

MINISTÈRE DE LA SANTÉ
RÉGION LORRAINE
INSTITUT DE FORMATION EN MASSO-KINESITHÉRAPIE
DE NANCY

EVALUATION DE LA FORCE
MAXIMALE DU QUADRICEPS
EN FONCTION DE LA POSITION
DE HANCHE SUR
APPAREIL MYOSTATIC

Rapport de travail écrit personnel
présenté par Sébastien HUSSEL
étudiant en 3^{ème} année de kinésithérapie
en vue de l'obtention du diplôme d'état
de masseur-kinésithérapeute

1998-1999

SOMMAIRE

RESUME	1
1. INTRODUCTION	1
1.1. Rappel anatomo physiologique	1
1.1.1. Anatomie du quadriceps	1
1.1.2. Relation entre longueur du muscle et force musculaire développée	2
1.1.3. Hypothèse cinésiologique	3
1.1.4. Force maximale isométrique	4
2. MATERIEL ET METHODE	5
2.1. Matériel	5
2.1.1. Myostatic	5
2.1.1.1. Description	5
2.1.1.2. Fonctionnement	7
2.1.2. La population	7
2.2. Méthode	7
2.2.1. Etalonnage de la cellule de force du Myostatic	7
2.2.2. Prise de renseignements	8
2.2.3. Echauffement	8
2.2.4. Mesure de la force isométrique maximale	8
2.2.4.1. Modalités d'évaluation	8
2.2.4.2. Installation du sujet	9
3. EXPLOITATION DES RESULTATS	11
3.1. Difficultés rencontrées	11
3.2. Généralités	12
3.3. Analyse statistique	12
3.4. Discussion	15
4. CONCLUSION	17

RESUME

Le but de cette étude est de vérifier l'hypothèse cinésiologique émise par Kapandji, Kendall et Duchesne de Boulogne (15, 16, 18) qui donnent un rôle à part au Droit fémoral dans son rôle d'extenseur de genou en fonction de la position de la hanche.

En effet, la hanche placée en rectitude permettrait de mettre en tension ce muscle bi-articulaire, et, favoriserait son action lui donnant ainsi une action plus prépondérante dans l'extension de genou.

Pour cela, nous avons réalisé notre étude sur une population d'une trentaine d'étudiants tous sains. Après échauffement, nous avons évalué la force maximale isométrique dans les 2 positions précitées par 2 essais hanches fléchies et 2 essais en rectitude sur Myostatic.

1. INTRODUCTION

1.1. Rappel anatomo physiologique

1.1.1. Anatomie du quadriceps

Le quadriceps, muscle de la loge antérieure de la cuisse, est formé, comme son nom l'indique, de 4 corps musculaires s'insérant par un tendon commun sur la tubérosité tibiale antérieure.

- 3 muscles mono-articulaires . le vaste intermédiaire, vaste interne, vaste externe ;
- 1 muscle bi-articulaire : le Droit Fémoral qui trouve son insertion proximale sur l'épine iliaque antéro-inférieure et son insertion distale sur le tendon quadricipital.

1.1.2. Relation entre longueur du muscle et force musculaire développée

Le muscle est composé d'un ensemble de myofibrilles placées en parallèle, l'unité anatomique de la myofibrille est le sarcomère compris entre 2 stries Z. Le sarcomère est composé de filaments épais de myosine et de filaments fins d'actine, lors de la contraction musculaire, il y a accrochage des têtes de myosine sur les filaments d'actine et il y a un glissement des filaments fins sur les filaments épais.

C'est du nombre d'accrochages des têtes de myosine sur les filaments d'actine que dépend la force de la contraction musculaire, ceci dépendant de l'état d'étirement du sarcomère, donc du muscle.

En effet, il a été démontré expérimentalement par Gordon, Huxley et Julian que la force développée n'est pas constante sur toute la longueur du raccourcissement du sarcomère.

La force est nulle lorsque le sarcomère est trop étiré, car l'accrochage n'est pas possible entre les têtes de myosine et les filaments d'actine. A l'autre extrême, lorsque les sarcomères sont tellement comprimés, on a un chevauchement des filaments d'actine donc le raccourcissement possible est très limité. (fig. 1).

