

MINISTERE DE LA SANTE  
REGION LORRAINE  
INSTITUT DE FORMATION EN MASSO-KINESITHERAPIE  
DE NANCY

**ETUDE DES EFFETS DE L'ETIREMENT  
PASSIF DU DROIT FEMORAL  
SPASTIQUE ET RETRACTE CHEZ  
DEUX ADOLESCENTS I.M.C.**

Rapport de travail écrit personnel  
présenté par **Adeline JACHIMOWSKI**  
étudiante en 3<sup>ème</sup> année de kinésithérapie  
en vue de l'obtention du Diplôme d'État  
de Masseur-Kinésithérapeute  
2005-2006

# SOMMAIRE

## RESUME

<b>1. INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>2. BILAN INITIAL DE G.C.....</b>	<b>4</b>
2. 1. Anamnèse.....	4
2. 2. Appréciation du facteur B.....	5
2. 3. Bilan articulaire.....	5
2. 4. Bilan musculaire.....	5
2. 4. 1. Bilan des hypoextensibilités.....	5
2. 4. 2. Bilan de la spasticité.....	6
2. 4. 3. Bilan de la force musculaire et de la sélectivité motrice.....	6
2. 5. Bilan de la marche.....	6
2. 6. Bilan du rachis.....	7
2. 7. Bilan diagnostic kinésithérapique.....	7
2. 7. 1. Déficiences.....	7
2. 7. 2. Incapacités.....	8
2. 7. 3. Désavantages.....	8
<b>3. BILAN INITIAL DE G.V.....</b>	<b>8</b>
3. 1. Anamnèse.....	8
3. 2. Appréciation du facteur B.....	9

3. 3. Bilan articulaire.....	9
3. 4. Bilan musculaire.....	9
3. 4. 1. Bilan des hypoextensibilités.....	9
3. 4. 2. Bilan de la spasticité.....	10
3. 4. 3. Bilan de la force musculaire et de la sélectivité motrice.....	10
3. 5. Bilan de la marche.....	10
3. 6. Bilan du rachis.....	11
3. 7. Bilan diagnostic kinésithérapique.....	11
3. 7. 1. Déficiences.....	11
3. 7. 2. Incapacités.....	11
3. 7. 3. Désavantages.....	11

#### **4. STRUCTURES MISES EN JEU LORS DES DIFFERENTES PHASES DE L'ETIREMENT PASSIF SUR UN MUSCLE SAIN.....12**

4. 1. Rappels anatomiques.....	12
4. 1. 1. Principes physiologiques du muscle sain.....	12
4. 1. 2. La composante contractile.....	12
4. 1. 3. La composante élastique parallèle.....	12
4. 1. 4. La composante élastique série.....	13
4. 2. Mise en tension et étirement :les structures concernées.....	13
4. 3. Effets de l'étirement passif sur le muscle sain.....	14

#### **5. SPECIFICITES DES CARACTERISTIQUES DE L'ETIREMENT PASSIF SUR UN MUSCLE SPASTIQUE ET RETRACTE.....15**

<b>6. PROTOCOLE D'ETIREMENT PASSIF DU DROIT FEMORAL.....</b>	<b>17</b>
6. 1. Matériel.....	17
6. 2. Mesures préalables.....	17
6. 3. Installation du sujet pour le protocole d'étirement.....	18
6. 4. Conditions préalables.....	18
6. 5. Réalisation du protocole d'étirement passif du droit fémoral.....	19
<b>7. LE DROIT FEMORAL DANS LA MARCHE.....</b>	<b>20</b>
7. 1. Les actions du droit fémoral dans la marche normale.....	20
7. 2. Le comportement du droit fémoral dans la marche de l'I.M.C.....	20
7. 3. Et la patella....	21
<b>8. BILANS DE FIN.....</b>	<b>22</b>
<b>9. RESULTATS.....</b>	<b>22</b>
<b>10. DISCUSSION.....</b>	<b>22</b>
<b>11. CONCLUSION.....</b>	<b>24</b>

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

## 1. INTRODUCTION

L'Infirmité Motrice Cérébrale (I.M.C) résulte de lésions cérébrales précoces (de la conception à la deuxième année de vie), non héréditaires, stabilisées, responsables de déficiences motrices plus ou moins importantes mais prépondérantes.

Le handicap moteur séquellaire associé à des degrés variables des troubles de la posture et du mouvement. Des troubles spécifiques des fonctions supérieures peuvent s'y associer mais les lésions cérébrales ont cependant suffisamment préservé les facultés intellectuelles pour permettre une scolarisation (24).

La traduction neurologique de la lésion cérébrale associée de façon variable spasticité, faiblesse musculaire, trouble de la commande motrice, anomalie du tonus basal, trouble de l'équilibre, dystonie ou athétose. Ces lésions sont dites primaires et selon leurs localisations et leurs importances, les conséquences fonctionnelles seront extrêmement variables (19).

G. Tardieu a démontré que chez les I.M.C, il existe un trouble de la régulation et de l'adaptation de longueur du complexe neuro-myo-fascial (16, 23).

Ce défaut d'adaptation peut aboutir à des situations de paradoxe biomécanique du système musculo-squelettique pouvant entraîner des retentissements conséquents sur la fonction.

Prenons l'exemple du droit fémoral atteint de ce trouble. La position très haute de la patella observée chez les I.M.C. par rapport à l'interligne fémoro-tibiale signe une anomalie dans le rapport des différents éléments qui composent le système extenseur du genou : le corps musculaire du droit fémoral est raccourci alors que le tendon patellaire est allongé (13, 23).

Une des conséquences est l'existence d'un secteur d'insuffisance active du muscle : le quadriceps ne développe plus de force alors que la limite de la mobilisation passive n'est pas atteinte (12).

Par ailleurs, la force maximale du muscle n'est plus développée dans le secteur angulaire de l'articulation qui correspond à une utilisation fonctionnelle optimale.

Il existe donc une zone d'absence du jeu musculaire appelé angle mort (13).

Les hypoextensibilités musculaires observées chez les I.M.C. sont l'aboutissement d'un processus de rétraction du corps musculaire.

Tardieu définit la rétraction comme une fonction physiologique d'adaptation du nombre de sarcomères du muscle en fonction d'une longueur imposée dans le but de conserver au muscle des performances de force constante (12, 23).

Cette anomalie dite secondaire peut s'aggraver au cours de la croissance et engendrer de graves répercussions sur le plan fonctionnel (19).

Ainsi, la rétraction du droit fémoral va participer à la constitution d'un flexum de hanche et celle des ischios-jambiers à un flexum de genou.

L'I.M.C peut présenter des contractions anormales, involontaires et irrépressibles de certains groupes musculaires au repos appelées contractions basales ou facteur B (15, 23).

