

Fiche

Maintenir la posture ou réagir rapidement à un stimulus nécessitent un fonctionnement permanent et adapté des muscles extenseurs et fléchisseurs, responsables des mouvements du squelette. Ces mouvements, dont la commande est involontaire, sont des réflexes musculaires. Comment s'effectuent-ils ? Comment leur observation renseigne-t-elle sur l'intégrité du système neuromusculaire ?

I. Le test des réflexes

L'examen clinique des réflexes permet de tester le réflexe achilléen (un coup étire le tendon d'Achille, entraînant la flexion du pied) ou le réflexe rotulien (un coup étire le tendon de la rotule, provoquant l'étirement du quadriceps et de la jambe, initialement pliée). Dans les deux cas, les deux muscles antagonistes, situés de part et d'autre du squelette, présentent une activité coordonnée : la contraction de l'un des muscles est associée à l'étirement de l'autre. Ces réflexes, dits réflexes d'étirement, sont rapides et involontaires : il s'agit de **réflexes myotatiques**.

 Exercice n°1

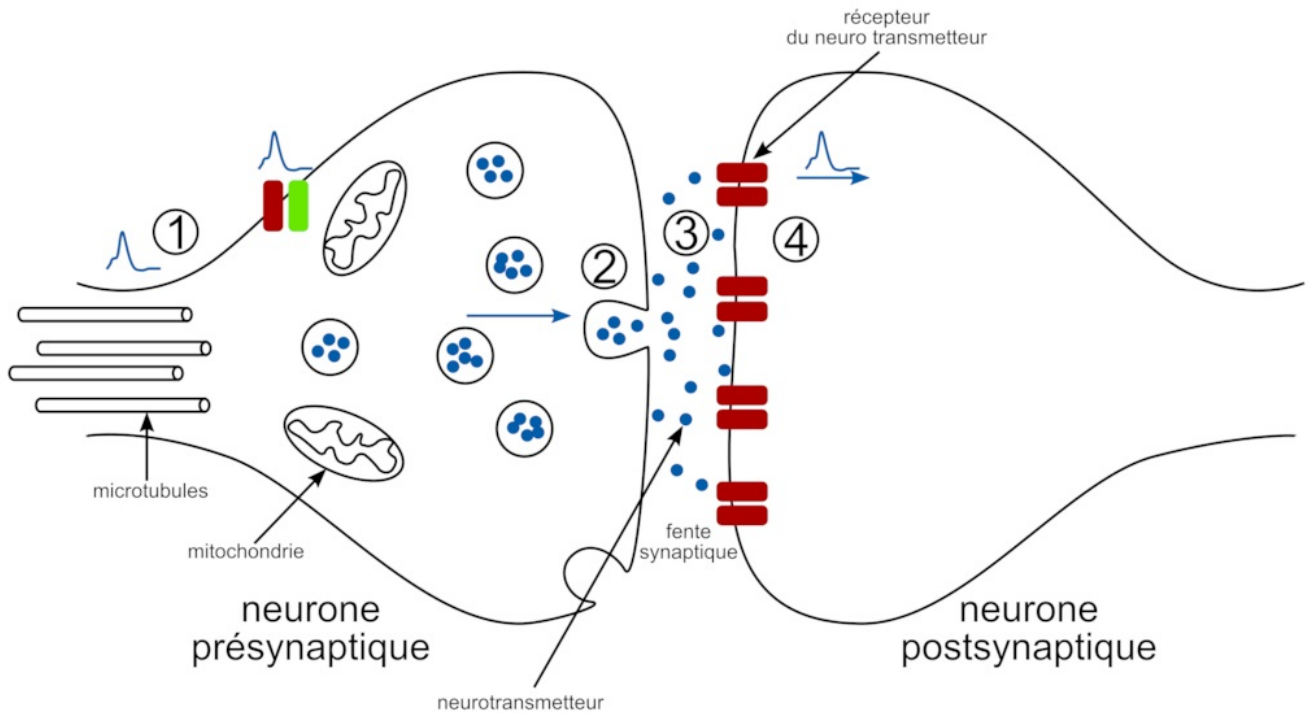
II. Du muscle à la moelle épinière : le message nerveux sensoriel

