

HÉMODYNAMIQUE INTRACARDIAQUE

Dr N. BRADAI

07/01/2025

Introduction :

- L'étude de l'hémodynamique intracardiaque est l'étude des conditions mécaniques de la circulation sanguine, ce qui permettra de mieux comprendre la sémiologie normale et pathologique.
- Elle s'attache à discerner les différents temps de **remplissage** et **d'éjection des cavités cardiaques**, ainsi que **les variations de pression et de volume**.

Rappel anatomique :

- Le cœur est une pompe qui assure la circulation du sang ; il est le lien entre la circulation pulmonaire et la circulation générale.
- Le cœur est divisé en 4 chambres, 2 oreillettes et 2 ventricules
- Les valves auriculo-ventriculaires et sigmoïdes ont une mobilité passive ; leur ouverture et leur fermeture sont sous la dépendance des variations de pression intracavitaire.

Le cycle cardiaque= révolution cardiaque:

- L'activité cardiaque est un phénomène périodique.
- Le cœur se contracte de façon cyclique selon une succession de révolutions cardiaques ou cycles cardiaques.
- Activité cyclique : électrique et mécanique.
- Les phénomènes du cycle cardiaque sont associés à la fréquence cardiaque.
- Le cycle comprend : deux phases principales : diastole et systole
 - ✓ une phase de travail: la systole (1/3),
 - ✓ une phase de repos, la diastole (2/3)

Cycle cardiaque = systole + diastole

- La durée d'un cycle est en moyenne de 0,8 s
- La dépolarisation des cellules provoque la **systole**: contraction induisant l'éjection, entraînant une diminution du volume des oreillettes ou des ventricules
- La repolarisation des cellules entraîne la **diastole**: relâchement permettant le remplissage sanguin des ventricules ou des oreillettes
- Le cycle cardiaque:

Si la fréquence cardiaque est de 70 batt/mn, cela signifie qu'il y a 70 fois le même cycle cardiaque

Le cycle cardiaque= révolution cardiaque:

L'ensemble des phénomènes dont le cœur est le siège depuis le début d'une contraction jusqu'au début de la suivante s'appelle une **révolution cardiaque**.

Elle comprend 3 temps :