Ces stimulations asymétriques et durables sont responsables d'attitudes orthopédiques vicieuses favorisant l'installation des hypoextensibilités myo-fasciales (23).

Le facteur B est également impliqué dans le mécanisme physiopathologique de la croissance des muscles.

Ainsi, lors de la croissance osseuse, le défaut d'allongement du corps musculaire conjugué aux tensions constantes exercées sur le tendon fragile et peu structuré en fibres de collagène vont être responsables d'un allongement anormal de celui-ci.

Il y a une modification du rapport de longueur entre le corps musculaire et le tendon qui va s'aggraver avec le temps entraînant des conséquences biomécaniques défavorables.

Plusieurs approches thérapeutiques ont été proposées pour traiter la spasticité (16) comme par exemple, l'utilisation de traitements médicaux, l'injection de toxine botulique ou les neurotomies fasciculaires sélectives (5, 11, 14).

Lorsque les rétractions musculo-tendineuses deviennent invalidantes sur le plan fonctionnel, le traitement chirurgical par réalisation de ténotomies est le plus indiqué.

De même que certaines déformations osseuses peuvent être traitées chirurgicalement (ostéotomie de correction d'axes).

La kinésithérapie a pour buts de ralentir l'évolution défavorable des rétractions musculaires en utilisant des techniques d'étirement, de réduire la spasticité par des techniques de mobilisations passives, de postures ou des techniques neuro-motrices et d'éviter l'aggravation des déséquilibres de longueurs, de force et de tonus musculaire en stimulant des schémas moteurs adéquats (5, 11, 14).

L'unique objectif reste d'obtenir et de préserver la meilleure autonomie possible.

Dans cette étude, nous avons mis en place un protocole d'étirement passif spécifique au droit fémoral spastique et rétracté réalisé sur deux adolescents I.M.C durant une période de 5 semaines.

L'objectif de cette étude est de modifier la longueur du corps musculaire du droit fémoral et d'observer les éventuelles conséquences biomécaniques induites sur le genou, à savoir, un abaissement de la patella ainsi qu'une modification de l'angle mort d'extension active, et sur la hanche, une modification du rapport fémur / bassin dans le plan sagittal.

Pour évaluer les éventuelles conséquences sur la déambulation, nous avons volontairement choisi un adolescent I.M.C se déplaçant de manière autonome et un second se déplaçant la majorité du temps dans son fauteuil roulant électrique.

Après avoir énoncé le bilan neuro-orthopédique simplifié de ces deux patients, nous définirons les structures du muscle mises en jeu durant les différentes phases de l'étirement. Nous étudierons ensuite les effets de l'étirement passif sur le muscle sain puis spastique et rétracté.

Enfin, nous développerons la mise en place et la réalisation du protocole d'étirement passif du droit fémoral chez ses deux adolescents et analyserons les résultats obtenus.

## 2. BILAN INITIAL DE G.C.

### **2.1 Anamnèse**

Guillaume est un adolescent âgé de 15 ans, diagnostiqué infirme moteur cérébral à type de quadriplégie spastique à prédominance hémicorporelle droite.

En novembre 1996, il a reçu des infiltrations de toxines botuliques au niveau des jumeaux et des tibiaux postérieurs puis a bénéficié d'une ténotomie des psoas, droits antérieurs, ischio-jambiers et des tendons d'Achille ainsi qu'une neurotomie obturatrice.

Guillaume se déplace en fauteuil roulant électrique.

## **2. 2. Appréciation du facteur B (23)**

Pour évaluer le facteur B, le patient est installé dans une pièce calme, peu éclairée en décubitus dorsal avec un coussin sous la tête.

Après lui avoir demandé de ne réaliser aucun mouvement, nous observons la présence de contractions basales de moyenne importance localisées au niveau des quatre membres.

## **2. 3. Bilan articulaire**

Les mesures des amplitudes sont prises à l'aide d'un goniomètre de Houdre et transcrites sous la cotation de De Brunner (21, ANNEXE I) .

Dans le plan sagittal, il présente des flexum de hanche de 20°, des flexum de genou de 5° et des équins de cheville de 5°.

L'abduction de hanche est limitée à 15° car les adducteurs sont courts.

La patella est difficilement mobilisable vers le bas et transversalement.

Les limitations articulaires sont d'origine capsulo-ligamentaires et musculo-tendineuses.

## **2. 4. Bilan musculaire**

### **2. 4. 1. Bilan des hypoextensibilités**

Pour tester l'extensibilité du droit fémoral, nous avons utilisé le test de Duncan et Ely.

Les résultats obtenus montrent qu'ils sont hypoextensibles (2, ANNEXE II).

Nous avons également réalisé les tests d'extensibilité sur les muscles psoas, ischios-jambiers, adducteurs et triceps sural qui sont, eux aussi, hypoextensibles (2, 25).

#### **2. 4. 2. Bilan de la spasticité**

La spasticité est objectivée à l'aide de l'échelle d'Ashworth modifiée (2, 5, ANNEXE III).

Au niveau des quadriceps elle est cotée à 2 et devra donc être prise en compte lors de l'étirement passif du droit fémoral.

#### **2. 4. 3. Bilan de la force musculaire et de la sélectivité motrice (19)**

Nous avons réalisé un testing musculaire (9) sur les membres inférieurs.

Guillaume présente une insuffisance musculaire globale exceptée sur les adducteurs de hanche et sur les quadriceps.

Le contrôle moteur est faible au niveau des muscles de la cheville (0,5) et du pied (0,5) (ANNEXE IV).

Au niveau des membres supérieurs, le niveau musculaire est bon.

#### **2. 5. Bilan de la marche**

Guillaume se déplace en fauteuil roulant électrique.

La marche en intérieur cependant possible avec l'aide d'un déambulateur et sous la surveillance d'une tierce personne.

Son périmètre de marche est inférieur à 50 m.

L'équilibre bipodal seul est impossible.

Lors de la marche, le bassin est en rotation anti-horaire et antéversé (angle Q de 125°), le flexum de hanche est de 20°, les fémurs sont en rotation externe et adduction ce qui empêchent un passage du pas correct. La dissociation des ceintures n'est pas possible.

Dans le plan sagittal, Guillaume présente des flexum de genou de 35°.

Les pieds sont en rotation externe et restent en flexion plantaire tout au long du cycle de marche.

## **2. 6. Bilan du rachis**

En flexion du tronc nous remarquons un méplat au niveau de l'étage lombaire.

En extension du tronc, ce sont les étages T6 à T9 qui sont enraidis.

Les mesures des flèches frontales et sagittales ne montrent aucune anomalie et le bending test ne montre aucune gibbosité.

Le risser est à 0.

