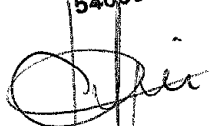


MINISTERE DE LA SANTE
REGION LORRAINE
INSTITUT DE FORMATION EN MASSO-KINESITHERAPIE
DE NANCY

**PROTCOLE DE TRAVAIL MUSCULAIRE
DANS L'ALLONGEMENT FEMORAL BILATERAL
PAR CLOU CENTRO-MEDULLAIRE**

ECOLE DE
KINESITHERAPIE ET ERGOTHERAPIE
57 bis, rue de Nabécor,
54000 NANCY.



C. JEANPIERRE

C. J. P.

Rapport de travail écrit personnel
présenté par Mickaël ARAUJO
étudiant en 3ème année de kinésithérapie
en vue de l'obtention du diplôme d'état
de masseur-kinésithérapeute
1996-1997.

SOMMAIRE

	Page
<i>RESUME</i>	
1. INTRODUCTION.....	1
2. HISTORIQUE.....	2
3. LE CLOU CENTRO-MEDULLAIRE D'ALLONGEMENT.....	3
3.1. Description.....	3
3.2. Mécanisme.....	3
4. BASES ANATOMO-PHYSIOLOGIQUES.....	4
4.1. Description du muscle squelettique.....	4
4.2. La myofibrille.....	5
4.3. Les différents types de fibres.....	5
4.3.1. Les fibres de type I.....	6
4.3.2. Les fibres de type II.....	6
4.3.3. Modélisation musculaire.....	7
5. BASES SCIENTIFIQUES DE LA MUSCULATION.....	8
5.1. Facteurs structuraux.....	8
5.1.1. L'hypertrophie.....	8
5.1.2. Les sarcomères.....	10
5.2. Les facteurs nerveux.....	10
5.3. Les étirements.....	10

5.3.1. La tension passive.....	11
5.3.2. La tension active.....	11
6. L'ELECTROTHERAPIE.....	12
7. PROPOSITION DE PROTOCOLE DE REEDUCATION.....	13
7.1. Préparation préopératoire.....	13
7.1.1. Echauffement.....	14
7.1.2. Le renforcement musculaire.....	14
7.1.2.1. La R.M.....	14
7.1.2.2. Le renforcement musculaire.....	15
7.1.2.3. Les techniques.....	15
7.1.2.4. La pliométrie.....	17
7.1.3. L'électrostimulation.....	18
7.1.3.1. Principe d'installation.....	18
7.1.3.2. Les paramètres.....	19
7.1.4. Les muscles.....	22
7.2. La phase postopératoire et d'allongement.....	22
7.2.1. Phase postopératoire immédiate.....	22
7.2.2. Phase d'allongement.....	23
7.2.2.1. Les étirements.....	23
7.2.2.2. L'entretien musculaire.....	23
7.2.2.3. La reprise de la marche.....	24
8. CONCLUSION.....	25

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

RESUME

De nos jours, les techniques d'allongement de membres inférieurs sont souvent utilisées dans le cadre des allongements fémoraux bilatéraux des personnes de petite taille. Toutefois, certaines de ces techniques entraînent des séquelles orthopédiques.

Le Docteur Guichet, Assistant Chef de clinique à l'Hôpital d'Enfants de Brabois à Nancy, utilise une technique par clou centro-médullaire d'allongement qui ouvre de nouveaux horizons à la kinésithérapie. Cette technique ne permet pas des allongements aussi importants que la technique du Docteur Ilizarov mais diminue en revanche nettement les risques de séquelles.

Cependant, toutes ces techniques entraînent des amyotrophies et une perte de force difficile à récupérer, notamment pour le quadriceps. Nous nous proposons donc, en nous basant sur la littérature de réaliser un protocole de musculation pré-opératoire et de conservation de la force pendant l'allongement. Nous espérons ainsi, pouvoir éviter ces complications, ce qui sera à vérifier dans l'avenir.

1. INTRODUCTION

De nos jours, être bien dans sa tête, va souvent de paire avec “ être bien dans son corps ”. C’est une des raisons qui poussent certains enfants de petite taille à vouloir bénéficier d’une technique d’allongement fémoral bilatéral. Cependant, il n’est pas rare de constater que certaines techniques opératoires laissent des séquelles orthopédiques qui ternissent les espérances de l’enfant, en particulier une amyotrophie importante induisant une diminution de la force musculaire difficilement récupérable.

Pour éviter ces complications, le Docteur Guichet, Chirurgien à l’Hôpital d’Enfants de Nancy Brabois, s’oriente vers une technique interne par clou centro-médullaire d’allongements, qui offre une vision nouvelle des allongements tant au niveau des techniques kinésithérapiques applicables que du confort du patient. Son objectif premier est de permettre à l’enfant de récupérer ses capacités fonctionnelles antérieures. Toutefois, certains muscles comme le quadriceps, ne se récupèrent que très lentement à cause d’un manque de préparation.

