

Bases de la cardiologie

Date de création du document : 2008-2009

Table des matières

1 Anatomie du coeur.....	1
1 . 1 Introduction.....	1
1 . 2 Anatomie externe.....	1
1 . 3 Anatomie interne.....	1
1 . 3 . 1 Circulation sanguine intracardiaque.....	1
1 . 3 . 2 Appareil valvulaire.....	1
1 . 3 . 3 Structure de la paroi cardiaque.....	1
1 . 4 Tissu nodal.....	1
1 . 5 Vascularisation myocardique : réseau coronaire.....	1
1 . 5 . 1 Réseau coronaire artériel	1
1 . 5 . 2 Le réseau coronaire veineux	1
2 Physiologie cardiovasculaire.....	2
2 . 1 Introduction.....	1
2 . 2 Physiologie générale.....	1
2 . 3 Systole et diastole.....	1
2 . 4 Le cycle cardiaque.....	1
2 . 5 L'activité électrique cardiaque : automatisme et conduction.....	1
2 . 6 Le couplage excitation-contraction.....	1
2 . 7 La fonction cardiaque.....	1
2 . 7 . 1 Le débit sanguin.....	1
2 . 7 . 2 Le volume d'éjection systolique	1
2 . 7 . 3 Précharge et postcharge.....	1
2 . 7 . 4 Adaptation à l'effort.....	1
2 . 7 . 5 Mécanismes régulateurs.....	1

PRÉ-REQUIS

- Quelle est la principale fonction cardiaque? Le « service rendu » par le coeur à l'ensemble des organes et tissus est un débit sanguin, apportant l'oxygène et les nutriments et éliminant les déchets du métabolisme.
- Quels sont les différents compartiments composant l'appareil cardiovasculaire ? Le coeur, les artères, les artérioles, les capillaires et les veines sont les différents compartiments de l'appareil cardiovasculaire.

OBJECTIFS

GENERAL :

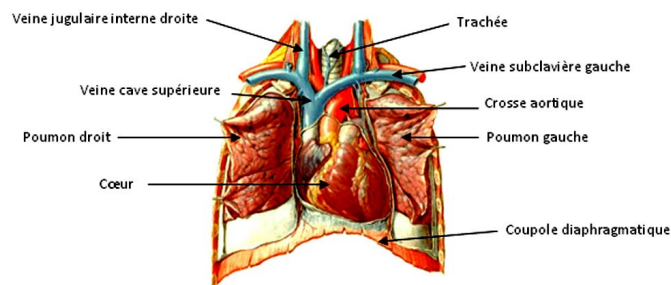
- Connaître l'anatomie externe et interne du coeur.
- Connaître les bases de physiologie cardiovasculaire.

I ANATOMIE DU COEUR

I.1 INTRODUCTION

Le cœur est logé dans le médiastin antérieur délimité latéralement par les poumons, en bas par la coupole diaphragmatique, en avant par le sternum et le grill costal, en haut par la trachée et les gros vaisseaux et en arrière par le médiastin postérieur contenant l'œsophage.

Figure 1 : Médiastin antérieur



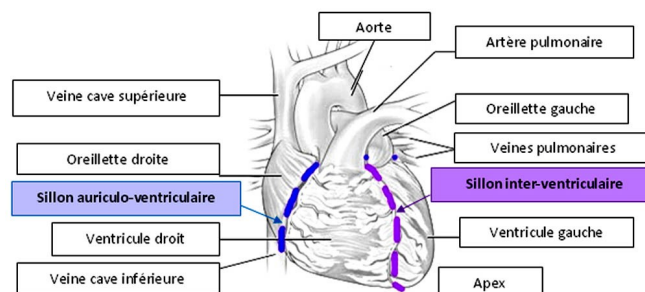
D'après F. Netter, Atlas d'anatomie humaine

I.2 ANATOMIE EXTERNE

Le cœur est de forme **pyramidale triangulaire** avec un grand axe oblique en avant, à gauche et en bas, une base regardant en haut, en arrière et à droite et un sommet (apex) en regard du 5° espace intercostal gauche.

Ses faces sont antérieure, inférieure et gauche. Elles sont parcourues par un **sillon auriculo-ventriculaire**, perpendiculaire au grand axe du cœur, séparant les deux oreillettes en arrière des deux ventricules en avant et en bas et un **sillon inter-auriculaire** puis **inter-ventriculaire** perpendiculaire au précédent constituant le plan de clivage entre le cœur droit et le cœur gauche.