## **2. 7. Bilan diagnostic kinésithérapique**

### **2. 7. 1. Déficiences**

- rétractions musculo-tendineuses

- spasticité
- diminution des amplitudes articulaires
- diminution de la force musculaire
- altération de la sélectivité de la commande motrice volontaire

### **2. 7. 2. Incapacités**

- incapacité à la déambulation de manière autonome avec ou sans aide technique
- incapacité de réaliser les activités élémentaires de la vie quotidienne (toilette, habillage) sans aide
- incapacité à faire ses transferts seul

### **2. 7. 3. Désavantages**

Guillaume présente un désavantage social et familial puisque son défaut d'autonomie le rend dépendant d'une tierce personne pour ses activités de la vie journalière. Il présente également de grosses difficultés dans l'apprentissage scolaire nécessitant une prise en charge adaptée.

## **3. BILAN INITIAL DE G.V.**

### **3. 1. Anamnèse**

Guillaume, adolescent âgé de 15 ans, est atteint de diploégie spastique associée à une comitialité active des suites de prématurité (36<sup>ème</sup> semaine d'aménorrhée).

En 1995, il a bénéficié d'un allongement des tendons d'Achille et en 2003 il a été hospitalisé pour une ténotomie des ischios-jambiers et des adducteurs avec transfert du droit antérieur sur le droit interne.

Guillaume se déplace sans aide technique.

### **3. 2. Appréciation du facteur B**

Guillaume présente un facteur B assez faible. Les contractions sont localisées aux membres inférieurs.

### **3. 3. Bilan articulaire (ANNEXE I)**

Guillaume présente des flexum de hanches et de genoux de 15°.

Il présente également des équins de cheville de 10°.

L'origine des limitations est capsulo-ligamentaire et musculo-tendineuse.

### **3. 4. Bilan musculaire**

#### **3. 4. 1. Bilan des hypoextensibilités (ANNEXE II)**

Les tests d'extensibilité ont été effectués sur les droits fémoraux, ischios-jambiers, adducteurs, psoas et triceps avec les mêmes tests que précédemment et montrent la rétraction de ceux-ci.

### **3. 4. 2. Bilan de la spasticité**

Nous mesurons la spasticité avec l'échelle d'Ashworth modifiée (ANNEXE III). Celle-ci est cotée à 2 au niveau des quadriceps.

### **3. 4. 3. Bilan de la force musculaire et de la sélectivité motrice**

Le testing réalisé montre une insuffisance musculaire qui se situe au niveau des extenseurs de hanche, des abducteurs et des muscles de la cheville et du pied.

Le contrôle moteur sélectif est déficitaire au niveau distal (0,5) (ANNEXE V).

### **3. 5. Bilan de la marche**

Guillaume se déplace sans aide technique.

Dans le plan sagittal, l'appui se fait au niveau de l'avant-pied, il n'y a donc pas de déroulement du pas correct (absence de pas postérieur). La flexion dorsale de cheville est également limitée.

A l'attaque du pas, il a une démarche en élévation excessive du genou. Celle-ci s'accompagne d'un excès de flexion de hanche et d'un retard à l'extension de hanche en fin d'appui dû à la rétraction et la spasticité du muscle quadriceps.

Nous observons une antéversion du bassin. La tête et les épaules sont projetées en avant.

Dans le plan frontal, le bassin est en chute latérale à droite.

Dans le plan horizontal, il y a absence de dissociation des ceintures.

Le périmètre de marche est limité à 2 kms sur terrain plat.

### **3. 6. Bilan du rachis**

Le bassin est équilibré dans les plans frontal et sagittal, cependant, nous observons une légère gibbosité en lombaire gauche.

Le risser est à 0.

### **3. 7. Bilan diagnostic kinésithérapique**

#### **3. 7. 1. Déficiences**

- rétractions musculo-tendineuses
- spasticité
- diminution de la force musculaire
- altération de la sélectivité de la commande motrice volontaire

#### **3. 7. 2. Incapacités**

- trouble de la déambulation sur le plan quantitatif (limitation du périmètre de marche) et sur le plan qualitatif (chutes).

- incapacité à pratiquer certaines activités physiques

#### **3. 7. 3. Désavantages**

Guillaume présente un désavantage social surtout dû à ses difficultés sur le plan scolaire.

## 4. STRUCTURES MISES EN JEU LORS DES DIFFERENTES PHASES DE L'ETIREMENT SUR UN MUSCLE SAIN

### **4.1. Rappels anatomiques**

#### **4. 1. 1 Principes physiologiques du muscle sain**

Pour comprendre le comportement du muscle, il a été proposé par HILL en 1957 un modèle dit « à trois composantes » qui permet d'identifier les différents constituants du muscle afin de comprendre le rôle joué par chacun d'eux lors des différentes phases d'un étirement (1, 4, ANNEXE VI).

#### **4. 1. 2. La composante contractile**

L'unité contractile est le sarcomère et ce sont les myofilaments d'actine et de myosine qui le constitue qui sont responsables de la contraction musculaire.

Ce sont ces structures qui sont le plus soumises à l'étirement (1, 3, 4).

#### **4. 1. 3. La composante élastique parallèle**

Cette composante comprend les enveloppes conjonctives constituées de deux organisations distinctes :

- les éléments parallèles de type 1 : il s'agit du sarcolemme, des doublures aponévrotiques, des cloisons intermusculaires et de l'aponévrose superficielle.

- les éléments parallèles de type 2 : ils se prolongent sur une partie du corps musculaire et constituent une enveloppe partielle de protection des insertions des fibres musculaires. Cette composante est moins extensible que les éléments contractiles mais plus que les éléments élastiques séries (3,16).

#### **4. 1. 4. La composante élastique série**

Elle est constituée par les tendons, les stries Z des sarcomères qui sont montés en série avec les fibres musculaires, par du tissu conjonctif et les jonctions myotendineuses. Ce sont les éléments les moins extensibles du muscle (3, 4)

#### **4. 2. Mise en tension et étirement : les structures concernées**

Pour PROSKE et MORGAN (1999), les étirements passifs agissent au niveau de trois structures : le tissu conjonctif, les éléments élastiques du sarcomère et les ponts d'actine – myosine.

Selon eux, la tension produite au niveau du tissu conjonctif se transmet dans l'ordre suivant : la jonction tendon – os, le tendon, la jonction muscle – tendon, la transmission latérale par les éléments élastiques et les structures musculaires.

#### Les effets des étirements sur le tendon :

Différentes études ont montré l'action des étirements sur les tendons et nous pouvons affirmer que nous obtenons une diminution de la viscosité tandis que la diminution de sa raideur est plus difficile à établir selon sa composition en fibrilles et en collagène.

Mais ce ne sont pas ces structures qui sont le plus fortement impliquées dans l'étirement.

#### Les éléments élastiques du sarcomère :

Ces éléments sont de plus en plus définis comme étant les structures principales intervenant dans le mécanisme d'étirement.

