# Unité 14 : Contrôle réflexe et volontaire de la posture et du mouvement

## RAA : Décrire les éléments de base d'une voie réflexe.

**Ressources spécifiques**

* Ganong's Review of Medical Physiology, 26e (Chapitre 12) : [lien](https://accesspharmacy-mhmedical-com.proxy.bib.uottawa.ca/content.aspx?bookid=2525&sectionid=204291577)

**Questions**

1. Qu'est-ce qu'un arc réflexe et quels sont ses composants ?

L'arc réflexe est l'unité de base de l'activité réflexe intégrée.

Il est composé :

* d'un organe sensoriel,
* d'un neurone afférent,
* d'une ou plusieurs synapses dans une station d'intégration centrale,
* d'un neurone efférent
* d'un effecteur.

Les neurones afférents entrent via les racines dorsales ou les nerfs crâniens et ont leurs corps cellulaires dans les ganglions des racines dorsales ou des ganglions crâniens homologues. Les fibres efférentes sortent via les racines ventrales ou les nerfs crâniens moteurs.

Une image contenant texte, capture d’écran, Police, conception

Description générée automatiquement

1. Comment l'activité dans l'arc réflexe est-elle initiée et modulée ?

L'activité dans l'arc réflexe débute dans un récepteur sensoriel par un potentiel récepteur dont l'ampleur est proportionnelle à la force du stimulus. Ceci génère des potentiels d'action tout ou rien dans le nerf afférent, leur nombre étant proportionnel à la taille du potentiel récepteur. Dans le système nerveux central (SNC), les réponses sont de nouveau graduées en termes de potentiels postsynaptiques excitatoires (EPSPs) et inhibiteurs (IPSPs) aux jonctions synaptiques. Lorsque les potentiels d'action atteignent l'effecteur via le nerf moteur efférent, une réponse graduée est induite, menant à la contraction musculaire si elle est suffisante. L'activité dans l'arc réflexe est modifiée par de multiples entrées convergentes sur les neurones efférents ou à tout niveau synaptique de l'arc.

1. En quoi les réflexes sont-ils stéréotypés et spécifiques, et comment peuvent-ils être modifiés ?

L'activité réflexe est stéréotypée et spécifique, car un stimulus particulier déclenche une réponse particulière. Bien que les réponses réflexes soient stéréotypées, elles peuvent être modifiées par l'expérience. Les réflexes sont adaptables et peuvent être modifiés pour réaliser des tâches motrices et maintenir l'équilibre. Les entrées descendantes de régions cérébrales supérieures jouent un rôle important dans la modulation et l'adaptation des réflexes spinaux.

1. Quelle est la fonction des neurones α-moteurs dans l'arc réflexe ?

Les neurones α-moteurs qui alimentent les fibres extrafusales dans les muscles squelettiques sont le côté efférent de nombreux arcs réflexes. Toutes les influences neuronales affectant la contraction musculaire passent finalement par eux, c'est pourquoi on les appelle la voie finale commune. De nombreux inputs convergent sur les neurones α-moteurs ; la surface d'un neurone moteur moyen et ses dendrites peuvent accommoder environ 10 000 boutons synaptiques. Ces inputs incluent au moins cinq entrées du même segment spinal pour un neurone moteur spinal typique, ainsi que des entrées excitatrices et inhibitrices, généralement relayées via des interneurones, d'autres niveaux de la moelle épinière et de multiples tracts longs descendants du cerveau.

## RAA : Identifier les composants, la fonction et les fibres nerveuses afférentes du fuseau musculaire.

**Ressources spécifiques**

* Ganong's Review of Medical Physiology, 26e (Chapitre 12) : [lien](https://accesspharmacy-mhmedical-com.proxy.bib.uottawa.ca/content.aspx?bookid=2525&sectionid=204291577)

**Questions**

1. Quelle est la structure des fuseaux neuromusculaires et quels sont leurs éléments essentiels ?

Les fuseaux neuromusculaires comportent trois éléments essentiels : (1) un groupe de fibres musculaires intrafusales spécialisées avec des extrémités contractiles polaires et un centre non contractile, (2) des nerfs afférents myélinisés de gros diamètre (types Ia et II) qui prennent naissance dans la partie centrale des fibres intrafusales, et (3) des nerfs efférents myélinisés de petit diamètre qui alimentent les régions contractiles polaires des fibres intrafusales. Ces éléments sont liés entre eux et au muscle lui-même, permettant au fuseau de signaler les changements de longueur du muscle dans lequel il se trouve, fournissant ainsi des informations sur la position et la proprioception.

A screenshot of a cell phone

Description automatically generated

1. Comment les fibres intrafusales sont-elles disposées par rapport aux fibres extrafusales et quelle est leur fonction ?

Les fibres intrafusales sont disposées en parallèle aux fibres extrafusales (les unités contractiles régulières du muscle), avec les extrémités de la capsule du fuseau attachées aux tendons de chaque extrémité du muscle. Les fibres intrafusales ne contribuent pas à la force contractile globale du muscle, mais ont plutôt une fonction sensorielle pure. Il existe deux types de fibres intrafusales : les fibres nucléaires en sac, qui contiennent de nombreux noyaux dans une région centrale dilatée, et les fibres nucléaires en chaîne, plus minces et plus courtes et sans sac distinct.

1. Quels sont les types de terminaisons sensorielles présentes dans les fuseaux neuromusculaires et quelle est leur sensibilité ?

