

Electrophysiologie cardiaque

I/Introduction

Les propriétés électrophysiologiques des fibres cardiaques (Automatisme, Conduction, Excitabilité) sont sous la dépendance de l'équilibre ionique de part et d'autre des membranes cellulaires et des variations périodiques de la perméabilité membranaire à 4 ions(Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺, Cl⁻). Les propriétés électrophysiologiques sont différentes pour chacun des tissus myocardiques :Fibres musculaires auriculaires, fibres musculaires ventriculaires, tissu nodal(NS ,NAV), Fibres de conduction (Fx His, Réseau Purkinje).

II/Potentiel membranaire de repos

Au repos, pendant la diastole ,les cellules cardiaques sont polarisées négatives à l'intérieur et positives à la surface de la membrane et ont une ddp transmembranaire dont l'amplitude varie -80mv(fibre auriculaire) ———95mv(fibre ventriculaire)

En moyenne ddp :-85mv

La membrane cellulaire des fibres cardiaques est préférentiellement perméable au K⁺ plus tôt qu'au Na⁺ car :

EK+(potentiel d'équilibre K⁺)=-90mv

ENa+(potentiel d'équilibre Na⁺)=+60mv

Selon l'équation de Nernst EK⁺ est proche ddp au repos.

$$V_m = E_A - E_B = -\frac{RT}{zF} \ln \frac{[I]_A}{[I]_B}$$

R la constante des gaz parfaits

T la température en kelvin

z la charge de l'ion perméant (avec le signe)

F la constante de Faraday

(F = 96 485 C.mol⁻¹ = N e où N est le nombre d'Avogadro et e la charge élémentaire de l'électron)

ln le logarithme népérien

[I]A: Extérieure

[I]B: Intérieure

III/Potentiel d'action

A/Potentiel d'action des fibres à réponse rapide

Auriculaires

Ventriculaires

Système His-Purkinje

PA de type sodique comprenant plusieurs phases

His- Purkinje(dépolarisation diastolique lente) DDL

A-1 Tissu myocardique Auriculaire, Ventriculaire: L'excitation d'une fibre cardiaque induit l'inversion du potentiel de repos qui s'accompagne d'une modification de la perméabilité membranaire aux 4 ions (Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Cl^-) : PA

Phase 0 : Dépolarisation rapide correspond à la phase ascendante brève du PA liée à un courant entrant rapide de Na^+ par le canal sodique rapide sera parfois suivie d'un pic de dépassement (over shoot) pour certains auteurs il dépendrait d'une intrusion de Cl^-

Phase 1 : Repolarisation initiale correspond à la partie décroissante rapide liée à une sortie de K^+ de l'intérieur vers l'extérieur de la cellule.

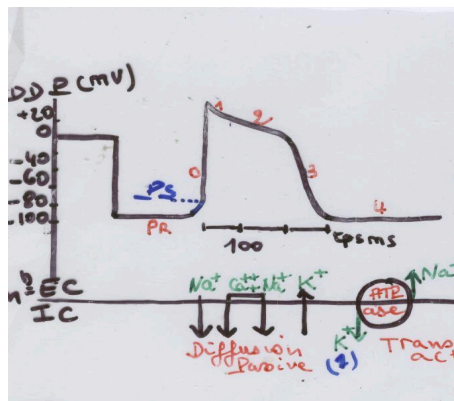
Phase 2 : Dépolarisation lente c'est le plateau du PA correspond à l'ouverture d'un autre canal qui est l'activation de la conductance calcique, la pénétration intracellulaire des ions Ca^{++} joue un rôle essentiel dans le couplage excitation/contraction(le Ca^{++} extracellulaire est excitateur, facilitateur)

Durant cette phase, les ions Na^+ continuent d'entrer mais beaucoup plus lentement par le canal sodique lent qui maintient un certain degré de dépolarisation cellulaire d'où la longue période réfractaire des fibres cardiaques empêchant leur tétanisation .

« Le cœur répond à la loi de tout ou rien »

Phase 3 : Repolarisation correspond à la phase descendante rapide et terminale liée à l'activation de la conductance potassique avec flux important de K^+ de l'intérieur vers l'extérieur de la cellule.La repolarisation se poursuit jusqu'à ce que la ddp transmembranaire soit revenue à son niveau de repos.

En résumé : La dépolarisation cellulaire est le résultat de l'activation des courants entrants d'abord sodique rapide puis calcico-sodique plus lent. La repolarisation correspond à l'inactivation des conductances pour Na^+ et Ca^{++} et l'activation du courant sortant potassique.



