

# KIN1720 - Intégration perceptivomotrice

## Démonstrations en laboratoire

### I. RÉFLEXES MÉDULLAIRES (RÉFLEXES H ET TENDINEUX)

#### A. Introduction

Les réflexes médullaires sont des réponses simples et automatiques qui servent à protéger l'organisme et peuvent aussi accompagner les mouvements volontaires. Ces réflexes impliquent des réseaux neuronaux qui passent par la moelle épinière. Parmi les réflexes, on retrouve le réflexe de flexion, le réflexe d'extension croisée et le réflexe myotatique (tendineux). Ce dernier, peut être induit soit par une stimulation mécanique ou par une stimulation électrique. L'activation de l'afférence musculaire par une stimulation électrique et l'enregistrement de la réponse motrice via l'électromyographie (EMG) sont surnommés le réflexe de Hoffmann (réflexe H) et l'analyse de celui-ci informe sur l'excitabilité de la moelle dans différentes conditions.

#### B. Objectifs

Le but du laboratoire est d'initier l'étudiant (e) aux activités réflexes, plus particulièrement, le réflexe tendineux et son homologue électrique le réflexe H et de démontrer la plasticité de ces réflexes.

#### C. Méthodologie

##### 1. Protocole

Enregistrer, chez un sujet couché en décubitus ventral, les signaux EMG du soléaire (muscle de la jambe) lors de stimulation électrique du nerf tibial et de stimulation mécanique du tendon d'Achille.

##### 2. Matériel

Le matériel comprend des électrodes d'enregistrement EMG, des amplificateurs EMG, des électrodes de stimulation, un stimulateur électrique, un marteau instrumenté, un système d'enregistrement.

##### 3. Mode opératoire

###### a. Préparation du sujet pour l'enregistrement d'électromyographie (EMG)

- (1) Nettoyage de la peau et préparation des électrodes d'enregistrement
- (2) Application des électrodes sur la partie charnue du muscle Soléaire
- (3) Branchement des électrodes au système d'amplification et au système d'enregistrement

###### b. Préparation pour le réflexe H (stimulation électrique)

- (1) Nettoyage de la peau et préparation des électrodes de stimulation
- (2) Positionnement du sujet (position prone) avec le pied pendant
- (3) Application des électrodes au-dessus du nerf tibial dans la fosse poplitée
- (4) Utilisation d'une stimulation simple (onde carrée) d'une durée de 1 ms
- (5) Attendre un minimum de 5 s entre les essais

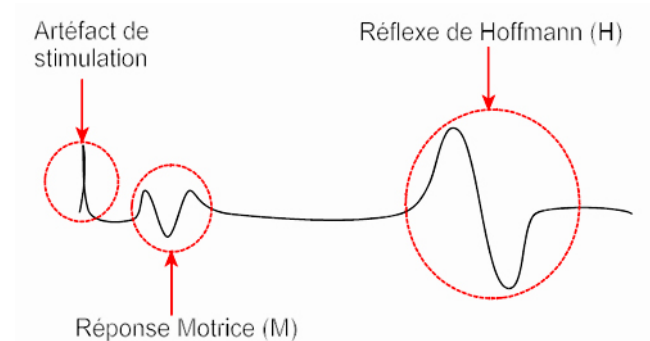
###### c. Tâches à réaliser pour le réflexe H

- (1) 5 essais témoins (tête en position neutre)
- (2) 5 essais lors de la Manoeuvre de Jendrask
- (3) 5 essais lors de la contraction des muscles agonistes
- (4) 5 essais lors de la contraction des muscles antagonistes
- (5) 5 essais avec le cou et la tête tournés du côté de la jambe stimulée

- (6) 5 essais avec le cou et la tête tournés du côté opposé à la jambe stimulée
- d. Réflexe tendineux (T - perturbation mécanique)
- (1) Positionnement du sujet (position prone) avec le pied pendant
  - (2) Branchement du marteau instrumenté au système d'enregistrement
  - (3) Relâchement du marteau à partir de la position verticale sur le tendon d'Achille.
    - (a) 5 essais témoins (tête en position neutre)
    - (b) 5 essais lors de la contraction des muscles agonistes

