

La pompe cardiaque : cycle cardiaque, débits et facteurs de variation

H. Lefebvre

1

Objectifs

- Connaître les variations dynamiques de pressions intracardiaques et aortique, le fonctionnement des valves
- Identifier l'origine des bruits (cf cours sur les bruits du cœur) et les autres signes du cycle cardiaque
- Connaître le principe de détermination du débit cardiaque
- Connaître les principaux facteurs de variations de l'activité cardiaque

2

Définition

- Rôle du cœur : fournir un débit sanguin en permanence aux différents tissus de l'organisme en fonction des besoins
- Conversion d'une énergie chimique en une énergie cinétique
- Cœur = pompe mécanique avec une activité intermittente systole/diastole

3

Historique - quelques dates

- IMHOTEP (Egypte, 2980 AVJC) : pouls artériel
- HIPPOCRATES (Grèce, 360 AVJC) : signes des maladies cardiaques
- PLATON (Grèce, 400 AVJC) : pompe cardiaque
- HARVEY (1628) : circulation du sang
- LAENNEC (1819) : stéthoscope
- LUDWIG (1847) : méthodes graphiques
- STARLING, WIGGERS et KATZ (1920)

4

Importance

- Fonction vitale
- Grandes variations physiologiques
- Ex : cœur humain
 - débit : 3-30L/min, contre pression jusqu'à 300 mmHg
 - vitesse d'écoulement du sang (1-2 m/s) non préjudiciable aux cellules sanguines
 - Relation VOS et FC optimisé
 - Etanchéité des valves
 - Contrôle intrinsèque et extrinsèque

5

Plan

- Description
 - Anatomie fonctionnelle, Différentes phases, Rôles des valves cardiaques, Signes extérieurs
- Relations pression, volume, débit
 - relation pression-volume, courbes de Starling
- Débit cardiaque
 - définition, mesure, facteurs de variation

6

Description - anatomie fonctionnelle

- Squelette fibreux : valves aortiques, pulmonaires, mitrales et tricuspides
- Septum interventriculaire : principalement musculaire
- Oreillettes : paroi fine, sert avant tout de réservoir pour remplir le ventricule, rôle mineur de la systole auriculaire

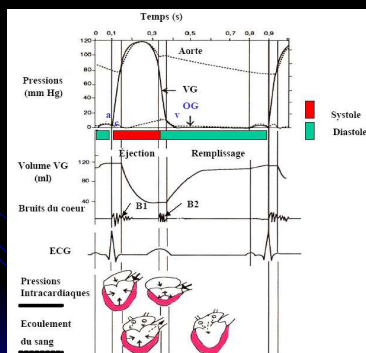
7

Description - anatomie fonctionnelle

- Ventricule droit : paroi fine, faible pression de remplissage, éjection dans système à faible pression (artère pulmonaire), action en « soufflet » de la paroi musculaire au cours de la systole
- Ventricule gauche : paroi 3x plus épaisse, disposition des fibres musculaires très efficaces pour éjection contre forte pression (aorte)
- Valves cardiaques

8

Le cycle cardiaque



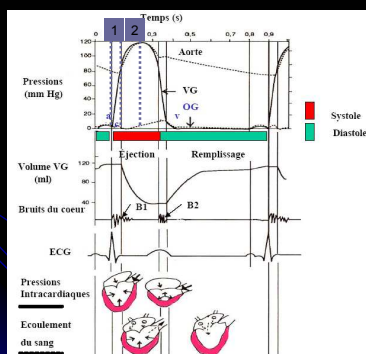
9

Les différentes phases

- Phase 1 : contraction isovolumétrique
 - début de la contraction ventriculaire
 - fermeture valvules auriculoventriculaires
 - augmentation Pintraventriculaire
- Phase 2 : éjection maximale
 - ouverture valvules sigmoïdes
 - expulsion rapide du sang
 - Pic de Pression intraventriculaire

10

Le cycle cardiaque



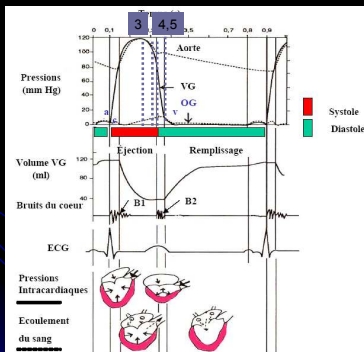
11

Les différentes phases

- Phase 3 : éjection réduite
 - diminution du débit d'éjection hors du ventricule
 - début de la relaxation ventriculaire
- Phase 4 : protodiastole
 - chute rapide de Pintraventriculaire
 - fermeture des valvules sigmoïdes
- Phase 5 : relaxation isovolumétrique
 - relaxation sans modification de volume
 - ouverture des valvules auriculoventriculaires