Phase 4 : Pompe membranaire : Pour compenser ces phénomènes passifs qui aboutiraient s'ils étaient seuls à un enrichissement de la cellule en Na^+ et à son appauvrissement en K^+ , il existe des mouvements ioniques inverses actifs nécessitant de l'énergie car se faisant contre les gradients de concentration c'est la pompe Na^+/K^+ ATPase

Cette énergie provient de l'hydrolyse de l'ATP grâce à une ATPase Mg^{++} dépendante

La pompe Na^+/K^+ stimulée : Augmentation $[\text{K}^+]$ extracellulaire

Augmentation $[\text{Na}^+]$ intracellulaire

La pompe est inhibée par les glucosides cardiaques ex : Ouabaine, Digitaline

(Cadiotonique)

Le rejet du Ca^{++} est sous la dépendance d'une ATPase calcicodépendante

Tissu myocardique Auriculaire, Ventriculaire:

- Potentiel Repos est situé entre -80 et -90 mv
- Potentiel seuil: -70mv
- Dépourvues d'automatisme
- Phase 2 longue , entrée massive Ca^{++} (plateau)
- Grande vitesse de conduction: 0,5-4m/s

A-2/Potentiel d'action des fibres à réponse rapide : Faisceau de His et Réseau de Purkinje

- Potentiel Repos est situé entre -85 et -90 mv
- Potentiel seuil: -55mv
- Pourvues d'automatisme (DDL lente)

-Phase 2 longue , entrée massive Ca^{++} (plateau)

-Grande vitesse de conduction: 0,5-4m/s

-PDM: Potentiel diastolique maximum: - 90mv

Phase 0 : Entrée rapide de Na^{+} , canaux sodique rapides, la vitesse d'ascension de cette phase est responsable de la rapidité de la conduction.

Phase 1 : Inactivation g_{Na} rapide et à un courant entrant repolarisant de Cl^{-}

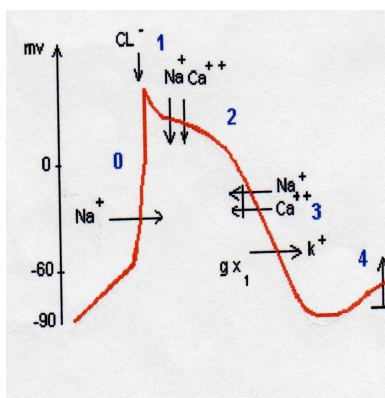
Phase 2 : Phase maintenue en plateau sous l'influence d'un courant entrant calcico-sodique lent

Phase 3 : Repolarisation , inactivation progressive du canal calcico-sodique lent et sortie de charges positives (K^{+})

Phase 4 : ↓ progressive $g_{\text{K}^{+}}$

Courant entrant sodique

amenant P memb au PS



B / Potentiel d'action des fibres à réponse lente

PA de type calcique

Cellules du Nœud Sinusal et du Nœud AV

-Potentiel Repos est situé entre -60 et -70 mv

- Potentiel seuil: -40mv

-Pourvues d'automatisme (DDL rapide, pente + élevée)

-Absence plateau

-Faible vitesse de conduction: 0,01 -0,1m/s

-PDM: Potentiel diastolique maximum: - 60mv

Phase 0: Ouverture de canaux calcico-sodique lent à -40 mv
(potentiel liminaire).

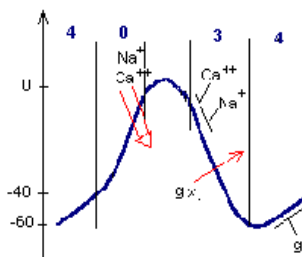
Absence des phases 1 et 2 donnant un aspect arrondi à l'allure du potentiel d'action.

Phase 3: Repolarisation liée à la sortie de K^+ ,
inactivation du courant entrant calcico-sodique lent.

Phase 4: DDL rapide

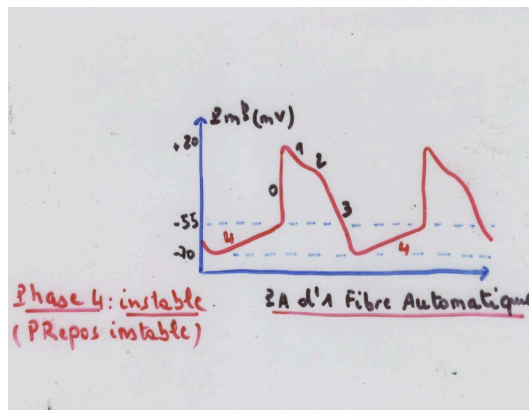
g_{K^+} lente

g_{Na^+} courant entrant



C/ Cellule Pace Maker : NS, NAV, Système His-Purkinje_sont capables d'engendrer spontanément un PA propagé. leur automatisme est lié à une dépolarisation diastolique lente qui serait liée à une diminution lente du courant potassique à la fin de la phase de repolarisation.

Dans ce type de cellules , il n'existe pas de potentiel de repos, après chaque repolarisation le potentiel de membrane augmente jusqu'à un niveau seuil ,c'est le prépotentiel ,au-delà un PA se produit (chaque PA du NS produit un battement cardiaque)On appelle PDM potentiel diastolique maximal c'est le potentiel le plus négatif qui est enregistré après un PA.

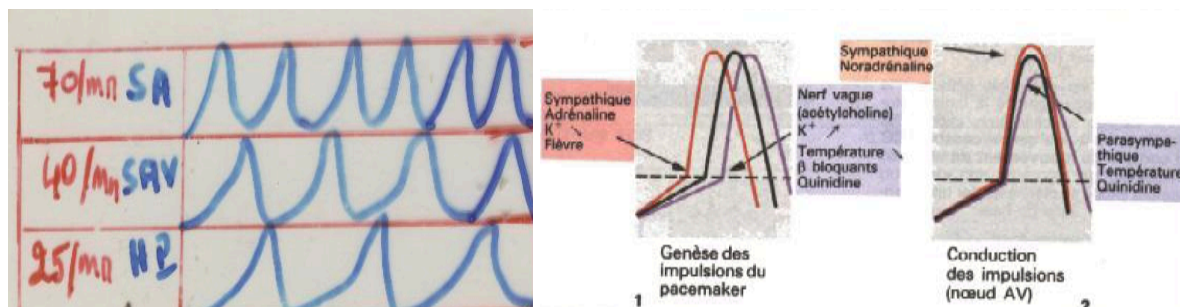


IV/Automatisme cardiaque

Toute structure cardiaque capable d'engendrer une phase de dépolarisation diastolique lente spontanée et une réponse propagée dès qu'un certain seuil de potentiel membranaire est atteint serait doué d'automatisme.

Les cellules du NS ont une pente de dépolarisation diastolique qui s'élève jusqu'au seuil plus rapidement que les autres cellules myocardiques douées d'automatisme donc la fréquence de décharge est plus rapide. C'est pour cela qu'à l'état physiologique, la commande est assurée par le nœud sinusal Fc : 60-70 battements/mn

L'accélération de l'automatisme se fait par augmentation de la pente c'est-à-dire accroissement de la vitesse de dépolarisation diastolique sous l'effet des Catécholamines, sympathomimétiques (Isuprel), diminution conductance K^+ , augmentation conductance Ca^{++} , fièvre, augmentation conductance du Ca^{++}



V/Excitabilité

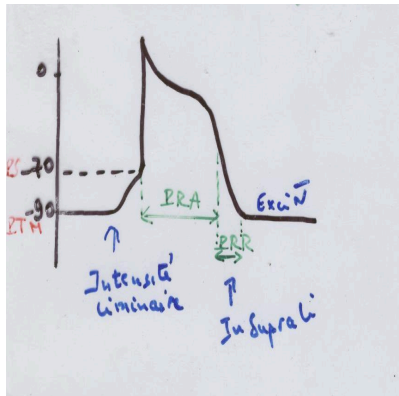
L'excitabilité est la propriété qu'ont les cellules au repos de répondre à un stimulus dès que la valeur seuil est atteinte par un PA. La fibre myocardique se contracte de manière maximale quelque soit l'intensité de la stimulation c'est « la loi de tout ou rien ».

On distingue classiquement 03 phases de l'excitabilité :

-Inexcitabilité totale : Période réfractaire absolue (PRA). C'est la plus grande partie du PA, la cellule est inexcitable quelque soit l'intensité délivrée.

-Excitabilité normale : Les fibres sont pleinement excitable à partir du seuil d'excitabilité (Intensité liminaire)

-Excitabilité partielle : Période réfractaire relative. Les fibres sont excitable avec des courants d'intensité plus élevée que le seuil d'excitabilité (Intensité supraliminaire) (PRR). Elle est située entre la fin PRA et retour de l'excitabilité normale.



