

Les propriétés du tissu nerveux

Le système nerveux est essentiellement formé de cellules nerveuses ou neurones qui lui confèrent ses propriétés. Les neurones sont caractérisés par le fait qu'ils possèdent des prolongements cytoplasmiques (axone et dendrites) parcourus par l'influx nerveux.

I- Le tissu nerveux

A- Structure du nerf

La coupe transversale du nerf montre de nombreuses fibres nerveuses groupées en faisceau. Chaque faisceau est entouré par une membrane appelée perinèvre. L'ensemble des faisceaux est entouré par une autre membrane qui est l'épinèvre. Au centre de la fibre nerveuse on remarque un filament axial appelé cylindraxe (axone). Il est entouré par 2 membranes :

- La première est épaisse et correspond à la gaine de myéline qui présente des interruptions appelées nœuds de Ranvier
- La 2^e est mince et correspond à la gaine de Schwann qui possède des noyaux



B- Structure du neurone

On appelle neurone la cellule nerveuse formée d'un corps cellulaire (noyau + cytoplasme), de dendrites et d'un axone se terminant par une arborisation terminale. Le neurone est l'unité anatomique et fonctionnelle du système nerveux. La caractéristique du neurone est de transmettre l'influx nerveux

II- La nature du message nerveux

A- Principe de fonctionnement de l'oscilloscope cathodique . La tension établit entre les plaques verticales A et B croît proportionnellement au temps puis revient brusquement à sa valeur initiale. C'est cette modification périodique qui provoque le balayage horizontal XX'. Les plaques horizontales CD sont reliées au nerf. La variation de tension C et D provoque un déplacement du spot dans le sens vertical YY'

B- Schéma du dispositif expérimental

Le stimulateur et les électrodes d'excitation E1E2 : Il stimule le nerf par l'intermédiaire des électrodes E1E2

Électrodes réceptrices R1R2 : Elles réceptionnent l'influx nerveux né sous les électrodes excitatrices

Amplificateur : Il amplifie ou augmente la réponse du nerf envoyée à l'oscillo par les électrodes réceptrices

Oscilloscope cathodique : C'est l'élément du montage qui rend visible la réponse du nerf

C- Notion de potentiel de membrane et de potentiel d'action

1- Le potentiel de repos ou de membrane

Sur une fibre nerveuse (axone de Calmar) on place une électrode à la surface et on enfonce une microélectrode à l'intérieur (La microélectrode est fabriquée pour être introduite dans le nerf en perçant la membrane sans provoquer de lésions suffisantes pour altérer sensiblement la structure du nerf). Electrode de surface et microélectrode sont reliées à l'oscillo

On constate qu'il y a toujours un balayage horizontal. Celui-ci n'est plus à 0 mV (potentiel de référence) mais plutôt à -70 mV : C'est le potentiel de repos

IL existe donc une différence de potentiel entre l'intérieur de la fibre chargé négativement et l'extérieur chargé positivement. Cette DDP est appelé potentiel de repos (qu'il ne faut pas confondre avec le potentiel de référence 0 mV)

Interprétation du potentiel de repos

Au repos il y a une inégale répartition des ions (Na^+ et K^+) entre l'intérieur de la cellule chargé négativement et l'extérieur chargé positivement . L'extérieur est plus concentré en Na alors que l'intérieur est plus concentré en K^+ . Ce déséquilibre ionique maintenu par la pompe sodium/potassium dépendante génère un potentiel négatif de - 70 mV de l'intérieur par rapport à l'extérieur

ions \ Milieux	Na^+	K^+	Cl^-
Milieu extracellulaire	440	22	560
Milieu intracellulaire	49	410	40

Principaux ions des milieux extra et intracellulaire (axone de Calmar)

2 Le potentiel d'action

Les 2 électrodes d'excitation et les 2 électrodes de réception sont à la surface du nerf. La DDP que l'on peut mesurer dans cette expérience est le potentiel d'action diphasique ou bi phasique

a- interprétation électrique du PA diphasique

A : Artéfact de stimulation : phénomène non biologique marquant le moment de l'excitation