Figure 2 : Sillons auriculo-ventriculaire et inter-ventriculaire

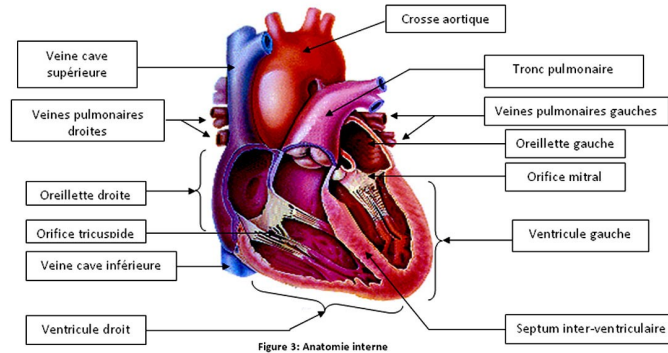


I.3 ANATOMIE INTERNE

Le cœur est divisé en 4 cavités par une cloison verticale et une cloison horizontale : 2 cavités supérieures : les **oreillettes** et 2 cavités inférieures : les **ventricules**. Les deux

oreillettes sont séparées par le **septum inter auriculaire** (situé en profondeur du sillon interauriculaire). Les deux ventricules sont séparés par le **septum inter ventriculaire** (situé en profondeur du sillon interventriculaire). Les oreillettes communiquent aux ventricules par les orifices auriculo-ventriculaires. On distingue ainsi un cœur droit constitué d'une oreillette et d'un ventricule droits communiquant par un **orifice tricuspide** et un cœur gauche constitué d'une oreillette et d'un ventricule gauche communiquant par un **orifice mitral**.

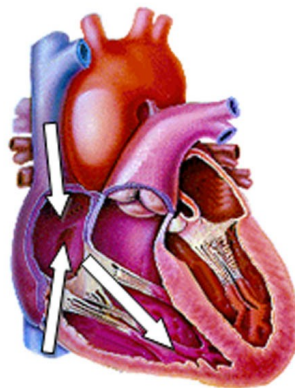
Figure 3 : Anatomie interne



I.3.1 Circulation sanguine intracardiaque

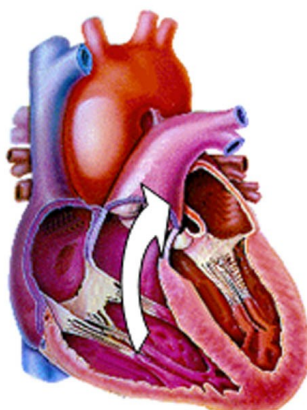
Le sang veineux arrive de la périphérie par la veine cave inférieure (VCI) et veine cave supérieure (VCS), pour se jeter dans l'oreillette puis le ventricule droit.

Figure 4 : Arrivée du sang veineux



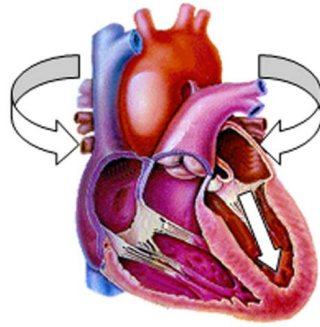
De là il emprunte l'orifice pulmonaire puis l'artère pulmonaire pour rejoindre le lit capillaire pulmonaire où se feront les échanges gazeux.

Figure 5 : Ejection du sang veineux vers les poumons



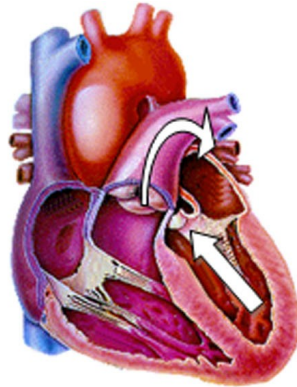
Après oxygénation, le sang rejoint l'oreillette gauche par l'intermédiaire de 4 veines pulmonaires, puis le ventricule gauche.

Figure 6 : Retour du sang oxygéné dans l'oreillette gauche



Du ventricule gauche il est éjecté par l'intermédiaire de l'orifice aortique dans l'aorte.

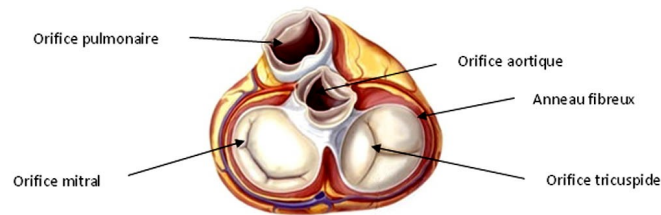
Figure 7 : Ejection du sang ventriculaire gauche vers l'aorte



I.3.2. Appareil valvulaire

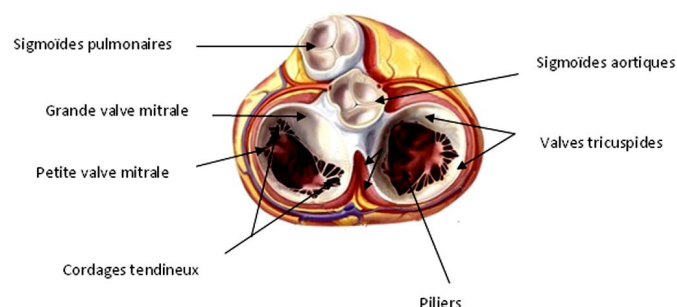
Chaque orifice auriculo-ventriculaire est constitué d'un appareil valvulaire formé par un anneau fibreux, des valvules, des cordages rattachant les valvules aux piliers musculaires s'insérant eux-mêmes sur l'endocarde. L'orifice tricuspide possède 3 valvules et l'orifice mitral n'en possède que deux appelées grande et petite valve (ou valve antérieure et valve postérieure). Les orifices aortique et pulmonaire sont constitués d'un anneau fibreux et de trois valves dites sigmoïdes.