Il existe deux types de terminaisons sensorielles dans chaque fuseau : une terminaison primaire (groupe Ia) unique et jusqu'à huit terminaisons secondaires (groupe II). Les fibres afférentes de type Ia entourent le centre des fibres nucléaires en sac dynamiques et statiques et des fibres nucléaires en chaîne. Les fibres sensorielles de groupe II se trouvent à côté des centres des fibres nucléaires en sac statiques et des fibres nucléaires en chaîne ; ces fibres n'innervent pas les fibres nucléaires en sac dynamiques. Les afférents Ia sont très sensibles à la vitesse de changement de longueur du muscle pendant un étirement (réponse dynamique), tandis que l'activité tonique (état stable) des afférents de groupe Ia et II fournit des informations sur la longueur en état stable du muscle (réponse statique).

1. Comment les fibres Ia sont-elles connectées dans le système nerveux central et quelle est leur vitesse de réaction ?

Les fibres Ia se terminent directement sur les neurones moteurs qui alimentent les fibres extrafusales du même muscle. Le temps de réaction, intervalle entre l'application d'un stimulus et la réponse, pour un réflexe d'étirement chez l'humain est de 19 à 24 ms. Une stimulation faible du nerf sensoriel du muscle qui stimule uniquement les fibres Ia provoque une réponse contractile avec une latence similaire. Connaissant les vitesses de conduction des types de fibres afférentes et efférentes et la distance du muscle à la moelle épinière, il est possible de calculer la part du temps de réaction consacrée à la conduction vers et depuis la moelle épinière. En soustrayant cette valeur du temps de réaction, le reste (délai central) est le temps pris pour que l'activité réflexe traverse la moelle épinière. Le délai central pour le réflexe rotulien est de 0,6 à 0,9 ms, indiquant qu'une seule synapse a été franchie, car le délai synaptique minimum est de 0,5 ms.

Une image contenant texte, capture d’écran, diagramme

Description générée automatiquement

## RAA : Expliquer la réponse neuronale initiée par la frappe du tendon rotulien (réflexe du tendon rotulien ou du genou) qui conduit à la contraction d'un muscle.

**Ressources spécifiques**

* Ganong's Review of Medical Physiology, 26e (Chapitre 12) : [lien](https://accesspharmacy-mhmedical-com.proxy.bib.uottawa.ca/content.aspx?bookid=2525&sectionid=204291577)

**Questions**

1. Qu'est-ce qu'un réflexe monosynaptique et comment se compare-t-il aux réflexes polysynaptiques ?

Un réflexe monosynaptique est le type de réflexe le plus simple, avec une seule synapse entre le neurone afférent et le neurone efférent. En revanche, les réflexes polysynaptiques impliquent des interneurones entre les neurones afférents et efférents, avec un nombre de synapses variant de deux à plusieurs centaines.

1. Quel est le mécanisme du réflexe d'étirement ou réflexe myotatique ?

Le réflexe d'étirement, ou réflexe myotatique, est déclenché par l'étirement du muscle, qui provoque sa contraction. L'organe sensoriel impliqué est le fuseau musculaire, une structure fusiforme encapsulée située dans la partie charnue du muscle. Les impulsions originaires du fuseau sont transmises au SNC par des fibres sensorielles rapides qui passent directement aux neurones moteurs alimentant le même muscle. Le neurotransmetteur à la synapse centrale est le glutamate. Ce réflexe monosynaptique est le mieux connu et est illustré par le réflexe rotulien.

1. Comment le réflexe rotulien est-il évalué lors d'un examen neurologique ?

Lors d'un examen neurologique, le réflexe rotulien est évalué en tapotant le tendon rotulien, ce qui provoque un réflexe d'étirement du muscle quadriceps fémoral. Il est gradé sur l'échelle suivante : 0 (absent), 1+ (hypoactif), 2+ (vif, normal), 3+ (hyperactif sans clonus), 4+ (hyperactif avec clonus léger), et 5+ (hyperactif avec clonus soutenu).

1. Quelles sont les implications cliniques de l'absence ou de l'hyperactivité du réflexe rotulien ?

L'absence de réflexe rotulien peut indiquer une pathologie au niveau de l'arc réflexe, y compris le fuseau musculaire, les fibres nerveuses afférentes Ia, ou les neurones moteurs vers le muscle quadriceps. Les causes courantes comprennent la neuropathie périphérique due à des facteurs comme le diabète, l'alcoolisme et les toxines. Un réflexe hyperactif peut indiquer une interruption des voies corticospinales ou autres voies descendantes qui modulent normalement l'activité de l'arc réflexe.

1. Quels autres réflexes tendineux profonds peuvent être évalués et quels nerfs spinaux sont impliqués ?

Outre le réflexe rotulien, d'autres réflexes tendineux profonds peuvent être évalués, tels que le réflexe du biceps (nerfs spinaux C5, C6), le réflexe du triceps (nerf spinal C7), le réflexe patellaire (nerf spinal L4) et le réflexe achilléen (nerf spinal S1). Chaque réflexe correspond à la contraction réflexe d'un muscle spécifique en réponse à la percussion de son tendon.

## RAA : Expliquer comment l'activité des neurones gamma-moteurs modifie la réponse à l'étirement musculaire.

**Ressources spécifiques**

* Ganong's Review of Medical Physiology, 26e (Chapitre 12) : [lien](https://accesspharmacy-mhmedical-com.proxy.bib.uottawa.ca/content.aspx?bookid=2525&sectionid=204291577)

**Questions**

1. Quelle est la fonction des fuseaux musculaires lorsqu'un muscle est étiré ?

Quand un fuseau musculaire est étiré, ses terminaisons sensorielles sont déformées, générant des potentiels récepteurs qui déclenchent des potentiels d'action dans les fibres sensorielles à une fréquence proportionnelle au degré d'étirement. Ceci initie une contraction réflexe des fibres extrafusales du muscle. Cependant, les afférents du fuseau cessent typiquement de tirer lorsque le muscle se contracte suite à une stimulation électrique des neurones α-moteurs des fibres extrafusales, car le muscle se raccourcit et le fuseau est déchargé.