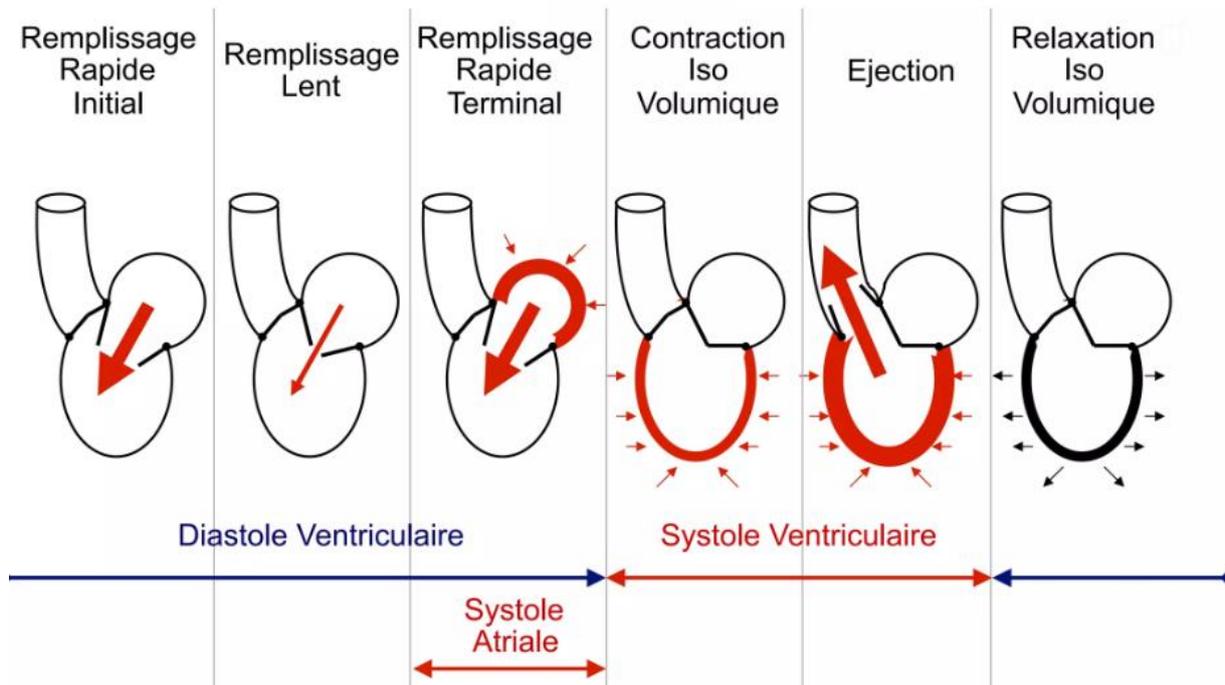
- Systole auriculaire
 - Systole ventriculaire
 - Diastole générale = diastole auriculaire + diastole ventriculaire
- **La systole auriculaire : contraction des oreillettes**, durée à **1/10** de sec. Le sang qui remplissait les oreillettes est chassé dans les deux ventricules. Les valves auriculo-ventriculaires (tricuspide et mitrale) sont ouvertes car la pression des oreillettes est supérieure à celles des ventricules.
- **La systole ventriculaire : contraction des ventricules**, elle dure environ **3/10** de seconde. **Pendant que les oreillettes se relâchent, les ventricules remplis de sang se contractent.** La poussée du sang ferme les orifices auriculo-ventriculaires (tricuspides et mitrales) ou valves (**premier bruit du cœur**) empêchant le reflux du sang dans les oreillettes et entraînant l'ouverture des valves sigmoïdes, aortiques et pulmonaires. Le sang pénètre alors dans l'aorte et l'artère pulmonaire.
- **La diastole générale : pause des oreillettes et des ventricules, c'est la période de repos du cœur.**

Pendant ce temps, le sang veineux achève de remplir les oreillettes relâchées et ce remplissage prépare la révolution cardiaque suivante.

Le sang ne peut pas refluer dans les ventricules puisqu'il vient buter sur les valvules sigmoïdes qui se ferment (**deuxième bruit du cœur**)

- Au total la **révolution cardiaque dure 8/10** de seconde et la moitié est consacrée au repos du myocarde ($8/10 = 1/10 + 3/10 + 4/10$)

Le cycle cardiaque



La diastole :

Remplissage passif :

- ✓ La relaxation se poursuit.
la pression est élevée dans l'aorte : les sigmoïdes sont fermées.
- ✓ L'oreillette s'est remplie de sang progressivement pendant les autres phases.
- ✓ La pression devient légèrement supérieure à celle des ventricules.
 - $P^{\circ} \text{Ventricules} < P^{\circ} \text{oreillettes}$ les VAV s'ouvrent.
 - L'ouverture des valves AV provoque le passage du sang dans le ventricule : phase du remplissage **passif**.
- ✓ D'abord **rapide**, puis plus **lent** (*diastasis*), avec accès direct du sang des veines dans le ventricule.
- ✓ Le myocarde est totalement relâché.
- ✓ Le sang des oreillettes remplit passivement les ventricules de **80%**.

La systole auriculaire

- Le cycle se termine par la contraction des oreillettes.
- Elle est de faible intensité, sous une pression de quelques mm Hg : peu importante physiologiquement.
- $P^{\circ} \text{Oreillettes} > P^{\circ} \text{ventricules}$

- Fin du remplissage des ventricules par cette contraction des oreillettes
- Le ventricule se remplit un peu plus: remplissage actif (20%)
- Les sigmoïdes sont fermées(cela évite au sang artériel de retomber dans les ventricules: pas de valves entre les veines pulmonaires et l'oreille gauche)

Systole :

Contraction pre-isovolumétrique

$P^{\circ}\text{Ventricules} > P^{\circ}\text{Oreillettes}$: les VAV se ferment.