Figure 8 : En systole : vue de la base après ablation des oreillettes



D'après F. Netter, Atlas d'anatomie humaine

Figure 9 : En diastole : vue de la base après ablation des oreillettes



I.3.3. Structure de la paroi cardiaque

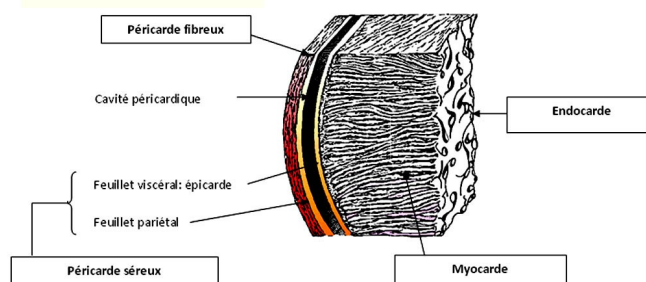
3 couches constituent la structure interne du cœur de l'intérieur vers l'extérieur : l'endocarde, le myocarde et le péricarde.

L'**endocarde** est une membrane endothéliale qui tapisse la face interne du myocarde et se prolonge par l'intima des gros vaisseaux.

Le **myocarde** constitue le muscle cardiaque, c'est un muscle strié autonome régulé par les systèmes sympathique et parasympathique. La paroi ventriculaire est plus épaisse que la paroi auriculaire car le myocarde y est plus important.

Le **péricarde** est un sac à double paroi enveloppant le cœur. Il est composé de plusieurs feuillets : le péricarde **fibreux** ou péricarde épais et le péricarde **séreux** lui-même composé de deux feuillets : le **feuillet viscéral** qui enveloppe le cœur aussi appelé **épicaarde** et le **feuillet pariétal** qui le recouvre et tapisse la face interne du péricarde fibreux. Ces deux feuillets délimitent une cavité virtuelle, la **cavité péricardique**, espace de glissement qui permet les mouvements cardiaques. La paroi cardiaque à proprement parler est constituée de l'endocarde, du myocarde et de l'épicaarde.

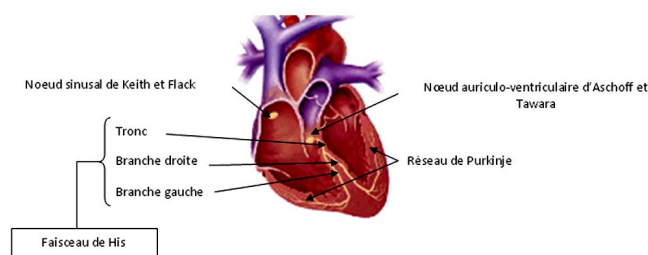
Figure 10 : Structure de la paroi cardiaque



I.4 TISSU NODAL

Le tissu nodal est un tissu cardiaque intra pariétal qui donne naissance et conduit les impulsions électriques engendrant la contraction myocardique. Il est constitué du **nœud sino-auriculaire** dit de Keith et Flack localisé dans la paroi de l'oreillette droite au niveau de l'abouchement de la veine cave supérieure. Celui-ci est relié par 3 faisceaux de fibres cheminant dans la paroi de l'oreillette droite au **nœud auriculo-ventriculaire** dit d'Aschoff-Tawara à la jonction oreillette et ventricule droits, proche de la valve septale tricuspide et de l'abouchement du sinus coronaire. De ce nœud naît le tronc du **faisceau de His** qui se subdivise en 2 branches droite et gauche destinées respectivement et par l'intermédiaire du **réseau de Purkinje** à la contraction myocardique des ventricule droit et gauche.

Figure 11 : Tissu nodal



I.5 VASCULARISATION MYOCARDIQUE : RÉSEAU CORONAIRE

La circulation coronaire correspond aux circulations artérielle et veineuse systémiques propre au cœur.

I.5.1 Réseau coronaire artériel

La circulation artérielle est assurée par les artères coronaires au nombre de deux : l'artère coronaire gauche et l'artère coronaire droite.