En effet, des études récentes réalisées par WIEMANN et KLEE (2000) ou encore WITHEHEAD et coll. (2002), ont montré que ces éléments élastiques étaient particulièrement sollicités lors des étirements passifs.

Ces éléments sont constitués de protéines (la titine) qui servent à ramener le sarcomère dans sa position de référence suite à un allongement et qui maintiennent un bon alignement entre la myosine et l'actine (10).

Lors de l'étirement nous allons provoquer un allongement de ces structures ce qui va augmenter la longueur du sarcomère.

#### **4. 3. Effets de l'étirement passif sur le muscle sain**

Les fibres musculaires sont constituées de fuseaux neuro-musculaires qui contrôlent leurs contractions. Le muscle est un organe composé de différents tissus qui lui confèrent un comportement viscoélastique.

L'une des particularités de la viscoélasticité est de faire augmenter la raideur du muscle proportionnellement à la vitesse d'allongement pendant un étirement passif (18).

C'est pourquoi il est recommandé d'éviter les à-coups lors de l'étirement.

De nombreuses fibres musculaires sont alignées les unes à côté des autres. Cette disposition anatomique a tendance à créer des frictions entre les fibres qui accentuent l'échauffement interne provoqué par les processus énergétiques se déroulant au sein du muscle. L'élévation de température qui en résulte a pour conséquence de diminuer la viscosité des muscles et donc d'accroître leur capacité à « coulisser » sans créer de tensions (18).

Les tendons renferment des petits organes appelés : organes tendineux de Golgi qui sont présents au niveau de la jonction muscle-tendon et qui sont, eux aussi, stimulés par l'allongement du muscle. Ils ont un rôle de protection qui consiste à réagir à tout excès de traction sur l'insertion tendineuse par un relâchement du muscle étiré (22).

Nous cherchons donc à stimuler ces petits récepteurs. Pour ce faire, l'étirement doit être lent et maintenu plusieurs secondes (20 à 30 secondes) (10).

Le droit fémoral est principalement constitué d'éléments contractiles et donc pourvu de nombreux récepteurs qui vont réagir à l'étirement passif.

## 5. SPECIFICITES DES CARACTERISTIQUES DE L'ETIREMENT PASSIF SUR UN MUSCLE SPASTIQUE ET RETRACTE : LE DROIT FEMORAL

Nous savons que lors des poussées de croissance osseuse, le muscle n'adapte pas sa longueur à celle de l'os. Ce phénomène entraîne une diminution relative du nombre de sarcomères et un raccourcissement anormal des éléments élastiques parallèles : c'est la rétraction musculaire (4, 16).

C'est donc sur ces structures musculaires que nous allons essayer d'agir sachant que les éléments élastiques parallèles sont les plus extensibles, cela les rend plus adaptés à un étirement passif.

De plus, le droit fémoral étant spastique, cela signifie qu'il y a une réactivité anormale du réflexe myotatique vitesse-dépendant (5).

Le réflexe myotatique se déroule en deux phases, cinétique et statique qui vont être perturbées.

Une des spécificités de notre étirement passif est qu'il sera exécuté de manière très lente pour tenter de ne pas perturber la phase cinétique du réflexe myotatique.

Pour empêcher toute résistance active à l'étirement passif, nous attendrons la chute du tonus du muscle avant de poursuivre cet étirement.

Les contractions musculaires excessives des muscles spastiques font qu'ils vont perdre de leur élasticité et vont finir par se rétracter faisant augmenter la viscosité au sein du muscle (11, 16).

Pour une réalisation et une efficacité optimale de l'étirement passif, nous tenterons de diminuer au mieux possible le facteur B en installant le patient de manière confortable dans une pièce calme.

Il convient de ne pas étirer un muscle contracté pour éviter l'apparition de douleurs.

Nous avons vu que le muscle présente un rapport de longueur anormale entre le corps musculaire et le tendon (16, 23).

Pour éviter d'aggraver le déséquilibre existant, l'étirement passif sera ciblé sur la partie musculaire rétractée en abaissant la patella et nous évitons ainsi de soumettre le tendon patellaire à l'étirement.

## 6. PROTOCOLE D'ETIREMENT PASSIF DU DROIT FEMORAL

### **6. 1. Matériel**

- table électrique
- gros coussin triangulaire
- mètre ruban
- antidérapant

### **6. 2. Mesures préalables**

Le patient est installé en décubitus dorsal, un coussin sous la tête.

A l'aide d'un mètre-ruban, nous relevons ainsi les mesures suivantes sur les deux membres inférieurs (ANNEXE VII) :

- épine iliaque antéro-supérieure (E.I.A.S) / base de la patella
- épine iliaque antéro-supérieure / pointe de la patella
- pointe de la patella / malléole interne
- interligne articulaire du genou / pointe de la patella
- interligne articulaire du genou / base de la patella
- mesure goniométrique de l'extension passive de hanche à la référence zéro

- mesure de l'angle poplité lors du test d'extensibilité du droit fémoral

### 6. 3. Installation du sujet pour le protocole d'étirement

Le sujet est en décubitus dorsal, un coussin sous la tête pour obtenir une position de confort.

Le membre inférieur non mobilisé est placé en flexion maximale de hanche et de genou confortable pour le patient (respect de la raideur des adducteurs) sur le coussin triangulaire.

Le membre inférieur sur lequel l'étirement sera effectué est placé en limite d'extension de hanche possible et le genou est fléchi à 40°.



Figure 1 : installation du sujet

### 6. 4. Conditions préalables

Il faut respecter les degrés de liberté de la hanche et du genou ainsi que les amplitudes articulaires. Il faut également tenir compte de la règle de la non-douleur en proscrivant un étirement sur un muscle qui se défend.

L'installation du patient doit être correcte et reproductible.

## **6. 5. Réalisation du protocole d'étirement passif du droit fémoral**

L'étirement se décompose en quatre temps :

- T0 : le muscle est placé en course externe maximale.

La manœuvre est réalisée avec lenteur et sans à-coups pour ne pas provoquer de contractions réflexes par stimulations nociceptives.

Nous utilisons un anti-dérapant qui permet une meilleure adhérence et une meilleure prise pour réaliser l'étirement, celui-ci étant placé en butée au niveau de la base de la patella.

La contre-prise s'effectue au niveau de la crête iliaque pour fixer le bassin.

- T1 : l'étirement est continu pour mettre en tension maximale toutes les structures myo-tendineuses.

- T2 : la position maximale est maintenue pendant une durée de 30 secondes.

- T3 : le relâchement des structures est progressif vers la position de repos.

- T4 : le temps de repos du muscle est établi à 30 secondes.

Le protocole sera répété vingt fois sur chaque membre inférieur.