« Dans un sarcomère le rapport longueur-tension idéal correspond à un léger étirement du muscle (filaments d'actine et de myosine se chevauchant à peine), le glissement peut alors se produire sur presque toute la longueur des filaments d'actine. Les muscles ont une longueur de fonctionnement optimale comprise entre 80% et 120% de leur longueur de repos normal » (14).

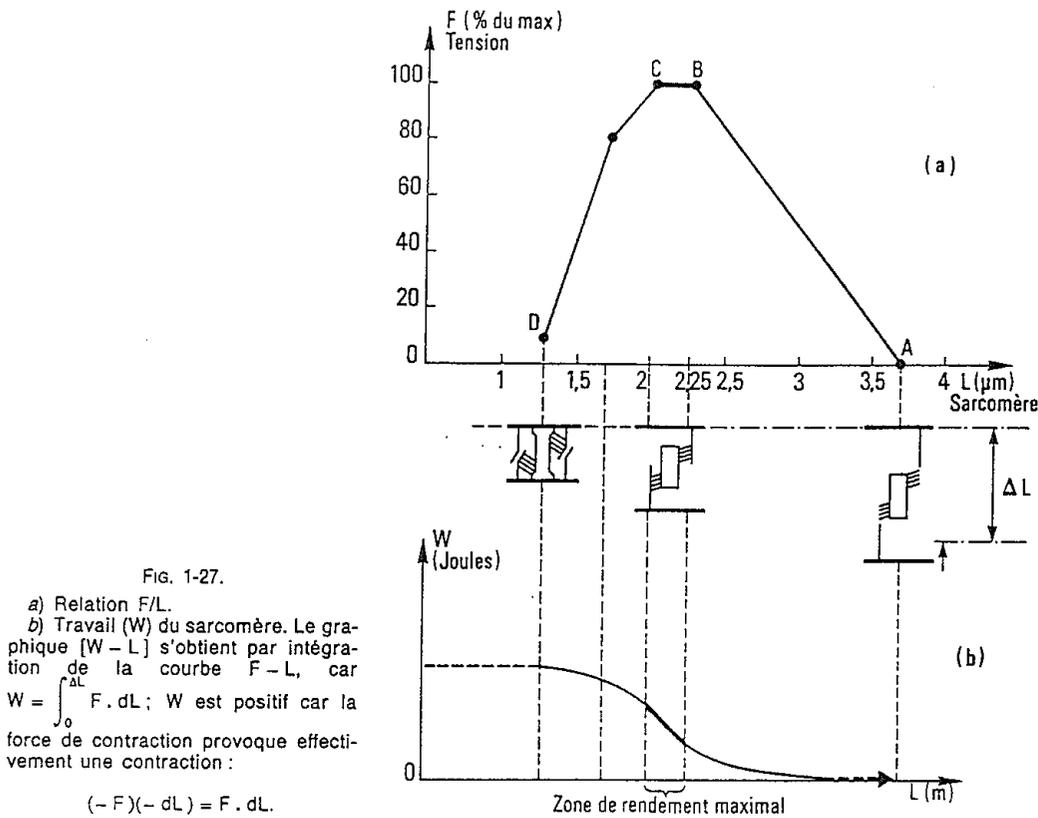


Figure 1: Relation entre longueur du muscle et force musculaire développée

Edition Masson.

1.1.3. Hypothèse cinésiologique

Le droit fémoral, muscle bi-articulaire, ponté l'articulation de la hanche et celle du genou, il est ainsi fléchisseur de hanche et extenseur de genou.

« Mais son efficacité en tant qu'extenseur de genou dépend de la position de la hanche et inversement son rôle de fléchisseur de la hanche est subordonné à la position du genou » (11).

En effet, la distance entre l'épine iliaque antéro-intérieure et le tendon quadricipital est plus importante hanche en rectitude que hanche à 90° de flexion.

Hanche à 90° de flexion, on place le droit fémoral en position de raccourcissement provoquant le chevauchement des filaments d'actine, diminuant ainsi les possibilités

d'accrochage des têtes de myosine sur les filaments d'actine avec, pour conséquence, une baisse importante des possibilités de contraction du droit fémoral.