AB : Temps de latence : temps compris entre le moment de l'excitation (A) et le début de la réponse du nerf (B) Les 2 électrodes R1R2 reposant à la surface du nerf sont au même potentiel donc DDP= 0 mV

BC : La dépolarisation du nerf atteint R1 qui devint négative et cela entraîne une DDP entre R1 et R2 qui reste positive

CD : La repolarisation progressive du nerf (au niveau de E1). L'onde de négativité est entre R1 et R2 qui sont au même potentiel 0 mV

DE : La dépolarisation du nerf atteint R2 qui devient négative et cela crée une DDP entre R1 positive et R2

EF : Répolarisation du nerf (au niveau de E2). C'est le retour au potentiel de référence 0 mV

b- Interprétation ionique du potentiel d'action

- phase de dépolarisation (Inversion de la polarité)

Au point excité des canaux spécifiques aux ions Na^+ (canaux fermés au repos) s'ouvrent dès que la membrane subit une dépolarisation suffisante. Les ions Na^+ pénètrent alors massivement dans la cellule inversant la polarité membranaire

- Phase de répolarisation (Retour à la polarisation)

Elle comprend 2 temps :

- Phase passive

Alors que les canaux Na^+ se ferment des canaux K^+ s'ouvrent brièvement à leur tour permettant une sortie également massive de K^+ et une répolarisation de la membrane

Phase active

Les ions Na^+ qui étaient rentrés à l'intérieur du nerf sont expulsés tandis que les ions K^+ qui étaient sortis lors de la phase passive rentrent dans le nerf. Ces mouvements inverses se produisent grâce à la pompe Na/K qui est une enzyme protéique (ATP ase). La pompe est capable à la fois d'hydrolyser l'ATP et d'utiliser l'énergie ainsi libérée pour assurer le transfert des ions Na^+ et K^+ contre leur gradient de concentration

c- L'hyperpolarisation (Augmentation de la polarisation)

Elle s'explique par une sortie exagérée des ions K^+ ou une entrée des ions Cl^- (cas des synapses). Dans tous les cas il y a une augmentation des charges négatives de l'intérieur (allongement du potentiel de repos)

III- Les propriétés des structures nerveuses

Soit la préparation nerf-muscle suivante (Voir schéma)

On peut donc dire que le nerf est excitable et qu'il est conducteur.

L'excitabilité et la conductibilité sont les 2 propriétés fondamentales du nerf

A- l'excitabilité

L'excitabilité est la faculté de réagir à l'application d'un agent extérieur appelé excitant

1 - Les excitants

Un excitant peut être mécanique (pincement), thermique (glaçon), chimique (acide), électrique (courant électrique). Quelque l'excitant, le nerf n'a qu'une réponse : L'influx nerveux

2- Notion de seuil, de rhéobase et de chronaxie

Si on excite le nerf sciatique d'une grenouille avec un courant d'intensité très faible on n'obtient aucune réponse (pas de réaction du crapaud). En augmentant progression l'intensité de stimulation, pour une valeur donnée de celle-ci, on obtient une réponse (la plus petite réaction du crapaud)

L'intensité minimum au dessous de laquelle un nerf n'est pas excité quelque soit le temps de stimulation est la rhéobase.

A chaque intensité efficace de l'excitant correspond une durée minimum d'application qu'on appelle temps utile. Plus l'intensité est grande plus le temps utile est bref et inversement

La chronaxie est le temps minimum d'application correspondant à un courant d'intensité double de la rhéobase. Les nerfs les plus excitables ont la chronaxie la plus faible. Les fibres nerveuses les plus grosses sont les plus excitables.

La chronaxie des fibres nerveuses n'est pas déterminée une fois pour toute. Le cervelet peut la modifier. Certaines substances chimiques modifient également la chronaxie de fibres.