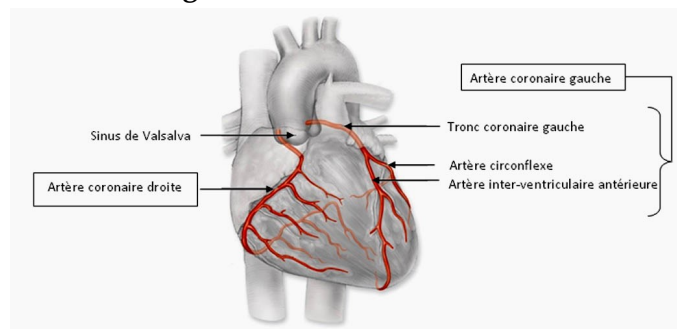
- **L'artère coronaire gauche** est constituée d'un segment initial appelé tronc coronaire gauche ou **tronc commun** qui naît du sinus de Valsalva gauche, passe derrière le tronc de l'artère pulmonaire avant de se diviser en deux branches : l'artère inter-ventriculaire antérieure et l'artère circonflexe.

L'artère inter-ventriculaire antérieure, descend dans le sillon inter-ventriculaire, contourne le bord droit du cœur près de la pointe et se termine dans la partie inférieure du sillon inter-ventriculaire. Elle donne des branches diagonales destinées à la paroi antérieure du ventricule gauche, des branches perforantes (branches septales) pour le septum inter-ventriculaire et des branches pour le ventricule droit.

L'artère circonflexe, chemine dans le sillon auriculo-ventriculaire gauche jusqu'à la face inférieure du ventricule gauche en général sans atteindre la croix des sillons. Ses principales branches dites latérales (ou marginales) sont destinées à la paroi postéro-latérale du ventricule gauche.

- **L'artère coronaire droite** naît du sinus de Valsalva droit, chemine dans la partie droite du sillon auriculo-ventriculaire, contourne le bord latéral du ventricule droit jusqu'à la croix des sillons où elle bifurque dans la portion postérieure et inférieure du sillon inter-ventriculaire. Elle vascularise les parties inférieures du septum inter-ventriculaire, des ventricules et l'essentiel du tissu nodal.

Figure 12 : Artères coronaires

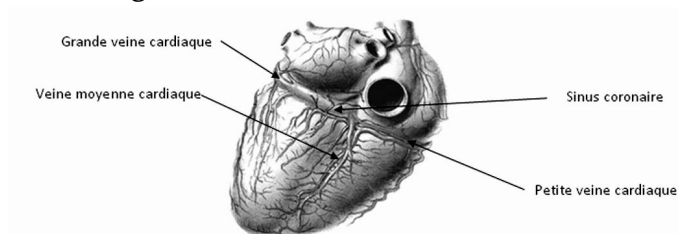


I.5.2. Le réseau coronaire veineux

Il est constitué :

- d'une **grande veine cardiaque** qui naît à la base du cœur, longe l'artère interventriculaire antérieure par la gauche et s'engage dans le sillon auriculo-ventriculaire pour devenir satellite de l'artère circonflexe avant de se terminer dans le sinus veineux coronaire qui se jette à la face postérieure de l'oreillette droite.
- D'une **petite veine cardiaque** qui chemine dans le sillon auriculo ventriculaire droit avant de se jeter dans le sinus coronaire
- D'une **veine moyenne cardiaque**: sillon interventriculaire
- D'autres petites **veines accessoires** qui se drainent directement dans les cavités.

Figure 13 : Réseau coronaire veineux



D'après F. Netter, Atlas d'anatomie humaine

II PHYSIOLOGIE CARDIOVASCULAIRE

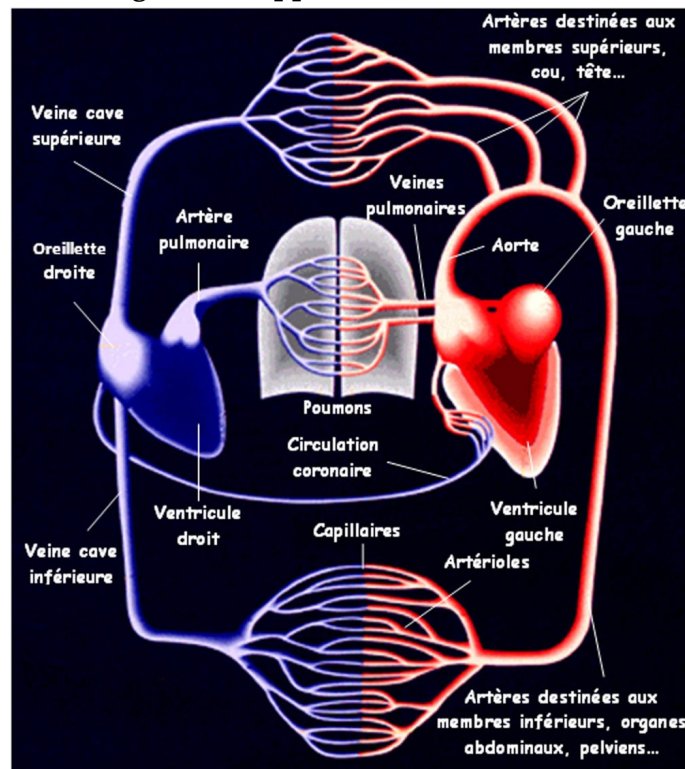
II.1 INTRODUCTION

L'appareil cardio-vasculaire assure la circulation du sang pour véhiculer oxygène et nutriments vers les cellules et en évacuer les déchets permettant le maintien du métabolisme général.

