

MINISTERE DE LA SANTE
INSTITUT LORRAIN DE FORMATION EN MASSO-KINESITHERAPIE DE NANCY

**ETUDE DES EFFETS D'UNE STIMULATION
MECANIQUE CUTANEE AU NIVEAU DES
DERMATOMES CERVICAUX SUR LE TONUS DES
MUSCLES DES MEMBRES INFERIEURS CHEZ LE
SUJET SAIN**

Rapport de travail écrit personnel présenté
par **Gabrielle BARBAUX** étudiante en 3ème
année de masso-kinésithérapie en vue de
l'obtention du Diplôme d'Etat de Masseur
Kinésithérapeute 2004-2005.

PRESENTATION DU LIEU DE STAGE

Ce travail a été réalisé :

Du 6 Septembre 2004 au 29 Octobre 2004

Au Centre de Réadaptation Fonctionnelle de Lionnois :

Adresse : 35, rue Lionnois

54 000 NANCY

A propos de l'établissement :

- Cet établissement fait partie de l'Union de Gestion des Etablissements des Caisses d'Assurance Maladie (U.G.E.C.A.M.) Lorraine.
- Médecin-chef : Docteur BRUGEROLLE.
- Cadre de Santé Masseur Kinésithérapeute : Monsieur BOISSEAU.
- Nombre de lits : 60.
- Nombre de demi-pensionnaires : 20.
- Nombre d'externe : 50.
- Pathologies rencontrées : Traumatologie, Rhumatologie.
- Composition du plateau technique :
 - 3 médecins
 - 15 masseurs kinésithérapeutes
 - 7 ergothérapeutes

Référent : NOM :

Prénom :

Donne autorisation à :

NOM :

Prénom :

De présenter son travail écrit à la soutenance orale dans le cadre du Diplôme d'Etat de Masseur Kinésithérapeute.

Date :

Signature et cachet de l'établissement :

Je remercie tous ceux qui m'ont aidé pour la réalisation cette étude : Monsieur Patrick BOISSEAU, Docteur Christian BEYAERT, Monsieur Eric DESSAINT, Mesdemoiselles Anne FONTAINE, Angélie GODFROY et Marie CRUCY, ainsi que tous les étudiants volontaires ayant participé à cette étude.

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	1
2. GENERALITES.....	2
2.1. PRINCIPES	2
2.1.1. <i>Isocinétisme (5)</i>	2
2.1.2. <i>Dynamomètre isocinétique (5)</i>	2
2.1.3. <i>Dépressomassage</i>	2
2.2. DEFINITIONS (5)	3
2.2.1. Types de contractions	3
2.2.1.1. <i>Contraction statique</i>	3
2.2.1.2. <i>Contraction dynamique</i>	3
2.2.1.3. <i>Contraction isocinétique</i>	3
2.2.2. Paramètres étudiés (18)	4
2.2.2.1. <i>En isocinétisme</i>	4
2.2.2.2. <i>En Isométrie</i>	4
2.3. PHYSIOLOGIE DU MOUVEMENT (3).....	5
2.3.1. Voies motrices descendantes	5
2.3.1.1. <i>Motricité volontaire : la voie pyramidale (fig.1)</i>	5
2.3.1.2. <i>Motricité involontaire : la voie extrapyramidale</i>	6
2.3.2. Tonus musculaire.....	6
2.4. ETAT DE LA QUESTION.....	6
2.4.1. <i>Chez l'animal</i>	6
2.4.2. <i>Chez l'homme</i>	8
3. POPULATION, MATERIEL ET METHODE.....	9
3.1. POPULATION	9
3.1.1. <i>Population Saine</i>	9
3.1.2. <i>Critères d'exclusion</i>	9
3.2. MATERIEL	10
3.2.1. <i>Stimulation mécanique par dépressomassage</i>	10
3.2.2. <i>Dynamomètre isocinétique</i>	10
3.2.2.1. <i>Installation [Annexe I]</i>	10
3.2.2.2. <i>Réglages préalables au test</i>	11
3.3. PROTOCOLE.....	12
3.3.1. <i>Préparation</i>	12
3.3.2. <i>Test</i>	13
3.3.3. <i>Statistiques</i>	15
4. RESULTATS [ANNEXEVII]	16
4.1. ISOCINETIQUE	16
4.2. ISOMETRIE	16
4.2.1. Fléchisseurs	16
4.2.1.1. <i>Pic de couple</i>	16
4.2.1.2. <i>Couple Moyen</i>	17
4.2.1.3. <i>Temps d'accès au pic de couple</i>	17
4.2.2. Extenseurs.....	17
5. DISCUSSION	18
5.1. RESULTATS DE L'ETUDE	18
5.1.1. <i>Isocinétisme</i>	18
5.1.2. <i>Isométrie</i>	18
5.1.2.1. <i>Pic de couple</i>	18
5.1.2.2. <i>Couple Moyen</i>	19
5.1.2.3. <i>Temps d'accès au pic de couple</i>	20
5.1.2.4. <i>Quelques hypothèses</i>	21
5.2. METHODOLOGIE	22
5.2.1. <i>Le protocole</i>	22

<i>5.2.2. Les résultats statistiques</i>	23
6. CONCLUSION	23
BIBLIOGRAPHIE	1
ANNEXES	4

RESUME

L'expérimentation animale a montré qu'une stimulation cutanée par traction ou par pression au niveau de leur région cervicale, voire thoracique, diminue l'activité des muscles de leurs pattes arrières ; nous souhaitons démontrer l'existence d'un phénomène comparable chez l'être humain.

Pour cela, nous avons réalisé des tests isocinétiques et isométriques avec un Cybex Norm® sur une population de trente sujets sains avant, pendant et après une stimulation cutanée par dépressomassage au niveau des dermatomes cervicaux bas et thoraciques haut. L'objectif ultérieur étant de trouver une technique masso-kinésithérapique efficace dans le traitement des patients souffrant de troubles du tonus comme la spasticité des muscles des membres inférieurs.

Cette étude préparatoire nous a permis de mettre en évidence les biais du protocole et les premiers résultats sont encourageants.

Mots clés : Isocinétisme, dépressomassage, activité musculaire.

1. INTRODUCTION

Ce projet entre dans le cadre de recherche sur une initiative du Dr Beyaert portant sur la mise en évidence et la caractérisation de réflexes inhibant l'activité motrice et sur leur mise en jeu dans le traitement d'hypertonies musculaires d'origine centrale. Les troubles moteurs consécutifs à des lésions cérébrales touchent à la fois la population pédiatrique (ex: infirmités motrices cérébrales) et la population adulte (ex: accidents vasculaires cérébraux) s'accompagnant fréquemment d'une hypertonie musculaire de type spastique atteignant les muscles des membres avec cependant une prédominance pour les membres inférieurs. La mise en jeu de réflexes cutanés inhibant l'activité musculaire pourrait contribuer à réduire ces hypertonies musculaires dont le traitement reste difficile (13).

