

Activité 2: Les caractéristiques du message nerveux - Correction

Les fibres nerveuses véhiculent des messages nerveux des récepteurs sensoriels aux centres nerveux ou de ces derniers vers les effecteurs.

Quelles sont les caractéristiques des messages transmis par les fibres nerveuses ?

Il existe une inégale répartition de certains ions (anions – et cations +) entre les milieux intra et extra cellulaires de toutes cellules vivantes, le milieu intracellulaire étant chargé négativement et le milieu extra cellulaire positivement. Cette différence de charge trans-membranaire (ou ddp pour différence de potentiel) induit une tension électrique ou potentiel trans-membranaire (ou potentiel de membrane); celui ci est variable selon le type de cellule (- 20 mV pour les cellules de la rétine; - 90 mV pour les cellules musculaires).

1: Dispositif de mesure du potentiel de membrane:

Il est possible de mesurer le potentiel de membrane ou différence de potentiel trans-membranaire d'une cellule en utilisant deux micro-électrodes reliées à un oscilloscope. L'une des micro-électrodes (micro-électrode de référence) doit être placée dans le milieu extra-cellulaire, la seconde micro-électrode doit être placée dans le cytoplasme de la cellule. (Voir document 1 page 334)

2: Mesure du potentiel de repos d'un neurone:

On mesure une différence de potentiel de -70 mV de part et d'autre de la membrane plasmique d'un axone au repos (non stimulé). La face interne de la membrane est donc chargée négativement par rapport à la face externe. Cette différence de potentiel trans-membranaire, ou potentiel de membrane, est appelée potentiel de repos.

3: Mesure du potentiel d'action d'un neurone

En dessous d'une valeur seuil de l'intensité de stimulation, la fibre répond par une diminution de la différence de potentiel trans-membranaire (dépolariation) dont l'amplitude diminue jusqu'à s'annuler au cours de la propagation sur l'axone. Une fois le seuil de stimulation atteint, la réponse de la fibre nerveuse est un potentiel d'action, qui constitue le signal élémentaire des messages nerveux. Il s'agit d'une inversion transitoire de la polarisation membranaire, qui se propage le long de l'axone sans modification. Les caractéristiques du potentiel d'action sont identiques, quelle que soit l'intensité de la stimulation: d'une durée de quelques millisecondes, il est constitué:

- d'une phase de dépolariation où le potentiel de membrane passe de -70 mV à 0 mV
- d'une phase d'inversion du potentiel de membrane: 0 mV → + 30 mV → 0 mV
- d'une phase de repolarisation plus lente: 0 mV → - 70 mV
- d'une phase d'hyperpolarisation: le potentiel devient encore plus électronégatif

Une fibre nerveuse répond donc à la loi du tout ou rien:

- Soit l'intensité de stimulation est supérieure à une valeur seuil, et l'on observe une réponse d'emblée maximale qui ne varie pas quelle que soit l'intensité du stimulus: le potentiel d'action;
- Soit l'intensité de stimulation est inférieure à cette valeur seuil, et il n'y a pas de potentiel d'action.

4: Le codage de l'information dans un neurone

L'intensité de la réponse à la stimulation d'une fibre nerveuse est codée en fréquences de potentiels d'action. Ainsi, la stimulation d'un récepteur sensoriel avec une intensité supérieure au seuil génère, au niveau d'une fibre nerveuse, un message nerveux constitué d'une succession de potentiels d'action ou train de potentiels d'action. La fréquence des potentiels d'action augmente avec l'intensité de la stimulation du récepteur; cette intensité ne modifie pas l'amplitude des potentiels d'action (loi du tout ou rien).

5: Le potentiel global d'un nerf

Une électrode réceptrice placée à la surface d'un nerf permet d'enregistrer, à la suite d'une stimulation électrique, l'apparition d'une différence de potentiel temporaire. Cette différence de potentiel est appelée potentiel global du nerf: c'est la traduction électrique du message nerveux en surface d'un nerf stimulé.

La réponse du nerf dépend de l'intensité de la stimulation:

- En dessous d'une valeur seuil, on n'obtient aucune réponse.
- Au-delà de cette valeur seuil, toutes les stimulations sont efficaces et entraînent un potentiel global dont l'intensité est, elle, proportionnelle à l'intensité de la stimulation.