D'après tous ces facteurs, on peut émettre l'hypothèse cinésiologique suivante, la force développée par le quadriceps est plus importante hanche tendant vers la rectitude que hanche à 90° de flexion. Car cela permet de placer le droit fémoral proche de sa position de repos et d'avoir ainsi une action plus prépondérante dans l'extension du genou, hypothèse vérifiée par 2 études électromyographiques du quadriceps en 1974 (2, 3) et une étude de la force isométrique maximale du quadriceps en 1974 (18). On se propose de vérifier cette théorie sur Myostatic.

1.1.4. Force maximale isométrique

La force isométrique est évaluée lorsque la longueur du muscle reste identique et que la résistance appliquée est égale à la tension du muscle. L'organisme utilise le métabolisme anaérobie alactique pour obtenir la force statique maximale, car c'est un effort intense et très bref qui dure au maximum 5 à 6 secondes.

2. MATERIEL ET METHODE

2.1. Matériel

2.1.1. Myostatic

2.1.1.1. Description

Modèle B1 KINMY OOX :

- unité centrale B1 KINMY 001X composé par :

- . une cellule de force : 0,5/125 kg et 1/250 kg,
- . un clavier de commande à 16 touches et 2 écrans afficheurs numériques.

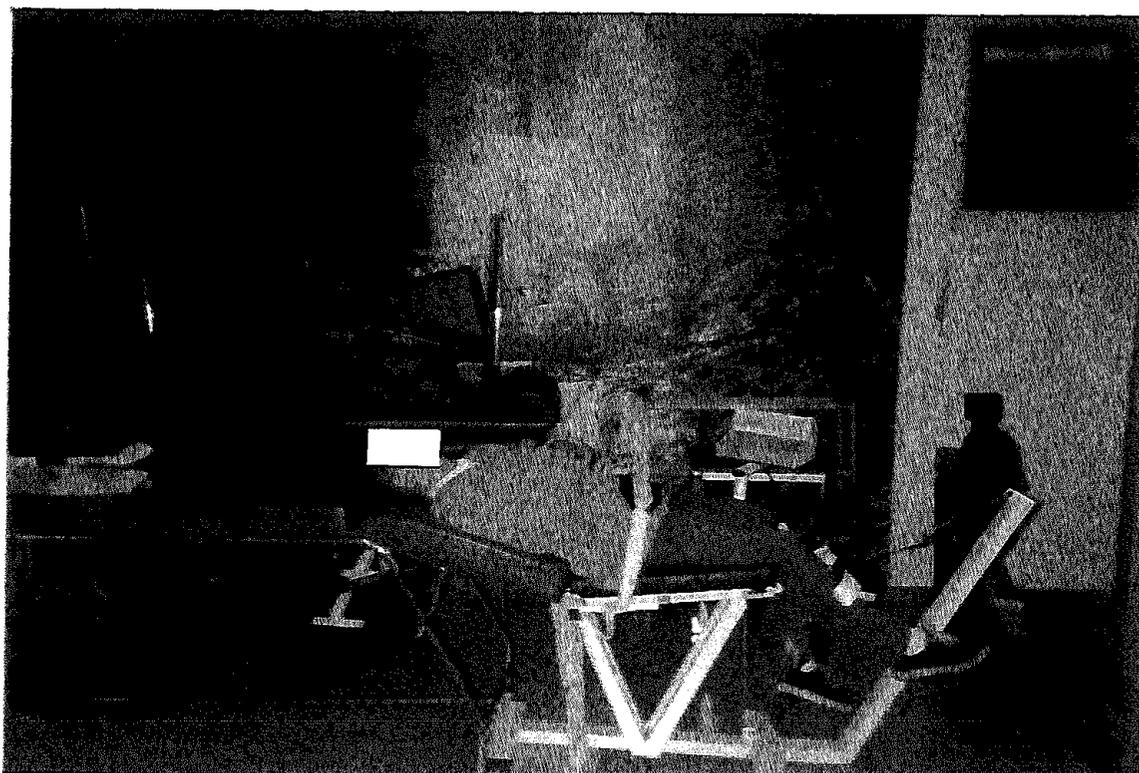
Le clavier permet d'intégrer les paramètres du traitement. Les écrans visualisent la force musculaire instantanée en Kg force et le temps enregistré en secondes et en minutes.