L'objectif principal de l'étude est de mettre en évidence une réduction de l'activité musculaire des muscles des membres inférieurs par la stimulation mécanique d'afférences cutanées du tronc chez l'homme sain. L'effet de stimulations cutanées appliquées sur le dos sur la fonction de muscles contrôlant le genou sera étudié à l'aide d'un dynamomètre isocinétique (Cybex Norm®) chez le sujet sain. L'hypothèse est que les afférences cutanées stimulées exercent une réduction de l'excitabilité des motoneurons de muscles des membres inférieurs touchant la force maximale volontaire.

La stimulation cutanée devrait réduire la force maximale volontaire isométrique et isocinétique du genou et donc être inhibitrice.

2. GENERALITES

2.1. Principes

2.1.1. Isocinétisme (5)

Ce concept repose sur 2 principes fondamentaux :

- la maîtrise de la vitesse : on impose une vitesse constante au mouvement du segment de membre,
- l'asservissement de la résistance : elle varie et s'auto-adapte en tout point du mouvement pour être égale à la force musculaire développée par le muscle lorsque la vitesse présélectionnée est atteinte.

2.1.2. Dynamomètre isocinétique (5)

Il fonctionne selon le principe d' "action réaction". En effet, si le dynamomètre régule la vitesse d'exécution du mouvement par des dispositifs électromécanique, la résistance est adaptée à la force développée tout au long du mouvement si la vitesse est atteinte. Il est important de noter que cette vitesse prééglée par l'examineur ne peut à aucun moment être dépassée par l'action du sujet.

Les mesures se font par des jauges de contraintes des moments de couple de force exercés au niveau de l'axe de l'articulation donc de l'axe de rotation de l'appareil, ce qui implique une installation rigoureuse sur la machine.

Le dynamomètre isocinétique est un moyen d'évaluation précis de la force de groupes musculaires agonistes et antagonistes des principales articulations du corps humain.

2.1.3. Dépressomassage

Le principe consiste à réaliser par aspiration un pli cutané de forme hémisphérique et à rouler ce pli tout en le massant sans toutefois provoquer de striction.

Son utilisation dans cette étude provient de sa reproductibilité évaluable contrairement à un palper rouler manuel.

2.2. Définitions (5)

2.2.1. Types de contractions

2.2.1.1. Contraction statique

Egalement appelé « isométrique », ce type de contraction musculaire n'engendre ni mouvement, ni déplacement de segment de membre. La force développée par le muscle équivaut à la résistance qui lui est appliquée.

2.2.1.2. Contraction dynamique

Le travail dynamique ou isotonique permet une variation de longueur des muscles : soit de façon concentrique, les points d'insertion du muscle se rapprochent, le muscle se raccourci et cela intervient lorsque la force développée par le muscle est supérieure à la résistance qui lui est appliquée ; soit de façon excentrique, les points d'insertion du muscle s'éloignent, le muscle s'allonge et cela se produit lorsque la force développée par le muscle est inférieure à la résistance qui lui est appliquée.

2.2.1.3. Contraction isocinétique

Ce type de contraction suit les grands principes régissant l'isocinétisme. Sa particularité est d'être dynamique avec une résistance équivalente à la force développée. Elle peut se faire de façon concentrique ou excentrique.

2.2.2. Paramètres étudiés (18)

2.2.2.1. En isocinétisme

Nous allons définir ici les paramètres utilisés lors de l'étude statistique des données :

- Pic de couple : parfois appelé également « Moment de Force Maximal », il correspond à la valeur du moment de force la plus élevée parmi toutes les répétitions de la série et pour l'ensemble de l'amplitude articulaire ; il se mesure en N.m.
- Puissance moyenne : c'est l'expression du travail par unité de temps, son unité est le Watt. Elle constitue un indicateur précis du taux de travail du sujet. Le système divise le travail enregistré lors de la meilleure répétition par le temps de la contraction correspondante.
- Travail total de la série : c'est l'ensemble du travail réalisé lors de chaque répétition de la série, il s'exprime en Joules (J).
- Temps d'accélération : c'est le temps nécessaire pour « rattraper » la vitesse sélectionnée, il s'exprime en secondes (s).

2.2.2.2. En Isométrie

Lors de l'étude statistique, nous utiliserons :

- Pic de couple
- Couple moyen : il correspond à la moyenne des pics de couple réalisés pendant tout le temps de la contraction à un angle particulier et s'exprime en N.m.
- Temps d'accès au pic de couple : il s'exprime en secondes (s).

2.3. Physiologie du mouvement (3)

2.3.1. Voies motrices descendantes

2.3.1.1. Motricité volontaire : la voie pyramidale (fig.1)

Elle prend naissance dans différentes parties du cortex (moteur, préfrontal et sensoriel). Les axones émis se regroupent pour former une voie passant dans la substance blanche, au niveau de la capsule interne. Ils descendent ensuite au niveau du tronc cérébral et une partie se connecte avec les noyaux moteurs des nerfs crâniens. Le reste des fibres continue son trajet vers la moelle épinière : les trois quarts des fibres croisent la ligne médiane au niveau du bulbe constituant le "faisceau pyramidal croisé" et le quart restant continue du même côté constituant alors le "faisceau pyramidal direct". Les axones de ces voies font connexion, directement ou par l'intermédiaire d'interneurones, avec les motoneurones situés dans la corne ventrale de l'hémi-moelle controlatérale, les axones de la voie pyramidale directe croisant la ligne médiane au niveau des segments médullaires.

Ces voies permettent le contrôle volontaire des muscles du tronc et des membres.

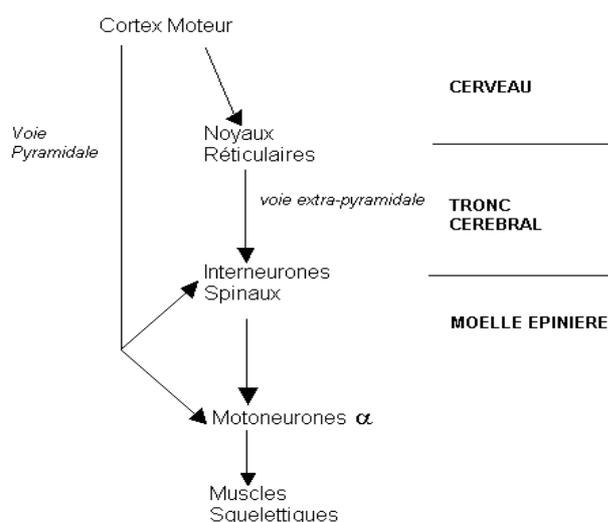


Figure 1 : Contrôle du mouvement.