6: Le codage de l'information dans un nerf

L'amplitude du potentiel global du nerf augmente avec l'intensité de la stimulation, jusqu'à atteindre une amplitude maximale qui ne peut être dépassée. Les variations du potentiel global selon l'intensité de stimulation s'expliquent par la structure d'un nerf: il est constitué par un ensemble de fibres nerveuses, chacune caractérisée par un seuil de stimulation. Plus le nombre de fibres stimulées est grand, plus l'amplitude du potentiel global du nerf est importante. Lorsque toutes les fibres sont recrutées le potentiel du nerf est maximal et ne peut plus augmenter même si l'intensité de la stimulation augmente.

Activité 3: Le fonctionnement de la synapse neuro-musculaire - Correction

Chaque terminaison synaptique d'un moto-neurone est en contact avec une fibre musculaire au niveau d'une plaque motrice. Cette zone de communication entre le moto-neurone et la fibre musculaire est qualifiée de synapse neuro-musculaire. Une synapse est une zone de communication entre deux cellules, on parle de synapse neuro-neuronique lorsque cette communication s'établit entre deux neurones; et de synapse neuro-musculaire lorsque la communication s'établit entre un neurone et une fibre musculaire.

Comment l'arrivée d'un message nerveux moteur au niveau d'une plaque motrice commande-t-elle la contraction de la fibre musculaire ?

1: Le délai synaptique

La distance calculée parcourue par le message nerveux entre l'électrode de stimulation et l'électrode d'enregistrement est de 20 cm, ce qui fait beaucoup trop pour une petite grenouille de laboratoire ! On en déduit que la vitesse de propagation des messages nerveux au niveau d'une synapse est plus faible que le long d'un axone. La communication synaptique est lente.

2: Fonctionnement d'une synapse neuro-musculaire

Document 2: Organisation d'une synapse neuro-musculaire

La terminaison synaptique est séparée de la fibre musculaire par une fente synaptique. Il n'y a pas de contact physique entre les deux cellules, donc le message nerveux (potentiel d'action) qui est de nature électrique ne peut être transmis directement d'une cellule à l'autre.

La terminaison synaptique contient des vésicules de neurotransmetteurs (ici l'acétylcholine) qui peuvent fusionner avec la membrane pré synaptique du neurone (exocytose) et déverser leur contenu (neurotransmetteurs) dans la fente synaptique.

Document 3: Localisation des récepteurs à l'acétylcholine

La membrane post synaptique (membrane plasmique des fibres musculaires) contient des récepteurs spécifiques à l'acétylcholine.

Document 4: Effet de la toxine botulique

En l'absence de toxine, la stimulation du neurone induit une baisse de la fluorescence de la terminaison synaptique ce qui s'interprète par l'exocytose des vésicules synaptiques. En présence de toxine (paralysant musculaire) l'exocytose n'a pas lieu. On en déduit que la contraction musculaire nécessite l'exocytose des vésicules de neurotransmetteurs.

Document 5: Effet du curare

Le curare a la propriété de se fixer sur les récepteurs spécifiques de l'acétylcholine, ce qui entraîne une paralysie musculaire. On en déduit que l'action de l'acétylcholine sur la fibre musculaire (induction de la contraction) repose sur une interaction spécifique entre l'acétylcholine et ses récepteurs spécifiques.

Conclusion: L'arrivée d'un message nerveux (train de potentiels d'actions) dans la terminaison synaptique du neurone moteur induit l'exocytose des vésicules de neurotransmetteurs et la libération de l'acétylcholine dans la fente synaptique. La fixation de l'acétylcholine sur ses récepteurs spécifiques au niveau de la membrane post synaptique des fibres musculaires induit la genèse d'un potentiel d'action musculaire qui entraîne la contraction du muscle.

3: Le codage de l'information au niveau d'une synapse

Plus l'intensité de la stimulation est importante et plus la libération de neurotransmetteurs dans la fente synaptique est forte. Au niveau d'une synapse, le message nerveux est codé en concentration de neurotransmetteurs.

Conclusion: Voir schéma page 339