Lors d'un réflexe myotatique, le **stimulus** est l'étirement du tendon, qui provoque l'étirement du muscle, perçu par le **fuseau neuromusculaire** constitué de fibres musculaires modifiées. Un message nerveux sensoriel est généré puis véhiculé le long d'un **neurone sensoriel** du nerf rachidien, qui parvient à la **moelle épinière** par sa **racine dorsale** (ou postérieure). Les neurones sensoriels ont leurs corps cellulaires dans les ganglions rachidiens ; leurs extrémités sont en contact avec le corps cellulaire d'un **motoneurone** (ou **neurone moteur**), au niveau de la substance grise de la moelle épinière. Le centre nerveux des réflexes myotatiques est donc situé dans la moelle épinière, et le cerveau n'intervient pas dans leur commande.

Dans le neurone, le message nerveux est de **nature électrique** et consiste en une **succession de potentiels d'action** transmis le long de l'axone d'un neurone. Le potentiel d'action est une inversion transitoire du potentiel membranaire du neurone (tension électrique existant de part et d'autre de la membrane plasmique). Ils sont tous identiques (même durée et même amplitude) et se propagent le long de l'axone du neurone de proche en proche sans s'atténuer. L'intensité du message nerveux est codée en **fréquence de potentiels d'action** : plus le nombre de potentiels d'action véhiculés par le neurone par unité de temps est important, plus l'intensité du message nerveux est élevée.

Dans la substance grise de la moelle épinière, l'extrémité de l'axone du neurone sensoriel est en contact, au niveau d'une **synapse**, avec le corps cellulaire du motoneurone, ce qui constitue le relais synaptique de l'arc réflexe. L'arrivée du message nerveux à l'extrémité du neurone présynaptique déclenche la sécrétion d'un **neurotransmetteur** présent initialement dans des vésicules au niveau de l'extrémité neuronale. Par exocytose, les vésicules fusionnent avec la membrane plasmique du neurone présynaptique et libèrent leurs neurotransmetteurs dans la fente synaptique. Ceux-ci se fixent sur des **récepteurs spécifiques** présents sur la membrane plasmique du neurone postsynaptique (le motoneurone). Cette fixation déclenche la création d'un message nerveux formé de potentiels d'actions se propageant dans le motoneurone. La quantité de neurotransmetteurs libérés dans la synapse est en adéquation avec la fréquence des trains de potentiels d'action du neurone présynaptique. Ainsi, au niveau de la synapse, l'intensité du message nerveux de nature **chimique** est codée en **concentration de neurotransmetteurs**.