2.3.1.2. Motricité involontaire : la voie extrapyramidale

Cette voie assure essentiellement le contrôle de la posture et de la locomotion par le contrôle notamment des muscles axiaux du tronc et extenseurs des membres inférieurs. Cette voie est sous la dépendance de différentes structures du tronc cérébral.

2.3.2. Tonus musculaire

Il correspond à l'activité contractile continue des muscles squelettiques. Cette activité, générée par tous les muscles dans certaines postures, est particulièrement développée pour les muscles anti-gravitaires pour la station debout (c'est à dire : extenseurs du tronc et des membres).

Il est régulé par la formation réticulée du tronc cérébral et une partie du cervelet appelée « paléo-cérébellum », sous l'influence des informations provenant de la sensibilité proprioceptive.

2.4. Etat de la question

2.4.1. Chez l'animal

L'inhibition de l'activité des muscles des membres peut être induite à partir d'afférences cutanées ou proprioceptives du tronc mettant en jeu différents réflexes. Parmi ces réflexes, il a été décrit l'existence de réflexes (12) prenant origine au niveau de la peau de différentes parties du tronc dont la stimulation mécanique provoquait une réduction de l'activité motrice des membres. Les effets spécifiques de stimuli sur l'activité musculaire et la locomotion ont été principalement rapportés sur la base d'études comportementales. Il a été montré que le pincement, manuel ou à partir de pinces, appliqué sur la peau de la partie dorsale du tronc peut induire une réduction de la locomotion voire une immobilité chez divers mammifères

dont le lapin (4) et le chat (12). L'immobilité est associée principalement à une hypotonie généralisée chez le lapin. Chez le chat, Lefebvre et Sabourin ont rapporté une inhibition motrice dépendante du nombre de pinces appliquées sur la peau. Une seule pince appliquée dans la région lombaire dorsale médiane produisait une inactivité des muscles du train postérieur qui traînait lors des tentatives de locomotion. Un plus grand nombre de pinces appliquées le long du tronc conduisait à une immobilité plus généralisée. Il a été montré chez le chat (1), que l'activité tonique et rythmique de nerfs de muscles extenseurs et fléchisseurs de cheville, induite par stimulation centrale, était inhibée par l'activation mécanique (traction de la peau) et électrique d'afférences cutanées cervicales. La stimulation électrique croissante des afférences cutanées inhibait d'abord la composante tonique puis les deux composantes tonique et rythmique de l'activité des nerfs moteurs. Ce résultat suggère que la stimulation cutanée cervicale provoque une inhibition continue non spécifique d'origine centrale sur les motoneurones lombaires dont la décharge rythmique est affectée lorsque l'intensité de l'inhibition augmente.

Les mécanismes centraux de l'inhibition motoneuronale en réponse à la stimulation cutanée semblent mettre en jeu des structures du tronc cérébral comme cela a été montré pour l'immobilité réflexe, déclenchée par des stimulations mécaniques cutanées (11). Mori et collaborateurs (13) ont identifié un système reliant plusieurs structures du tronc cérébral et de la moelle épinière dont la stimulation induit une suppression du tonus musculaire postural et par conséquent une inhibition des mouvements locomoteurs.

2.4.2. Chez l'homme

L'effet inhibiteur de stimulations cutanées mécaniques appliquées au niveau du dos sur le tonus de muscles des membres inférieurs n'a pas été directement démontré. Il a été montré que l'application de vibrations sur la face dorsale du cou chez le sujet sain réduit l'activité électromyographique et l'amplitude du réflexe H du muscle soléaire (16) ainsi que la longueur et la vitesse de locomotion chez des sujets ayant la vue occultée (2). Il est à noter que si les vibrations appliquées sont plus caudales (au niveau lombaire), les effets sur le réflexe H sont atténués.

Alors que les vibrations stimulent les fuseaux neuromusculaires, la mise en jeu de récepteurs cutanés sensibles à la vibration pourrait contribuer à cette inhibition motrice (16). Chez le sujet hémiparalysé, par accident vasculaire cérébral, il a été montré qu'une stimulation électrique sensorielle non douloureuse appliquée sur la peau en regard des muscles paravertébraux de la zone T12-L1 bilatéralement provoquait une réduction significative de l'hypertonie spastique du triceps sural (17). Ce résultat, dont le mécanisme n'était pas expliqué par les auteurs, pourrait mettre en jeu une boucle réflexe inhibitrice d'origine cutanée et empruntant le tronc cérébral.

En mettant en parallèle ces études à la fois chez l'animal et chez l'homme, nous avons émis l'hypothèse qu'une stimulation cutanée dans la région cervicale pourrait avoir des effets inhibiteurs sur l'activité des muscles des membres inférieurs.

3. POPULATION, MATERIEL ET METHODE

3.1. Population

3.1.1. Population Saine

La population se compose exclusivement de sujets sains, tous étudiants à l'ILFMK, inscrits avec leur consentement écrit, libre et éclairé, qui ont entre 19 et 36 ans, avec une moyenne d'âge de 21 ans.

Elle présente 53% d'hommes et 47 % de femmes ; leur membre inférieur dominant est le droit pour 43 % et le gauche pour 57% d'entre eux. Leur niveau physique est relativement homogène: 84% pratiquent une activité physique une à deux fois par semaine, 3% n'en pratiquent jamais et 13% font du sport à un niveau de compétition.

3.1.2. Critères d'exclusion

Ont été exclus de cette étude : les sujets présentant des troubles de l'état général (infection en cours, maladies chroniques, etc.) ou de l'humeur, des anomalies neuromusculaires, orthopédiques ou cutanées pouvant altérer la bonne réalisation de l'examen ou les performances mesurées.

Par ailleurs, les sujets ayant une activité sédentaire importante associée à un développement musculaire faible ont également été exclus dans la mesure où la survenue d'une fatigue au cours des exercices aurait modifié les résultats.

De plus, nous avons également exclu trois sujets de cette étude bien qu'ils aient parfaitement répondu à tous les critères d'inclusion et passés les tests sans difficultés majeures car lors de la première réalisation du test, les butées électroniques n'étaient pas automatiquement enclenchées, faussant alors les résultats de ces sujets par la survenue d'un artéfact en début de mouvement.

3.2. Matériel

3.2.1. *Stimulation mécanique par dépressomassage*

Afin d'obtenir une stimulation exclusivement cutanée, nous avons opté pour un palper rouler. Et dans le but de rendre reproductible cette stimulation, nous avons utilisé un appareil de dépressomassage : le Skintonic®.