II.2 PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE

Schématiquement, l'appareil cardio-vasculaire se compose d'une pompe à fonctionnement alternatif (le cœur), d'un réseau de distribution à haute pression (les artères) se terminant par des résistances variables (les artérioles), d'un circuit de petits vaisseaux au niveau desquels s'effectuent les échanges (les capillaires), et d'un circuit de retour à basse pression vers le cœur (les veines).

Figure 14 : Appareil cardiovasculaire



D'après Chung, M.K., and Rich, M.W. Introduction to the cardiovascular system

Le cœur comporte deux pompes propulsives fonctionnant parallèlement : le « cœur gauche » assurant la circulation systémique et le « cœur droit » assurant la circulation pulmonaire.

Chacun comporte un atrium (ou oreillette) qui collecte le sang et un ventricule qui l'expulse vers l'artère pulmonaire en direction des poumons pour le ventricule droit et vers l'aorte en direction des autres organes pour le ventricule gauche. La circulation systémique alimente ainsi en parallèle les différents organes par les branches de division de l'aorte. Le sang issu de ces organes, pauvre en oxygène et riche en déchets

est collecté par les veines caves inférieure et supérieure pour être ramené à l'atrium droit. La vascularisation du myocarde est assurée par les artères coronaires et le sinus coronaire qui s'abouche directement dans l'atrium droit. Les poumons reçoivent par l'artère pulmonaire, du sang veineux (à faible teneur d'oxygène) mais ils reçoivent en outre du sang artériel par les artères bronchiques (constituant la vascularisation systémique pulmonaire) qui se drainent dans l'atrium gauche, mêlant ainsi un peu de sang veineux au sang artériel ramené à l'atrium gauche par les veines pulmonaires.

II.3 SYSTOLE ET DIASTOLE

La phase du cycle pendant laquelle le myocarde se contracte est appelée *systole*, celle pendant laquelle il se relâche, *diastole*. Il existe ainsi des systoles (suivies de diastoles) auriculaires droite et gauche, pratiquement simultanées, et des systoles (suivies de diastoles) ventriculaires droite et gauche, également quasi simultanées. En revanche, les activités auriculaires et ventriculaires ne sont pas simultanées : les activités auriculaires précèdent de quelques fractions de seconde les activités électriques ventriculaires. En pratique courante, on parle de « systole » ou de « diastole » ou, parfois, de systole ou diastole « cardiaques » pour désigner la systole ou la diastole ventriculaire, en englobant la contraction ou le relâchement des deux ventricules.

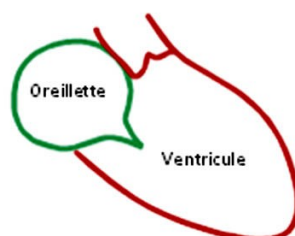
II.4 LE CYCLE CARDIAQUE

La pompe cardiaque assure un débit pulsatile et cette dynamique est appelée cyclique d'où le terme de cycle cardiaque.

Le cycle cardiaque est décomposé en 4 temps :

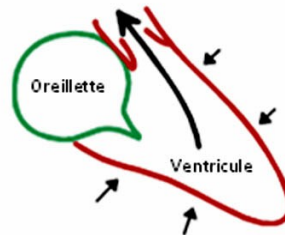
- **la contraction iso-volumique** : juste après la fin de la dépolarisation auriculaire, l'onde de stimulation myocardique franchit le nœud auriculo-ventriculaire et se propage rapidement dans la masse ventriculaire qu'elle dépolarise. Celle-ci, de ce fait, se contracte : c'est le début de la *systole ventriculaire*. Le sang intraventriculaire se trouve alors comprimé, la pression intra-ventriculaire augmente rapidement et dépasse la pression qui règne dans l'oreillette ; elle ferme alors les valves auriculo-ventriculaires empêchant tout reflux. Il faut un certain temps pour que la pression intraventriculaire gauche atteigne puis dépasse la pression aortique et ouvre les sigmoïdes; ainsi, **pendant les premiers centièmes de seconde de la systole ventriculaire, le volume de sang emprisonné dans le ventricule par la fermeture de la valve mitrale ne peut pas sortir par l'aorte.** C'est la *phase de contraction isovolumétrique* qui précède la *phase d'éjection*.

