

Fiche

Les fibres musculaires comme les fibres nerveuses sont des cellules excitables : elles sont capables de répondre à une stimulation. Cette stimulation, de nature électrique, est produite par un centre nerveux et propagée jusqu'au muscle par des fibres nerveuses motrices. Des pathologies d'origine génétiques ou dégénératives peuvent perturber le fonctionnement du système nerveux et la contraction musculaire.

1. Quelles sont les caractéristiques du message nerveux à l'échelle de l'axone ?

Si on place deux microélectrodes côté externe et côté interne de la membrane plasmique d'un axone, branchées à un oscilloscope qui permet de mesurer un courant électrique, on met en évidence une différence de potentiel d'environ - 70 mV. Cette différence de potentiel est appelée potentiel de membrane ou potentiel de repos, elle empêche la cellule nerveuse de produire un message en absence de stimulation.

Quand la fibre nerveuse reçoit un signal électrique d'une intensité suffisante pour la stimuler (on dit que l'intensité dépasse le seuil de stimulation), la différence de potentiel entre l'extérieur et l'intérieur de la membrane s'inverse. La fibre nerveuse peut alors produire un signal électrique qui constituera le message nerveux, et qu'on appelle le potentiel d'action.

Quelle que soit l'intensité suffisante de la stimulation, la fibre nerveuse produira le même potentiel d'action. En revanche, tout signal inférieur au seuil ne permettra jamais de produire un potentiel d'action : on dit que la fibre nerveuse obéit à la loi du tout ou rien. L'influx nerveux se propage toujours du corps cellulaire vers l'arborisation terminale de l'axone. En effet, de proche en proche, la portion de membrane par laquelle vient de transiter le potentiel d'action devient momentanément réfractaire, ce qui interdit le retour en arrière.

 [Exercice n°1](#)

 [Exercice n°2](#)

2. Quelles sont les caractéristiques du message nerveux à l'échelle du nerf ?

Un nerf est constitué d'un ensemble de faisceaux bien isolés les uns des autres, qui peuvent contenir soit des fibres nerveuses afférentes soit des fibres nerveuses efférentes. Les nerfs mixtes présentent des faisceaux des deux types. Les fibres nerveuses, et donc *a fortiori* les faisceaux, peuvent être stimulées indépendamment les unes des autres, en fonction de leurs connexions avec d'autres fibres nerveuses ou avec un centre nerveux. Par conséquent, des stimulations efficaces d'intensité croissante d'un nerf permettent de recruter un nombre de plus en plus important de fibres nerveuses : la réponse d'un nerf dépend de l'intensité de sa stimulation.

 [Exercice n°3](#)

3. De quelle façon la fibre nerveuse transmet-elle le signal excitateur à la fibre musculaire ?

La connexion entre le neurone moteur, ou motoneurone, et la fibre musculaire s'établit au niveau d'une structure particulière, la jonction neuromusculaire ou plaque motrice. Comme les fibres nerveuse et musculaire ne sont pas physiquement en contact, le message nerveux ne peut pas être transmis directement, il doit l'être par l'intermédiaire d'une substance chimique, le neurotransmetteur. Cette substance, produite par le motoneurone, est capable de franchir l'espace entre les deux cellules, appelé synapse.

Quand un influx nerveux (potentiel d'action présynaptique) se propage jusqu'à la partie terminale de l'axone, il déclenche l'entrée d'ions calcium dans le bouton terminal, ce qui va être déterminant dans le fonctionnement de la synapse. En effet, en provoquant la migration de vésicules riches en neurotransmetteurs en direction de l'espace synaptique et leur fusion avec la membrane plasmique de l'axone, les ions calcium permettent la libération des neurotransmetteurs dans la synapse. Le signal électrique s'est transformé en message chimique. Le neurotransmetteur - l'acétylcholine dans le cas d'une synapse neuromusculaire - migre vers la fibre musculaire et se fixe sur des récepteurs spécifiques, ce qui déclenchera la production d'un potentiel d'action (dit postsynaptique) et, à terme, la contraction de la fibre musculaire.

Toutes les molécules d'acétylcholine qui ont été libérées dans la synapse et qui ne se sont pas fixées sur la fibre musculaire sont recyclées et réintègrent le bouton terminal de l'axone, afin qu'un potentiel d'action présynaptique ne permette la production que d'un seul potentiel d'action postsynaptique.

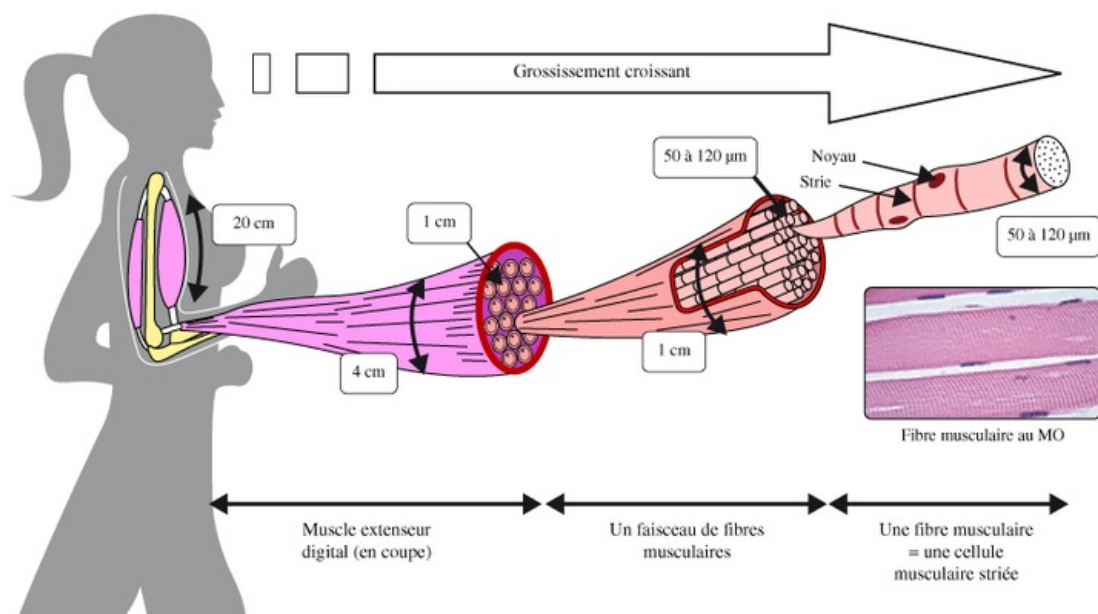
 [Exercice n°4](#)