La stimulation a été appliquée tout au long de l'étude avec une force « 3 », en prenant bien garde de ne pas exercer de pression en appliquant la tête de massage pour ne pas mettre en jeu une stimulation de tissus plus profonds comme les afférences extéroceptives de muscles superficiels par exemple.

Pour couvrir une large surface, nous avons utilisé deux appareils avec les têtes sphériques du plus large diamètre disponible en effectuant des mouvements rectilignes médio-latéraux simultanés et symétriques appliqués sur la région paravertébrale des dermatomes C4 à T1 [Annexe II].

3.2.2. *Dynamomètre isocinétique*

Outil d'évaluation de la force musculaire reconnu (19), précis et donnant des résultats reproductibles, le dynamomètre isocinétique nous paraissait être l'outil de choix pour obtenir des résultats analysables quantitativement. Nous avons donc utilisé un Cybex Norm®.

3.2.2.1. *Installation [Annexe I]*

Le sujet, torse nu, est installé en position assise sur le fauteuil dont l'assise est inclinée de 15° en arrière par rapport à l'horizontale. Le dossier est pourvu de deux coussins : un placé en regard de l'étage thoracique moyen afin de donner libre accès aux niveaux cervical bas et thoracique haut pour les stimulations et le second, plus petit en épaisseur,

couplé à une mousse pour combler la lordose lombaire physiologique afin d'apporter le maximum de confort au sujet.

Dans le but d'éliminer le plus possible toutes compensations, le sujet est sanglé au niveau thoraco-abdominal et au niveau du tiers inférieur du segment fémoral du membre inférieur à tester, le membre inférieur controlatéral étant bloqué par un contre appui tibial en position de flexion du genou (supérieure à 90°). De plus, le sujet croise les membres supérieurs sur son thorax pendant chaque période d'exercice, afin de réduire la contribution des membres supérieurs (et du tronc) dans la réalisation des exercices. Cette contribution, variable d'un sujet à l'autre et chez un même sujet par un phénomène d'apprentissage, constitue en effet un facteur de variation des résultats indépendant de la stimulation cutanée. Nous avons ajouté des mousses limitant les phénomènes douloureux pouvant intervenir en cours de test par les appuis et contre appuis tibiaux des deux membres inférieurs et par les frottements au niveau des sangles thoraciques.

Les autres réglages sont personnalisés en fonction de la physionomie de chaque sujet : l'appui tibial résistif est positionné deux travers de doigt au-dessus de la malléole médiale, l'assise du fauteuil est réglée dans les plans sagittal et frontal de façon à ce que le centre de rotation de l'appareil coïncide exactement avec la projection du centre articulaire du genou du sujet, c'est-à-dire au niveau de son condyle externe.

3.2.2.2. Réglages préalables au test

- Entrée des renseignements généraux concernant le sujet dans l'ordinateur du Cybex®.
- Vérification de la présence des butées électroniques.

- Mesure par le Cybex® de la gravité prenant en compte le poids du segment de membre et celui du bras de levier de l'appareil, afin d'éliminer leur participation dans le calcul du moment lié à la seule activité musculaire (9).
- Réglage des amplitudes du sujet par une extension et une flexion maximales actives.
- Positionnement des butées mécaniques.

3.3. Protocole

3.3.1. Préparation

Dans un délai variant de 1 à 9 jours (en moyenne 4) précédents le test, nous avons réalisé une préparation des sujets se déroulant en deux temps :

➤ Premier temps : Interrogatoire et examen clinique (afin d'éliminer tout facteur d'exclusion de l'étude) :

Les informations relevées sont : la date de naissance, le poids, la taille, les sports pratiqués et leur fréquence (en heures par semaine pour déterminer le niveau physique des sujets coté de 1 à 4[Annexe IV]) et les antécédents orthopédiques des sujets au niveau du train porteur.

Le membre inférieur dominant du sujet est déterminé: c'est le membre qui se place sur la première marche lors de la montée d'un escalier.

Nous avons également mesuré la longueur totale des membres inférieurs du sujet (par la distance EIAS-Malléole Médiale), la longueur du segment fémoral (distance grand trochanter-Interligne articulaire du genou) et la longueur du segment jambier (distance interligne articulaire du genou-Malléole Latérale).

Enfin, nous avons déterminé la fréquence cardiaque de repos du sujet.

➤ Second temps : Préparation physique :

Le sujet s'échauffe ensuite pendant dix minutes sur un cycle non isocinétique avec un rythme régulier et confortable (donc adapté à chacun). Deux minutes après le début de l'échauffement, nous mesurons la fréquence cardiaque afin de déterminer l'efficacité de celui-ci et, au besoin, intensifier l'effort demandé (avec comme postulat que cette dernière fréquence devait être supérieure à celle de repos d'au minimum 10 battements de plus par minute).

Immédiatement après cet échauffement, nous installons le sujet sur un appareil ayant les caractéristiques du dynamomètre isocinétique (Orthotron®), avec le même type d'installation et le même type de sanglage pour éviter les compensations. Et nous demandons au sujet d'effectuer deux séries de 10 mouvements (flexion et extension) le plus rapidement et le plus fort possible en l'encourageant. Il est à noter que la vitesse réglée est la même que nous utiliserons lors du test, à savoir : 180°/s.

Par ailleurs, pendant l'échauffement, nous expliquons aux sujets le protocole du test et, sans exposer les résultats escomptés, nous leur précisons que l'objectif de l'étude est de connaître les effets de la stimulation cervicale sur l'activité des muscles des membres inférieurs.

3.3.2. Test

Le test commence par un échauffement de dix minutes sur un cycle non isocinétique se trouvant dans la même salle que le Cybex Norm®. Cet échauffement est immédiatement suivi par l'installation du sujet sur le fauteuil du Cybex®, telle que nous l'avons décrite précédemment. Puis le test commence selon l'une des trois modalités tirée au sort, le tirage au sort ayant été réalisé avant le début de l'étude pour l'ensemble des sujets.

Dans chacune des 3 modalités, le sujet commence par 3 répétitions de force sous-maximale concentrique appelées "essais" en Flexion/Extension de genou de façon isocinétique à une vitesse de 180°/s puis observe un repos de 120 secondes.

Les différentes modalités sont :

- Modalité 1 : Chaque série associe :
 - Un essai sous maximal puis une répétition de force maximale isométrique développée par les fléchisseurs de genou à 30° de flexion pendant 6 secondes.
 - Repos de 30 secondes.
 - Un essai sous maximal puis une répétition de force maximale isométrique développée par les extenseurs de genou avec une position à 60° de flexion, pendant 6 secondes.
 - Repos de 30 secondes.
 - Deux essais puis 6 répétitions de force maximale concentrique développée en Flexion et en Extension de façon isocinétique à une vitesse de 180°/s.

Le sujet réalise 4 séries qui sont séparées les unes des autres par 5 minutes de repos.