Synapse neuro-neuronique



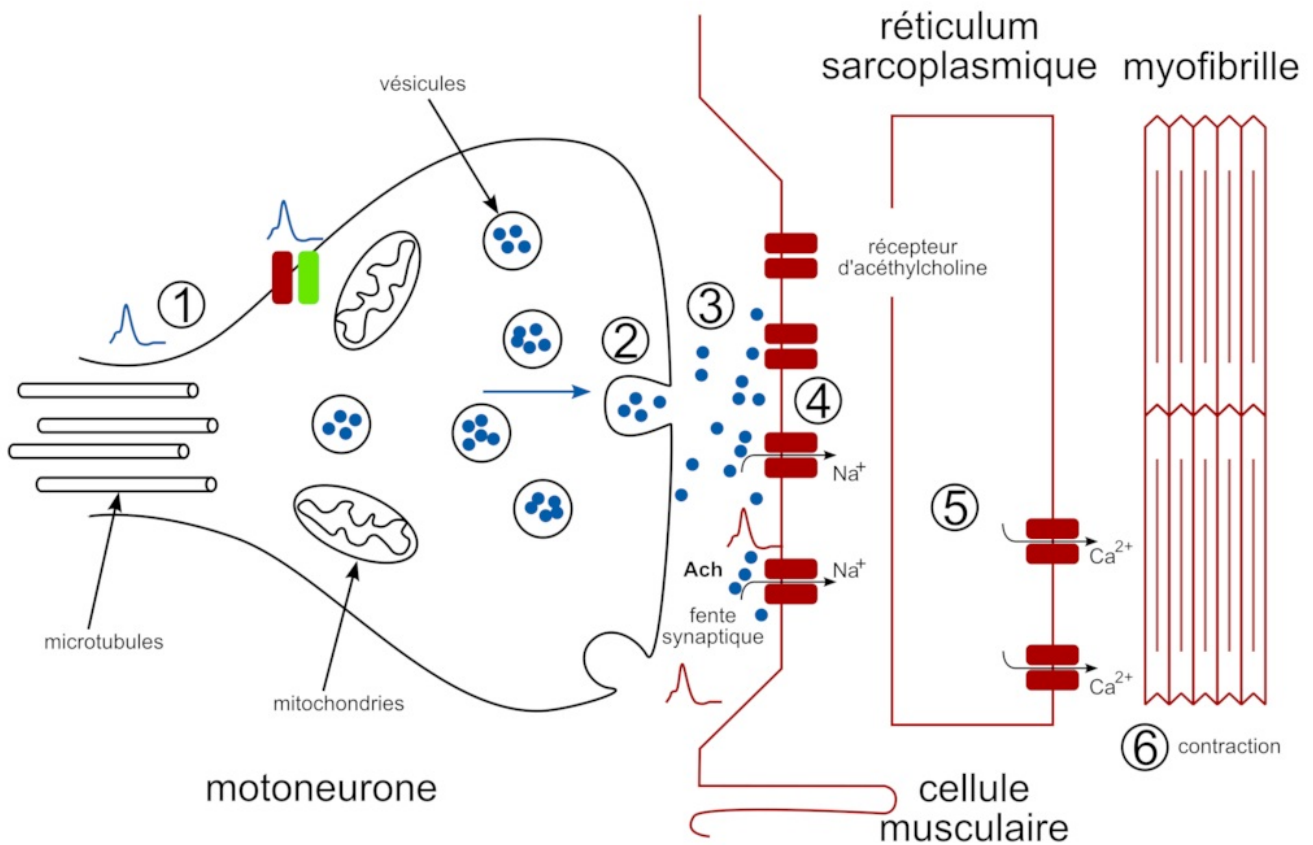
- ① Arrivée du message nerveux à l'extrémité du neurone sensoriel.
- ② Exocytose des vésicules, libérant le neurotransmetteur dans la fente synaptique.
- ③ Fixation du neurotransmetteur sur ses récepteurs membranaires du neurone postsynaptique.
- ④ Génération d'un potentiel d'action postsynaptique.

Exercice n°2

III. De la moelle épinière au muscle : le message nerveux moteur

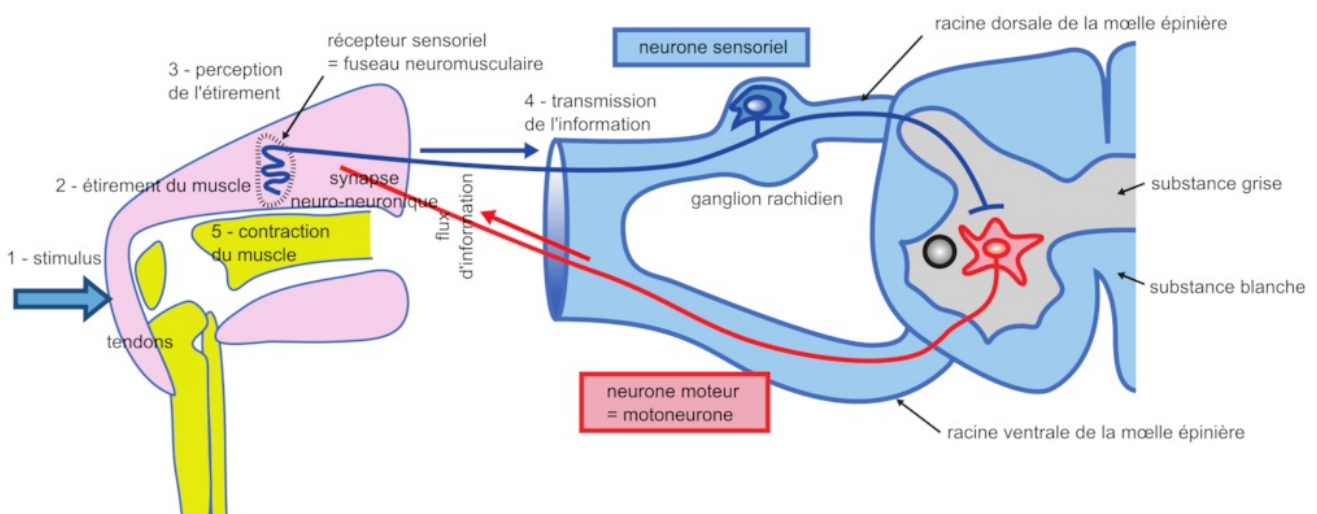
Les motoneurones cheminent par les **racines ventrales** des nerfs rachidiens jusqu'aux organes effecteurs, c'est-à-dire les muscles. La zone de contact entre le motoneurone et le muscle est appelée **synapse neuromusculaire**, jonction neuromusculaire ou encore plaque motrice. Au niveau de la synapse neuromusculaire, l'arrivée du message nerveux propagé dans le motoneurone entraîne l'exocytose dans la fente synaptique d'un neurotransmetteur, **l'acétylcholine**. Celle-ci se fixe sur ses récepteurs à la surface de la cellule musculaire. Des cations entrent dans cette cellule et provoquent une dépolarisation de sa membrane : un **potentiel d'action musculaire** est alors généré. Celui-ci se propage le long des replis internes de la membrane plasmique musculaire, étroitement associés au réticulum sarcoplasmique, ce qui déclenche l'expulsion des **ions calcium** de ce réticulum. L'augmentation de la concentration en ions calcium agit sur le **cytosquelette** de la cellule musculaire et provoque la **contraction musculaire**.

