|  |
| --- |
| [Tapez le nom de la société] |
| Physiologie de la membrane cellulaire  |
| Electrophysiologie  |
|  |
| **Dr Benahmed**  |
| **2019-2020** |

# INTRODUCTION

**Les neurones** qui représentent l’unité fonctionnelle **de transfert d’information** au niveau du système nerveux.

# STRUCTURE DU NEURONE

Le neurone est composé d’un **corps cellulaire (ou soma)** et de deux **types** prolongements; **les dendrites**, et **l’axone.**

1. *Le corps cellulaire (soma) :* le soma  contient ;
* Le **cytoplasme**; dans lequel baigne les organites habituels ; réticulum endoplasmique, appareils de Golgi, des mitochondries, et les éléments du cytosquelette ; qui sont **microtubules**, des **microfilments** et des **neurofilaments**.
* **Et un noyau ;** qui contient les chromosomes nécessaires à la synthèse des protéines neuronales.
1. *Les dendrites :* les dendrites sont **des prolongements** de longueurs variables, de diamètre qui diminue en allant corps cellulaire vers l’extrémité distale.

Les dendrites **reçoivent** les connexions provenant d’autres neurones ; par l’intermédiaire des épines dendritiques.

Les dendrites **conduisent** **de façon essentiellement «passive» les phénomènes électriques depuis leur extrémité distale vers le corps cellulaire**.

* Les dendrites et le soma sont des structures spécialisés dans **la réception** de **d'intégration** des informations en provenance des autres neurones.
1. *L’axone :* l’axone prend son origine au niveau **du cône axonal** (cône d’implantation). L’axone a un diamètre régulier (reste constant). Sa longueur est variable selon le type de neurone (peuvent atteindre jusqu'à un mètre de longueur).

La partie terminale de l’axone présente des arborisations dont chacune se termine par une région spécialisée nommé **bouton synaptique**.

**L’axone, conduit l’information de façon « active »sous forme de potentiel d’action (PA)**.

Certains axones sont entourés alors d’une gaine de myéline (axones **myélinisés)**, d’autres axones ne sont pas entourés d’une gaine de myéline (axones amyéliniques ou **non myélinisés**).

# Propriétés électriques du neurone : Les neurones possèdent deux propriétés fondamentales ;

* **Polarisation de repos :** comme toutes les autres cellules de l’organisme, elles engendrent une différence de potentiel de part et d’autre de leur membrane.
* **L’excitabilité :** c’est la capacité de la membrane neuronale à répondre à une stimulation par un changement brutal de ce potentiel de repos en **potentiel d’action.**
* **La conduction**: est la capacité des axones de transmettre les informations sous formes de signaux électriques appelés **potentiels d’actions.**

# Potentiel de repos

1. Définition : es une différence de potentiel entre les faces de la membrane( V interne – V externe par convention) de l’ordre de – 60 à – 75 mV dans les fibres nerveuses, et un peu plus élevé dans les fibres musculaires, de l’ordre de – 80 à – 90 mV.
2. Mise en évidence

Le potentiel de repos peut être mis en évidence sur un neurone (ou axone géant de calmar, dont le diamètre > a 1mm).A l’aide de deux microélectrodes reliées à un oscilloscope(ou voltmètre) : une microélectrode placée a la surface, l’autre placée à l’intérieur de l’axone. Dans ces conditions ; il apparait une différence de potentiel de *-60 mV*, cette différence de potentiel représente *le potentiel du repos.*

1. Origine ionique du potentiel de repos
* les milieux intra et extra cellulaires sont des milieux aqueux qui contiennent des ions a des concentrations différentes .

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Ions (mm)** | **Milieu intracellulaire**  | **Milieu extracellulaire** | **Potentiel d’équilibre (mV)** |
| K+ | 400 | 20 | -75 |
| Na2+ | 50 | 440 | +52 |
| Ca2+ | 0.001 | 1 | +116 |
| Cl- | 50 | 650 | -61 |
| A- | 330 | 0 | / |
| Potentiel de repos |  |  | -60 mV |

* donc le potentiel de repos est peut être lié à une différence de répartition des ions de part et d’autre de la membrane.
* Cette différence de concentra tion ionique de part et d’autre de la membrane est maintenue par trois mécanismes :
* ***La perméabilité sélective de la membranaire aux ions*,** que protéines membranaires, qui constituent des canaux spécifiquement perméables aux ions Cl-, Na+ et K+. Plus la membrane est riche en canaux ioniques d’une espèce ionique, plus elle sera perméable à cet ion.
* A *la* ***présence de protéines intracellulaires*** qui sont de gros anions non diffusibles (protéinates A-), qui créent une électronégativité intracellulaire qui empêche les ions K+ de migrer complètement vers le milieu extra cellulaire «  *l’équilibre de Gibbs-Donnan »*
* Et *aux* ***Systèmes de transport actif (pompe Na+-K+ ATP ase)*** ; qui expulse continuellement 3Na+ hors de la cellule chaque fois qu’elle fait entrer 2k+.