La stimulation bilatérale et symétrique est réalisée par deux expérimentateurs avec deux Skintonic® pendant la période de repos entre la seconde et la troisième série et pendant toute la troisième série d'exercice.

- Modalité 2 : Sa seule différence avec la Modalité 1 concerne l'ordre de réalisation des exercices : le sujet commence par l'exercice concentrique puis continue par l'exercice isométrique en Flexion et termine par l'exercice isométrique en Extension. La stimulation cutanée est identique.

- Modalité 3 : Son unique différence avec la Modalité 1 réside dans l'absence de stimulation cutanée : les buses des appareils sont placées et maintenues dans la région

cervicale du sujet, sans exercer de pression, sans réaliser de mouvement et surtout sans réaliser d'aspiration. Le massage est factice. Ce groupe constitue donc un groupe témoin pour l'étude.

Il est à noter que lors de chaque réalisation d'exercice, les 3 expérimentateurs présents dans la salle encouragent verbalement le sujet réalisant le test, et ce, de la même façon lors de chaque série et de la même façon pour chaque sujet.

Par ailleurs, à aucun moment, le sujet ne bénéficie du rétrocontrôle visuel possible par le moniteur du Cybex®, afin de ne pas influencer sur ses résultats.

Pendant la troisième et dernière période de repos, nous posons au sujet toute une série de questions concernant son ressenti par rapport à la stimulation d'abord pendant la période de repos puis pendant la période d'exercices [Annexe III] Et à la fin du test, nous posons deux questions au sujet : l'une exprimant sa fatigue, en lui demandant de préciser son début et le type d'exercice l'ayant déclenchée et l'autre explicitant une ou des éventuelles douleurs, leurs localisations et leur cotation à l'EVA.

3.3.3. Statistiques

Dans chaque modalité expérimentale, il sera réalisé pour chaque variable une analyse de variance ANOVA avec mesures répétées et 1 facteur (logiciel Statview 5.0). Le facteur "massage" sera étudié en comparant les 3 conditions avant, pendant et après le massage donc pour les séries 2, 3 et 4. Nous avons décidé de ne pas utiliser la 1^{ère} série comme résultats de références pour plusieurs raisons : tout d'abord, quasiment tous nos sujets n'avaient jamais fait de test isocinétique, et malgré la préparation sur Orthotron, les sujets n'avaient pas encore

pu réellement intégrer ce qu'était une contraction isocinétique au niveau proprioceptif. Par ailleurs, cette série correspond plutôt à un « temps d'adaptation » au Cybex Norm®.

En cas de test ANOVA significatif (risque alpha de 5%), le test a posteriori de Fischer sera utilisé (risque alpha 5%) pour les comparaisons 2 à 2 des sous-groupes, c'est-à-dire pour les comparaisons des séries 2 à 2 dans chaque groupe.

4. RESULTATS [AnnexeVII]

4.1. Isocinétique

La méthode ANOVA nous permet d'observer une comparaison significative ($p < 0,05$) dans le groupe 1 pour la puissance moyenne des fléchisseurs.

Cependant, étant la seule valeur significative concernant l'isocinétisme, et ce de façon relativement isolée, nous avons estimé qu'il n'était pas nécessaire de réaliser le test de Fisher pour comparer les séries de chaque groupe.

4.2. Isométrie

4.2.1. Fléchisseurs

4.2.1.1. Pic de couple

Pour les deux groupes réunis (1 et 2), il y a une réduction significative du pic de couple lors du dépressomassage (série 3: 106,9 N.m) par rapport aux séries 2 et 4 (114,0 N.m et 113,6 N.m). Dans le groupe 1, il n'y a qu'une faible tendance à la réduction du pic de couple dans la série 3 (103,56 N.m) par rapport à la série 2 (109,78 N.m, $p = 0,09$) alors que dans le groupe 2 le pic de couple est plus faible dans la série 3 (109,9 N.m) de façon presque significative par rapport à la série 2 (117,8 N.m, $p = 0,05$) et significative par rapport à la série 4 (118,5 N.m, $p < 0,05$). Dans le groupe témoin correspondant à la modalité du groupe 1, on

note aussi cependant une réduction significative du pic de couple dans les séries 3 et 4 (129,4 N.m ; 126,4N.m, $p<0,05$) par rapport à la série 2 (138,2 N.m).

4.2.1.2. Couple Moyen

Pour les groupes 1 et 2 couplés, le couple moyen de la série 3 (89,42 N.m) tend à être inférieur à celui de la série 4 (94,26 N.m). Dans le groupe 2, le couple moyen de la série 4 (100,20 N.m) est significativement supérieur à celui de la série 3 (90,70 N.m, $p<0,05$) et tend à être supérieur à celui de la série 2 (93,40 N.m, $p=0,08$). Et dans le groupe témoin (groupe 3), le couple moyen de la série 2 (116 N.m) est supérieur de façon significative aux séries 3 et 4 (106,60 N.m ; 105,10 N.m).

4.2.1.3. Temps d'accès au pic de couple

Pour le groupe 1 et pour les groupes 1 et 2 réunis, nous constatons une augmentation significative ($p<0,05$) de ce temps pour la série 4 (groupe 1 : 3,46s ; groupes 1+2 :3,19s) par rapport aux séries 2 et 3 (groupe 1 :1,83s et 2,18s : groupes 1+2 : 2,01s et 2,50s).

4.2.2. Extenseurs

Les tests statistiques nous révèlent des valeurs significatives pour ce groupe musculaire uniquement pour le paramètre « Temps d'accès au pic de couple » : le temps d'accès au pic de couple est révélateur pour les muscles extenseurs pour tous les groupes, sauf pour le groupe témoin. En effet, pour le groupe 1, comme pour le groupe 2 et comme pour la réunion des deux, ce paramètre augmente significativement lors de la 3^{ème} série par rapport à la 2^{ème}. De plus, dans le couplage groupes 1+2, il y a une augmentation significative lors de la 4^{ème} série (4,41s) par rapport à la 2^{ème} (3,77s).

5. DISCUSSION

5.1. Résultats de l'étude

5.1.1. Isocinétisme

Les résultats statistiques isocinétiques semblent peu concluants.

On ne peut cependant pas conclure, sur une telle étude, que la stimulation ne provoque aucune modification. En effet, cette étude n'a été réalisée que sur un petit nombre de sujets. On pourrait réellement tirer des conclusions sur une étude à plus grande échelle.