Celui-ci fut réalisé une fois par jour pendant cinq jours sur les deux adolescents pendant une période de cinq semaines.

## 7. LE DROIT FÉMORAL DANS LA MARCHÉ

### **7. 1. Les actions du droit fémoral dans la marche normale**

Il a une action entre 90 et 100 % du cycle de marche à la fin de la phase oscillante et entre 0 et 10 % au début de la phase de contact où il fonctionne comme un fléchisseur de hanche et un stabilisateur du genou.

Au niveau du genou, il a une action entre 56 et 64 % du cycle c'est à dire tout au début de la phase oscillante. Il assure également l'extension du genou au début de la phase d'appui et le verrouillage de l'extension (8).

Lors de la phase d'appui, il contrôle progressivement la flexion du genou sur un mode excentrique.

Le droit fémoral joue un rôle décisif dans la locomotion en tant que muscle bi-articulaire puisqu'il fonctionne comme transfert d'énergie.

L'action précise de ce muscle suppose un très haut niveau de contrôle dans son intensité d'intervention lors du cycle de marche.

### **7. 2. Le comportement du droit fémoral dans la marche de l'I.M.C.**

La rétraction du droit fémoral entraîne un défaut de placement du bassin dans le plan sagittal (antéversion) et ce d'autant plus que le muscle ne se relâche pas ou qu'il reste en contraction statique lorsqu'il y a flexum de genou.

Elle génère un excès de tension constante de l'appareil extenseur du genou qui induit des contraintes de pression axiales de l'articulation fémoro-patellaire responsables de souffrances à ce niveau (25).

### **7.3. Et la patella...**

Maillon important de l'appareil extenseur, elle constitue le site d'insertion du muscle quadriceps et transmet au tendon rotulien les forces de traction générées par ce groupe musculaire.

Chez l'I.M.C, le raccourcissement de ce muscle entraîne une ascension de la patella. De par ce fait, le bras de levier du système extenseur diminue et la force nécessaire à l'extension du genou augmente.

La transmission et la répartition des contraintes au niveau de la trochlée ne se font plus correctement.

La patella est soumise à des contraintes biomécaniques complexes puisqu'en extension de genou, elle transmet les forces de tractions exercées par le quadriceps et en flexion, sa surface articulaire postérieure subit des contraintes en pression puisqu'elle s'engage dans la trochlée fémorale.

Il a été démontré que les forces de compression augmentent de 6 % par degré de flexion (7).

Chez la plupart des I.M.C, les ischios-jambiers deviennent hypoextensibles et entraînent un flexum de genou qui conditionne ainsi l'engagement permanent de la patella dans la trochlée.

Plus la rétraction est importante, plus le flexum va s'aggraver et engendrer des contraintes importantes au niveau de la patella.

Son ascension due à la rétraction du quadriceps conjuguée à l'allongement du tendon patellaire entraîne l'apparition de l'angle mort d'extension active du genou.

De plus, la relative faiblesse du muscle dans certains cas et ses conditions de travail (contractions statiques constantes lorsqu'il y a flexum de genou, verrouillage du genou en flexion) le rende vulnérable à la fatigue par une consommation énergétique trop importante.

## 8. BILANS DE FIN

Celui-ci comprend les mesures goniométriques d'extension passive de hanche à la référence zéro, celles de l'extension active du genou et les mesures centimétriques prises pour le protocole et ce pour les deux adolescents (ANNEXE VIII).

En ce qui concerne la spasticité, elle est identique aux bilans initiaux.

## 9. RESULTATS

Aucun résultat significatif n'a été obtenu pour les deux adolescents.

En ce qui concerne les mesures d'extension active de hanche, nous observons uniquement un gain de 10° sur le membre inférieur droit chez G. V.

Nous avons tout de même obtenu un abaissement de la patella de 2 cms chez G. C.

## 10. DISCUSSION

Ces chiffres ont un bas niveau de reproductibilité et ne sont pas très fiables pour une surveillance objective des patients ou pour une analyse statistique des résultats.

En effet, il y a un facteur d'incertitude concernant l'allongement réel puisque les mesures, réalisées à l'aide du mètre-ruban suivent le relief cutané.

Mais aucune étude statistique n'ayant été réalisée à ce sujet, nous ne pouvons comparer nos résultats.

Quelques remarques concernant l'application de la technique et le comportement des patients au cours du traitement où il s'avérait que celle-ci devenait fastidieuse et longue pour G.C.

En effet, le protocole d'étirement s'étalait sur une heure et prenait toute la séance de rééducation, il était donc parfois difficile de canaliser l'adolescent.

L'observance de son traitement était donc parfois quelque peu modifiée car la pression rotulienne exercée lors de l'étirement lui était parfois trop douloureuse. Il nous fallait donc réaliser un étirement par pallier avec une mise en tension de la structure musculo-tendineuse plus progressive.

Malgré tous les soins pris lors de ces mesures, il apparaît qu'il est bien difficile d'être objectif, en raison des facteurs émotionnels présentés de façon variable et de la fatigue. Par exemple, il était plus facile de réaliser les étirements le matin, où l'adolescent était plus détendu qu'en fin de journée.

La spasticité était également un facteur important à prendre en compte lors des étirements.

Dans notre cas, la spasticité du quadriceps n'a pas été un facteur péjoratif.

Il est souvent préconisé de réaliser un échauffement avant l'étirement puisqu'il amène un relâchement du muscle plus important.

Cependant, les paramètres ne sont pas modifiés dans les muscles lents : ces muscles toniques ne voient pas leurs propriétés s'améliorer lorsqu'il y a échauffement.

Comme nous l'avons vu précédemment, l'étirement provoque un échauffement interne au sein du muscle, c'est pourquoi nous n'avons pas réalisé d'échauffement préalable ; toutefois, la progressivité et la prudence dans l'étirement s'imposent.

Afin de diminuer les contraintes sur la patella et de réduire le flexum de genou, il aurait été judicieux d'associer l'étirement du droit fémoral à celui des ischios-jambiers.

## 11. CONCLUSION

Plusieurs mécanismes réduisent l'efficacité de l'étirement passif.

En effet, les muscles de l'I.M.C sont souvent le siège de contractions basales anormales au repos (facteur B) qui ont pour effet de raccourcir dans le temps les effets de l'étirement.

De plus, la spasticité, la faiblesse de certains muscles l'utilisation de schémas moteurs appauvris et prédominants sont autant de facteurs qui concourent à la réduction du gain de longueur obtenu par l'étirement.

En ce qui concerne le droit fémoral, le déséquilibre de longueur entre le corps musculaire et le tendon étant déjà installé, l'allongement provoqué par l'étirement va majorer l'angle d'insuffisance active du genou et le déséquilibre de la station verticale.