Synapse neuromusculaire



- ① Arrivée du message nerveux à l'extrémité du motoneurone.
- ② Exocytose des vésicules, libérant l'acétylcholine (Ach) dans la fente synaptique.
- ③ Fixation de l'acétylcholine sur ses récepteurs membranaires de la cellule musculaire.
- ④ Entrée de cations (principalement Na⁺) dans la cellule musculaire, à l'origine d'un potentiel d'action musculaire.
- ⑤ Propagation du potentiel d'action musculaire, induisant une libération d'ions Ca²⁺ à partir du réticulum sarcoplasmique.
- ⑥ Déclenchement de la contraction musculaire.

Circuit nerveux du réflexe myotatique



Le réflexe myotatique, dont le centre nerveux est localisé dans la moelle épinière, constitue un **arc réflexe monosynaptique**, car il n'existe qu'un seul relais synaptique entre le neurone sensoriel et le motoneurone, dans la substance grise de la moelle épinière. Le test des réflexes myotatiques constitue un outil diagnostique pour tester **l'intégrité du système neuromusculaire**.

Notions clés

Le système nerveux

Le système nerveux central est constitué du cerveau et de la moelle épinière, tandis que le système nerveux périphérique contient les nerfs reliant la périphérie de l'organisme au système nerveux central.

Neurone

Cellule nerveuse constituée d'un corps cellulaire (contenant le noyau) et de prolongements, l'axone et les dendrites. Les dendrites reçoivent des messages nerveux, tandis que l'axone conduit le message nerveux vers les terminaisons synaptiques. Le neurone est l'unité de structure et de fonction du système nerveux.

Message nerveux dans un neurone

Succession de potentiels d'action qui se propagent le long de l'axone des neurones. L'intensité du message nerveux dans le neurone est codée en fréquence de potentiels d'action. La présence de myéline autour des neurones augmente la vitesse de propagation du message nerveux.

Synapse

Zone de contact entre l'arborisation terminale d'un neurone et une autre cellule (un neurone, un muscle ou une glande endocrine). L'arrivée d'un message nerveux dans le neurone présynaptique déclenche la libération de neurotransmetteurs qui se fixent sur des récepteurs de la membrane plasmique de l'élément postsynaptique, permettant la transmission du message. L'intensité du message nerveux au niveau de la synapse est codée en concentration de neurotransmetteurs présents dans la fente synaptique.

Neurotransmetteur

Molécule libérée par un neurone au niveau d'une synapse et capable de transmettre le message nerveux à la cellule postsynaptique.

Zoom sur... le potentiel d'action : unité élémentaire du message nerveux dans les neurones

Séquence stéréotypée de la modification du potentiel de membrane d'une cellule excitable, le potentiel d'action est constitué d'une dépolarisation (jusqu'à +30 mV), suivie d'une repolarisation, puis d'une hyperpolarisation transitoire avant le retour à la valeur du potentiel de repos (-70 mV). La durée du potentiel d'action est de quelques millisecondes. Il constitue l'unité élémentaire du message nerveux.