 [Exercice n°5](#)

4. Quelle est l'organisation d'un muscle ?

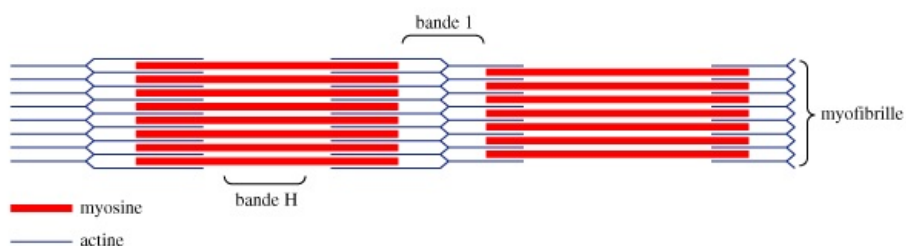
Un muscle a une organisation très hiérarchisée : il est composé d'un ensemble de faisceaux bien délimités par une enveloppe

protectrice. Ces faisceaux sont eux-mêmes constitués d'un ensemble de fibres musculaires, qui sont les cellules des muscles proprement dites.



La fibre musculaire est composée d'un sarcoplasme - l'équivalent du cytoplasme -, qui contient du glycogène, des mitochondries et de la myoglobine, ce qui permet au muscle de disposer d'une réserve énergétique importante (le glycogène apporte le glucose et la myoglobine apporte le dioxygène qui permettent à la mitochondrie de produire de l'énergie par combustion du glucose). Elle est pourvue d'un réticulum sarcoplasmique qui stocke un grand nombre d'ions calcium nécessaires à la contraction. Les fibres musculaires sont pourvues de nombreux noyaux car elles sont issues de la fusion d'un grand nombre de cellules musculaires primitives. Sous leur membrane plasmique, le sarcolemme, se trouve une protéine indispensable au maintien de la cohésion de la fibre, la dystrophine. Ces éléments sont toutefois minoritaires dans la fibre musculaire, puisque 80 % de son volume est constitué d'un ensemble de myofibrilles capables de se contracter. Les myofibrilles sont des petits cylindres alignés dans la fibre musculaire, et caractérisés au microscope par une succession de bandes claires et de bandes sombres.

L'unité contractile de la myofibrille, le sarcomère, est formée d'une alternance de myofilaments, les filaments fins d'actine et les filaments épais de myosine. Elle est délimitée par deux stries Z, qui sont les points d'accroche de l'actine.



✍ Exercice n°6

5. Quel est le mécanisme de la contraction musculaire ?

La contraction d'un muscle est le résultat des micro-raccourcissements de chaque sarcomère dans les fibres musculaires sollicitées. Les filaments de myosine présentent des renflements, les têtes de myosine, qui sont responsables de l'action mécanique à l'origine de la contraction. Les étapes de la contraction musculaire sont les suivantes :

- avant la stimulation du muscle, les têtes de myosine ont capté une molécule d'ATP (molécule énergétique) et se sont rechargées en énergie (hydrolyse de l'ATP en deux molécules distinctes, ADP et phosphate), elles sont prêtes à fonctionner mais n'ont pas accès aux filaments d'actine ;
- l'arrivée du potentiel d'action provoque une libération d'ions calcium dans le sarcoplasme des fibres musculaires, ces ions se fixent sur les filaments d'actine et, par un mouvement de torsion, les rendent accessibles aux têtes de myosine ;
- les têtes de myosine se fixent sur l'actine et libèrent l'ADP, ce qui leur permet de tirer l'actine vers l'intérieur du sarcomère ; ce mouvement se fait simultanément pour tous les filaments d'actine, ce qui raccourcit les sarcomères : c'est la contraction de la fibre musculaire ;
- pour se recharger en énergie, les têtes de myosine doivent récupérer à nouveau une molécule d'ATP, ce qui les force à se détacher de l'actine, qui reprend sa position initiale : c'est le relâchement musculaire.

À retenir

- Le message nerveux est de nature électrique, il n'est produit que si l'intensité de stimulation dépasse un certain seuil.
- La membrane d'une cellule excitable est caractérisée par un potentiel de repos.
- Une stimulation efficace produit un signal électrique, le potentiel d'action, selon la loi du tout ou rien.
- Des stimulations d'intensité croissante recrutent un nombre croissant de fibres nerveuses, ce qui augmente la réponse du nerf, qui n'est pas concerné par la loi du tout ou rien.
- La transmission du signal excitateur du nerf au muscle se fait par l'intermédiaire d'un messager chimique au niveau de la synapse, le neurotransmetteur.
- La contraction musculaire mobilise les unités de contraction des fibres musculaires, les sarcomères ; c'est la traction des filaments d'actine par les têtes de myosine vers l'intérieur des sarcomères qui en est responsable.