Tardieu décrit que le mécanisme d'adaptation normale de la rétraction du muscle visant à conserver une force maximale à une valeur angulaire fonctionnelle de l'articulation annule probablement les effets de l'étirement en ramenant le corps musculaire à sa longueur optimale.

Pendant toute la durée de notre protocole, nos deux sujets ont continué leurs activités de marche et de verticalisation active (transferts) de manière habituelle.

En s'appuyant sur les travaux de TARDIEU qui a démontré que le muscle adapte sa longueur en toutes circonstances afin de conserver une longueur constante du sarcomère garantissant une force maximale dans la course la plus sollicitée, nous pouvons émettre l'hypothèse suivante : chez les I.M.C., la stimulation fonctionnelle du quadriceps (et donc du droit fémoral) favorise ce processus d'adaptation et de compensation et réduit voire annule dans la durée les effets de l'étirement de façon à conserver les mêmes performances fonctionnelles.

Les différentes études réalisées sur muscle sain ou chez l'animal ont montré que les étirements avaient certes des effets spécifiques sur les structures myo-tendineuses mais que ceux-ci étaient généralement de courte durée et ce d'autant plus qu'il y a présence de spasticité ou de contractions actives involontaires de certains muscles.

Nous savons que tout muscle étiré de manière permanente 24h/24, augmente son extensibilité.

Mais quel est le seuil de la durée quotidienne d'étirement utile pour provoquer une poussée de croissance en longueur du muscle ?

Nous pouvons nous interroger sur l'action que pourrait avoir un tel protocole sur des enfants I.M.C plus jeunes sur lesquels la rétraction du droit fémoral n'est pas présente ou peu importante et où l'angle mort d'extension active du genou n'existe pas.

La durée du protocole pourrait être également prolongée afin de pouvoir objectiver les résultats.

# ANNEXES

Tableaux récapitulatifs du bilan articulaire.  
Cotation selon DE BRUNNER

## G.C.

	<i>Amplitudes</i>	<i>Mode</i>	<i>Référence</i>	<i>Droite</i>	<i>Gauche</i>
	F/E	Passif	C.L.P.F Genou fléchi	110/20/0	110/25/0
	F/E	Passif	CLPF Genou tendu	105/15/0	105/20/0
	ABD/ADD	Passif		15/0/15	15/0/15
<i>HANCHE</i>	RI/RE	Passif	Hanche fléchie	10/0/70	10/0/50
	RI/RE	Passif	Hanche tendue	40/0/45	30/0/50
<i>GENOU</i>	F/E	Passif		140/5/0	135/5/0
	RI/RE		Genou fléchi	Présentes Non mesurées	Présentes Non mesurées
<i>TIBIO TARSIENNE</i>	FD/FP	Passif	Genou tendu	0/0/20	0/5/20
	FD/FP	Passif	Genou fléchi	15/0/20	10/0/20

## G.V.

	<i>Amplitudes</i>	<i>Mode</i>	<i>Référence</i>	<i>Droite</i>	<i>Gauche</i>
	F/E	Passif	C.L.P.F Genou fléchi	105/15/0	100/15/0
	F/E	Passif	C.L.P.F Genou tendu	105/0/0	100/0/0
<i>HANCHE</i>	ABD/ADD	Passif		15/0/15	15/0/15
	RI/RE	Passif	Hanche fléchie	40/0/45	30/0/35
	RI/RE	Passif	Hanche tendue	40/0/45	30/0/35
<i>GENOU</i>	F/E	Passif		150/10/0	150/5/0
	RI/RE	Passif	Genou fléchi	Présentes non mesurées	Présentes Non mesurées
<i>TIBIO TARSIENNE</i>	FD/FP	Passif	Genou tendu	0/0/ 20	0/0/ 20
	FD/FP	Passif	Genou fléchi	15/0/ 25	15/0/ 25

### Test d'extensibilité du droit fémoral de DUNCAN et ELY

Ce test consiste à placer les hanches en limite d'extension possible par le patient.

La prise s'effectue au niveau de la partie inférieure du segment jambier pour réaliser une flexion progressive du genou.

La contre prise se fait au niveau de l'ischion pour stabiliser le bassin.

Il faut s'assurer de ne pas associer de rotation du membre inférieur.

Si cette manœuvre fait apparaître une flexion de hanche avec surélévation du bassin du plan de la table et exagération de l'hyperlordose, nous en déduisons que le droit fémoral est rétracté.

Pour objectiver le résultat, nous mesurons la distance entre le talon et la fesse sachant que la distance de référence est de 0 cm.

- Les mesures réalisées pour G.C. sont de 10 cm à gauche et à droite.
- Pour G.V., les mesures sont de 7 cm à droite et 8 cm à gauche.

Référence bibliographique : BRACQ H., CHAPPUIS M., VIOLAS P. – Analyse clinique de l'enfant IMC marchant. – L'infirmier moteur cérébral marchant, 29<sup>e</sup> séminaire de la Société Française d'Orthopédie Pédiatrique, 2005, p. 61 – 67.

## BILAN DE LA SPASTICITE

## G. V.

ISCHIOS-JAMBIERS	GAUCHE	2
	DROITE	2
QUADRICEPS	GAUCHE	1
	DROITE	1
ADDUCTEURS	GAUCHE	0
	DROITE	0
TRICEPS SURAUX	GAUCHE	0
	DROITE	0

## G. C.

ISCHIOS-JAMBIERS	GAUCHE	2
	DROITE	2
QUADRICEPS	GAUCHE	2
	DROITE	2
ADDUCTEURS	GAUCHE	2
	DROITE	2
TRICEPS SURAUX	GAUCHE	1
	DROITE	1

ECHELLE D'ASHWORTH MODIFIEE

0 : Tonus normal.

1 : Légère augmentation du tonus musculaire qui se manifeste par un ressaut ou une résistance minime en fin d'amplitude lorsque le segment est mobilisé en flexion ou en extension, en abduction ou en adduction, etc.

1+ : Légère augmentation du tonus musculaire qui se manifeste par un ressaut auquel succède une résistance minime sur l'ensemble de la fin du mouvement (moins de la moitié).

2 : Augmentation plus nette du tonus musculaire sur une amplitude plus importante. Néanmoins le segment peut être mobilisé facilement.

3 : Augmentation considérable du tonus musculaire. La mobilisation passive du segment est difficile.

4 : Le segment affecté est fixé en flexion ou en extension, en abduction ou en adduction, etc.