- chaise : modèle B1 KINMY OO2X composé par

- . un dossier ajustable,
- . un double cavalier réglable,
- . un point d'ancrage pour le travail des extenseurs,
- . une potence pour le travail des fléchisseurs.

Pour les essais en position de rectitude, nous utilisons une table de massage où nous inclinons légèrement vers le bas le côté tête pour le mettre en contact du siège du Myostatic

auquel nous avons préalablement enlevé le dossier. Nous obtenons ainsi, une fois le patient
placé, une hanche en quasi rectitude.



2.1.1.2. Fonctionnement

Le sujet est en position assise, on lui demande de réaliser une extension maximale du genou. La force isométrique ainsi développée est transmise par l'intermédiaire d'une chaîne à la cellule de force qui analyse les données et évalue de façon chiffrée sur la console, la force développée.

2.1.2. La population

La sujets constituant la population sont des personnes jeunes (entre 18 et 28 ans), tous sains, ne présentant aucune pathologie ostéo-articulaire au niveau des genoux. Elle est composée de 10 femmes et de 18 hommes dont la moyenne d'âge est de 23,5 ans.

2.2. Méthode

2.2.1. Etalonnage de la cellule de force du Myostatic

Avant de commencer notre étude, nous étalonnons la cellule de force. Pour cela nous la désolidarisons du Myostatic et nous l'accrochons par l'intermédiaire d'un filin à la verticale du toit d'une cage à poulie.

Puis nous suspendons à cette cellule de force des poids étalonnés pour vérifier son exactitude. Chaque essai étant concluant, nous admettons la fiabilité de la cellule.

2.2.2. Prise de renseignements

Avant le passage de chaque sujet, nous prenons soin de noter le sexe, l'âge, le poids, si le sujet pratique ou non des activités sportives, et vérifions qu'il ne présente aucune pathologie ostéo-articulaire au niveau du membre inférieur.

Nous mesurons la centimétrie de son côté dominant (celui du shoot) à 5 cm de la rotule (mesurant ainsi les vastes) et à 15 cm (mesurant ainsi l'ensemble du quadriceps).

2.2.3. Echauffement

Pour établir notre protocole d'échauffement, nous nous basons sur la documentation du Myostatic qui propose un échauffement de 5 minutes sur vélo ergométrique.

Par contre, nous établissons de façon arbitraire la résistance que le sujet doit vaincre et nous choisissons une résistance équivalente à un travail de 50 W.

Après avoir réglé la hauteur de selle, le sujet doit pédaler 5 minutes à 50 W.

2.2.4. Mesure de la force isométrique maximale

2.2.4.1. Modalités d'évaluation

« L'exercice de la force maximale volontaire ne peut être répété plus de 4 ou 5 fois sans que l'on assiste à une baisse progressive de la performance » (15).

C'est pour cela que nous choisissons de n'effectuer que 4 essais, 2 essais en position assise et 2 essais hanche en rectitude.

Chaque essai est entrecoupé d'un temps de repos de 2 minutes pour permettre une récupération des réserves d'ATP suffisantes et ainsi avoir la possibilité d'améliorer les performances (8).

Pour obtenir des mesures fiables, nous décidons d'alterner à chaque patient la position adoptée lors des 2 premiers essais.

En effet, du fait de sa fraîcheur musculaire, le sujet pourrait réaliser des performances plus importantes lors des premiers essais que lors des derniers.

Le patient peut aussi présenter une appréhension lors des premiers essais qui s'estompe au fur et à mesure et ainsi effectuer de meilleures performances dans la fin des mesures.

Après l'échauffement, nous laissons 2 minutes de repos au sujet puis nous lui demandons de réaliser 4 essais, suivant les sujets (1 sur 2), nous commençons soit hanche en rectitude, soit hanche fléchie à 90°. Chaque essai est entrecoupé d'un temps de repos de 2 minutes (8).