5.1.2. Isométrie

5.1.2.1. Pic de couple

Pour les groupes 1 et 2 réunis, il a été montré une réduction significative du pic de couple lors du dépressomassage (série 3) par rapport aux séries 2 et 4. Le pic de couple de la série 4 est sensiblement équivalent à celui de la série 2 excluant un phénomène de réduction progressive de cette variable lors des séries successives tel qu'on pourrait le voir en cas de fatigue musculaire. Ce résultat s'inscrit dans l'hypothèse de l'étude : effet inhibiteur du dépressomassage sur l'activité musculaire. L'effet inhibiteur est cependant de faible intensité : l'intensité de dépression (force 3) était volontairement limitée pour assurer un bon confort cutané aux sujets pour cette première étude. Pour certains sujets, une intensité de dépression plus intense aurait été manifestement bien tolérée et aurait peut être conduit à une inhibition plus marquée du pic de couple.

Par ailleurs, la modalité de la série pourrait influencer les résultats [Annexe VI]. En effet, dans le groupe 2 dans lequel le test isocinétique précédait le test isométrique, les résultats montrent une réduction significative ou presque significative du pic de couple dans

la série 3 par rapport aux séries 2 et 4 tandis que dans le groupe 1, dans lequel le test isométrique précédait le test isocinétique, il n'y a qu'une faible tendance de réduction du pic de couple dans la série 3 par rapport aux séries 2 et 4. Ce phénomène demande à être confirmé avec un plus grand nombre de sujets. Le test isocinétique demande une génération de force plus intense et prolongée que le test isométrique. Il pourrait produire une certaine fatigue musculaire lors de la série et ainsi sensibiliser les résultats du test isométrique lorsqu'il est réalisé en fin de série.

Parallèlement et de façon significative également, dans le groupe 3, groupe témoin ayant bénéficié d'une stimulation factice, la 3^{ème} série donne des valeurs inférieures à celle obtenues lors de la 2^{ème} série. De même, la 4^{ème} série donne des valeurs inférieures à celles de la 2^{ème}. Si l'on observe les moyennes de pic de couple lors de ces 3 séries [Annexe VI], on note une diminution tout au long de la série, bien que la différence entre la 3^{ème} et la 4^{ème} série ne soit pas très importante. Nous pouvons donc émettre l'hypothèse que le facteur fatigue entre en jeu lors de cette série, étant à l'origine de ces diminutions. D'autant plus que la majorité (60%) des sujets de ce groupe a passé le test en deuxième partie de journée alors que dans les deux autres groupes, la majorité des sujets a passé le test en première partie de journée (80% pour le groupe 1 et 70 % pour le groupe 2). Ces horaires de passage pourraient alors être source de biais à cette étude en intégrant un facteur de « fatigue générale », qui même minime, puisque les sujets sont tous sains, influence les résultats observés au Cybex®.

5.1.2.2. Couple Moyen

Concernant les muscles fléchisseurs, si le premier groupe ne montre rien de significatif, le second montre une diminution des valeurs lors de la 3^{ème} série par rapport à la

4^{ème}, tandis que l'association de ces deux groupes ne montre qu'une tendance entre les 3^{ème} et 4^{ème} séries (la 3^{ème} étant inférieure à la 4^{ème}). Cependant, si l'on s'intéresse de plus près aux moyennes des couples moyens [Annexe VI] pour les muscles fléchisseurs dans le groupe 1+2 commun, on peut observer une légère diminution lors de la 3^{ème} série (89,42 N.m) par rapport à la 2^{ème} (92,58 N.m), et ces valeurs tendent à remonter lors de la 4^{ème} série (94,26 N.m). On ne peut toutefois rien en conclure car notre étude n'est, une fois de plus, pas réalisée à une échelle suffisamment grande. Ainsi, le même type d'étude sur une population bien plus importante confirmerait ou infirmerait ces tendances.

Ces tendances apparaissent également pour les muscles extenseurs, mais uniquement à l'observation des moyennes des résultats Cybex®, au moins pour le groupe 1.

5.1.2.3. Temps d'accès au pic de couple

Pour ce paramètre, on observe des changements significatifs à la fois pour les muscles fléchisseurs et pour les muscles extenseurs. En effet, pour le groupe 1, la 4^{ème} série est supérieure aux 2^{ème} et 3^{ème} séries pour les fléchisseurs et la 3^{ème} série donne des valeurs supérieures à la 2^{ème} pour les muscles extenseurs. Il en est de même pour les muscles extenseurs du groupe 2. Cela ne nous permet pas de conclure à un quelconque changement dû à la stimulation elle-même. Car en observant les moyennes [Annexe VI], on s'aperçoit que dans les trois groupes, lors de la 3^{ème} série, les valeurs du temps d'accès au pic de couple pour les muscles extenseurs sont augmentées par rapport aux séries 2 et 4. Cela pourrait être dû à la gêne occasionnée par la présence de la tête du skin tonic® aux niveaux cervical bas et thoraciques haut. En effet, lors de la contraction isométrique en extension, le sujet tend à solliciter tous ses muscles extenseurs (car la contraction est maximale et génère des débordements d'énergie ou irradiations), aussi bien au niveau du tronc qu'au niveau de ses

membres et la présence de cet objet occasionne une gêne et sans doute un temps d'adaptation. Cette hypothèse semble confirmée par l'absence du même phénomène en flexion, mouvement dans lequel la buse stimulatrice ne gêne pas le mouvement global d'irradiation. Ainsi, les variations observées en flexion [Annexe VI] ne semblent pas suivre de règle précise pour ce paramètre d'un groupe à l'autre.

5.1.2.4. Quelques hypothèses

Les résultats de cette étude suivent globalement notre hypothèse initiale seulement pour le pic de couple des muscles fléchisseurs selon un mode isométriques.

En effet, le couple moyen est une variable intégrant le couple de force pendant toute la période de mesure contrairement au pic de couple qui est une variable instantanéé. L'inhibition réalisée étant insuffisamment intense, elle se reflète donc sur le pic de couple, variable plus sensible que le couple moyen.

D'autre part, les muscles extenseurs n'ont pas la même constitution en type de fibres que les muscles fléchisseurs. De plus, l'expérimentation animale chez le chat (1) montrait un effet plus important de ce type d'inhibition sur les muscles fléchisseurs que sur les muscles extenseurs pour des faibles intensités de stimulation.

Enfin, la même expérimentation animale chez le chat (1) montrait qu'à faible intensité de stimulation cutanée, l'inhibition de l'activité musculaire n'était significative que sur la composante tonique, tandis qu'elle portait sur les composantes tonique et rythmique à plus forte intensité. Ce phénomène pourrait expliquer que notre stimulation, sans doute trop faible, n'a eu d'action que sur le mode isométrique.

L'ensemble de ces points plaiderait en la faveur d'une faible intensité de stimulation provoquant une inhibition limitée de l'activité musculaire. Ainsi, s'il faut augmenter le

nombre de sujets lors d'une étude ultérieure, il serait également souhaitable de proposer une intensité plus importante et peut être également plus adaptée à l'épiderme de chacun, étant donné que la sensibilité individuelle de la peau de chaque sujet entre en considération dans cette étude.

