

Leçon 16 : la commande réflexe du muscle

III. Les caractéristiques du message nerveux :

2) La transmission du message nerveux au niveau des synapses chimiques :

La structure et le fonctionnement des synapses neuro-neuroniques et neuromusculaires sont comparables.

Une synapse est une structure polarisée car, à travers elle, le message nerveux se transmet toujours dans le même sens : du neurone présynaptique vers la cellule postsynaptique.

Une synapse est constituée de :

- l'extrémité du neurone présynaptique (=bouton) renfermant des vésicules remplies de molécules appelées neurotransmetteur ou neuromédiateur
- une fente synaptique= espace entre les deux cellules, où sont déversés par exocytose les neurotransmetteurs
- la membrane de la cellule postsynaptique (neurone suivant ou cellule musculaire).

C'est l'arrivée de potentiels d'action au niveau du bouton synaptique qui déclenche la libération des neurotransmetteurs. Ces derniers vont aller se fixer sur des récepteurs spécifiques de la membrane postsynaptique qui sont souvent des canaux à Na^+ . Si la quantité de neurotransmetteurs est suffisante, il va y avoir déclenchement de potentiels d'actions au niveau de la cellule postsynaptique. Le message aura ainsi été transmis de manière chimique et non plus électrique. Dans ce cas, le message est codé en concentration de neurotransmetteurs.

L'inactivation rapide des neurotransmetteurs dans la fente synaptique interrompt la transmission. Ceci est dû à l'action d'enzymes détruisant le neurotransmetteur et/ ou à la récupération des neurotransmetteurs par le neurone présynaptique (=recyclage par endocytose).

Au niveau de la synapse neuromusculaire, le neurotransmetteur est l'acétylcholine. Sa libération dans la fente synaptique et sa fixation sur ses récepteurs entraînent la naissance de potentiels d'action musculaires, eux-mêmes responsables de la contraction musculaire.

CONCLUSION : Le message nerveux, de nature électrique tout le long des prolongements neuronaux change de nature et devient chimique lorsqu'il doit passer de cellule en cellule au niveau des synapses.

IV. Du message nerveux à la contraction musculaire :

Au niveau de la plaque motrice, la membrane plasmique des fibres musculaires appelée sarcolemme possèdent de nombreux récepteurs à l'acétylcholine qui sont en fait des canaux à sodium. Lorsque le neurotransmetteur se fixe à ses récepteurs, ces derniers s'ouvrent, des ions Na^+ entrent dans le cytoplasme des fibres appelé sarcoplasme. Il y a ainsi mise en place de potentiels d'action musculaires qui partent dans toutes les directions au niveau du sarcolemme. Or, à intervalles réguliers, ce sarcolemme présente des invaginations appelées tubules T ou transverses qui s'insinuent au cœur des cellules. Ces tubules T sont à proximité immédiate d'une structure intracellulaire appelée réticulum sarcoplasmique qui entoure les myofibrilles contractiles (voir prochains cours) et dont le rôle est de stocker de grandes quantités de calcium. Les parties du réticulum sarcoplasmique appelées citernes terminales sont quasiment collées aux tubules T avec lesquels elles sont reliées par les récepteurs DHP. Quand les potentiels d'action arrivent au niveau des tubules T, les récepteurs DHP changent de conformation ce qui ouvrent les canaux à

Ca^{2+} du réticulum sarcoplasmique. C'est cette augmentation brusque de la concentration sarcoplasmique en Ca^{2+} qui entraîne la contraction de la fibre musculaire dont nous verrons les détails dans une prochaine leçon.

CONCLUSION : L'acétylcholine déclenche directement la mise en place de potentiels d'action musculaires qui eux-mêmes sont responsables de la libération de Ca^{2+} par le réticulum sarcoplasmique. C'est ce calcium qui induit la contraction musculaire et donc la réponse motrice au stimulus.

V. Un exemple d'antagoniste de l'acétylcholine, le curare :

Le curare ou plutôt les curares sont des antagonistes de l'acétylcholine car ils se fixent sur ses récepteurs postsynaptiques à sa place mais empêchent la formation de potentiels d'actions musculaire, ce qui entraîne un relâchement généralisé des muscles et donc une paralysie. D'autres antagonistes empêchent l'action de l'acétylcholine en inhibant son exocytose (cas de la toxine botulique utilisée dans le Botox).

Il existe aussi des molécules telles que des pesticides, certains médicaments, le gaz sarin et la toxine de la veuve noire (araignée) qui sont des agonistes de l'acétylcholine. Ils empêchent son inactivation par l'acétylcholinestérase (inhibition de l'enzyme) ou induisent une hyper-exocytose de l'acétylcholine prolongeant ainsi sa durée d'action et donc la contraction musculaire.