Diagram of muscle tissue diagram

Description automatically generated with medium confidence

1. Comment les fuseaux musculaires et leurs connexions réflexes régulent-ils la longueur musculaire ?

Les fuseaux musculaires et leurs connexions réflexes forment un dispositif de rétroaction qui opère pour maintenir la longueur du muscle. Si le muscle est étiré, la décharge du fuseau augmente et une réflexe de raccourcissement est produit. Si le muscle se raccourcit sans changement dans la décharge des neurones moteurs γ, l'activité afférente du fuseau diminue et le muscle se relâche.

1. Qu'est-ce que l'innervation réciproque et comment fonctionne-t-elle lors d'un réflexe d'étirement ?

L'innervation réciproque est un processus où, lorsqu'un réflexe d'étirement est déclenché, les muscles antagonistes se relâchent. Les impulsions dans les fibres Ia provenant des fuseaux musculaires du muscle protagoniste provoquent une inhibition postsynaptique des neurones moteurs des muscles antagonistes. Une collatérale de chaque fibre Ia passe dans la moelle épinière vers un interneurone inhibiteur qui synapse sur un neurone moteur alimentant les muscles antagonistes.

1. Quels sont les effets de la décharge des neurones moteurs γ ?

L'activation des neurones moteurs γ ne conduit pas directement à une contraction détectable des muscles car les fibres intrafusales ne sont ni assez fortes ni assez nombreuses pour provoquer un raccourcissement. Cependant, leur activation provoque le raccourcissement des extrémités contractiles des fibres intrafusales, ce qui étire la partie sac nucléaire des fuseaux, déformant les terminaisons et initiant des impulsions dans les fibres Ia, ce qui peut à son tour conduire à une contraction réflexe du muscle.

1. Comment la décharge des neurones moteurs γ est-elle contrôlée ?

Les neurones moteurs γ sont régulés par des voies descendantes originaires des zones du cerveau qui contrôlent également les neurones α-moteurs. Via ces voies, la sensibilité des fuseaux musculaires et donc le seuil des réflexes d'étirement dans différentes parties du corps peuvent être ajustés pour répondre aux besoins du contrôle postural.

1. Quels autres facteurs influencent l'activité des neurones moteurs γ ?

D'autres facteurs influencent l'activité des neurones moteurs γ, notamment l'anxiété, qui augmente leur décharge, expliquant probablement les réflexes tendineux hyperactifs parfois observés chez les patients anxieux. De plus, les mouvements inattendus sont associés à une plus grande décharge efférente. La stimulation de la peau, en particulier par des agents nocifs, augmente l'activité des neurones moteurs γ vers les fuseaux musculaires fléchisseurs ipsilatéraux tout en diminuant celle vers les extenseurs, et produit le schéma opposé dans le membre opposé. Le manœuvre de Jendrassik, qui consiste à essayer de séparer les mains lorsque les doigts fléchis sont accrochés ensemble, facilite le réflexe rotulien, ce qui peut également être dû à l'augmentation de la décharge des neurones moteurs γ initiée par des impulsions afférentes provenant des mains.

## RAA : Décrire le rôle des organes tendineux de Golgi dans le contrôle des muscles squelettiques.

**Ressources spécifiques**

* Ganong's Review of Medical Physiology, 26e (Chapitre 12) : [lien](https://accesspharmacy-mhmedical-com.proxy.bib.uottawa.ca/content.aspx?bookid=2525&sectionid=204291577)

**Questions**

1. Quel est le rôle de l'organe tendineux de Golgi dans le réflexe d'étirement inverse ?

L'organe tendineux de Golgi est le récepteur pour le réflexe d'étirement inverse et se compose d'une collection en filet de terminaisons nerveuses noueuses parmi les faisceaux d'un tendon. Lorsqu'une tension suffisamment forte est appliquée sur le muscle, déclenchant une contraction réflexe, l'organe tendineux de Golgi, stimulé par la tension, envoie des impulsions via les fibres Ib qui induisent des potentiels postsynaptiques inhibiteurs (IPSPs) dans les neurones moteurs alimentant le muscle, provoquant ainsi sa relaxation.

A diagram of the muscles of the human body

Description automatically generated

1. Comment l'organe tendineux de Golgi fonctionne-t-il en tant que transducteur dans le circuit de rétroaction musculaire ?

Contrairement aux fuseaux musculaires, l'organe tendineux de Golgi est en série avec les fibres musculaires et est stimulé par l'étirement passif et la contraction active du muscle. Il fonctionne comme un transducteur dans un circuit de rétroaction qui régule la force musculaire de manière analogue au circuit de rétroaction des fuseaux musculaires qui régule la longueur du muscle.

1. En quoi consiste l'effet « couteau de poche » observé dans les muscles hypertoniques ?

L'effet « couteau de poche » se manifeste par une résistance initiale suivie d'une diminution soudaine de cette résistance lors du mouvement passif d'un membre. Cela est dû à l'activation du réflexe d'étirement lors de l'étirement modéré du muscle, puis à l'activation du réflexe d'étirement inverse lors d'un étirement plus fort, entraînant un effondrement soudain de la résistance et la flexion du membre.

## RAA : Définir le tremblement physiologique, le clonus et le tonus musculaire.

**Ressources spécifiques**

* Ganong's Review of Medical Physiology, 26e (Chapitre 12) : [lien](https://accesspharmacy-mhmedical-com.proxy.bib.uottawa.ca/content.aspx?bookid=2525&sectionid=204291577)

**Questions**

1. En quoi les réponses dynamiques et statiques des afférents des fuseaux musculaires influencent-elles le tremblement physiologique ?

Les réponses dynamiques et statiques des afférents des fuseaux musculaires influencent le tremblement physiologique. La réponse phasique marquée et prompte des terminaisons des fibres sensorielles de type Ia aux événements dynamiques et statiques dans le muscle aide à amortir les oscillations causées par les retards de conduction dans la boucle de rétroaction régulant la longueur du muscle. Normalement, une petite oscillation se produit dans cette boucle de rétroaction, entraînant un tremblement physiologique de faible amplitude et de fréquence d'environ 10 Hz. Ce tremblement physiologique, un phénomène normal, deviendrait plus prononcé sans la sensibilité du fuseau à la vitesse d'étirement et peut être exacerbé par l'anxiété, la fatigue ou la toxicité médicamenteuse. Plusieurs facteurs contribuent à la genèse du tremblement physiologique, incluant des sources centrales et périphériques comme les taux de tir des unités motrices, les réflexes et la résonance mécanique.

1. Quel est le lien entre l'organe tendineux de Golgi et le clonus ?

Le clonus est caractéristique des états où il y a une activité accrue des neurones moteurs γ. Ce signe neurologique se manifeste par des contractions musculaires régulières, répétitives et rythmiques lorsqu'un muscle est soumis à un étirement soudain et maintenu. L'organe tendineux de Golgi peut contribuer à cette réponse par le séquençage du réflexe d'étirement et du réflexe d'étirement inverse, mais le clonus peut aussi survenir sur la base d'une décharge synchronisée des neurones moteurs sans activation de l'organe tendineux de Golgi.

1. Comment le tonus musculaire est-il affecté par les neurones moteurs γ ?

Le tonus musculaire, ou la résistance d'un muscle à l'étirement, est influencé par la décharge des neurones moteurs γ. Lorsque le taux de décharge des neurones moteurs γ est faible, les muscles sont généralement hypotoniques et lorsqu'il est élevé, ils sont hypertrophiques. Un muscle hypertonique présente une résistance élevée à l'étirement en raison de réflexes d'étirement hyperactifs.

## RAA : Identifier les composants et la fonction de la voie du réflexe de retrait.

**Ressources spécifiques**

* Ganong's Review of Medical Physiology, 26e (Chapitre 12) : [lien](https://accesspharmacy-mhmedical-com.proxy.bib.uottawa.ca/content.aspx?bookid=2525&sectionid=204291577)

**Questions**

1. Qu'est-ce que le réflexe de retrait et comment se manifeste-t-il ?

Le réflexe de retrait est un réflexe polysynaptique typique qui se produit en réponse à un stimulus nocif sur la peau, les tissus sous-cutanés ou le muscle. La réponse consiste en une contraction des muscles fléchisseurs et une inhibition des muscles extenseurs, de sorte que la partie du corps stimulée se fléchisse et se retire du stimulus. Lorsqu'un stimulus fort est appliqué à un membre, la réponse inclut non seulement la flexion et le retrait de ce membre mais aussi l'extension du membre opposé, connue sous le nom de réponse extenseur croisée, qui fait partie intégrante du réflexe de retrait. Des stimuli forts peuvent générer une activité dans le bassin d'interneurones qui se propage aux quatre extrémités.

1. Pourquoi le réflexe de retrait est-il important ?

Le réflexe de retrait sert une fonction protectrice car la flexion du membre stimulé permet de l'éloigner de la source d'irritation, et l'extension de l'autre membre soutient le corps. Ce réflexe est déclenché uniquement par des stimuli nociceptifs, c'est-à-dire des stimuli qui sont nocifs ou potentiellement dommageables.

1. Comment la force du stimulus nocif affecte-t-elle le réflexe de retrait ?

Un stimulus nocif faible provoque une réponse de flexion minimale; des stimuli plus forts produisent une flexion de plus en plus grande à mesure que le stimulus se propage à un nombre croissant de neurones moteurs alimentant les muscles du membre. De plus, des stimuli plus forts provoquent une réponse plus prolongée. Un stimulus faible cause un mouvement rapide de flexion; un stimulus fort provoque une flexion prolongée et parfois une série de mouvements de flexion. Cette réponse prolongée est due à un tir répété et prolongé des neurones moteurs (post-décharge) résultant d'une séquence d’activation continue des neurones moteurs par des impulsions arrivant par des voies polysynaptiques complexes et détournées.

1. Qu'est-ce que la facilitation spatiale et temporelle dans le contexte du réflexe de retrait ?

Avec l'augmentation de la force d'un stimulus nocif, le temps de réaction se raccourcit. La facilitation spatiale et temporelle se produisent au niveau des synapses dans la voie polysynaptique. Des stimuli plus forts produisent plus de potentiels d'action par seconde dans les branches actives et font en sorte que plus de branches deviennent actives ; la sommation des potentiels postsynaptiques excitateurs (EPSPs) au niveau seuil pour la génération de potentiel d'action se produit plus rapidement.

## RAA : Décrire comment les mouvements habiles sont planifiés et exécutés.

**Ressources spécifiques**

* Ganong's Review of Medical Physiology, 26e (Chapitre 12) : [lien](https://accesspharmacy-mhmedical-com.proxy.bib.uottawa.ca/content.aspx?bookid=2525&sectionid=204291577)

**Questions**

1. Quels sont les principes généraux de l'organisation centrale des voies motrices ?

Pour effectuer un mouvement volontaire d'un membre, le cerveau doit planifier un mouvement, organiser un mouvement approprié sur plusieurs articulations simultanément et ajuster ce mouvement en comparant le plan à la performance. Ce processus implique une plasticité synaptique et l'amélioration de la performance avec la répétition. Des lésions du cortex cérébral avant ou pendant la naissance ou pendant les premières années de développement peuvent conduire à la paralysie cérébrale, qui affecte le tonus musculaire, le mouvement et la coordination.

1. Comment les mouvements volontaires sont-ils contrôlés dans le cerveau ?

Les commandes pour les mouvements volontaires proviennent des aires d'association corticales.

Les mouvements sont planifiés dans le cortex, les ganglions de la base et les parties latérales des hémisphères cérébelleux, comme l'indique l'activité électrique augmentée de ces régions le début du mouvement.

Les ganglions de la base et le cervelet transmettent les informations au cortex prémoteur et moteur via le thalamus.

Les commandes motrices du cortex moteur sont principalement relayées via les tractus corticospinaux vers la moelle épinière et les tractus corticobulbaires vers les neurones moteurs du tronc cérébral.

Cependant, des collatérales de ces voies et quelques connexions directes du cortex moteur se terminent sur des noyaux du tronc cérébral qui projettent vers les neurones moteurs du tronc cérébral et de la moelle épinière, médiant également le mouvement volontaire.

Le mouvement entraîne des changements dans les entrées sensorielles provenant des sens spéciaux ainsi que des muscles, tendons, articulations et de la peau. Ces informations de feedback sont transmises directement au cortex moteur et au cervelet spinocérébelleux, lequel envoie ensuite des projections vers le tronc cérébral. Les principales voies du tronc cérébral qui participent au contrôle de la posture et à la coordination des mouvements comprennent les tractus rubrospinal, réticulospinal, tectospinal et vestibulospinal.

A diagram of a brain

Description automatically generated

1. Qu'est-ce que le cortex moteur primaire et où est-il situé ?

Le cortex moteur primaire (M1) est situé dans le gyrus précentral du lobe frontal et s'étend dans le sillon central. Il a été cartographié par des expériences de stimulation chez des patients subissant une craniotomie sous anesthésie locale, montrant où diverses parties du corps sont représentées dans le gyrus précentral. La taille de la représentation corticale de chaque partie du corps est proportionnelle à la finesse avec laquelle cette partie est utilisée dans les mouvements volontaires précis.

1. Qu'est-ce que le schéma homunculus moteur et que représente-t-il ?

Le schéma homunculus moteur, représenté dans la Figure 12–7, montre l'emplacement et la proportion des différentes parties du corps dans le cortex moteur primaire (M1), avec les pieds en haut du gyrus et le visage en bas. La représentation corticale de chaque partie du corps est proportionnelle à l'habileté avec laquelle cette partie est utilisée pour les mouvements fins et volontaires.

A screenshot of a cell phone

Description automatically generated

1. Quel est le rôle de l'aire motrice supplémentaire ?

L'aire motrice supplémentaire est située sur et au-dessus de la bordure supérieure du sillon cingulaire sur le côté médial de l'hémisphère et projette sur le M1. Moins précise que dans le M1, elle est impliquée dans l'organisation ou la planification des séquences motrices, tandis que M1 exécute les mouvements.

1. En quoi consiste le cortex prémoteur et quelle est sa fonction ?

Le cortex prémoteur, situé en avant du gyrus précentral sur la surface corticale latérale et médiale, contient une carte somatotopique. Cette région reçoit des entrées des régions sensorielles du cortex pariétal et projette vers M1, la moelle épinière et la formation réticulaire du tronc cérébral. Elle est concernée par la mise en place de la posture au début d'un mouvement planifié et par la préparation à l'acte moteur, en particulier dans le contrôle des muscles proximaux des membres nécessaires à orienter le corps pour le mouvement.

1. Qu'est-ce que la plasticité du cortex moteur ?

La plasticité du cortex moteur, découverte grâce à la tomographie par émission de positons (PET) et l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (fMRI), montre que les zones du cortex moteur s'agrandissent en réponse à l'apprentissage de mouvements, comme il a déjà été décrit pour le cortex sensoriel. Par exemple, les zones des doigts dans le cortex moteur contralatéral s'agrandissent lorsqu'un motif de mouvement rapide des doigts est appris avec une main ; ce changement est détectable dès la première semaine et maximal à quatre semaines. Les zones corticales de sortie vers d'autres muscles augmentent également de taille lorsque l'apprentissage moteur implique ces muscles. Après une petite lésion ischémique focale dans la zone de la main du cortex moteur chez les singes, la zone de la main peut réapparaître avec le retour de la fonction motrice dans une partie adjacente non endommagée du cortex. Les cartes du cortex moteur ne sont donc pas immuables ; elles changent avec l'expérience.

## RAA : Comparez l'organisation des voies centrales impliquées dans le contrôle des muscles axiaux (posture) et distaux (mouvements habiles, mouvements moteurs fins).

**Ressources spécifiques**

* Ganong's Review of Medical Physiology, 26e (Chapitre 12) : [lien](https://accesspharmacy-mhmedical-com.proxy.bib.uottawa.ca/content.aspx?bookid=2525&sectionid=204291577)

**Questions**

1. Comment sont organisées les voies et les neurones responsables du contrôle des muscles axiaux et distaux dans le tronc cérébral et la moelle épinière ?

Les voies et les neurones responsables du contrôle des muscles squelettiques du tronc (axiaux) et des portions proximales des membres sont situés médialement ou ventralement, tandis que ceux responsables du contrôle des muscles squelettiques des parties distales des membres sont situés latéralement. Les muscles axiaux sont impliqués dans les ajustements posturaux et les mouvements globaux, tandis que les muscles des membres distaux médient les mouvements fins et habiles. Les neurones situés dans la partie médiane de la corne ventrale innervent les muscles des membres proximaux, en particulier les fléchisseurs, et les neurones de la corne ventrale latérale innervent les muscles des membres distaux.

A diagram of a brain

Description automatically generated

1. Quelle est la fonction des tractus corticospinal et corticobulbaire ?

L'organisation somatotopique du cortex moteur se poursuit tout au long des voies allant du cortex aux neurones moteurs. Les axones des neurones du cortex moteur qui projettent vers les neurones moteurs spinaux forment les tractus corticospinaux, qui sont un grand faisceau d'environ un million de fibres.

Environ 80 % de ces fibres traversent la ligne médiane dans les pyramides bulbiaires pour former le tractus corticospinal latéral. Les 20 % restants forment le tractus corticospinal ventral, qui ne croise la ligne médiane qu'au niveau de la moelle épinière où il se termine. Les neurones du tractus corticospinal latéral établissent des connexions monosynaptiques avec les neurones moteurs, en particulier ceux concernés par les mouvements habiles. De nombreux neurones du tractus corticospinal synapsent également sur des interneurones spinaux antécédents aux neurones moteurs ; cette voie indirecte est importante pour coordonner les groupes de muscles.

1. Quelle est l'origine des tractus corticospinal et corticobulbaire ?

Les neurones des tractus corticospinal et corticobulbaire sont de forme pyramidale et situés dans la couche V du cortex cérébral. Les aires corticales d'où proviennent ces tractus ont été identifiées grâce à des stimulations électriques qui produisaient des mouvements discrets et rapides. Environ 31 % des neurones du tractus corticospinal proviennent du cortex moteur primaire (M1). Le cortex prémoteur et l'aire motrice supplémentaire comptent pour 29 % des neurones du tractus corticospinal. Les 40 % restants des neurones du tractus corticospinal ont leur origine dans le lobe pariétal et l'aire somatosensorielle primaire dans le gyrus postcentral. Le système corticospinal et corticobulbaire est la voie principale pour l'initiation des mouvements volontaires qualifiés.

1. Comment les voies du tronc cérébral sont-elles impliquées dans le contrôle de la posture et des mouvements volontaires ?

Les voies du tronc cérébral reflètent l'organisation des motoneurones spinaux, avec des neurones qui innovent les muscles proximaux situés médialement et ceux innovent les muscles distaux situés latéralement. Les voies médiales du tronc cérébral, qui travaillent de concert avec le tractus corticospinal ventral, comprennent les tractus réticulospinaux pontique et médullaire, vestibulospinaux et tectospinal. Ces voies descendent dans les colonnes ventrales ipsilatérales de la moelle épinière et se terminent principalement sur des interneurones et des neurones propriospinaux longs dans la partie ventromédiale de la corne ventrale pour contrôler les muscles axiaux et proximaux.

A screenshot of a computer

Description automatically generated

1. Quel est le rôle des voies vestibulospinales médiales et latérales ?

Les tractus vestibulospinaux médial et latéral sont impliqués dans la fonction vestibulaire. Le tractus médial provient des noyaux vestibulaires médiaux et inférieurs et projette bilatéralement vers les neurones moteurs spinaux cervicaux qui contrôlent la musculature du cou. Le tractus latéral provient des noyaux vestibulaires latéraux et projette ipsilatéralement vers les neurones à tous les niveaux spinaux, activant les motoneurones des muscles anti-gravité pour contrôler la posture et l'équilibre.

1. Comment les tractus réticulospinaux pontique et médullaire contribuent-ils au contrôle de la posture ?

Les tractus réticulospinaux pontique et médullaire projettent à tous les niveaux spinaux et sont impliqués dans le maintien de la posture et la modulation du tonus musculaire, notamment via une entrée aux neurones moteurs γ. Les neurones réticulospinaux pontiques sont principalement excitateurs et ceux médullaires sont principalement inhibiteurs.

1. Qu'est-ce que le tractus tectospinal ?

Le tractus tectospinal prend origine dans le colliculus supérieur du mésencéphale et projette vers la moelle épinière cervicale contralatérale pour contrôler les mouvements de la tête et des yeux.

1. Quelle est la fonction du tractus rubrospinal ?

Le tractus rubrospinal, issu du noyau rouge du mésencéphale, traverse la ligne médiane et projette sur des interneurones dans la partie dorsolatérale de la corne ventrale de la moelle épinière pour influencer également les motoneurones qui contrôlent les muscles des membres distaux. Ce tractus excite les motoneurones fléchisseurs et inhibe les motoneurones extenseurs. Bien qu'il ne soit pas très prononcé chez les humains en bonne santé, il peut jouer un rôle dans la posture typique de la rigidité décortiquée.

## RAA : Identifier les composants des ganglions de la base et les voies qui les relient, ainsi que les neurotransmetteurs de chaque voie.

**Ressources spécifiques**

* Ganong's Review of Medical Physiology, 26e (Chapitre 12) : [lien](https://accesspharmacy-mhmedical-com.proxy.bib.uottawa.ca/content.aspx?bookid=2525&sectionid=204291577)

**Questions**

1. Comment sont organisés les ganglions de la base ?

Les ganglions de la base, ou noyaux de la base, se réfèrent à cinq structures interactives de chaque côté du cerveau:

* le noyau caudé,
* le putamen
* le globus pallidus,
* le noyau subthalamique
* la substantia nigra.

Le noyau caudé et le putamen forment ensemble le striatum ; le putamen et le globus pallidus forment le noyau lenticulaire. Le globus pallidus est divisé en segments externe et interne (GPe et GPi), contenant des neurones inhibiteurs GABAergiques. La substantia nigra est divisée en pars compacta, qui utilise la dopamine comme neurotransmetteur, et pars reticulata, qui utilise le GABA. Environ 95 % des neurones du striatum sont des neurones épineux moyens qui utilisent le GABA, et le reste est composé d'interneurones aspiny qui diffèrent en taille et en neurotransmetteurs : grands (acétylcholine), moyens (somatostatine) et petits (GABA).

A diagram of a brain

Description automatically generated

1. Quelles sont les principales connexions et neurotransmetteurs impliqués dans le fonctionnement des ganglions de la base ?