# Potentiel d’action

1. Définition : Le potentiel d'action (PA) correspond à un changement transitoire du potentiel membranaire suite à une stimulation.
2. Mise en évidence :

Sur une préparation contenant : Un neurone (axone géant de Calmar) dans une solution physiologique, 02 microélectrodes de mesure (l’une inséré à travers la membrane et l’autre de référence situé dans le milieu extracellulaire) et 02 microélectrodes de stimulation qui délivre des impulsions électriques rectangulaire (intensité et duré réglable). Et enfin un oscilloscope cathodique pour visualiser les résultats.

Après stimulation électrique supraliminaire on observe : une inversion brutale du potentiel membranaire, qui correspondant à une dépolarisation rapide suivit d’une repolarisation moins rapide et enfin retour du potentiel à sa valeur de repos ; ce phénomène est appelé « potentiel d’action ».

1. Origine ionique : Le potentiel d’action est dû aux changements transitoires des perméabilités membranaires aux ions.
* L’utilisation de la technique de **tension imposée** , et la technique de **patch-clamp** , ainsi que **des drogues spécifiques bloquants les canaux ioniques** ; la **tétrodotoxine (TTX)**, bloquant spécifique des **canaux sodium** sensibles à la tension, ou le **tétra-éthyl-ammonium (TEA)**, bloquant spécifique des **canaux potassium** sensibles à la tension , montre que ;lors de la dépolarisation d’un axone, un courant sodium entrant apparait très rapidement, puis s’annule (réaction d’inactivation) et un courant potassium sortant augmente plus lentement, mais ne s’inactive pas.
* le potentiel d’action est composé de trois phases, qui correspondent aux différentes conformations des canaux ioniques :
1. phase de dépolarisation : ouverture rapide des canaux Na+ voltage-dépendants, ce qui permet une entrée massive de Na+ (augmentation rapide de la conductance au Na+) ; qui ramène le potentiel de la membrane vers le potentiel d’équilibre du Na+.
2. phase de repolarisation : fermeture des canaux à Na+ voltage-dépendants (diminution de la conductance du Na+) et en même temps ouverture des canaux K+ voltage-dépendants qui permet une la sortie du K+ (augmentation de la conductance du K+).
3. post-hyperpolarisation : la conductance du K+ reste élevée plusieurs millisecondes ce qui permet une fuite accrue d’ions K+ qui ramène le potentiel de la membrane vers son potentiel d’équilibre.

L’activité de la pompe Na+-K+-ATP ase rétablit le potentiel à son état de repos.

1. Propriétés du potentiel d’action : le potentiel d’action présente 03 propriétés :
2. Le seuil de déclenchement :

Le déclenchement du potentiel d’action nécessite, l’utilisation d’une intensité de stimulation supérieure au seuil d’activation des canaux sodiques potentiel dépendants (**intensité supraliminaire**).

1. La loi du tout ou rien :

Le PA ne se déclenche pas pour des intensités inférieures au seuil mais au dessus de la valeur seuil il ne change pas d’amplitude c’est **« la loi de toute ou rien»**

1. La période réfractaire :
* **La période réfractaire absolue :**

Si deux stimuli sont **très rapprochés**, le deuxième choc **ne provoque pas de réponse** de la de l’axone, ceci est dû à l’état **inactivable des canaux sodiques**.

* **La période réfractaire relative :**

Si deux stimuli sont **espacés**, chacun des deux stimuli **déclenche** un potentiel d’action, ceci est dû à l’état fermé **activable des canaux sodiques**.

# Conduction de l’influx nerveux :

1. Mise en évidence :

Un courant dépolarisant supraliminaire injecté à un point donné de la membrane d’un axone géant de Calmar, déclenche sur toute sa longueur des PA d’amplitude constante.

1. Mécanisme ionique de propagation de PA

Le déclenchement d’un potentiel d’action en un point, provoque la formation de **lignes de courant qui se rebouclent**, ceci provoque **l’ouverture de canaux sodiques**, et déclenche alors un autre potentiel d’action qui se propage à son tour en répétant, le même cycle jusqu’à l’extrémité de l’axone.

1. vitesse de propagation de PA: la vitesse de conduction dépend de 02 facteurs :
* ***Le diamètre de l’axone :*** Plus le diamètre de l'axone est de grand, plus sa vitesse de conduction est grande.
* ***La gaine myéline :*** la gaine myéline joue le rôle d’un**isolant électrique** ce qui **augmente la vitesse de propagation de PA**.
* pour des **axones non myélinisés** ; le PA se propage de proche en proche ; et la **vitesse** de conduction est **lente**, de l’ordre de 0,5 à 2 m/s.
* Pour les **axones myélinisés**; le PA se propage d’une manière **saltatoire**, d’un nœud de Ranvier à un autre ; ce qui permet d’**augmenter la vitesse de conduction** qui se situe entre 2 et 120 m/s selon le type de fibre myélinisée.

Ces deux aspects morphologiques (diamètre, myéline) ont permis d’établir des classifications des fibres nerveuses.