5.2. Méthodologie

5.2.1. Le protocole

Plusieurs points sont à noter et pourraient potentiellement être améliorés pour augmenter la signification de cette étude.

Tout d'abord, le protocole n'a pas été évident à mettre en œuvre. En effet, son application prenait beaucoup de temps pour chaque sujet, qui devait venir à deux reprises : une fois pour la préparation et une fois pour le test. Ainsi, il ne fut pas facile d'organiser un emploi du temps convenant à tous, autant aux sujets participants qu'à nous, trois testeurs. C'est la raison pour laquelle, les résultats, notamment pour le groupe 3 sont biaisés. Il serait intéressant de réaliser cette étude uniquement dans la matinée, afin d'éliminer réellement tout facteur fatigue.

Par ailleurs, la réalisation de la modalité 3 a été possible uniquement parce que les sujets (en début de 1^{ère} année des études de masso-kinésithérapie) ne connaissaient pas le Skin-Tonic®. En effet, l'absence de bruit pendant la stimulation factice n'a surpris personne. Or ceci n'aurait pas pu être réalisable avec des gens connaissant le skin tonic® car il est évident que si les sujets se rendent compte qu'ils font partie du groupe témoin, cela biaise les résultats, que ce soit consciemment ou inconsciemment.

Ce risque de biais de l'étude est également la raison pour laquelle nous n'avons à aucun moment expliqué aux sujets ce que l'on attendait en terme de résultats. En effet, le

protocole leur paraissait si surprenant qu'ils ont tous posé des questions quant à l'objectif et aux raisons d'être de cette étude. Nous sommes alors resté très vague pour répondre à ces interrogations leur expliquant seulement que l'objectif était de connaître la modification engendrée par cette stimulation sans préciser son type, et leur exposant le déroulement de leur test.

5.2.2. Les résultats statistiques

Afin d'augmenter la significativité des résultats observés, nous nous sommes aperçu que nous aurions dû :

- tester un plus grand nombre de sujets. En effet plusieurs résultats ne sont pas réellement significatifs mais sont plus sous formes de tendances qui seraient confirmées ou infirmées par un test à plus grande échelle, comme nous l'avons déjà fait remarqué à plusieurs reprises. Nous n'avons pas pu le faire suite aux difficultés exposées dans le paragraphe précédent.

- faire un second groupe témoin, selon la modalité 2 également avec un massage factice. Cela nous aurait permis de donner plus de poids aux résultats observés pour le groupe 2.

6. CONCLUSION

Notre étude ne démontre pas de façon flagrante l'existence d'un réflexe inhibant les muscles des membres inférieurs faisant suite à une stimulation cutanée des dermatomes cervicaux bas et thoraciques hauts. En effet, il n'apparaît pas clairement une modification nette de tous les paramètres dans les deux groupes ayant bénéficié d'une stimulation cutanée. Cependant, nous ne démontrons pas non plus l'inverse. Les modifications apparaissent

beaucoup plus nuancées. Certains paramètres semblent changer uniquement dans certaines conditions. Nous n'avons pas pu nous expliquer les raisons à l'origine des modifications plus importantes dans le second groupe, pas plus que les raisons des changements plus net en flexion ou selon une modalité isométrique.

Notre étude serait plutôt à considérer en tant que début de recherche dans ce domaine. Ainsi, il serait intéressant d'explorer des hypothèses expliquant les considérations précédentes : est-ce le type de fibres sollicitées intervient dans ce réflexe ? Est-ce la raison pour laquelle l'isométrique révèle plus de modifications que l'isocinétique ? Ou est-ce en partie la raison pour laquelle les muscles fléchisseurs semblent plus sensibles que les muscles extenseurs ?

Nous pourrions par exemple suggérer un protocole dans lequel nous réaliserions la stimulation sur une zone plus étendue (12) ou bien alors sur une plus longue durée, cela nous permettrait peut-être d'observer des résultats plus flagrants. Ou nous pourrions réaliser un protocole selon lequel nous testerions d'autres muscles comme le triceps sural. De même nous pourrions imaginer une exploration avec une électromyographie afin d'observer plus finement les modifications de tonus musculaire.

Ainsi, une fois précisées les modalités réalisant une nette diminution du tonus après stimulation cutanée, nous pourrions alors imaginer des protocoles pour l'objectif initial de cette application : tester ce type de réflexe chez des patients présentant une spasticité, avec une différenciation chez les patients porteurs d'une spasticité d'origine cérébrale (suite à un

Accident Vasculaire Cérébral par exemple) et chez les patients porteurs d'une spasticité d'origine médullaire (chez des blessés médullaires par exemple).

BIBLIOGRAPHIE

1. **BEYAERT C.A., HAOUZI P., MARCHAL F.** – Inhibition of midbrain-evoked tonic and rhythmic motor activity by cutaneous stimulation in decerebrate cats. – *Exp. Brain Res.*, 2003, 149, p.159-166.
2. **BOVE M., DIVERIO M., POZZO T., SCHIEPPATI M.** - Neck muscle vibration disrupts steering of locomotion. – *J. Appl. Physiol.*, 2001, 91, p.581-588.
3. **BRAILLON G.** – Le système nerveux central à l’usage des étudiants en médecine – 5^{ème} tirage. – Paris : Doin, 1987. – 123p.
4. **CARLI G., FARABOLLINI F., FONTANI G., GRAZZI F.** – Physiological characteristics of pressure immobility. Effects of morphine, naxolone and pain. – *Behav. Brain Res.*, 1984, 12, p.55-63.
5. **CHOMIKI R., BOISSEAU P., PAYSANT J.** – Dynamométrie isocinétique : principes, caractéristiques et indications en médecine physique et de réadaptation. – *Annales Médicales de Nancy et de Lorraine*, 1998, 37, p.99-118.
6. **CROISIER J.L., CRIELAARD J.M.** – Analyse critique de l’utilisation d’un appareil isocinétique. – *J. Traumatol. Sport.*, 1995, 121, p.48-52
7. **CROISIER J.L., CRIELAARD J.M.** – Exploration isocinétique : analyse des paramètres chiffrés. – *Ann. Réadaptation Méd. Phys.*, 1999, 42, 9, p.538-545.
8. **GHOZLANE L.** – L’évaluation isocinétique du genou, principes, intérêt et indications. – *J. Traumatol. Sport.*, 2003, 20, p.105-109.
9. **JANIN J.F.** – Effets de la masse segmentaire sur les mesures isocinétiques du dynamomètre Cybex-Norm. – *Kinésithérapie Scientifique*, 1999, 387, p.7-17.
10. **KARAGOSIAN S.** – Mécanisme d’apparition de la Dermalgie réflexe, expression cutanée de la douleur. – *Profession Kiné Plus*, 1994, 46, p.25-29.
11. **KLEMM W.R.** – EEG end multiple-unit activity in limbic and motor systems during movement and immobility. – *Physiol. Behav.*, 1971, 7, p.337-343.
12. **LEFEBVRE L., SABOURIN M.** – Response differences in animal hypnosis: a hypothesis. – *The Physiological Record*, 1977, 1, p.77-87.
13. **MORI S.** – Contribution of postural muscle tone to full expression of posture and locomotor movements: multi-faced analyses of its setting brainstem-spinal cord mechanisms in the cat. – *Jpn. J. Physiol.*, 1989, 39, p.785-809.