**Tableau récapitulatif du bilan musculaire  
G. C.**

Force	Sélectivité		Force	Sélectivité
DROITE	DROITE		GAUCHE	GAUCHE
		<u>HANCHE</u>		
2 -	1,5	Psoas iliaque	2 -	1,5
2 -	1	Extenseurs de hanche	2 -	1
3 -	Non testé	Sartorius	3 -	Non testé
2 -	1	Abducteurs	2 -	1
1 +	Non testé	TFL	1 +	Non testé
4	2	Adducteurs	4	2
1	0,5	Rotateurs internes	1	0,5
1	0,5	Rotateurs externes	1	0,5
		<u>GENOU</u>		
2 -	0,5	Ischios-jambiers	1	0,5
4	2	Extenseurs	2 +	2
	25°	Angle mort du quadriceps		25°
		<u>CHEVILLE</u>		
1 +	0,5	Tibial antérieur	1 +	0,5
2	0,5	Extenseur long des orteils	2	0,5
2	0,5	Extenseur propre de l'Hallux	2	0,5
1 +	1	Fibulaires	1 +	1
1	0,5	Tibial postérieur	1	0,5
2 -	0,5	Triceps	2 -	0,5
0	0	Long fléchisseur des orteils	0	0
1	0,5	Long fléchisseur de l'Hallux	1	0,5

Contrôle moteur sélectif (CMS).

- 0 : Pas de CMS, minime contraction  
0,5 : Contractions et mouvement minimes et / ou beaucoup de cocontractions.  
1 : mauvais contrôle sélectif, commande dissociée, mouvement limité, cocontractions possibles  
1,5 : CMS correct mais défaut de fluidité ou limitation dans le mouvement (cocontractions)  
2 : CMS parfait, contraction et muscles appropriés

Mesure de la force motrice, classification internationale

- 0 : Pas de mouvement  
1 : Contraction visible avec amorce du mouvement  
2 : Mouvement dans toute l'amplitude sans pesanteur  
3 : Mouvement dans toute l'amplitude contre pesanteur  
4 : Mouvement dans toute l'amplitude contre résistance égale au poids segmentaire  
5 : Mouvement contre résistance maximale 3 fois

**Tableau récapitulatif du bilan musculaire.  
G. V.**

Force	Sélectivité		Force	Sélectivité
DROITE	DROITE		GAUCHE	GAUCHE
		<u>HANCHE</u>		
5	2	Psoas iliaque	5	2
3	1,5	Extenseurs de hanche	3 -	1,5
3	Non testé	Sartorius	3	Non testé
3 -	1,5	Abducteurs	3 -	1,5
3	Non testé	TFL	3	Non testé
5	1,5	Adducteurs	5	1,5
4	1,5	Rotateurs internes	4	1,5
4	1,5	Rotateurs externes	4	1,5
		<u>GENOU</u>		
3 +	1,5	Ischios-jambiers	3 +	1,5
5	2	Extenseurs	5	2
		Angle mort du quadriceps		
		<u>CHEVILLE</u>		
1 +	0,5	Tibial antérieur	1 +	0,5
1 +	0,5	Extenseur long des orteils	1 +	0,5
4	1,5	Extenseur propre de l'Hallux	4	1,5
2 -	1	Fibulaires	2 -	1
1 +	1	Tibial postérieur	1 +	1
2 +	1	Triceps	2 +	1
1 +	0,5	Long fléchisseur des orteils	1 +	0,5
1	0,5	Long fléchisseur de l'Hallux	1	0,5

Contrôle moteur sélectif (CMS)

- 0 : Pas de CMS, minime contraction  
0,5 : Contractions et mouvement minimes et / ou beaucoup de cocontractions.  
1 : mauvais contrôle sélectif, commande dissociée, mouvement limité, cocontractions possibles  
1,5 : CMS correct mais défaut de fluidité ou limitation dans le mouvement (cocontractions)  
2 : CMS parfait, contraction et muscles appropriés

Mesure de la force motrice, classification internationale

- 0 : Pas de mouvement  
1 : Contraction visible avec amorce du mouvement  
2 : Mouvement dans toute l'amplitude sans pesanteur  
3 : Mouvement dans toute l'amplitude contre pesanteur  
4 : Mouvement dans toute l'amplitude contre résistance égale au poids segmentaire  
5 : Mouvement contre résistance maximale 3 fois

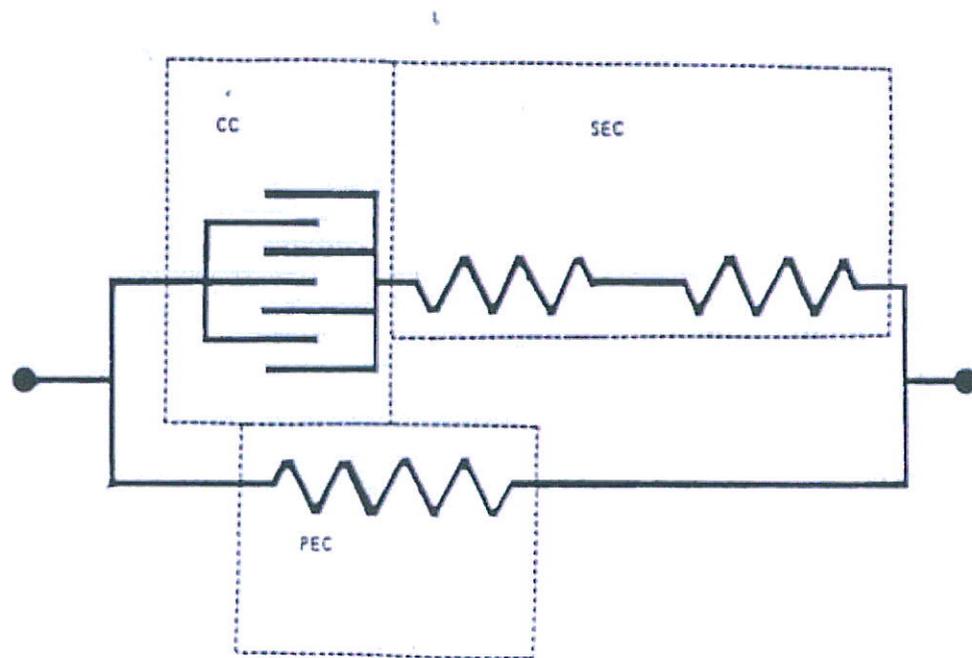


FIG. 1. – *Modèle mécanique du muscle. CC : composante contractile, SEC : composante élastique série, PEC : composante élastique parallèle. D'après Hill (1938).*

## MESURES INITIALES

## Mesures initiales de G.C.

	Gauche (cm)	Droite (cm)
E.I.A.S / base de la patella	36	36
E.I.A.S / pointe de la patella	41	41
Pointe de la patella / malléole interne	34,5	35
Interligne articulaire du genou / base	3	3
Interligne articulaire du genou / pointe	6	6
	Gauche (°)	Droite (°)
Mesure goniométrique de l'extension passive de hanche à la référence 0	25	20
Angle mort d'extension active du genou	25	25