#### 4. Analyse des données

#### **D. Résultats attendus**



**Figure 1:** Réponses (M et H) obtenues du soléaire

Pour la tâche 1 vous devriez obtenir une courbe telle qu'illustrée à la figure 1. Il y a 2 réponses d'importance; (1) la réponse motrice (M) qui représente la stimulation directe des axones des motoneurones  $\alpha$  et (2) le réflexe de Hoffmann (H) qui est le résultat de l'activation des fibres afférentes Ia. Les latences (le temps entre la stimulation et le début de la réponse) devraient se situer à 5-8 ms et 25-35 ms pour les réponses M et H, respectivement. Il est important de noter que l'amplitude de la réponse M devrait être maintenue constante à travers tous les tâches (1- 6). Pour les tâches 2, 3 et 5, vous devriez observer une augmentation du réflexe H par rapport à la tâche 1. Vous devriez obtenir une diminution du réflexe H par rapport à la tâche 1 dans les tâches 4 et 6. Lorsque l'on compare les latences du réflexe H et du réflexe tendineux (C3c1 vs C3d3a) vous devriez obtenir une latence plus longue, par quelques ms, pour le réflexe T par rapport au réflexe H. Vous devriez obtenir une augmentation du réflexe T lors de la contraction des muscles agonistes en comparaison avec la condition témoin.

#### **E. Questions pour réflexion**

1. Quels sont les fondements neurophysiologiques qui sous-tendent changements obtenus dans les différentes conditions pour le réflexe H.
2. Quels sont les fondements neurophysiologiques qui sous-tendent les latences du réflexe H et réflexe tendineux.

#### **F. Références**

- Bouisset, S., Maton, B. *Muscles, posture et mouvement*. Hermann., 1995.
- Godaux, E., Chéron, G. *Le mouvement*. Medsi McGraw-Hill, 1989.
- Guyton, A.C. *Anatomie et physiologie du système nerveux*. Décarie, 1989.
- Hugon, M. *Methodology of the Hoffman reflex in man*. *New developments in electromyography and clinical neurophysiology*. Vol 3. Desmedt, J.E. (Ed), Karger, Basel 1973, pages 277-293.

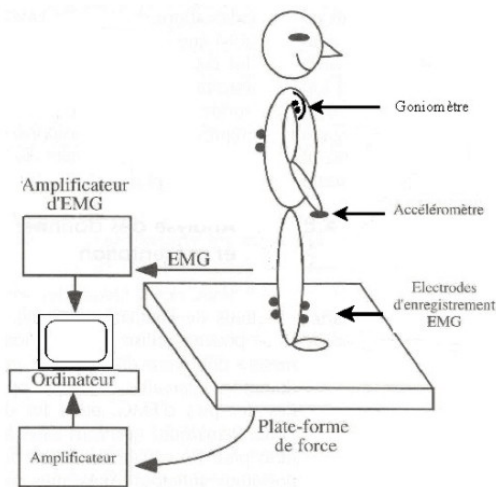
- Latash, M. *Bases neurophysiologiques du mouvement*. de Boeck, Paris, 2002.
- Misiaszek JE. The H-reflex as a tool in neurophysiology: its limitations and uses in understanding nervous system function. *Muscle Nerve* 28: 144-160, 2003.
- Purves, D., Augustine, G.J., Fitzpatrick, D., Katz, L.C., LaMantia, A.-S., McNamara, J.O. et Williams, M.S. *Neurosciences*. de boeck, Paris, 2003.
- Richard, D., Orsal, D. *Neurophysiologie: motricité et grandes fonctions du système nerveux central (tome 2)*. Dunod, Paris, 2000.
- Rigal, R. *Motricité humaine. Fondements et applications pédagogiques, 3<sup>e</sup> éd. Tome 1. Neurophysiologie perceptivomotrice*. Presses de l'Université du Québec, Québec, 2002.
- Schieppati, M. The Hoffman reflex: a means of assessing spinal reflex excitability and its descending control in man. *Progress in Neurobiology*, 28: 345-376, 1987.

## II. CONTRÔLE DE LA POSTURE ET ÉQUILIBRE

### A. Introduction

En station debout, les mouvements volontaires des bras perturbent la posture. Deux des principales causes des perturbations posturales sont liées aux mouvements volontaires rapides. Premièrement, tout mouvement du corps déplace la projection du centre de masse qui peut alors sortir du polygone de sustentation. La position du centre de masse devra donc être corrigée. Deuxièmement, en raison des forces inertielles et des couplages mécaniques articulaires, les mouvements des bras induisent des variations des moments (couples) de force articulaires en différents points du corps, notamment au niveau d'articulations impliquées dans le contrôle postural. De ce fait, les mouvements volontaires, comme les mouvements rapides, s'accompagnent quasi-systématiquement de modifications de l'activité des muscles posturaux.

Certaines de ces variations précèdent le mouvement lui-même et peuvent être considérées comme des ajustements posturaux anticipés. Leur rôle probable est de limiter les déséquilibres posturaux induits par le mouvement. On peut alors émettre l'hypothèse que des ajustements posturaux anticipés permettent d'éviter le déséquilibre induit par tout mouvement volontaire rapide des membres. Il en résulte des déplacements du centre de masse et par le fait même du centre de pression du corps sur la surface d'appui. Le système nerveux central déclenche donc ces ajustements avant le démarrage du mouvement pour ainsi assurer l'équilibre et la posture de l'action à venir améliorant son adéquation.



**Figure 2:** Montage expérimental pour la démonstration posture et équilibre

### B. Objectif

Le but de ce laboratoire est précisément (1) d'observer ces ajustements posturaux anticipés en étudiant les différents mécanismes intervenant dans le maintien de la posture verticale dans le champ de gravité; (2) d'étudier la dépendance de ces mécanismes vis à vis des paramètres intervenant dans les perturbations posturales, les actions propres du sujet, l'intervention de la vision et l'utilisation adéquate de l'information proprioceptive kinesthésique périphérique.

### C. Méthodologie

### 1. Protocole

Enregistrer, chez un sujet debout, les signaux fournis par une plate-forme de force et les EMG des muscles posturaux et de certains muscles des bras, pendant des mouvements rapides volontaires des bras, lors de la manipulation ou chute de charges provoquées soit volontairement par le sujet soit par un expérimentateur et ce avec les yeux ouverts ou fermés. Observer et mesurer les modifications de la posture.

### 2. Matériel

Le dispositif expérimental doit comporter plusieurs amplificateurs d'EMG, une plate-forme de force, un jeu de charges, un accéléromètre, un goniomètre et système d'enregistrement et de mesure. Le dispositif expérimental est représenté sur la figure 2.

### 3. Mode opératoire

1. Placez les électrodes d'EMG unilatéralement sur les parties charnues des muscles suivants: le soléaire, le muscle tibial antérieur, le droit fémoral, le biceps fémoral.
2. Fixez au poignet droit ou dans la paume de la main un accéléromètre à l'aide d'un ruban adhésif et choisir une position pour l'accéléromètre de telle sorte que son axe de sensibilité maximale soit situé dans la direction de l'action prévue.
3. Placez le goniomètre sur l'épaule à droite.
4. Dans toutes les expérimentations, enregistrez les modifications de l'activité EMG des muscles posturaux ainsi que les déplacements du centre de pression dans la direction antéro-postérieure qui peut être calculée à partir des signaux de la plate-forme par  $(M_x/F_z)$  dans lesquelles  $M_x$  représentent les coordonnées du moment de la force et  $F_z$  les coordonnées de la force horizontale mesurées par la plate-forme.

### 4. Tâches à réaliser

- Expérience 1

Demandez au sujet de se tenir sur la plate-forme de force et d'exécuter des flexions rapides des épaules afin que les deux bras soient à l'horizontale en position finale. Dans d'autres séries, demandez au sujet d'effectuer des extensions rapides des épaules (des mouvements des deux bras vers l'arrière) dans des limites confortables. Dans les dernières séries, demandez au sujet de faire des abductions bilatérales rapides (des mouvements latéraux), de telle sorte que les deux bras soient à l'horizontale en position finale.

- Expérience 2

Demandez au sujet de se tenir debout sur la plate-forme et de porter une charge, cette dernière étant collée sur sa poitrine. Par la suite, demandez au sujet d'éloigner la charge par une extension des coudes jusqu'à ce que les membres supérieurs soit complètement étendues. À partir de cette position finale, demandez au sujet de laisser tomber la charge. Dans une autre expérience, la suppression de la charge sera effectuée par un expérimentateur (par exemple, si la charge est suspendue par une corde à une barre tenue par le sujet, l'expérimentateur peut couper la corde à l'aide d'une paire de ciseaux) dans deux types de conditions: quand le sujet ne regarde pas la charge (par exemple : il a les yeux fermés) et quand le sujet regarde l'expérimentateur.

### 5. Analyse des données

Vous devez avoir des index quantitatifs des variations de l'activité EMG des muscles posturaux. Vous pouvez utiliser, en fonction des méthodes de mesure dont vous disposez, les intégrations des EMG durant les intervalles de temps appropriés, les amplitudes des pics d'EMG, et/ou les durées des bouffées EMG. Remarquez que vous aurez besoin d'index différents pour les variations d'EMG dues aux ajustements posturaux anticipés (APAs) puis dues aux réactions de correction (RCs). Par conséquent, vous devez déterminer précisément le moment où commence l'action du sujet (ou la suppression de la charge), ce qui peut être indiqué à l'aide de l'accéléromètre ou des mouvements articulaires

déterminés par le goniomètre. Après cela, le  $t_0$  est défini. Les APAs peuvent être quantifiés en se servant des variations de l'EMG qui apparaissent avant  $t_0$  ou quelques dizaines de millisecondes après  $t_0$  (de telle sorte qu'il ne puisse pas y avoir d'effet en retour sur l'EMG). Les réactions de correction peuvent être quantifiées en se servant d'intervalles de temps d'environ 50 ms après  $t_0$  jusqu'à environ 150 ms après  $t_0$ . Les déplacements du centre de pression pendant les APAs peuvent également être évalués, par exemple en comparant la position du centre de pression à  $t_0$ , avec sa position quelques centaines de millisecondes (par ex. 300 ms) avant ce temps.

En ce qui concerne les données de la 1ère expérience, reportez sur un graphique les indices de variation des EMG pendant les APAs et les RCs en fonction de la direction du mouvement du bras. Reportez également les déplacements du centre de pression en fonction de la direction du mouvement.

Pour la 2e expérience, comparez les changements dans les EMG des muscles posturaux et les déplacements du centre de pression pendant les APAs associés à la suppression de la charge par le sujet, ainsi qu'à la suppression prévisible de même que les RCs produites par la suppression imprévisible de charge par l'expérimentateur.

#### **D. Résultats attendus**

Dans la 1ère expérience, vous vous attendez à voir des APAs aussi bien dans les EMG que dans les déplacements du centre de pression lors de mouvements de bras vers l'avant et vers l'arrière et quasiment pas d'APAs lors de mouvements latéraux. La direction des APAs devrait dépendre de la direction du mouvement. Les APAs devraient être suivis par des RCs dont le schéma devrait dépendre de la direction du mouvement.

Dans la 2e expérience, vous devriez voir des APAs pendant la suppression de la charge par le sujet et non lorsque l'expérimentateur intervient, même si le sujet est capable de prévoir le moment de la perturbation (dans les séries où le sujet voit l'expérimentateur ou lorsque le métronome est utilisé). Dans toutes les séries, des RCs sont attendues; elles seront plus amples dans celles qui impliquent l'expérimentateur.

#### **E. Question pour réflexion**

Quels sont les fondements neurophysiologiques des ajustements posturaux observés ?

#### **F. Références**

- Bouisset, S., Maton, B. *Muscles, posture et mouvement*. Hermann., 1995.
- Bouisset, S. et Zattara, M.. Biomechanical study of the programming of anticipatory postural adjustments associated with voluntary movement. *J.Physiol.(Lond.)* 20 (8):735-742, 1987.
- Bouisset, S. et Zattara, M.. Postural muscular activities and intentional movements. *Med.& sport sci.* 26:163-173, 1987.
- Godaux, E., Chéron, G. *Le mouvement*. Medsi McGraw-Hill, 1989.
- Guyton, A.C. *Anatomie et physiologie du système nerveux*. Décarie, 1989.
- Latash, M. *Bases neurophysiologiques du mouvement*. de Boeck, Paris, 2002.
- Massion, J. Postural changes accompanying voluntary movements. Normal and pathological aspects. *Hum.Neurobiol.* 2:261-267, 1984.
- Massion, J. et Viallet, F. Posture, coordination, mouvement. *Rev.Neurol.(Paris.)* 146 (10):536-542, 1990.

- Purves, D., Augustine, G.J., Fitzpatrick, D., Katz, L.C., LaMantia, A.-S., McNamara, J.O. et Williams, M.S. *Neurosciences*. de boeck, Paris, 2003.
- Richard, D., Orsal, D. *Neurophysiologie: motricité et grandes fonctions du système nerveux central (tome 2)*. Dunod, Paris, 2000.
- Rigal, R. *Motricité humaine. Fondements et applications pédagogiques, 3<sup>e</sup> éd. Tome 1. Neurophysiologie perceptivomotrice*. Presses de l'Université du Québec, Québec, 2002

### III. CONTRÔLE DES MOUVEMENTS VOLONTAIRES

#### A. Introduction

Chaque correction réalisée durant l'exécution d'un mouvement volontaire est basée sur un ensemble d'informations concernant les erreurs qui se sont produites au cours des quelques centaines de millisecondes précédentes. Ces erreurs sont traitées par le niveau d'identification du stimulus. Une correction motrice est choisie pendant la phase de sélection de la réponse et la correction est organisée et amorcée lors de la programmation de la réponse. Toutefois, il existe un délai minimal à l'intérieur duquel ces informations doivent être traitées pour permettre à la réponse d'être temporellement adaptée à la situation.

#### B. Objectif

Le présent laboratoire a comme objectif de déterminer le temps minimal pour le traitement d'information et de préciser si ce temps est le même peu importe la complexité de la réponse requise.

#### C. Méthodologie

##### 1. Matériel

Le matériel comprend un chronomètre à affichage numérique, une boîte de relais avec interrupteur, une boîte avec relais et interrupteur normalement fermé et un panneau de contre plaqué avec six petites portes.

##### 2. Mode opératoire

- Tâche 1

1. Le sujet maintient le doigt sur une touche tout en regardant le chronomètre à affichage numérique calibré au centième de seconde.
2. Au moment où le chronomètre se met en marche, le sujet doit l'arrêter, en enlevant le doigt, au moment précis où il affiche deux secondes (2,00) (une certaine variabilité est acceptée). Le sujet disposera d'une trentaine d'essais pour obtenir le résultat souhaité.
3. Une fois la performance acquise et stabilisée, le sujet sera confronté à deux situations.
  - a) La première (situation témoin), le sujet arrêtera lui-même le chronomètre à deux secondes comme il l'a exécuté précédemment lors de l'entraînement.
  - b) La deuxième (situation expérimentale), le sujet continuera à réaliser la tâche. Toutefois, le chronomètre sera arrêté automatiquement à son insu avant qu'il n'affiche deux secondes (2,00). Lorsque cette situation se présente, le sujet devra maintenir le doigt sur le bouton en inhibant son action de lever le doigt. Les temps d'arrêts automatiques du chronomètre varieront de la façon suivante: 1,70, 1,75, 1,80, 1,85, 1,90 et seront présentés 10 fois de façon aléatoire.

- Tâche 2

1. Dans cette expérience vous devez réagir le plus rapidement possible pour réaliser un des deux mouvements qui vous sera imposé. Au départ, votre doigt est posé sur un bouton.
  - a) Pour le premier mouvement, vous devrez, suite au déclenchement du chronomètre, simplement lever votre doigt.
  - b) Pour le deuxième mouvement, vous devez faire basculer six portes dans un ordre précis (porte 1, 5, 3, 4, 2, 6) avant d'arrêter vous-même un deuxième chronomètre affichant le temps écoulé depuis le début du mouvement.
  - c) Vous saurez avant chacun des essais, lequel des deux mouvements vous devrez exécuter. Un total de 30 essais pour chaque mouvement devra être fait.

