

Electrophysiologie cardiaque

I. Introduction

Le cœur comporte deux types de cellules musculaires :

- 1) les cellules qui produisent et conduisent des impulsions.
- 2) Des cellules qui répondent à ces impulsions par un raccourcissement, c'est-à-dire par une contraction. Ces cellules représentent la musculature fonctionnelle du cœur, appelée « myocarde ».

La genèse de l'excitation siège dans l'organe lui-même contrairement aux muscles squelettiques : on parle alors de rythme spontané ou d'automatisme cardiaque. De point de vue fonctionnel, le myocarde est un syncytium, c'est-à-dire que les cellules ne sont pas isolées les unes des autres. Une excitation qui naît quelque part dans les ventricules, conduit, quelque soit sa localisation à une contraction complète des deux ventricules (loi du tout ou rien).

Le même phénomène est également observé au niveau des oreillettes

II. Application de la théorie ionique au cœur :

Comme la cellule nerveuse, la cellule myocardique au repos est polarisée (intérieur négatif, extérieur positif) elle se comporte comme une pile de concentration essentiellement sous la dépendance des gradients de concentration en potassium K^+ de part et d'autre de la membrane.

L'excitation par un stimulus quelconque (électrique, chimique ou mécanique) déclenche des modifications de la perméabilité membranaire (ou conductance) aux ions responsables d'un potentiel d'action, c'est-à-dire d'une brusque dépolarisation membranaire avec inversion des charges (intérieur positif, extérieur négatif) suivie d'une repolarisation plus lente avec retour à l'état initial.

1. La dépolarisation :

Elle est provoquée par l'ouverture d'un canal sodique permettant l'entrée passive du sodium (Na^+) dans la cellule selon le gradient de concentration. Elle correspond à la phase 0 du potentiel d'action

2. La repolarisation :

Elle est due à l'inactivation du phénomène précédant et à l'ouverture d'un canal potassique permettant la sortie passive du potassium de la cellule vers le milieu extra-cellulaire. Elle est représentée par les phases 1, 2 et 3 du potentiel d'action.

La phase 4 correspond au potentiel de repos ou diastole électrique.

3. Enregistrement du potentiel d'action d'une cellule myocardique.

Les fibres cardiaques diffèrent des cellules nerveuses essentiellement par la plus longue durée de leur potentiel d'action, en rapport avec l'existence d'un plateau (phase 2 du potentiel d'action) plus au moins prolongé selon le type de cellule.

Ce plateau est dû à l'ouverture d'un canal supplémentaire responsable de l'entrée passive et lente de calcium. Cette dernière est probablement accompagnée de sodium pour maintenir un certain degré de dépolarisation cellulaire. Cette phase 2 augmente la période réfractaire des cellules cardiaques empêchant leur tétanisation.

Pour compenser ces phénomènes passifs pouvant entraîner un appauvrissement de la cellule en K^+ et son enrichissement en Na^+ , il existe des mouvements ioniques inverses actifs qui se font contre les gradients de concentration grâce à un mécanisme appelé pompe $Na^+ K^+$ dont l'énergie nécessaire est fournie par la dégradation de l'ATP sous la dépendance de l'ATPase membranaire.

Le déroulement des potentiels d'action cardiaques varie beaucoup d'un type cellulaire à l'autre. Les points les plus importants sont les suivants :

A. Les cellules sinusoïdales et les cellules du nœud auriculo-ventriculaire :

Elles ont un potentiel de repos plus bas (-60 mV) avec une vitesse de croissance du potentiel d'action assez faible. Elles sont dépourvues de plateau (phase 2)

B. Les cellules auriculaires et ventriculaires

Elles ont un potentiel de repos stable (-90 mV). Les potentiels d'action des cellules auriculaires présentent une forme triangulaire alors que les potentiels d'action des cellules ventriculaires ont un plateau net.

C. Les cellules du réseau de Purkinje :

Elles ont également un potentiel de repos voisin de -90 mV avec une pente de dépolarisation diastolique lente et faible.

III. Excitabilité :

1) Définition

C'est la propriété qu'ont les cellules au repos de répondre à un stimulus par un potentiel d'action.

2) Seuil d'excitabilité

Il correspond à l'intensité du courant nécessaire et suffisante pour obtenir une dépolarisation

3) Le seuil de potentiel

Correspond à la valeur de la polarisation membranaire qui permettrait d'orienter favorablement les molécules qui ouvrent le canal sodique rapide.

4) Périodes réfractaires absolue et relative :

L'intensité de stimulation est minimale au cours de phase 4 (diastole électrique) par contre elle est infinie pendant la plus grande partie du potentiel d'action signifiant ainsi que la cellule cardiaque est inexcitable quelque soit l'intensité délivrée, ce qui détermine la période réfractaire absolue.

Au cours de la phase 3 du potentiel d'action, des stimuli d'intensité supraliminaire peuvent provoquer des réponses soit locales, soit susceptibles d'être propagées aux cellules voisines. Ces réponses présentent une forme anormale et une vitesse de propagation ralentie.