Les muscles sont également excitables. Leur chronaxie est la même que celle des nerfs qui les commandent. Le curare (poison d'origine végétale que les indiens d'Amérique mettent au bout de leur flèche pour tuer le gibier) par exemple modifie la chronaxie des muscles sans modifier celle des nerfs. Ce qui provoque une paralysie qui entraîne une mort presque immédiate

3- La réponse de la fibre nerveuse : La loi du «tout ou rien »

A une fibre nerveuse isolée (axone de calmar), lorsqu'on applique des stimuli d'intensité croissante, on remarque qu'au dessous du seuil il ne se passe rien. A partir du seuil on a d'emblée un potentiel d'action maximum. On dit que la fibre nerveuse répond à la loi du tout ou rien

▪ Interprétation

Intensités infraliminaires : Pas d'ouverture des canaux aux ions Na

Intensité liminaire : Ouverture complète des canaux à Na dépendant

Intensités supraliminaires : Pas d'ouverture supplémentaire



4- Réponse du nerf entier : Seuil et sommation

Sur un nerf entier, à partir du seuil, en augmentant l'intensité de stimulation, on obtient des réponses (potentiel d'action) de plus en plus importantes. A partir d'une certaine intensité, l'importance de la réponse ne varie plus quelque soit l'intensité.

Interprétation

Cela s'explique par le fait que le nerf est composé de plusieurs fibres nerveuses. Le PA enregistré à son niveau est la somme des PA de toutes les fibres nerveuses excitées. Une faible intensité touche un petit nombre de fibres nerveuses (les plus grosses). Quand l'intensité croît, un nombre de plus en plus élevé de fibres nerveuses est excité. Quand toutes les fibres nerveuses sont touchées, l'amplitude de la réponse ne peut plus augmenter

5- La période réfractaire

La période réfractaire est la période d'inexcitabilité du nerf ou de la fibre nerveuse pendant laquelle la structure ne répond plus quelque soit l'intensité de stimulation

Elle est due au fait que le déséquilibre ionique n'est pas rétabli de part et d'autre de la membrane de la fibre nerveuse (plus d'ions Na⁺ extracellulaire)

B- La conductibilité

La conductibilité est la faculté de pouvoir transmettre l'influx nerveux. L'influx nerveux est une perturbation qui prend naissance au point excité et qui se propage le long du nerf jusqu'à l'organe effecteur

1- Mesure de la vitesse de conduction de l'influx nerveux

On fait 2 mesures :

- Dans le 1^{er} cas la distance entre la cathode (S2) et la 1^{ère} électrode réceptrice (R1) est d1 parcourue en 1 temps t1
- Dans le 2^e cas la distance entre la cathode (S2) et la 1^{ère} électrode réceptrice (R3) est d2 parcourue en un temps t2

Si l'on superpose les 2 tracés des PA en faisant coïncider l'artéfact, on constate un décalage dans les PA.

Soit Δt le temps qui sépare les 2 PA. Il est dû au temps mis par l'influx nerveux pour parcourir $d = d_2 - d_1$. La vitesse V obtenue est $V = \frac{d}{\Delta t} = \frac{d_2 - d_1}{\Delta t}$. La vitesse obtenue est de l'ordre

t de 25 à 30 m/s



La vitesse de l'influx dépend de plusieurs facteurs :

a- diamètre de la fibre nerveuse

Plus le diamètre de la fibre est grand, plus la vitesse est grande

b- Température du milieu

La vitesse de l'influx passe de 25 à 100 m/s quand la température augmente de 18 à 37°C

c- Nature de la fibre nerveuse

- Conduction dans une fibre a myélinisée

Il se crée au niveau de la partie excitée un flux d'ions qui engendre des courants locaux excitateurs qui provoquent le déplacement de proche en proche de la zone superficielle négativée. C'est la théorie des courants locaux ou le déplacement de proche en proche ou la théorie de la conduction continue (tout se passe comme si les charges + les plus proches venaient combler le « creux » des charges négatives)

- Conduction dans une fibre myélinisée

Le manchon de myéline sert d'isolant. Il n'y a pas de courants locaux à son niveau. Les charges les plus proches se trouvent aux nœuds de Ranvier (interruption de la gaine de myéline). Les charges « sautent » d'un nœud de Ranvier à l'autre. C'est la théorie de la conduction saltatoire. La vitesse de l'influx est plus rapide

2- Sens de conduction de l'influx nerveux

-conduction in vitro

Dans les conditions expérimentales (in vitro), lorsque le nerf est isolé, la conduction de l'influx se fait dans les 2 sens