## Mesures initiales de G.V.

	Gauche (cm)	Droite (cm)
E.I.A.S / base de la patella	39,5	39,5
E.I.A.S / pointe de la patella	44	45
Pointe de la patella / malléole interne	43	42,5
Interligne articulaire du genou / base	7,5	8,7
Interligne articulaire du genou / pointe	3,5	3,7
	Gauche (°)	Droite (°)
Mesure goniométrique de l'extension passive de hanche à la référence 0	30	30
Angle mort d'extension active du genou	15	20

## RESULTATS

## Mesures finales de G.C.

	Gauche (cm)	Droite (cm)
E.I.A.S / base de la patella	38	38
E.I.A.S / pointe de la patella	43	43
Pointe de la patella / malléole interne	36,5	37
Interligne articulaire du genou / base	4	4
Interligne articulaire du genou / pointe	6	6
	Gauche (°)	Droite (°)
Mesure goniométrique de l'extension passive de hanche à la référence 0	20	20
Angle mort d'extension active du genou	25	25

## Mesures finales de G.V.

	Gauche (cm)	Droite (cm)
E.I.A.S / base de la patella	40	39,5
E.I.A.S / pointe de la patella	44,5	45
Pointe de la patella / malléole interne	42,5	42,5
Interligne articulaire du genou / base	7	7
Interligne articulaire du genou / pointe	2,5	2,5
	Gauche (°)	Droite (°)
Mesure goniométrique de l'extension passive de hanche à la référence 0	25	20
Angle mort d'extension active du genou	15	15

## BIBLIOGRAPHIE

1. BELLI A. – Modifications physiologiques du muscle sain étiré. – Annales de kinésithérapie, 1990, 17, 6, p. 309 – 311.
2. BRACQ H., CHAPPUIS M., VIOLAS P. – Analyse clinique de l'enfant IMC marchant. – L'infirmier moteur cérébral marchant, 29<sup>e</sup> séminaire de la Société Française d'Orthopédie Pédiatrique, 2005, p. 61 – 67.
3. CHATRENET Y., CHARBONNIER M., CHATRENET P., SAGNIEZ J.-P. – Organisation anatomique et physiologique des chaînes musculo-aponévrotiques. Incidences sur les techniques d'étirement. – Journées de médecine physique et de rééducation, 1988, p. 248 – 256.
4. CHATRENET Y., SAGNIEZ J.-P., NOCERA F. – Etirements musculaires globaux. - Annales de kinésithérapie, 1985, 12, 7- 8, p. 343 - 347.
5. CHAUVIERE C. – La spasticité : mécanismes et traitements masso-kinésithérapiques. – Kinésithérapie, les cahiers, 2002, 2 – 3, p. 66 – 71.
6. COMETTI G. – Les limites du stretching pour la performance sportive : les effets physiologiques des étirements (2<sup>e</sup> partie). – Sport Med', 2003, 155, p. 5 – 15.

7. COUDANE H., HUTTIN P.- Ruptures de l'appareil extenseur du genou. – Encycl. Méd. Chir. (Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris), Appareil locomoteur, 1999, 3, 14 – 081 – A - 10, p. 2 - 3.
8. DIMEGLIO A. – La marche de l'enfant. – Editions Sauramps médical, 2002, 255 p.
9. DANIELS L., WORTHINGHAM C. – Bilans musculaires. Techniques de l'examen clinique. – 5<sup>ème</sup> éd. – Paris, Maloine, 1990, 186 p.
10. DE DEYNE P. – Application of passive stretch and its implications for muscle fibers. – Physical Therapy, 2001, 81, 2, p. 819 – 827.
11. DOHIN B., KOLHER R. – Le traitement de la spasticité. – L'infirmier moteur cérébral marchant. 29<sup>ème</sup> Séminaire de la Société Française d'Orthopédie Pédiatrique, 2005, p. 125 – 141.
12. HYON-JOMIER H., BLANC G., LACHENAL B. – Les troubles neuro-moteurs, chapitre II. – Infirmité motrice cérébrale et déambulation. - Monographies de Bois-Larris, 1984, 18, p. 6 – 9.
13. HYON-JOMIER M., LACHENAL B. – Spasticité et infirmité motrice cérébrale. – Annales de kinésithérapie, 1990, 17, 9, p. 469 – 477.
14. KIEFER C., REMY-NERIS O., DENYS P., YAKOVLEFF A., MAILHAN L., AZOUVI P., BUSSEL B. – Traitement de la spasticité. – Encycl. Méd. Chir. (Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris), Neurologie, 2000, 17 – 046 – U – 15, 5 p.

15. LE METAYER M. – L’analyse clinique factorielle selon G. Tardieu. – L’infirmes moteur cérébral marchant, 2005, 29<sup>ème</sup> séminaire de la Société Française d’Orthopédie Pédiatrique, p. 87 – 91.
16. LESPARGOT A., RENAUDIN E., ROBERT M., KHOURI N. – Les muscles et les tendons de l’IMOC : examen clinique et données expérimentales. – Motricité cérébrale, 1999, 20, p. 69 – 90.
17. MARSAL C., GUAY V., VANNIER-DEPARDIEU C. – Rééducation de la spasticité... Rééducation et spasticité ? – Kinésithérapie scientifique, 2005, 451, p. 5 – 15.
18. NEIGER H. – Etirements myo-tendineux / stretching. – Cinésiologie, 1997, 173, p. 111 – 113.
19. PENNECOT G.-F., PRESEDO A. - Physiopathologie des problèmes orthopédiques rencontrés. - L’infirmes moteur cérébral marchant, 29<sup>ème</sup> Séminaire de la Société Française d’Orthopédie Pédiatrique, 2005, p. 37 – 42.
20. POCHOLLE M., CODINE P.-H. – Mécanismes et traitements des raideurs articulaires. – Annales de kinésithérapie, 1996, 23, 2, p. 81 – 90.
21. ROYER A., CECCONELLO R. – Bilans articulaires cliniques et goniométriques. Généralités. – Encycl. Méd. Chir. (Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris), 26 – 008 – A – 10, 2004, 7 p.

22. SEYRES P.-H. – Le système tendineux : constitution, organisation et capacités mécaniques. – Annales de kinésithérapie, 1991, 18, 4, p. 185 – 196.
23. TARDIEU G. – Le dossier clinique de l’I.M.C. – Méthodes d’évaluation et applications thérapeutiques, 3<sup>ème</sup> édition entièrement refondue, 1984, 110 p.
24. TARDEU G. – Les « feuillets de l’infirmité motrice cérébrale ». – Tome I, chapitre I B. – Association Nationale des Infirmes Moteurs Cérébraux, Paris, 1971, p. 2.
25. VAILLANT J., CAILLAT-MIOUSSE J.-L. – Tests d’extensibilité musculaire des membres inférieurs.- Journées de médecine orthopédique et de rééducation, 2000, p. 142 – 148.