Figure 15 : Contraction iso-volumique



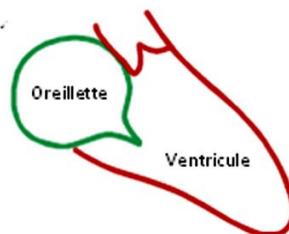
- **l'éjection** systolique débute lorsque la pression dans le ventricule dépasse celle dans l'aorte ou l'artère pulmonaire permettant l'ouverture des valves pulmonaires et aortiques et l'expulsion du sang hors des ventricules. Le volume de sang éjecté à chaque contraction ventriculaire appelé volume d'éjection ou *volume d'éjection systolique* (VES), ne constitue qu'une partie (*fraction d'éjection*) du volume télédiastolique (80 ml environ sur 120-150 mL soit entre les deux-tiers et la moitié). Le résidu post-systolique ou *volume télésystolique* (VTS) ou encore volume résiduel, constitue un volume de réserve utilisable pour augmenter le volume d'éjection suivant.

Figure 16 : Ejection systolique



- **la relaxation iso-volumétrique** : juste après la fermeture des valves aortiques et pulmonaires, le sang ne peut ni sortir, ni entrer dans le ventricule dans lequel la pression, rapidement décroissante, reste pendant quelques centièmes de seconde trop élevée pour que les valves auriculo-ventriculaires puissent s'ouvrir : c'est le premier temps de la diastole ventriculaire.

Figure 17: Relaxation iso-volumétrique



- **le remplissage ventriculaire** : il est subdivisé en 2 phases, l'une dite *remplissage rapide* et l'autre dite *remplissage lent*. Quand la pression intra-ventriculaire devient inférieure à la pression auriculaire, les valves atrio-ventriculaires s'ouvrent et le sang, accumulé jusque là dans les oreillettes, passe dans les ventricules dont le volume augmente, rapidement d'abord, puis de plus en plus lentement, jusqu'à la contraction auriculaire. En effet, tout à la fin de la diastole ventriculaire, le nœud sinusal décharge, déclenchant la dépolarisation du myocarde auriculaire et donc sa contraction : c'est la *systole auriculaire*. Un supplément de sang est alors brusquement déplacé de l'oreillette vers le ventricule, entraînant une élévation transitoire de la pression auriculo-ventriculaire. Le volume ventriculaire est maximal en fin de diastole (*volume télédiastolique*), entre 100 et 150 ml.

Figure 18: Remplissage ventriculaire

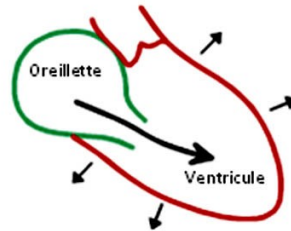
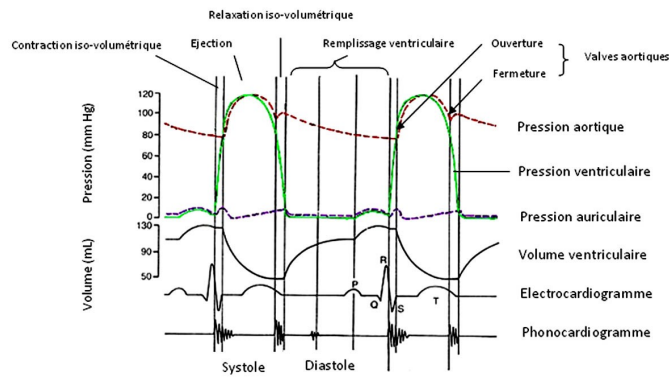


Figure 19 : Cycle cardiaque



II.5 L'ACTIVITÉ ÉLECTRIQUE CARDIAQUE : AUTOMATISME ET CONDUCTION

Le muscle cardiaque appelé myocarde est doué d'automatisme : il possède des cellules musculaires cardiaques appelées cardiomyocytes ayant la propriété de produire une activité électrique répétitive spontanée. L'ensemble de ces cellules forme le **tissu nodal** qui produit donc des impulsions électriques entraînant une contraction myocardique. La majorité des cellules du tissu nodal peuvent générer l'automatisme cardiaque mais les plus rapides imposent leur rythme aux autres.

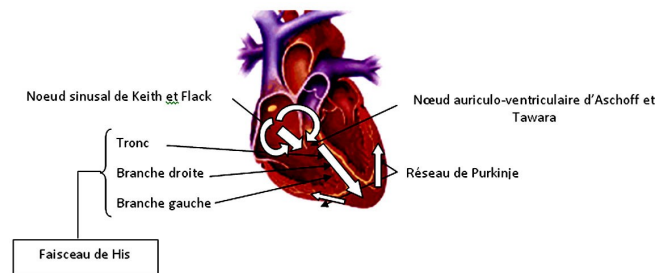
Le tissu nodal comporte un premier amas cellulaire situé dans la paroi atriale droite à proximité de l'abouchement de la veine cave supérieure : le **nœud sinusal de Keith et Flack** (également appelé sino-atrial). Il génère spontanément des potentiels d'action, à une fréquence modulée en permanence en fonction des besoins de l'organisme, provoquant une dépolarisation qui se propage de myocyte en myocyte dans les parois auriculaires droite et gauche entraînant ainsi la contraction atriale avant de buter sur l'anneau auriculo-ventriculaire non conducteur. La fréquence de dépolarisation du nœud sinusal (entre 60 et 100 bpm) s'impose à l'ensemble du tissu nodal.