- Conduction in vivo

Dans les conditions normales et physiologiques (in vivo), dans les fibres nerveuses, l'onde de négativité se déplace de l'arborisation d'un neurone vers le corps cellulaire du neurone voisin. La transmission de l'influx se fait ainsi à sens unique imposée par la

synapse (la synapse ne peut être franchie que dans un sens). Il existe ainsi 2 sortes de fibres nerveuses :

- Les fibres nerveuses centripètes ou sensitives qui conduisent l'influx de la périphérie vers les centres nerveux
- Les fibres nerveuses centrifuges ou motrices qui conduisent l'influx des centres nerveux vers la périphérie (organes effecteurs)

IV- La transmission synaptique



A- Notion de synapse

La synapse est une zone de contact de deux neurones (synapse neuroneuroniques) ou entre un neurone et le muscle (synapse neuromusculaire ou plaque motrice) qu'il innerve

B-Notion de neuromédiateur

Le neuromédiateur est une substance libérée par la terminaison axonique et qui assure chimiquement la transmission de l'influx nerveux. Il existe plusieurs neuromédiateurs parmi lesquels on peut citer l'acétylcholine, l'adrénaline, la sérotonine, l'aspartate, le gaba...

C- Le fonctionnement d'une synapse ou le mécanisme de la transmission synaptique

1- Cas de la synapse neuromusculaire

La transmission du potentiel d'action nerveux (influx nerveux) à la cellule musculaire se déroule de la façon suivante :

- Arrivée du potentiel d'action au niveau du bouton synaptique (renflement de l'axone)
- Entrée massive des ions Ca^{++} à travers la membrane du bouton synaptique
- Libération par exocytose dans la fente synaptique d'un certain nombre de molécules du neuromédiateur (acétylcholine), stockées jusque-là dans des vésicules du cytoplasme axonique
- Fixation des molécules d'acétylcholine sur des canaux à Na^+ (récepteurs spécifiques) de la membrane post-synaptique, ce qui provoque leur ouverture
- Entrée massive de Na^+ qui déclenche la dépolarisation de la membrane post synaptique
- Naissance d'un potentiel d'action musculaire post synaptique qui va se propager le long de la membrane de la fibre musculaire
- Hydrolyse de l'acétylcholine, fixée sur les récepteurs post synaptiques par l'acétylcholinestérase présente à forte concentration dans la fente synaptique et fermeture des canaux à Na^+ chimio dépendant
- Recapture ou réabsorption par la terminaison pré synaptique d'acétylcholine

2- Cas de la synapse neuroneuroniques

Certaines synapses neuroneuroniques ont un fonctionnement tout à fait comparable à celui de la synapse neuromusculaire cad que le neuromédiateur libéré (acétylcholine ou tout autre molécule) ouvre les canaux Na et dépolarise la membrane post synaptique. On obtient alors un potentiel post synaptique excitateur (PPSE). Si le PPSE atteint un

seuil, il y a la naissance et la propagation d'un PA post synaptique (Synapses excitatrices)

En revanche, le neuromédiateur libéré dans d'autres synapses neuroneuroniques, déclenche généralement l'ouverture des canaux Cl⁻. La pénétration des ions Cl⁻ entraîne un PPSI qui provoque une hyperpolarisation de la membrane post synaptique. Ces synapses (inhibitrices) ne donnent jamais de dépolarisation et ne peuvent pas être à l'origine d'un PA

3- synapses excitatrices et synapses inhibitrices

 **Fomesoutra.com**
ça soutra !
Docs à portée de main

Dans le système nerveux, un neurone reçoit en général un grand nombre de boutons synaptiques (plusieurs milliers) et ses propres boutons synaptiques le mettent en rapport avec de nombreux autres neurones. Toutes ces synapses n'ont pas le même neuromédiateur et donc n'ont pas le même rôle. Certaines sont excitatrices (dépolarisation par entrée d'ions Na⁺). D'autres sont inhibitrices (hyperpolarisation par entrée d'ions Cl⁻).

De la somme algébrique des dépolarisations et des hyperpolarisations dépend de la transmission ou du non transmission du message nerveux

 **Fomesoutra.com**
ça soutra !
Docs à portée de main