14. PELISSIER J., PERENNOU D., BUSSEL B. – La spasticité. – Paris : Masson, 2001. – 250p. – Problèmes en médecine de rééducation n°40.

15. POCHOLLE M., CODINE P. – Tests isocinétiques du genou. – Kinésithérapie Scientifique, 2000, 397, p.6-13.

16. ROSSI A., ROSSI B., SANTARCANGELO E. – Influences of neck vibration on lower limb extensor muscles in man. – Archives Italiennes de Biologie, 1985, 123, p.241-253.

17. WANG R.Y., TSAI M.W., CHAN R.C. – Effects of surface spinal cord stimulation on spasticity and quantitative assessment of muscle tone in hemiplegic patients. – Am. J. Phys. Med. Rehabil., 1998, 77, p.282-287.

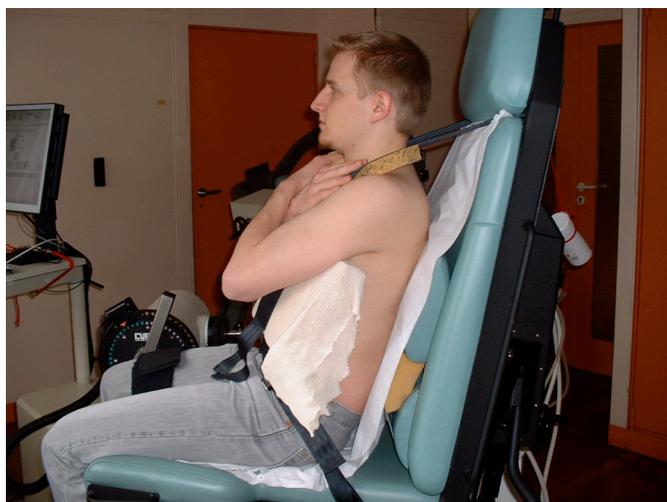
AUTRES REFERENCES

18. **CYBEX INTERNATIONAL, Inc.** - Cybex®, Norm™ Testins and rehabilitation system User's Guide. – New-York, ©1995-1996.
19. www.anaes.fr - Les appareils d'isocinétisme en évaluation et en rééducation musculaire : intérêt et utilisation. – Février 2001.

ANNEXES

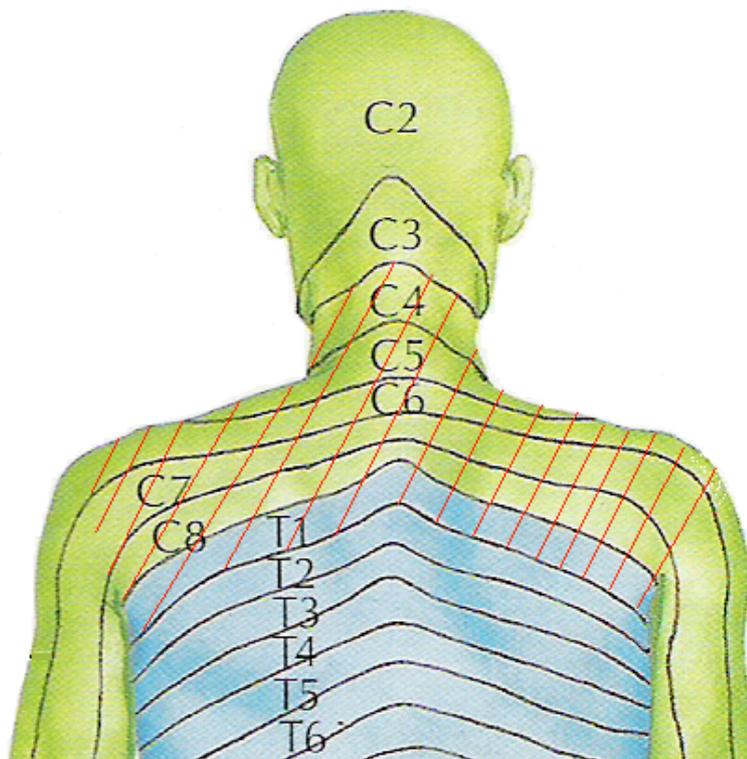
ANNEXE I

Installation du sujet :



ANNEXE II

Dermatomes stimulés :



Nous avons stimulé les parties hachurées en rouge.



ANNEXE III

Fiche d'observation du test :

Etude de l'effet d'une stimulation mécanique sur l'activité musculaire axiale

Date: Préparation: _____ Test: _____

Sujet (3 premières lettres du nom- initiale du prénom): _____ Numéro: _____

Date de Naissance: _____ Poids: _____ Taille: _____ MI Dominant: _____

Longueur des MI: Totale (EIAS-Malléole Interne): _____
 Segment fémoral(Grand trochanter-Interligne du genou): _____
 Segment jambier(Interligne du genou-Malléole Externe): _____

Niveau physique (1 à 4): _____
 Sports Pratiqués: _____

Fréquence cardiaque: De Repos: _____ 2 minutes après le début de l'échauffement: _____

Antécédents neuro-orthopédiques et cutanés: _____

Protocole tiré au sort: Modalité 1 Modalité 2 Modalité 3

Ressenti du sujet:

- Massage:
 - Pendant la période de repos:

.effets sur la peau:	1) agréable	2) indifférent	3) désagréable
Commentaires:			
.effet général:	1) bien-être	2) indifférent	3) désagréable
Commentaires:			
.effet sur la musculature:	1) relâchement	2) indifférent	3) stimulant
Commentaires:			
 - Pendant la période d'exercices:

.effets sur la peau:	1) agréable	2) indifférent	3) désagréable
Commentaires:			
.effet général:	1) bien-être	2) indifférent	3) désagréable
Commentaires:			
.performance:	1) bien-être	2) indifférent	3) désagréable
Commentaires:			
- Fatigue: A partir de quelle série?
 Sur quel type d'exercice?
- Douleur:
 - Localisation:
 - EVA:

Autres Commentaires:
 Observation par l'équipe: