

Les réflexes :

Pour comprendre la clinique engendrée par des déficits de la ou des voies motrices il faut en premier comprendre les réflexes.

L'information emprunte une voie plus ou moins complexe appelée arc (ou boucle) réflexe qui unit les afférences sensorielles (récepteurs et fibres sensoriels) et les efférences effectrices (interneurones, motoneurones, muscles ou glandes). Cet arc réflexe émettant des collatérales vers d'autres interneurones inhibiteurs et d'autres motoneurones, est à l'origine d'une réponse complexe incluant plusieurs groupes musculaires.

Le réflexe spinal représente une réponse motrice simple et relativement stéréotypée en réponse à un type de stimulus spécifique. Les réflexes spinaux sont importants pour l'activité motrice de l'organisme en particulier pour le maintien de la posture. Nombre d'actions inconscientes ou subconscientes dépendent très largement d'activités réflexes déclenchées par l'activation de récepteurs sensoriels. Ces récepteurs sensoriels excitent les interneurones et/ou les motoneurones spinaux et, par voie de fait provoquent la contraction ou le relâchement de certains groupes de muscles.

Les activités réflexes ne dépendent pas des ordres émanant des centres encéphaliques : les réflexes spinaux persistent en effet après section médullaire complète. Le tableau clinique initial, appelé choc spinal, comporte une paraplégie ou une quadriplégie flasque, une hyporéflexie, une perte des fonctions végétatives et de toutes les modalités sensibles en dessous du niveau lésé. En général, après 3 ou 4 semaines les réflexes réapparaissent et deviennent exagérés (hyperréflexie) alors que la motricité volontaire et la perception sensitive restent abolies. Cette hyperréflexie s'inscrit alors dans le cadre d'une paralysie dite spastique.

Les réflexes spinaux les plus importants sont

- Le réflexe d'étirement ou réflexe myotatique

- Le réflexe myotatique inverse
- Le réflexe de flexion

Les réflexes myotatiques reposent principalement sur l'activation de deux mécanorécepteurs sensoriels tendino-musculaires

- Les fuseaux neuromusculaires
- Les organes tendineux de Golgi

Réflexe myotatique

Le réflexe myotatique (ou réflexe d'étirement) est un réflexe monosynaptique. Il correspond à la contraction d'un muscle en réponse à son étirement involontaire. Lorsqu'on étire un muscle, celui-ci développe une tension qui va durer aussi longtemps que dure l'étirement. Cette tension s'oppose à l'étirement et vise à maintenir constante la longueur du muscle (c'est-à-dire à ramener le muscle à sa longueur initiale).

Si on sectionne le nerf mixte issu du muscle, le même étirement n'engendre plus qu'une petite tension due cette fois-ci aux éléments viscoélastiques du muscle. La différence entre les deux tensions correspond à la tension développée par le réflexe myotatique.

Ce réflexe représente l'activité la plus rapide sur le plan moteur. Il contribue au tonus musculaire et joue un rôle fondamental dans les **processus antigravitaires**.

Le réflexe myotatique trouve son origine dans les fuseaux neuromusculaires. Les afférences sensibles issues des fuseaux neuromusculaires sont des fibres myélinisées de type Ia et II (les fibres de plus gros diamètre et les plus rapides de l'organisme).

Ces axones se divisent entre temps au sein de la substance grise de la moelle épinière et émettent des branches collatérales qui excitent

- de façon monosynaptique, les motoneurones α du muscle étiré, situés dans la corne antérieure de la moelle
- de façon monosynaptique, les motoneurones α des muscles synergiques du muscle étiré
- des interneurones médullaires de type Ia, inhibiteurs des muscles antagonistes du muscle étiré c'est le réflexe d'inhibition réciproque.

Les fibres sensorielles issues des fuseaux neuromusculaires et les motoneurones α sur lesquels elles agissent constituent l'arc réflexe myotatique. L'organisation de cet arc réflexe, appelée innervation réciproque, permet d'activer un groupe de motoneurones et de contracter un groupe musculaire donné (par exemple les muscles extenseurs de la jambe, droit antérieur de la cuisse et ses muscles synergiques, comme le vaste intermédiaire) et d'inhiber simultanément les motoneurones des muscles antagonistes (ici les fléchisseurs de la jambe, comme le semi-tendineux).

Dans le cas de l'étirement passif d'un muscle extenseur (sous l'action du poids que supporte le muscle ou lors de la recherche d'un réflexe ostéo-tendineux au moyen d'un marteau réflexe), l'étirement de la région centrale du fuseau neuromusculaire entraîne la dépolarisation des axones des fibres Ia et II par ouverture des canaux ioniques mécanosensibles. Cet étirement entraîne une décharge de potentiels d'action dans les fibres sensorielles de fréquence proportionnelle à l'allongement et à la vitesse de l'élongation du muscle.

Les messages issus des fuseaux neuromusculaires de l'extenseur parviennent directement aux motoneurones α de l'extenseur par l'intermédiaire d'une seule synapse, il s'agit d'un **réflexe monosynaptique**. Cette synapse est excitatrice et la libération synaptique de neurotransmetteur active les motoneurones α de l'extenseur. Cette excitation augmente l'activité des motoneurones α : elle augmente la fréquence des PA et par conséquent contracte le muscle extenseur. La synapse de la fibre Ia sur l'interneurone est elle aussi excitatrice alors que la

synapse de l'interneurone sur le motoneurone α est inhibitrice. La libération de neurotransmetteur sur les récepteurs post-synaptiques provoque ici l'hyperpolarisation du motoneurone et par conséquent diminue son activité. L'interposition de l'interneurone a donc un effet opposé sur le muscle fléchisseur que sur le muscle extenseur : le muscle fléchisseur se relâche.

Les deux muscles présentent ainsi un **comportement antagoniste** au cours du réflexe myotatique. La contraction du muscle activé (extenseur) corrige son étirement et le relâchement du muscle antagoniste (fléchisseur) permet la contraction et donc le mouvement induit par le muscle extenseur. Cette balance contraction/décontraction musculaire permet le mouvement réflexe et participe au maintien de la posture lorsqu'il s'agit des muscles antigravitaires.

L'arc réflexe est également sous la dépendance des motoneurones γ :

En conditions physiologiques, les motoneurones gamma maintiennent la sensibilité de l'arc réflexe lors des raccourcissements musculaires. L'activation de la boucle gamma raccourcit les fibres intrafusales "détendues" par la contraction involontaire du muscle (ici par réflexe spinal). En effet lors de l'étirement du muscle on a sous l'effet de ce réflexe myotatique apparition de sa contraction ce qui provoque une baisse de tension, un raccourcissement de toutes les fibres musculaires qu'elles soient extra fusales ou intra fusales. Ainsi s'il n'existait pas de réponse gamma, le muscle raccourcit par la réponse alpha, le FNM le serait aussi et il serait silencieux.

Le raccourcissement du fuseau, sans effet mécanique sur l'articulation, permet de maintenir l'excitabilité du fuseau et la décharge au sein des fibres sensorielles afférentes.

Le réflexe myotatique inverse

Le réflexe myotatique inverse prend son origine dans l'activation des récepteurs tendineux de Golgi. Les fibres sensorielles afférentes se projettent sur des interneurones médullaires inhibiteurs qui inhibent les motoneurones α du

muscle concerné et sur des interneurones excitateurs qui excitent les motoneurones alpha des muscles antagonistes. L'organisation de cet arc réflexe est donc opposée à celle de l'arc réflexe myotatique (d'où son nom). La fonction de du réflexe myotatique inverse est cependant complémentaire de celle du réflexe myotatique d'étirement.

L'organe tendineux de Golgi (qui lui à l'inverse des FNM est montée en série par rapport aux muscles) informe le système nerveux de la tension exercée sur le muscle. Dans le cas du maintien prolongé d'une posture, le muscle (par exemple le droit antérieur de la cuisse) fatiguera progressivement et la force qu'il développe diminuera. La diminution de force diminuera donc l'activité des récepteurs de Golgi. Ceux-ci inhibant l'activité des motoneurones du muscle (le droit antérieur ici), la diminution d'activité des récepteurs de Golgi augmentera l'activité des motoneurones alpha et augmentera en conséquence la contraction du muscle. Un réflexe coordonné impliquant les récepteurs de Golgi et les fuseaux neuromusculaires permet donc de majorer la contraction des muscles antigravitaires et de maintenir la posture.

Le réflexe de flexion :

Ces réflexes ont pour but de provoquer des réactions de retrait, par exemple pour éloigner un membre d'un stimulus douloureux (piqûre d'aiguille, chaleur de flamme...) mais également pour adapter la position du membre lors de la locomotion.

Les récepteurs sensoriels à l'origine de ce réflexe incluent de multiples récepteurs sensoriels situés sur la peau, les muscles, les articulations et les viscères.

Le réflexe de flexion comporte plusieurs synapses. Cette organisation permet la mise en place de réponses plus complexes que le réflexe myotatique.

La stimulation des fibres sensibles nociceptives provoque l'excitation des muscles fléchisseurs et l'inhibition des muscles extenseurs du membre stimulé et des réponses opposées dans le membre controlatéral : les muscles extenseurs

y sont excités et les muscles fléchisseurs inhibés. Les afférences nociceptives provoquent ainsi l'excitation d'interneurones excitateurs des motoneurones alpha des muscles fléchisseurs homolatéraux et l'excitation d'interneurones inhibiteurs des motoneurones alpha des muscles extenseurs homolatéraux. L'excitation des interneurones commissuraux (qui croisent la ligne médiane de la moelle) provoquent la réponse inverse sur le membre controlatéral. Il existe donc ici une double innervation réciproque.

Le réflexe d'extension croisée améliore le support postural durant le retrait par rapport au stimulus douloureux.

Par rapport au réflexe d'étirement, le réflexe de flexion présente certaines particularités :

- Il est évoqué par des récepteurs multiples et non spécifiques : la réponse varie pour des modifications de la nature et de la position du stimulus
- Il est polysynaptique : sa réponse est de latence allongée par rapport au réflexe d'extension monosynaptique
- Il présente un fort niveau de divergence au sein de l'arc réflexe : il concerne plusieurs articulations du membre homolatéral mais également controlatéral
- Il est non linéaire : de faibles stimuli sont sans effet mais au-delà d'un seuil d'intensité, une réponse intense apparaît, prédominant sur toutes les autres modalités réflexes
- Sa réponse peut perdurer longtemps après la fin du stimulus du fait de la persistance de post décharges des interneurones impliqués dans l'arc réflexe.

Comme les autres voies réflexes, les interneurones du réflexe de flexion reçoivent des influences convergentes de différentes sources : récepteurs cutanés, autres interneurones spinaux, voies descendantes.

Dans les conditions normales, il faut un stimulus nociceptif appliqué sur le membre pour provoquer le réflexe de flexion. Après lésion des voies

descendantes, des stimulations non nociceptives (comme une pression modérée du membre) peuvent entraîner une réponse réflexe en flexion. Les projections descendantes que reçoit la moelle ont donc pour fonction, au moins en partie, de filtrer les afférences sensorielles susceptibles de provoquer la réponse des interneurons du réflexe de flexion.

Reflexe spinaux et centres supra spinaux

Les réflexes spinaux sont amplifiés ou diminués par les structures centrales

Les ordres moteurs d'origine supra-médullaire consistent pour la plupart, à moduler des activités réflexes spinales

- La Minorité de projections motrices cortico-spinales font synapse directement sur les motoneurons spinaux (mouvements fins des mains et des doigts)
- La Majorité des actes moteurs volontaires sont réalisées par des projections descendantes qui modulent les interneurons des circuits réflexes médullaires

Le système réticulé bulbaire inhibiteur et le système réticulé protubérantiel collaborent, sous le contrôle du cortex et des autres centres moteurs, au maintien du tonus et au contrôle de la posture

Inhibition de certains groupes musculaires lors de l'exécution de certaines tâches motrices

- Lors d'un mouvement, il est nécessaire de "libérer" certains muscles axiaux qui empêcheraient la réalisation normale du mouvement
- Les centres supérieurs excitent les noyaux réticulés bulbaires qui inhibent les muscles axiaux de certaines parties du corps