La stimulation est relayée par un deuxième amas de myocytes automatiques : le **nœud atrio-ventriculaire d'Aschoff et Tawara**, doué lui aussi d'automatisme et qui présente une fréquence de déclenchement spontanée des potentiels d'action plus basse, de sorte que la dépolarisation provenant du nœud sinusal l'atteint avant l'apparition de son potentiel d'action spontané.

A partir du nœud atrio-ventriculaire, un réseau de myocytes automatiques assure la conduction rapide de la dépolarisation à l'ensemble du myocarde ventriculaire, par le **faisceau de His** : tronc, branches droite et gauche (elle-même subdivisée en héli

branches antérieure et postérieure gauches) puis les **fibres de Purkinje**. Le septum interventriculaire est dépolarisé de la gauche vers la droite puis les ventricules de l'endocarde vers le myocarde. La contraction des ventricules se produit quelques fractions de seconde après celle des oreillettes, compte tenu du temps de propagation de l'onde de dépolarisation.

Figure 20 : Activité électrique cardiaque



En pathologie, l'origine de l'automatisme peut ne pas être sinusal :

- soit lorsqu'il existe un foyer de cellules générant une impulsion à une fréquence plus rapide que celle du nœud sinusal et donc inhibant celui-ci (tachycardie anormale).
- soit lorsque le nœud sinusal est déficient ou alors lorsque la conduction est défaillante entraînant des risques d'arrêt transitoire (syncope) ou permanents (mort subite) de l'activité cardiaque. Dans ce cas un autre groupe cellulaire du tissu nodal, constituant des *pacemakers* de réserve et prend le relais pour générer l'automatisme cardiaque. Les pacemakers de relais sont localisés dans la jonction auriculo-ventriculaire (pacemaker jonctionnel) et le myocarde ventriculaire (pacemaker ventriculaire). Plus le pacemaker prenant le relais est bas et plus la fréquence cardiaque d'échappement est basse. Ainsi le pacemaker jonctionnel stimule à une fréquence cardiaque de 40 à 60 bpm et le pacemaker ventriculaire à une fréquence cardiaque variant entre 15 et 30 bpm.

Inversement il peut exister des voies de conduction supplémentaires entre les oreillettes et les ventricules pouvant exposer le patient à des troubles rythmiques potentiellement graves.

II.6 LE COUPLAGE EXCITATION-CONTRACTION

Les impulsions électriques produites par le tissu nodal correspondent à des potentiels d'action générés par les cellules automatiques et conduits à grande vitesse vers les myocytes contractiles. Le myocarde est ainsi constitué de deux populations de cellules : les **myocytes automatiques** constituant le tissu nodal et à l'origine de l'automatisme cardiaque et les **myocytes contractiles** largement majoritaires assurant le travail mécanique.

L'excitation électrique des myocytes contractiles résulte de mouvements ioniques calciques et sodiques (dépolariation) déclenchant le raccourcissement des protéines contractiles (troponine et myosine) à l'origine de la contraction myocardique. Toutes les cellules myocardiques contractiles dépolariées au cours d'un instant bref se contractent de manière presque synchrone.

Après chaque activation, les cellules cardiaques demandent un certain temps avant de pouvoir être à nouveau stimulées; c'est la *période réfractaire*. Celle-ci est d'abord *absolue*, aucun stimulus, quelle que soit son intensité, ne pouvant alors entraîner de nouvelle dépolariation. Elle devient ensuite *relative*, la dépolariation pouvant alors être déclenchée par un stimulus de plus en plus faible au fur et à mesure que le temps s'écoule.

II.7 LA FONCTION CARDIAQUE

Le « service rendu » par le cœur à l'ensemble des organes et tissus est un **débit sanguin**, apportant l'oxygène et les nutriments, et éliminant les déchets du métabolisme. Ce débit doit être fourni sous une certaine **pression**, permettant le réglage de la distribution sanguine dans chaque organe en fonction de ses besoins propres sans compromettre l'équilibre général. Cette **pression** dépend du **débit cardiaque** (Q_c) et de la **résistance circulatoire périphérique totale** (RPT) :

$$P = RPT \times Q_c$$

II.7.1 Le débit sanguin

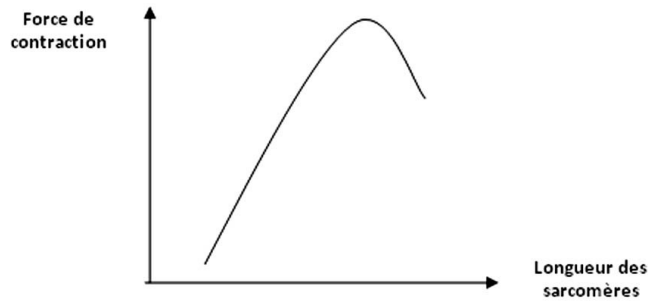
Le *débit cardiaque* est le produit de la fréquence des battements cardiaques (F_c) par le volume d'éjection systolique (VES) :