Cette période située entre la fin de la période réfractaire absolue (PRA) et le retour à une excitabilité normale définit la période réfractaire relative (PRR)

L'automatisme cardiaque

I. Définition :

L'automatisme est la propriété qu'ont les cellules de se dépolariser spontanément et rythmiquement. A côté des cellules cardiaque banales, il existe des cellules plus petites et pauvre en myofibrilles qui constituent un tissu spécialisé repartit au sein de la masse cardiaque : il s'agit du tissu nodal.

II. Disposition anatomique du tissu nodal :

Les cellules spécifiques du tissu nodal sont groupées soit en amas cellulaire (ou nœud cellulaire) et en faisceaux.

A. Nœud sinusal de Keith et Flack :

Il est situé dans la paroi externe de l'oreillette droite sous l'épicarde à l'abouchement de la veine cave supérieure. Il mesure environs 1cm de long. De ses pôles partent plusieurs faisceaux qui cheminent à travers l'étage auriculaire.

B. Le nœud auriculo-ventriculaire d'Aschoff Tawara :

Il est situé dans le septum inter-auriculaire a proximité de la valve tricuspide. Son aspect est grossièrement ovoïde et mesure environs 1cm de long.

C. Faisceaux de HIS

Le tronc du faisceau de HIS fait suite au nœud auriculo-ventriculaire et s'engage entre les anneaux auriculo-ventriculaire de la structure fibreuse du cœur. Il chemine en bas et en avant pour se diviser en deux branches droite et gauche destinées aux deux ventricules.

D. Le réseau de Purkinje :

Il est formé par l'ensemble des ramifications distales des deux branches du faisceau de HIS. Il constitue une structure très dense tapissant l'ensemble de la couche sous-endocardique réalisant des anastomoses entre les territoires voisins.

III. Activation normale du cœur :

A. Activation auriculaire.

L'onde électrique prend naissance dans le nœud sinusal de Keith et Flack appelé encore le pacemaker cardiaque. A partir de là, l'onde électrique se propage d'abord au niveau de l'oreillette droite puis passe a l'oreillette gauche par l'intermédiaire du faisceau de Bachmann avec un retard de 0.01 à 0.02 seconde.

B. Conduction auriculo-ventriculaire

L'onde d'activation atteint la région juxta-nodale bien avant la fin de l'activation auriculaire. Elle subit un retard important au niveau de la zone de jonction auriculo-nodale puis chemine rapidement vers le nœud auriculo-ventriculaire et le tronc du faisceau de HIS.

C. Activation ventriculaire

A partir du tronc de faisceau de HIS, l'influx chemine dans la partie distale des branches, atteignant de proche en proche le réseau de Purkinje, ensuite la dépolarisation s'effectue de l'endocarde vers l'épicarde. Dans l'ensemble les parois des deux ventricules sont activées simultanément, les régions basales étant les dernières à être activées.

D. modulations du rythme sinusal :

Les cellules du nœud sinusal ont le potentiel d'action le plus rapide, c'est pour cela que le nœud de Keith et Flack impose son rythme à l'ensemble du cœur. Le rythme physiologique est appelé « rythme sinusal ». Ce dernier est soumis à une double commande.

1. La commande intrinsèque :

Elle réalise l'automatisme cardiaque. En effet, en un point privilégié du tissu nodal, des modifications spontanées et rythmées de la perméabilité membranaire donnent naissance à une onde de dépolarisation rythmée, cette onde de potentiel d'action va se propager dans tout le tissu nodal ainsi que dans le tissu musculaire cardiaque de voisinage.

2. Commande extrinsèque :

Le cœur reçoit à partir du système nerveux central deux nerfs à action opposée, il s'agit :

- Du système cardio-inhibiteur représenté par le nerf parasympathique.
- Et du système cardio accélérateur représenté par le nerf sympathique.

a) Action du système sympathique (noradrénaline)

- Il accélère la fréquence cardiaque et diminue la durée de la diastole : c'est l'effet chronotrope positif.
- Il augmente la force de contraction du myocarde : c'est l'effet inotrope positif.
- Il augmente l'excitabilité du cœur (diminue le temps de conduction auriculo-ventriculaire) : c'est l'effet bathmotrope positif.
- Il augmente la vitesse de conduction : c'est l'effet dromotrope positif.

La noradrénaline libérée par l'arrivée de l'influx nerveux au niveau des extrémités des nerfs sympathique agit sur le tissu nodal et sur les cellules myocardiques. Son effet est d'accélérer la dépolarisation des cellules ce qui accélère leur contraction.

b) Actions du système parasympathique :

Il provoque les actions inverse du sympathique, son médiateur chimique est l'acétylcholine. L'acétylcholine libérée par l'arrivée de l'influx nerveux au niveau de l'extrémité parasympathique va provoquer une hyperpolarisation par augmentation de la perméabilité membranaire aux ions K⁺. Ces

derniers vont quitter la cellule ce qui va provoquer l'inhibition de l'onde de dépolarisation et donc arrêter la contraction.

En conclusion il faut noter que cette double commande prédomine au niveau du nœud sinusal et exerce de façon permanente un effet inhibiteur (ou plutôt modérateur). En effet l'automatisme intrinsèque assure à lui seul un rythme sinusal de 120 à 140 battement/minute et c'est le frein vagal qui vient réajuster cette fréquence au rythme de 70 battement/minute ce qui correspond à la fréquence cardiaque normale chez l'adulte.