Mais $P^{\circ}\text{Ventricule} < P^{\circ}\text{aorte}$ restent fermées : les Valves sigmoïdes (VS)

Le sang dans les ventricules est à un volume maximum et constant

Donc

- Le VG est rempli de sang
- Les valves AV sont fermées
- Dans le VG les pressions sont encore faibles.
- Dans l'aorte la pression est à un niveau élevé , les sigmoïdes aortiques sont fermées.

Les ventricules continuent à se contracter

---> la contraction s'effectue dans une chambre fermée, à volume constant.

Le sang des veines caves et veines pulmonaire commence à remplir les oreillettes

L'éjection systolique ou systole ventriculaire

Ensuite,

- Les ventricules sont encore contractés
- $P^{\circ}\text{Ventricules} > P^{\circ}\text{Artères}$, les VS s'ouvrent
- Les VAV restent fermée (cela évite au sang de remonter des ventricules aux oreillettes)
- Le sang ouvre les sigmoïdes aortiques : propulsion du sang dans l'aorte, pendant 1/5 de seconde.
- Le cœur propulse le volume sanguin qui va **circuler pendant tout un cycle**:
 - une partie du sang circule
 - une partie du sang est mise en réserve dans l'aorte par distension de l'aorte, puis il est redistribué pendant la diastole
- ✓ Le sang éjecté des ventricules vers les artères est de 70-100mL par ventricule.

La diastole

Relaxation isovolumétrique

- En début de relaxation,
 - ✓ La pression dans les ventricules est encore élevée .
 - ✓ Les valves AV sont fermées (pression basse dans l'oreillette).
 - ✓ Dans l'aorte, la pression est toujours > 80 mm Hg : il y a un petit mouvement rétrograde de sang de l'aorte vers le ventricule, puis fermeture des valves sigmoïdes.
- P° Ventricules diminue
 - ✓ les VS se ferment,
 - ✓ les VAV sont fermées
 - ✓ P° Ventricules < P° Artères
- Le volume ventriculaire est minimum et constant : volume **télesystolique**
- Le myocarde est **relâché**
- Le sang éjecté, va progresser grâce à l'élasticité de l'aorte : ***la circulation est continue dans les vaisseaux*** (c'est l'élasticité artérielle qui donne la puissance).
- Le sang veineux finit de remplir les oreillettes.

Innervation du cœur : automatisme cardiaque

La révolution cardiaque

- Les cellules du nœud sinusal se dépolarisent
- La dépolarisation se transmet aux cellules musculaires des oreillettes
- Les oreillettes se contractent
- La dépolarisation atteint le nœud auriculo-ventriculaire
- La dépolarisation se transmet au faisceau de His et aux fibres de Purkinje
- La dépolarisation se transmet à l'ensemble des cellules musculaires des ventricules
- Les ventricules se contractent

L'électrocardiogramme (ECG)

- ❖ **Principe** : C'est l'enregistrement de l'activité électrique du cœur au cours d'un cycle cardiaque.
- ❖ **Etude d'un ECG** : L'enregistrement est constitué de plusieurs ondes :
 - Onde P (0,08-0,1 s) auriculogramme = dépolarisation de l'oreillette qui précède et déclenche la systole auriculaire
 - Complexe QRST (0,3-0,6 s) : ventriculogramme ,(forme asymétrique liée à l'inégalité de la taille des ventricules)
 - Onde QRS (0,06-0,1 s) = dépolarisation du ventricule qui précède e déclenche la systole ventriculaire
 - Onde T = repolarisation du ventricule qui précède la diastole
 - PR (0,12-0,2 s) : temps de conduction auriculo-ventriculaire.
 - Le retour au potentiel de repos est très long, ce qui explique que les fibres musculaires cardiaques sont intétanisables