$$Q_c = F_c \times VES \quad \text{exprimé en mL ou L/min}$$

II.7.2. Le volume d'éjection systolique

Le *volume d'éjection systolique* (volume sanguin éjecté par chaque ventricule par minute) dépend de la force de contraction du ventricule (ou «force d'éjection») et de l'ensemble des forces qui s'y opposent (postcharge). Cette force de contraction est réglée par un mécanisme intrinsèque (la Loi de Starling) et des mécanismes extrinsèques (système nerveux autonome, hormones, médicaments...). La Loi de Starling stipule que tout étirement des fibres myocardiques entraîne une augmentation de leur contractilité. Ainsi en cas d'augmentation du volume télédiastolique il existe une augmentation du volume d'éjection systolique et donc du débit cardiaque par augmentation de la force de contraction ventriculaire.

Figure 21: Loi de Starling



Le débit cardiaque peut être mesuré de différentes manières dont les plus utilisées sont la mesure par l'échographie cardiaque ou par cathétérisme droit (cf. examens complémentaires). Sa norme au repos est de 5L/min environ mais varie en fonction des conditions (effort, état d'hydratation, anémie, grossesse...). Pendant l'effort du fait d'une augmentation des besoins en oxygène, le débit cardiaque augmente grâce à une augmentation de la fréquence cardiaque et du VES pouvant atteindre une valeur de 30L/min. Souvent le débit cardiaque est indexé à la surface corporelle : on parle *d'index cardiaque* (IC) dont la norme est de 3,5L/min/m².

$$Q_c = 5L/min$$

$$IC = 3,5L/min/m^2$$

L'éjection ventriculaire se fait presque entièrement pendant la première moitié de la systole et le remplissage des ventricules est achevé, en majeure partie, dans le premier tiers de la diastole : il y a donc une réserve de temps qui permet de maintenir un volume suffisant malgré une élévation de la fréquence cardiaque. En effet, l'éjection, comme le remplissage des cavités, ne seront que peu affectés par une diminution de la durée du cycle cardiaque. Pour des fréquences très élevées, la contraction auriculaire est primordiale dans le remplissage ventriculaire.

II.7.3. Précharge et postcharge

La précharge correspond au sang qui entre dans les ventricules avant leur contraction. La postcharge est l'opposition à l'écoulement de sang lorsqu'il est éjecté du ventricule et qu'il rencontre la masse sanguine présente dans les vaisseaux. Le débit cardiaque varie avec ses 2 composantes : il diminue en cas d'augmentation de la postcharge (ex : hypertension artérielle, rétrécissement aortique, cardiopathie hypertrophique obstructive) et de diminution de la précharge (ex : déshydratation, hypovolémie) et augmente en cas de diminution de la postcharge et d'augmentation de la précharge.

II.7.4. Adaptation à l'effort

Pendant l'effort, les besoins en oxygène augmentent. La quantité d'oxygène utilisée par un muscle est égale au produit du débit sanguin de ce muscle par la différence artérioveineuse en oxygène. A l'effort 2 mécanismes vont permettre d'augmenter les

apports en oxygène au muscle :

- l'augmentation du débit sanguin des muscles
- l'augmentation de l'extraction d'oxygène par le muscle du sang qui le vascularise
- L'augmentation du débit sanguin du muscle sera possible par 2 mécanismes :
 - L'augmentation du débit cardiaque
 - La redistribution du sang des zones musculaires les plus inactives aux zones les plus actives
- L'augmentation de l'extraction d'oxygène par le muscle : au repos le muscle prélève une partie de l'oxygène présent dans le sang artériel. La différence artérioveineuse représente cette extraction. A l'effort, le muscle accroît son extraction sanguine en oxygène : la différence artérioveineuse augmente. Ce mécanisme est indépendant du muscle cardiaque. Cette adaptation musculaire peut être améliorée par un entraînement physique régulier comme lors de la rééducation cardiovasculaire chez les patients coronariens ou insuffisants cardiaques.

II.7.5. Mécanismes régulateurs

Pour réguler le système cardiovasculaire en fonction des conditions physiologiques de nombreux mécanismes neurologiques et/ou humoraux interviennent parmi lesquels :

- Le système nerveux central
- Le système nerveux sympathique dont la stimulation augmente la fréquence cardiaque et la contractilité myocardique
- Le système nerveux parasympathique dont l'effet est inverse par rapport au système nerveux sympathique
- Des sécrétions hormonales.

III ANNEXES

BIBLIOGRAPHIE

- Chung, M.K., and Rich, M.W. : Introduction to the cardiovascular system
- Collège des enseignants de Cardiologie : Référentiel national
- David E Newby et Neil R Grubb, éditions Elsevier : Cardiologie