12

Le cycle cardiaque



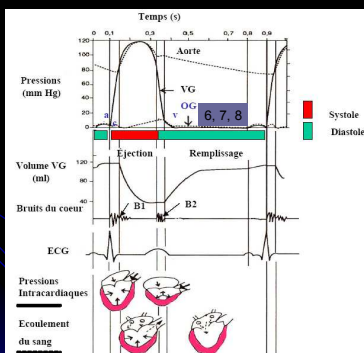
13

Les différentes phases

- Phase 6 : remplissage rapide
 - remplissage rapide du ventricule à partir de l'oreillette
- Phase 7 : diastase
 - remplissage lent du ventricule
- Phase 8 : systole auriculaire
 - fin du remplissage ventriculaire

14

Le cycle cardiaque



15

Les différentes phases

- Mêmes phases pour cœur droit
- pressions plus faibles
- Remarque « asynchronisme » : contraction OD avant OG, mais contraction VD débute après contraction VG.

16

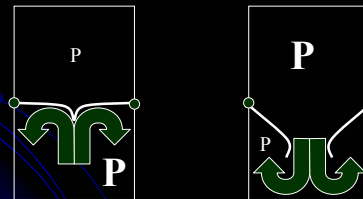
Rôles des valves cardiaques

- Caractéristiques fonctionnelles
 - indispensable au bon fonctionnement de l'activité cardiaque
 - faible résistance au débit quand elles sont ouvertes
 - fermeture très sensible à un faible gradient de pression
 - étanchéité parfaite
 - mouvement passif

17

Rôles des valves cardiaques

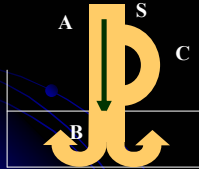
- Ouverture : simple à comprendre



18

Rôles des valves cardiaques

- Fermeture : plus difficile
 - valve mitrale (mouvement de sang dans ventricule), valve aortique (décélération)



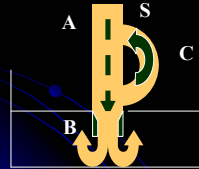
À plein débit, le débit va de A en B, sans rentrer dans la section courbe

Travaux d' Henderson et Johnson (1912)

19

Rôles des valves cardiaques

- Fermeture : plus difficile



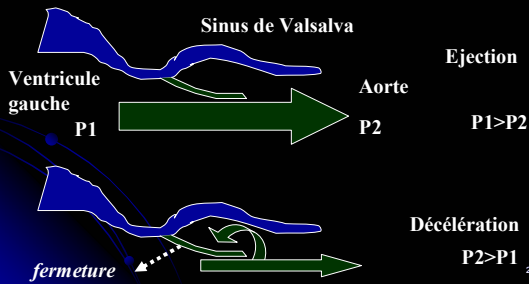
Quand débit décélère, du par exemple à une occlusion du tube, débit rétrograde apparaît en S
Explication : quand occlusion, PB devient supérieure à PA, ce qui crée le passage de liquide en C.

Travaux d' Henderson et Johnson (1912)

20

Rôles des valves cardiaques

- Application à la valve aortique



21

Signes extérieurs

- Bruits cardiaques
- Pouls artériel
- Pouls jugulaire
- Choc précordial
- ECG

Voir cours précédents et TD

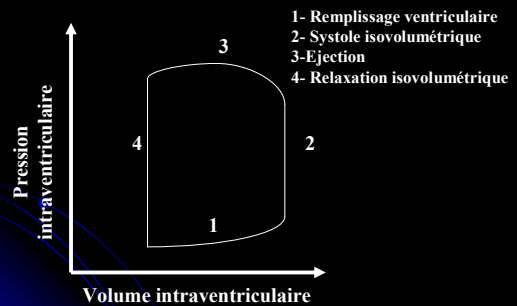
22

Plan

- Description
- Relations pression, volume, débit
 - relation pression-volume,
 - courbes de Starling
- Débit cardiaque
 - définition, mesure, facteurs de variation

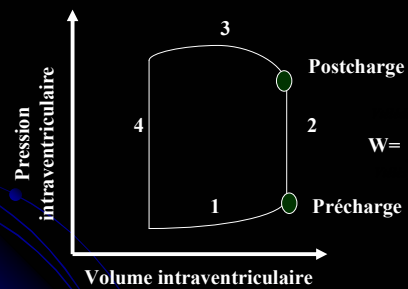
23

Relation pression-volume



24

Relation pression-volume



25

Courbe de Starling (courbe de fonction ventriculaire)