Lors de chaque essai, nous stimulons verbalement le sujet pour qu'il atteigne son potentiel maximum (9).

Lorsque le sujet a réalisé ces essais, nous prenons la meilleure des 2 mesures hanche en rectitude et hanche fléchie à 90°, mesure lue à l'afficheur.

2.2.4.2. Installation du sujet

A l'issue de l'échauffement, nous installons le sujet sur le Myostatic. Nous commençons suivant les sujets (1 sur 2) par les mesures hanche en rectitude ou par les mesures hanche fléchie.

Dans les 2 cas :

- La position de la jambe non testée n'a pas d'influence (1), nous la placerons donc fléchie à 90.
- On fixera par une sangle la cuisse homolatérale ainsi que le bassin, ce qui a tendance à favoriser un plus grand développement de la force et augmente la constance des tests (18).
- Nous demandons au sujet de croiser les bras autour de sa poitrine pour éviter toute compensation par les membres supérieurs.
- Nous vérifions que l'interligne articulaire fémoro-tibial corresponde à l'axe de rotation du Myostatic.
- Réglage du cavalier du Myostatic au niveau 3 de l'échelle graduée sur le bras de levier.
- Mise en place d'une mousse de protection sur l'arête tibiale pour éviter toute douleur.
- Réglage du nombre d'anneaux pour obtenir un genou fléchi à 30° et ainsi éliminer une action trop prépondérante du vaste interne.
- Concernant la position hanche fléchie à 90°, réglage de l'avancée du fauteuil avec si nécessaire, mise en place dans le dos de coussins.
- Pour la position hanche en rectitude, nous utilisons une table de massage accolée au siège du Myostatic auquel nous avons préalablement enlevé le dossier.

Dans les 2 cas, l'angulation est vérifiée à l'aide d'un goniomètre, centre du goniomètre au niveau du grand trochanter, branche fixe en regard du condyle externe et branche mobile dans l'axe du tronc.

3. EXPLOITATION DES RESULTATS

3.1. Difficultés rencontrées

« Par définition, la force maximale volontaire d'un groupe musculaire est la force maximale qui peut être maintenue au cours d'une contraction isométrique brève de 3 ou 4 secondes. Un pic de force légèrement supérieur peut être observé lors d'une contraction énergique et très rapide ne comportant qu'une montée de force sans maintien du niveau atteint » (15).

Or, avec le Myostatic, il est difficile de demander au sujet de garder 2 à 4 secondes la force maximale développée correspondant à la valeur lue sur l'afficheur.

Nous demandons simplement au sujet de donner le plus de force possible dès le départ mais sans à coup et sans élan, car certains sujets ont réalisé des performances plus importantes (non validées), en utilisant un léger jeu présent au niveau de l'appareil et s'en servant comme course d'élan pour améliorer la performance.

3.2. Généralités

Ces valeurs paraissent importantes car le bras de levier est faible entre l'axe de rotation et la résistance du Myostatic (cavalier 3), de plus, il y a utilisation chez les sujets de leur « pic de force » qu'ils sont incapables pour la plupart de maintenir 2 à 4 secondes.

3.3. Analyse statistique

Pour permettre notre étude statistique, nous codifions nos données recueillies préalablement :

- sexe : Homme = 1 ; Femme = 2
- position : fléchie = 1 ; rectitude = 2
- sport : oui = 1 ; non = 2
- jambe testée : droite = 1 ; gauche = 2

Nous avons fait participer 28 sujets à notre étude, 18 sont des hommes, 10 sont des femmes et 20 sujets pratiquent une activité sportive.

* La centimétrie :

- à 5 cm de la rotule : - la valeur maximum est de 50 cm
- la valeur minimum est de 34 cm
- la moyenne est de 42 cm
- l'écart type est de $\pm 3,4$

à 15 cm de la rotule : - la valeur maximum est de 58 cm

- la valeur minimum est de 39 cm
- la moyenne est de 51 cm
- l'écart type est de ± 4

Nous avons effectué un test t de student pour plusieurs facteurs, ce test est significatif lorsqu'on a $p < 0,05$.