Les ganglions de la base reçoivent deux entrées principales excitatrices (glutamate) qui terminent dans le striatum: une de la grande région du cortex cérébral (voie corticostriée) et l'autre des noyaux intralaminaires du thalamus (voie thalamostriatale). Les deux principales sorties des ganglions de la base proviennent du segment interne du globus pallidus (GPi) et de la substantia nigra pars reticulata, qui sont toutes deux inhibitrices (GABAergiques) et projettent vers le thalamus. Du thalamus, une projection excitatrice (glutamatergique) est dirigée vers le cortex préfrontal et prémoteur, complétant ainsi la boucle cortico-basale-thalamo-corticale.

Les connexions à l'intérieur des ganglions de la base comprennent une projection dopaminergique nigrostriée de la substantia nigra pars compacta vers le striatum et une projection GABAergique du striatum vers la substantia nigra pars reticulata. Il y a une projection inhibitrice du striatum vers le GPe et le GPi. Le noyau subthalamique reçoit une entrée inhibitrice du GPe et, à son tour, a une projection excitatrice (glutamatergique) vers le GPe et le GPi.

A screenshot of a cell phone

Description automatically generated

1. Quelle est la fonction des ganglions de la base dans le mouvement ?

Les ganglions de la base sont impliqués dans la planification et la programmation des mouvements ou, plus largement, dans les processus par lesquels une pensée abstraite est convertie en action volontaire. Ils influencent le cortex moteur via le thalamus, et les voies corticospinales fournissent la voie finale commune aux neurones moteurs. De plus, le GPi projette vers des noyaux dans le tronc cérébral, et de là vers les neurones moteurs du tronc cérébral et de la moelle épinière. Les ganglions de la base, en particulier les noyaux caudés, jouent également un rôle dans certains processus cognitifs.

## RAA : Discuter des fonctions du cervelet.

**Ressources spécifiques**

* Ganong's Review of Medical Physiology, 26e (Chapitre 12) : [lien](https://accesspharmacy-mhmedical-com.proxy.bib.uottawa.ca/content.aspx?bookid=2525&sectionid=204291577)

**Questions**

1. Quelle est la structure et la position du cervelet ?

Le cervelet est situé au-dessus des principaux systèmes sensoriels et moteurs dans le tronc cérébral. Il est composé du vermis médial et des hémisphères cérébelleux latéraux, qui sont plus pliés et fissurés que le cortex cérébral. Le cervelet pèse 10 % du poids du cortex cérébral, mais sa surface est environ 75 % de celle du cortex cérébral. Anatomiquement, le cervelet est divisé en trois parties par deux fissures transversales : la fissure postérolatérale sépare le nodulus médial et le flocculus latéral du reste du cervelet, et la fissure primaire divise le reste en un lobe antérieur et un lobe postérieur. D'autres fissures divisent le vermis en sections plus petites, contenant 10 lobules principaux numérotés de I à X de supérieur à inférieur.

A diagram of a brain

Description automatically generated

1. Comment le cervelet est-il connecté au tronc cérébral ?

Le cervelet est connecté au tronc cérébral par trois paires de pédoncules situés autour et au-dessus du quatrième ventricule. Le pédoncule cérébelleux supérieur comprend des fibres des noyaux cérébelleux profonds qui projettent vers le tronc cérébral, le noyau rouge et le thalamus. Le pédoncule cérébelleux moyen contient uniquement des fibres afférentes provenant des noyaux pontiques contralatéraux, et le pédoncule cérébelleux inférieur un mélange de fibres afférentes provenant du tronc cérébral et de la moelle épinière et de fibres efférentes vers les noyaux vestibulaires.

1. Quelle est la composition interne du cervelet ?

Le cervelet possède un cortex cérébelleux externe séparé par de la substance blanche des noyaux cérébelleux profonds. Les pédoncules cérébelleux moyen et inférieur transportent des fibres afférentes dans le cervelet où elles sont appelées fibres moussues et grimpantes. Ces fibres émettent des collatérales vers les noyaux profonds et passent au cortex. Il y a quatre noyaux profonds : le noyau denté, le noyau globuleux, le noyau emboliforme et le noyau fastigial. Les noyaux globuleux et emboliforme sont parfois regroupés sous le nom de noyau interposé.

1. Quelle est l'organisation du cortex cérébelleux et quelles sont les différents types de neurones qui le composent ?

Le cortex cérébelleux est composé de trois couches : une couche moléculaire externe, une couche de cellules de Purkinje qui n'a qu'une cellule d'épaisseur, et une couche granulaire interne. Il y a cinq types de neurones dans le cortex : les cellules de Purkinje, les cellules granulaires, les cellules en panier, les cellules étoilées et les cellules de Golgi. Les cellules de Purkinje sont parmi les plus grands neurones du SNC. Elles possèdent d'extensifs arbres dendritiques qui s'étendent à travers toute la couche moléculaire. Leurs axones sont la seule sortie du cortex cérébelleux et projettent vers les noyaux cérébelleux profonds, en particulier le noyau dentelé, où ils forment des synapses inhibitrices. Ils établissent également des connexions inhibitrices avec les neurones des noyaux vestibulaires.

A screenshot of a cell diagram

Description automatically generated

1. Quelle est la structure et les connexions des cellules granulaires du cervelet ?

Les cellules granulaires du cervelet, situées dans la couche granulaire, reçoivent des entrées excitatrices des fibres moussues et innervent les cellules de Purkinje. Chacune envoie un axone dans la couche moléculaire, où l'axone se bifurque en forme de T. Les branches de ce T, appelées fibres parallèles, forment des synapses excitatrices sur les dendrites de nombreuses cellules de Purkinje, et les fibres parallèles et les dendrites des cellules de Purkinje forment un réseau de proportions remarquablement régulières.