##### 3. Analyse des données

- Tâche 1



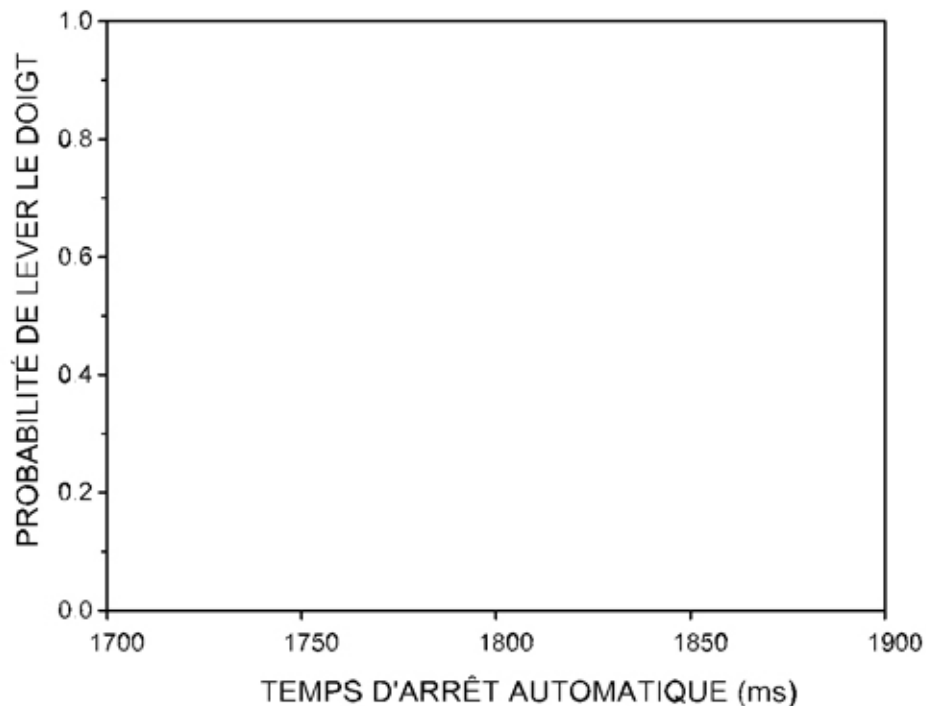
Pour répondre à la question pour la tâche 1, vous devez premièrement calculer, pour chacun des temps d'arrêt automatique, la probabilité de lever le doigt et ce malgré que le chronomètre se soit arrêté avant les deux secondes. Par la suite, vous devez présenter ce résultat sur un graphique comme à la figure 3.

#### **D. Résultats attendus**

Lors de la tâche 1, Vous devriez obtenir un temps minimal pour inhiber votre réponse. Lors de la tâche 2, vous devriez obtenir un temps de réaction plus élevé avec la tâche plus complexe (le deuxième mouvement) qu'avec la tâche simple (le premier mouvement).

#### **E. Questions pour réflexion**

Quels sont les fondements neurophysiologiques des résultats obtenus?



**Figure 3:** Probabilité de lever le doigt versus les temps d'arrêt automatique

#### **F. Références**

- Collet, C. *Mouvements et cerveau*. de Boeck, Paris, 2002.
- Godaux, E., Chéron, G. *Le mouvement*. Medsi McGraw-Hill, 1989.
- Guyton, A.C. *Anatomie et physiologie du système nerveux*. Décarie, 1989.
- Latash, M. *Bases neurophysiologiques du mouvement*. de Boeck, Paris, 2002.
- Purves, D., Augustine, G.J., Fitzpatrick, D., Katz, L.C., LaMantia, A.-S., McNamara, J.O. et Williams, M.S. *Neurosciences*. de boeck, Paris, 2003.

- Richard, D., Orsal, D. Neurophysiologie: motricité et grandes fonctions du système nerveux central (tome 2). Dunod, Paris, 2000.
- Rigal, R. Motricité humaine. Fondements et applications pédagogiques, 3<sup>e</sup> éd. Tome 1. Neurophysiologie perceptivomotrice. Presses de l'Université du Québec, Québec, 2002.
- Schmidt, R.A. Apprentissage moteur et performance. Vigot, Paris. 1993
- Slater-Hammel, A.T. Reliability, accuracy and refractoriness of transit reaction. *Research Quarterly*, 31: 217-228, 1960.