Bruits du cœur

1^{er} bruit (POUM) Fermeture des valvules auriculo-ventriculaires à la systole ventriculaire

2^{ème} bruit (TÂ) Fermeture des valvules sigmoïdes à la fin de la systole ventriculaire

Méthodes d'étude de l'hémodynamique intracardiaque

CATHETERISME CARDIAQUE

Cathétérisme droit

- Il s'agit d'examens invasifs
- Introduction par une veine périphérique (fémorale, jugulaire) un cathéter branché sur un manomètre et à le guider jusque dans une branche de l'artère pulmonaire où on le bloque

On va pouvoir alors enregistrer la "pression capillaire pulmonaire". Puis successivement, en retirant le cathéter :

- la pression artérielle pulmonaire
- la pression ventriculaire droite
- la pression auriculaire droite

On peut réaliser en même temps des prélèvements sanguins (oxymétrie) ou une injection de produit radio-opaque (angiocardiographie dans l'oreillette droite, le ventricule droit ou l'artère pulmonaire).

Cathétérisme gauche

Il consiste à introduire par une artère fémorale ou humérale ou radiale un cathéter jusque dans le ventricule gauche .

On étudie :

- la pression ventriculaire G
- la pression aortique

Ici encore on peut réaliser en même temps des prélèvements sanguins (oxymétrie) ou une injection de produit radio-opaque (ventriculographie, aortographie).

Courbes de pression

- La courbe ventriculaire se définit par :
 - la pression systolique (pic maximal)
 - la pression protodiastolique
 - la pression télédiastolique, juste avant le début de la contraction ventriculaire
- La courbe auriculaire se définit par sa pression moyenne.
- La courbe artérielle se définit par :
 - la pression systolique
 - la pression diastolique
 - la pression moyenne (celle qui donnerait le même débit avec un flux constant)

Valeurs moyennes des pressions:

Cœur gauche:

120 mmhg: pression artérielle systolique dans l'aorte

70 mmhg: pression artérielle diastolique dans l'aorte

90 mmhg: pression artérielle moyenne

Cœur droit:

On a la même morphologie générale:

20 mmhg: pression artérielle systolique dans l'artère pulmonaire

08 mmhg: pression artérielle diastolique dans l'artère pulmonaire

12 mmhg: pression artérielle moyenne

Interprétation des Courbes de pressions intracardiaques

- **Phase 1** : contraction isovolumétrique début de la contraction ventriculaire fermeture valvules auriculo-ventriculaires augmentation P intraventriculaire
- **Phase 2** : éjection maximale ouverture valvules sigmoïdes expulsion rapide du sang
Pic de Pression intraventriculaire
- **Phase 3** : éjection réduite diminution du débit d'éjection hors du ventricule début de la relaxation ventriculaire
- **Phase 4** : protodiastole chute rapide de P intra ventriculaire fermeture des valvules sigmoïdes
- **Phase 5** : relaxation isovolumétrique relaxation sans modification de volume ouverture des valvules auriculo-ventriculaires
- **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

CONCLUSION :

- L'hémodynamique intracardiaque est l'étude des conditions mécaniques de la circulation sanguine, essentielle pour comprendre la sémiologie cardiaque.
- Cœur comprend : 4 chambres (2 oreillettes, 2 ventricules) reliant la circulation pulmonaire et générale.
- L'ouverture et la fermeture des valves cardiaque est un phénomène passif par différence de pression.
- Le cycle cardiaque comprend une diastole et une systole, qui dure 0,8 s pour un cycle à 70 battements/minute.
- L'automatisme cardiaque : est l'activité électrique, enregistrer sur l'ECG.