- Nous avons d'abord cherché si il existe une relation entre la centimétrie à 5 cm de la rotule (théoriquement sans le droit fémoral) et la force développée hanche fléchie.

On a $r = 0,181$ et $p < 0,358$, donc les valeurs ne sont pas significativement liées, pas de relation entre force (hanche fléchie) et volume musculaire à 5 cm de la rotule.

- Nous avons recommencé le test pour déterminer si il y avait une relation entre la force développée hanche en rectitude et le volume musculaire à 15 cm de la rotule. On a $r = 0,41$ et $p < 0,03$, on en conclut que les 2 valeurs sont significativement liées. Il y a bien une relation entre force musculaire et volume musculaire dans ces conditions.

- Nous avons voulu déterminer si il existe une relation entre la différence centimétrique une relation entre la différence centimétrique à 5 et 15 cm (centimétrie à 15 cm - centimétrie à 5 cm) et la différence des forces développées hanche fléchie et hanche en rectitude (hanche en rectitude - hanche fléchie). Si ce test s'avère juste, il mettrait en évidence qu'une augmentation considérable de volume musculaire entre 5 et 15 cm de la rotule provoque un gain important de force entre hanche fléchie et en rectitude.

Ce test s'avère négatif car $r = -0,099$ et $p < 0,617$, il n'y a pas de signification entre ces 2 différences.

- Nous avons voulu déterminer si il existe réellement une augmentation de la force lorsque le sujet passe de la position hanche fléchie à hanche en rectitude. On a $p < 0,0003$, le test est donc très significatif, on peut dire que la force hanche en rectitude est supérieure à la force hanche fléchie.

3.4. Discussion

Contrairement aux autres études réalisées à ce sujet, nous avons mis en évidence une relation entre force et volume musculaire.

Cependant, en analogie avec d'autres études réalisées auparavant, un accroissement de la force d'extension de genou lors du passage de la position assise au décubitus dorsal a été noté.

Si l'on se base sur les moyennes obtenues hanche tendue (95,5 kg) et hanche fléchie (88,4 kg), l'accroissement de la force est en moyenne de 7 kg soit un gain de 7,9%, et un pourcentage de 7,32% de la force du quadriceps dévolue au droit fémoral.

On est bien loin pour cette moyenne de la valeur de la force du droit fémoral émise par Kapandji qui serait de 25% de la force de l'ensemble du quadriceps. Ceci peut s'expliquer par le fait que plusieurs sujets n'augmentent pas leur force en passant de la position assise au décubitus dorsal diminuant ainsi la moyenne, élément démontré par Brault et Rideau qui parlent de la variabilité de l'activité du droit fémoral selon les sujets dans leur étude électromyographique du quadriceps.

Par contre, pour un sujet particulièrement et quelques autres, on se rapproche de la valeur soumise par Kapandji soit une augmentation de force de l'ordre de 27% par la mise en action du droit fémoral soit 21,6% de la force du quadriceps réalisée par le droit fémoral.

On peut être amené à se demander l'utilité de l'insertion du droit fémoral au niveau de l'épine iliaque antéro-intérieure. En effet, si celui-ci était inséré comme les 3 autres chefs au niveau du fémur, il aurait pu produire indépendamment de la position de la hanche la même puissance d'extension de genou.

En fait, il ne faut pas se centrer sur l'articulation de genou, il semblerait que l'action du droit fémoral soit essentielle au niveau de la hanche avec des avis divergents suivant les auteurs.

Pour Kapandji (11) le droit fémoral serait un fléchisseur puissant et il interviendrait surtout dans les mouvements associant l'extension de genou à la flexion de hanche comme dans l'avancée du membre inférieur oscillant dans la marche.

Pour Duchesne de Boulogne (6) après son étude électromyographique, il lui paraît évident que le droit fémoral reste étranger au mouvement d'oscillation d'arrière en avant pendant le second temps de la marche.

Son action principale serait d'être un ligament actif de l'articulation coxo-fémorale, surtout lorsqu'il y a une extension de cuisse se produisant brusquement et violemment, par exemple dans les sauts. L'action luxante (par l'extension du membre inférieur) serait neutralisée par le droit fémoral qui entre en contraction.

