE
- ✦ Pression aortique moyenne AUGMENTE
- ✦ Postcharge AUGMENTE

V. Travail cardiaque

Le **travail** d'une force est l'énergie fourni par cette force lorsque le point d'application de la force se déplace, notée W

Au niveau de la contraction cardiaque, la force du ventricule correspond à la pression intraventriculaire P, et le déplacement correspond au volume du sang éjecté par le ventricule V

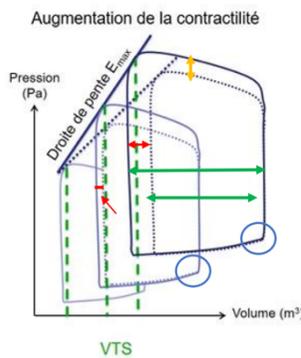
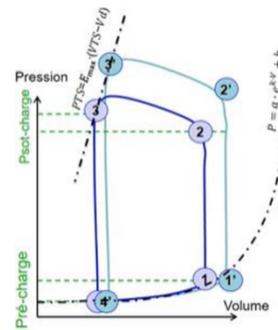
$$\text{Travail cardiaque } W = P \times V$$

Avec V (VES) en m³ +++

Le travail cardiaque correspond à l'aire, la surface sous la boucle du diagramme pression-volume

Le travail est en JOULES +++

- ↑ Postcharge = ↑ W mais sans bénéfiques
- ↑ Précharge = ↑ W = ↑ VES donc avec bénéfiques
- ↑ Contractilité = ↑ W



Le travail mécanique du ventricule gauche pour 1 cycle / 1 battement est d'environ 1J

Puissance : en Watts, puissance du VG d'environ 1 Watt

Travail du ventricule droit est d'environ 1/6 du travail du VG +++

$$\text{Rendement mécanique cardiaque} = \frac{W \text{ mécanique fourni}}{\text{Energie consommée}}$$

Au repos, rendement cardiaque est de 10%

A l'effort, le rendement s'adapte (15% à l'effort)

VI. Anomalies de la contraction cardiaque

Hypokinésie : altération **partielle** de la contraction myocardique, peut être localisée ou globale, entraîne une altération de la FEVG

Dyskinésie : mouvement **paradoxal** du myocarde, mouvement de dilatation au moment de la systole

Akinésie : **Absence totale** de contraction du myocarde, localisée

Ces altérations vont entraîner une augmentation du VTS, et une diminution du VES et du FEVG

VII. Techniques d'exploration de la fonction mécanique du cœur

Échographie cardiaque : sonde qui utilise des **ultrasons**, technique **non invasive et non ionisante**. Peut réaliser une image des tissus en profondeur, peut visualiser correctement l'anatomie cardiaque et ses contractions, peut calculer les volumes cardiaques et la FEVG

Innocuité + rapidité // mauvaise pénétration

IRM : **Non invasive et non ionisante**, repose sur les **propriétés magnétiques des protons**, de + en + utilisée car amélioration des séquences d'acquisition, permettant une synchronisation de l'image IRM au mouvement du cycle cardiaque. Imagerie morphologique et fonctionnelle, en 3D, bon contraste entre le sang et le muscle, mesure fiable et reproductible // complexe à réaliser, long et accessibilité réduite

Tomodensitométrie : **peu invasive et ionisante**, pas de différence de densité entre le sang et les muscles, **nécessaire d'injecter un produit de contraste iodé** => sang

25/10/22

LAS 1 – 2 – 3 : BIOPHYSIQUE

Eleabsolue 💖

radio-opaque, obligatoirement synchro l'imagerie scanner à l'ECG, très utilisé pour les études des artères coronaires
Rapide, en 2D, bonne visualisation des cavités // rayon X, dose significative donc irradiant

Dédissssss « oulaaaaaaaaa » oui ça m'a manqué
Dédi à Camilya pour m'aider avec discord et le forum
Dédi à Bryan, il force avec la bioch mais on l'adore
Dédi à Aurélie (j'avais mis un truc et ça s'est effacé, snif)
Dédi à Manon qui nous a quitté trop tôt
Dédi à Victoire, parce que c'est une personne incroyable
Dédi à Mathilde, parce que c'est vraiment une personne très drôle
Dédi aux cotuts bien évidemment, bientôt deux semaines qu'on ne s'est pas vu (voir + pour certains) c'est une CATASTROPHE
Dédi aux vieux parce qu'ils sont gentils (des fois)
Dédi aux pioux qui bossent dur
Dédi à toi qui lit cette fiche, n'abandonne pas tu vas voir ça en vaut la peine 💖