A diagram of a cell

Description automatically generated

1. Quel est le rôle des autres types de neurones dans le cortex cérébelleux ?

Les autres types de neurones dans le cortex cérébelleux sont des interneurones inhibiteurs. Les cellules en panier sont situées dans la couche moléculaire, reçoivent des entrées excitatrices des fibres parallèles et projettent sur de nombreuses cellules de Purkinje, formant un panier autour du corps cellulaire et du cône d'implantation axonal de chaque cellule de Purkinje qu'elles innervent. Les cellules étoilées sont similaires aux cellules en panier mais sont situées plus superficiellement dans la couche moléculaire. Les cellules de Golgi sont situées dans la couche granulaire, leurs dendrites se projettent dans la couche moléculaire et reçoivent des entrées excitatrices des fibres parallèles, tandis que leurs corps cellulaires reçoivent des entrées excitatrices via des collatérales des fibres moussues entrantes. Leurs axones projettent sur les dendrites des cellules granulaires où ils forment une synapse inhibitrice.

1. Comment les fibres grimpantes et moussues contribuent-elles aux circuits cérébelleux ?

Les fibres grimpantes proviennent des noyaux olivaires inférieurs et projettent vers les dendrites primaires d'une cellule de Purkinje, autour desquelles elles s'enroulent. L'entrée proprioceptive aux noyaux olivaires inférieurs provient de tout le corps.

Les fibres moussues fournissent une entrée proprioceptive directe de toutes les parties du corps ainsi qu'une entrée du cortex cérébral via les noyaux pontiques. Elles se terminent sur les dendrites des cellules granulaires dans des regroupements synaptiques complexes appelés glomérules.

Les circuits fondamentaux du cortex cérébelleux sont relativement simples. Les entrées des fibres grimpantes exercent un effet excitateur fort sur des cellules de Purkinje uniques, tandis que les entrées des fibres moussues exercent un effet excitateur faible sur de nombreuses cellules de Purkinje via les cellules granulaires.

Les cellules en panier et étoilées sont également excitées par les cellules granulaires via leurs fibres parallèles et inhibent à leur tour les cellules de Purkinje. Les cellules de Golgi sont excitées par les collatérales des fibres moussues et des fibres parallèles, et elles inhibent la transmission des fibres moussues aux cellules granulaires. Le neurotransmetteur libéré par les cellules étoilées, en panier, de Golgi et de Purkinje est le GABA, tandis que les cellules granulaires libèrent du glutamate. Le GABA agit via les récepteurs GABAA, mais la combinaison des sous-unités dans ces récepteurs varie d'un type de cellule à l'autre. La cellule granulaire est unique car elle semble être le seul type de neurone du SNC à avoir un récepteur GABAA contenant la sous-unité α6.

La sortie des cellules de Purkinje est à son tour inhibitrice pour les noyaux cérébelleux profonds. Comme mentionné ci-dessus, ces noyaux reçoivent également des entrées excitatrices via des collatérales des fibres moussues et grimpantes. Il est intéressant de noter que, malgré leur entrée inhibitrice des cellules de Purkinje, la sortie des noyaux cérébelleux profonds vers le tronc cérébral et le thalamus est toujours excitatrice. Ainsi, presque tous les circuits cérébelleux semblent être concernés uniquement par la modulation ou le timing de la sortie excitatrice des noyaux cérébelleux profonds vers le tronc cérébral et le thalamus. Les systèmes afférents primaires qui convergent pour former l'entrée des fibres moussues ou grimpantes au cervelet sont résumés dans le Tableau 12–2.

A screenshot of a computer

Description automatically generated

1. Quelles sont les divisions fonctionnelles du cervelet ?

D'un point de vue fonctionnel, le cervelet est divisé en trois parties :

* Le vestibulocerebellum, formé par le nodulus du vermis et le flocculus adjacent dans l'hémisphère, est la partie la plus ancienne du cervelet en termes phylogénétiques et est concernée par l'équilibre et les mouvements oculaires.
* Le spinocerebellum est constitué du reste du vermis et des parties médiales adjacentes des hémisphères, recevant des entrées proprioceptives du corps ainsi qu'une copie du « plan moteur » du cortex moteur pour lisser et coordonner les mouvements en cours. Le vermis du spinocerebellum projette vers la zone du tronc cérébral pour le contrôle des muscles axiaux et proximaux, tandis que les hémisphères du spinocerebellum projettent vers les zones du tronc cérébral concernées par le contrôle des muscles des membres distaux.
* Le cerebrocerebellum, partie latérale des hémisphères cérébelleux, est la plus récente du point de vue phylogénétique et est particulièrement développée chez l'homme. Il interagit avec le cortex moteur dans la planification et la programmation des mouvements.

A screenshot of a cell phone

Description automatically generated

1. Comment le cervelet contribue-t-il à l'apprentissage ?

Le cervelet participe aux ajustements appris qui facilitent la coordination lorsqu'une tâche est répétée.

Lorsqu'une tâche motrice est apprise, l'activité cérébrale se déplace des zones préfrontales vers le cortex pariétal et moteur ainsi que le cervelet.

La base de cet apprentissage dans le cervelet est probablement l'entrée via les noyaux olivaires.

La voie fibre moussue-cellule granulaire-cellule de Purkinje est très divergente, permettant à une cellule de Purkinje de recevoir des entrées de nombreuses fibres moussues issues de différentes régions.

Cependant, une cellule de Purkinje reçoit l'entrée d'une seule fibre grimpante mais fait 2000 à 3000 synapses sur celle-ci.

L'activation de la fibre grimpante produit un grand spike complexe dans la cellule de Purkinje, et ce spike produit une modification à long terme du modèle d'entrée des fibres moussues vers cette cellule de Purkinje particulière.

L'activité de la fibre grimpante augmente lorsqu'un nouveau mouvement est appris, et des lésions sélectives du complexe olivaire abolissent la capacité de produire des ajustements à long terme dans certaines réponses motrices.