- Illustre la loi fondamentale du cœur, loi de Franck Starling, autorégulation hétérométrique

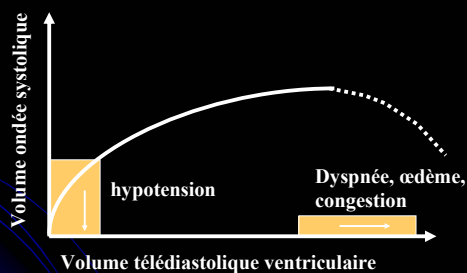
Enoncé (1914) :

« ...l'énergie mécanique libérée par le passage de l'état de repos à celui de contraction dépend de la surface des zones douées d'activité chimique, c'est à dire de la longueur des fibres musculaires »

« ... dans certaines expériences, le cœur devient excessivement distendu, est incapable de prendre en charge le sang qui remplit ses cavités et le débit effluent diminue bien que la pression veineuse atteigne un maximum »

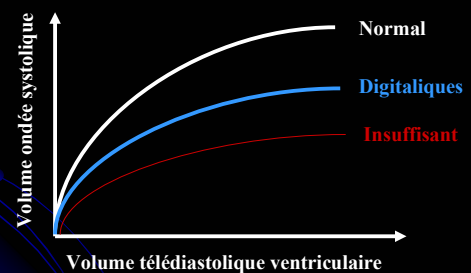
26

Courbes de Starling



27

Courbes de Starling



28

Plan

- Description
- Relations pression, volume, débit
- **Débit cardiaque**
 - définition
 - mesure
 - facteurs de variation

29

Débit cardiaque -définition

- Débit cardiaque (L/min) = Fréquence cardiaque (/min) x Volume de l'ondée systolique (L)
- Volume de l'ondée systolique = Volume télédiastolique - volume téléstolique
- Adaptation par changement de chronotropie ou changement d'inotropie
- Notion capitale : débit droit = débit gauche

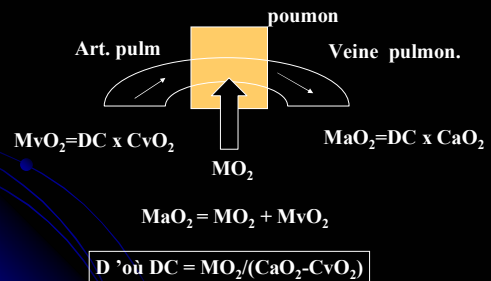
30

Mesure du débit cardiaque moyen

- Principe de Fick appliquée à la mesure du débit pulmonaire : dans l'unité de temps, la masse d'indicateur emportée par le sang efférent est égale à la masse d'indicateur apportée par le sang afférent plus la masse d'indicateur fournie au sang.
- application de l'équation de conservation de masse en prenant l'oxygène comme indicateur

31

Mesure du débit cardiaque moyen



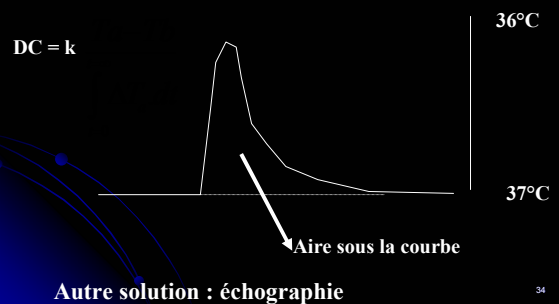
32

Mesure du débit cardiaque moyen

- Méthode par thermodilution
 - indicateur = sérum physiologique froid, injectée dans l'oreillette droite
 - thermistance placée dans l'artère pulmonaire: mesure de la température
 - conservation de chaleur

33

Mesure du débit cardiaque moyen



34

Débit cardiaque -facteurs de variation

- Précharge
 - retour veineux principalement
- Postcharge
 - PA systémique, vasoconstriction, vasodilatation
- Inotropie
 - loi de Starling, rôle de l'innervation extrinsèque
- Fréquence cardiaque
 - automatisme, innervation extrinsèque
 - effet d'une tachycardie sur la durée de la diastole

35

Débit cardiaque -facteurs de variation

- Age
- Position (max en décubitus)
- Exercice musculaire
- Température centrale
- Altitude

36

Conclusion

- Décours temporel du cycle cardiaque
- Relation pression, volume, débit
- Loi de Starling
- Principe de calcul du débit cardiaque

37

Avez-vous compris ?

- Au cours de la contraction isovolumétrique, l'éjection est maximale
- Les valves aortiques sont ouvertes au cours de la systole auriculaire
- Le débit droit est inférieur au débit gauche
- Plus la pression télédiastolique ventriculaire est élevée, plus le débit est faible

38