CONCLUSION : Un curare se fixe au récepteur de l'acétylcholine et empêche ainsi les contractions musculaires mais de nombreuses autres molécules naturelles ou de synthèse agissent aussi sur la plaque motrice de manière agoniste ou antagoniste vis-à-vis de l'acétylcholine et perturbent le fonctionnement de la synapse.

BILAN : La commande réflexe du muscle passe par des arcs myotatiques monosynaptiques qui ont pour centre nerveux la moelle épinière. Les messages qui circulent entre les fuseaux neuromusculaires et les plaques motrices sont de nature électrique sauf au niveau des synapses où ils sont chimiques. Au niveau du muscle, le message de nature chimique redevient électrique avec la naissance de potentiels d'action musculaires qui vont entraîner la libération de Ca^{2+} et donc la contraction musculaire. C'est au niveau des synapses qu'agissent diverses molécules perturbatrices de la transmission des messages nerveux.

Leçon 17 : la commande volontaire du muscle

I. Les aires motrices cérébrales :

L'exploration du cortex cérébral réalisée grâce à des techniques d'imagerie médicale (IRM fonctionnels), permet de visualiser des variations d'activité de certaines zones lorsque le sujet effectue une tâche précise. Des aires du cortex cérébral sont toujours associées à l'exécution des mouvements volontaires. Elles sont situées dans la partie postérieure du lobe frontal.

Ainsi, dans chaque hémisphère cérébral, une aire motrice primaire en collaboration avec l'aire prémotrice et l'aire motrice supplémentaire, interviennent dans la commande des mouvements de zones précises du corps situées du côté opposé à cet hémisphère : on parle de commande contralatérale.

L'aire motrice primaire commande directement les mouvements alors que l'aire prémotrice et l'aire motrice supplémentaire interviennent dans la planification et la coordination des mouvements.

L'importance des différents territoires des aires motrices primaires est en relation avec la capacité de mouvements de la partie du corps concernée. Ainsi, par exemple, les territoires dédiés aux mouvements des mains ou du visage sont très étendus contrairement à ceux dédiés aux mouvements du dos ou des pieds. C'est ainsi qu'une cartographie du cortex moteur appelée homonculus moteur a été réalisée.

Si ces généralités sont valables pour tous les individus, il existe pourtant des variations individuelles comme par exemple la surface du cortex dédiée à telle ou telle partie du corps ou l'intensité de l'activité cérébrale pour la réalisation de la même tâche.

CONCLUSION : Le cerveau présente bien des aires motrices responsables des mouvements volontaires.

II. La communication entre le cortex moteur cérébral et les muscles :

Les messages nerveux moteurs qui naissent au niveau des aires motrices primaires cheminent par des fibres nerveuses qui descendent dans la moelle épinière jusqu'aux motoneurones médullaires, soit au niveau des cornes ventrales. L'ensemble de ces fibres constitue le faisceau pyramidal. Ces fibres nerveuses ne sont autres que des axones géants de neurones dits pyramidaux dont le corps cellulaire est situé au niveau du cortex moteur cérébral. On parle aussi de motoneurones cérébraux. Ces voies motrices bifurquent et changent de côté soit au niveau du bulbe rachidien soit au niveau de la moelle épinière elle-même. On parle de décussation. C'est pourquoi l'aire motrice droite commande les mouvements volontaires à gauche du corps et inversement. Les neurones pyramidaux communiquent avec les motoneurones médullaires via une synapse neuro-neuronique dont le neurotransmetteur est le glutamate. Ainsi, dans la majorité des cas, la commande volontaire des muscles peut être considérée comme monosynaptique si on ne tient pas compte du rôle des neurones constitutifs des autres aires motrices que l'aire primaire.

Des lésions à différents niveaux du système nerveux chargés de commander volontairement les muscles sont à l'origine de troubles plus ou moins importants de la motricité (tétraplégie, paraplégie, hémiplégie etc). Un cas fréquent est l'AVC = accident vasculaire cérébral (140 000 cas par an, 2ème cause de mortalité). Il s'agit de l'obstruction (AVC ischémique) ou de la rupture (AVC hémorragique) d'un vaisseau sanguin cérébral majoritairement artériel. Dans ce dernier cas, il n'est pas rare que l'AVC soit dû à la rupture d'une malformation artérielle appelée anévrisme. Il en résulte la mort des neurones nourris par l'artère qui s'est obstruée ou qui s'est rompue.

CONCLUSION : La communication entre le cerveau et les muscles est indirecte puisqu'elle passe par les neurones pyramidaux cérébraux et les motoneurones de la moelle épinière.