VI/Conduction

Le nœud sinusal est situé au pied de la veine cave supérieure

Les PA spontanés du NS constituent un stimulus d'intensité suffisante pour les cellules auriculaires voisines pour les activer à leur tour, ces PA auriculaires stimulent les cellules voisines ainsi l'onde d'excitation progresse de proche en proche et va envahir l'ensemble des oreillettes. C'est un phénomène purement électrique sans intervention de médiateurs chimiques (le myocarde est un syncytium)

L'onde de dépolarisation parvient d'abord au nœud AV — Faisceau His — ses Br Dte et G (Br G : Hemibranche ant, Hemibranche post) — Ramifications sous endocardiques (reseau de Purkinje) — Endocarde — Epicarde

La repolarisation s'effectue de l'épicarde vers l'endocarde

En résumé , les caractéristiques de la fonction cardiaque :

- Fréquence des battements du cœur : Effet chronotrope
- Vitesse de conduction de l'excitation : Effet dromotrope
- Contractilité cardiaque : Effet inotrope
- Excitabilité : Effet bathmotrope

Le parasympathique a un effet : ch -, dromo -

Le sympathique a un effet : ch+, dromo +, ino+

VII/ Troubles du rythme cardiaque ou Aryhmies

- Rythme sinusal: Rythme cardiaque normal (NS)
- Arythmie est une perturbation du rythme cardiaque qui affecte sa fréquence, l'intensité de ses contractions et sa régularité.
- On parle également Arythmie lorsque la fréquence cardiaque est rapide (100battements/mn) : « Tachycardie»
« Bradycardie » lorsque la fréquence cardiaque est lente (<60battements/mn)

Classification :

1-Troubles du rythme supra-ventriculaires

(au-dessus de la bifurcation du faisceau de His

- **Extrasystoles auriculaires:** petites variations du rythme cardiaque, bénignes . le coeur bat 2-3 x rapidement, puis fait une pause et reprend des battements normaux. le plus souvent occasionnées par un excès de tabac, d'alcool ou d'aliments excitants (caféine)
- **Flutter auriculaire:** plusieurs battements des oreillettes, rythme régulier rapide alors que pendant le même temps les ventricules ne battent qu'une seule fois (Ph de Réentrée)
- **Tachycardie sinusale:** Rythme régulier rapide
- **Fibrillation auriculaire** rythme irrégulier rapide, plus fréquent(ACFA)

2-Arythmies jonctionnelles

- tachycardie jonctionnelle ou maladie de Bouveret (paroxystique)
- tachycardie jonctionnelle hisienne

3-Troubles du rythme ventriculaires

Naissant au-dessous de la bifurcation du faisceau de His

- Extrasystoles ventriculaires: contractions des ventricules anarchiques mais efficaces.
- Torsades de pointe (trouble repolarisation ventriculaire)
- Tachycardie ventriculaire
- Fibrillation ventriculaire: contractions très rapides et désordonnées des ventricules, qui entraînent une insuffisance d'irrigation des organes vitaux.

VII/ECG Standard

C'est l'enregistrement de l'activité électrique cardiaque à partir d'électrodes disposées sur la peau ; Cet enregistrement se fait sur papier millimétré.

L'ECG exprime donc les événements électriques de l'excitation cardiaque et peut renseigner sur l'état du cœur, la fréquence des battements, la nature et la genèse du rythme , les perturbations éventuelles.

Les variations des concentrations électrolytiques

ex : Hyperkaliémie : onde P longue, onde T pointue

Les effets de certains agents pharmacologiques ex : Digitaline ino +, ch -, bath+(Ins card)

Ces variations et ces effets peuvent être détectés sur l'ECG.

□Dérivations de l'ECG : 12

-Dérivations des membres se situent dans un plan vertical et sont placées à la périphérie du champ électrique cardiaque : AVR,AVL,AVF,DI,DII,DIII

-Dérivations précordiales encerclent le cœur dans un plan horizontal : V1,V2,V3,V4,V5,V6

□Différentes déflexions au nombre de 03 :

-Onde P : Déflexion lente traduit la dépolarisation auriculaire

-Complexe QRS : Dépolarisation ventriculaire

-Onde T : Repolarisation ventriculaire

La repolarisation auriculaire est masquée par le complexe rapide ventriculaire

Onde P : Amplitude $\leq 2,5$ mm

Durée : 0,08-0,10 s

Intervalle PR : 0,12-0,20s

PR>0,20 : Bloc partiel (ralentissement anormal)

Complexe QRS maximal en DII < 0,08s