On peut imaginer que de tester spécifiquement le droit fémoral dans la position hanche tendue et hanche fléchie, déterminant ainsi sa force permettrait d'objectiver un déficit de stabilité musculaire chez des personnes présentant des luxations récidivantes et bien sûr, on

opterait pour un renforcement préférentiel du quadriceps hanche en rectitude pour améliorer ce facteur de stabilité active, bien sûr en plus des autres techniques rééducatives.

4. CONCLUSION

Bien que cela ne soit pas la destination première de l'appareil, nous avons réussi à mettre en évidence une participation du droit fémoral dans l'extension du genou lors du passage de la position assise au décubitus dorsal.

A partir de nos résultats, nous avons tenté de quantifier le supplément de force fourni par le droit fémoral : il est de 7,32% en moyenne (en position couchée).

En contradiction avec les différentes études, nous avons noté une relation entre force et volume musculaire pour cette catégorie de population, composée de sujets sains et en général sportifs. Il aurait été intéressant d'avoir un nombre plus important de sujets pour permettre une étude statistique plus fine et peut-être mettre en évidence certains facteurs restés muets.

BIBLIOGRAPHIE

1. ADAM MC. - Exercice isométrique maximal bref et musculation progressive - Annales de Kinésithérapie ; 1986, t. 13 n° 7-8, pp. 363-371.
2. BRAULT JF., RIDEAU Y. - Electromyographie des muscles de la loge antérieure de la cuisse - Annales de Kinésithérapie ; 1974, 1, p. 415-431.
3. CABALLE C., SELIGRA A. - Etude électromyographique des 4 chefs du quadriceps - Annales de Kinésithérapie ; 1974, 1, p. 377.
4. COURT JL. - Evaluation de la force isométrique maximale des fléchisseurs de genou sur Myostatic - Mémoire 93/94.
5. DOTTE P. - Force musculaire et musculation en kinésithérapie - Annales de Kinésithérapie ; 1976, 3, p. 227.
6. DUCHESNE DE BOULOGNE GB. - Physiologie des mouvements - Annales de Médecine Physique, 1967.
7. DUMOULIN J., DE BISSCHOF G., PETIT B., RIJH CH. - Kinésiologie et biomécanique - Dossier de kinésithérapie n 8 - Edition Masson - 1991.
8. FOX E., MATHEWS DK. - Bases physiologiques de l'activité physique - Paris - Vigot - 1984, p. 404, p. 24-25.
9. GEOFFRE B. - Influence de la stimulation verbale sur la contraction volontaire des fléchisseurs du genou - Mémoire 96/97.
10. HEULEU JN., SIMON L. - Force et volume musculaire - Muscle et rééducation - Edition Masson.
11. KAPANDJI IA. - Physiologie articulaire, membre inférieur - Edition Maloine, p. 147-148.

12. KENDALL FP., KENDALL HO., WADSWORTH GE. - Les muscles, blain et étude fonctionnelle. Maloine S.A. Editeur, Paris, p. 172.
13. LETERRIERE E. - Etude de la force musculaire isométrique du quadriceps chez trente sujets sains sur myostatic - Mémoir 93/94.
14. MARIEB - Anatomie et physiologie humaine - p. 270-271.
15. MONOD H., FLANDROIS R. - Physiologie du sport - Edition Masson - p. 87.
16. RIEU M. - Bioénergétique musculaire - Muscle et Rééducation - Paris - Masson - 1988, p. 45-63.
17. SAUVAGNAT MF. - Etude de la force isométrique maximale des fléchisseurs du genou - Annales de Kinésithérapie - Editions Masson - Tome 6 - Juin, Juillet 1979, p. 306.
18. STIJNS HJ., DE DEKKER W., MOEWS J. - Etude de la force isométrique maximale du muscle quadriceps - Annales de Kinésithérapie ; 1974, 1, p. 407-414.
19. TROISIER D. - Limites de la force maxima mesurée en contraction isométrique - Annales de Réadaptation et Médecine Physique - 1988, 31, p. 419.