Ce travail se propose donc, en nous basant sur la littérature, de créer un protocole de rééducation de développement de force en préopératoire et surtout la conservation maximale de celle-ci en postopératoire dans le cadre des allongements fémoraux bilatéraux par clou centro-médullaire.

2. HISTORIQUE

C’est à partir du XVIIIème siècle, que le milieu médical s’est intéressé aux inégalités de longueur de membres en mettant au point un traitement orthopédique de compensation, par des échasses.

Un siècle plus tard, la première correction chirurgicale fut pratiquée :

- Rizzoli en 1847, réduit partiellement une inégalité de longueur de membre en raccourcissant le membre le plus long par “ fracture et chevauchement ”.
- D'Ollier, en 1867, nous viennent les premières théories sur le rôle physiologique lors de la croissance et du renouvellement osseux.
- Le français Ombredanne est le premier en 1913 à décrire un fixateur externe sur un fémur qu'il allonge de trois centimètres progressivement par un système de vis et d'écrous.

De là, de nombreux chirurgiens vont essayer de mettre au point des techniques opératoires aussi variées que brouillonnes dont les résultats sont peu concluants :

- Judet, en 1969, développe un distracteur endo-médullaire progressif qui entraîne un fort taux de complications infectieuses de par le grand nombre d'opérations que nécessite cette méthode.
- Wagner, en 1971, publie un rapport sur 150 allongements du tibia et du fémur obtenus grâce à un fixateur externe à crémaillères graduées. Cette technique intéresse les chirurgiens jusqu'au début des années 1980, époque à laquelle arrive en Europe, la technique d'un Docteur russe G.A. Ilizarov ;
- G.A. Ilizarov met au point en 1951, ce protocole opératoire qui consiste en la mise en place d'un fixateur externe à broches transfixantes, montage d'une grande rigidité qui permet l'appui. Cependant, cette technique a tout de même des inconvénients de par l'encombrement du matériel et des complications orthopédiques et infectieuses qu'elle entraîne.
- En 1992, le Docteur Guichet s'oriente vers une technique interne par clou centro-médullaire d'allongement.

3. LE CLOU CENTRO-MEDULLAIRE D'ALLONGEMENT

3. 1. Description (Annexes I et II)

Le clou centro-médullaire est composé :

- d'un tube fourreau muni d'un pas de vis. Il est verrouillé à la partie supérieure de l'os par une vis. Il possède un dispositif de stimulation dynamique d'ossification lors de la marche à sa partie proximale,

- d'un tube coulissant verrouillé à la partie distale de l'os. Il coulisse dans le tube fourreau grâce à un système de douille à cliquet, un système anti-rotatoire et un système axial de mise en contrainte. Une manoeuvre de rotation entre les deux tubes télescopiques permet un allongement du clou.

Ce système supporte en théorie, la mise en charge du patient, mais il se peut que le clou se grippe. Il permet une stimulation du cal par mise sous contrainte (Guichet, 1988). Le mécanisme est isolé du milieu physiologique par un dispositif étanche. Le clou mis en place est choisi en fonction de la taille du fémur du patient, du diamètre du canal médullaire et de l'allongement souhaité.

3. 2. Mécanisme

Pour que les tubes coulissent et qu'il y ait allongement, il faut une rotation externe du tube inférieur par rapport au supérieur. Chacun étant verrouillé à l'os, il faut donc une rotation de la partie distale de l'os par rapport à la proximale. Ceci provoque un mouvement de la douille, qui en se dévissant, allonge. Quand nous ramenons le membre en position rentrée, la douille est bloquée par rapport au tube fourreau et ne peut donc pas entraîner un

raccourcissement du clou. Par contre, le tube coulissant reste libre et regagne sa position initiale sans raccourcissement ni allongement.

Un aller-retour allonge le système de 0,07 millimètre. Nous allongeons le membre d'un millimètre par jour, à raison de cinq cliquetages : matin, midi et soir. Une butée pré-réglée avant l'opération bloque le clou en fin d'allongement.

Ce clou étant centro-médullaire, il n'y a pas de lésion directe de la masse musculaire. Les muscles vont de par l'immobilité et l'étirement, s'atrophier et perdre de la force. Nous devons donc les préparer en les hypertrophiant et en les étirant au préalable, puis par la suite entretenir leur capacité.

4. BASES ANATOMO-PHYSIOLOGIQUES

4. 1. Description du muscle squelettique

Le muscle squelettique se compose de milliers de cellules, fibres contractiles individuelles maintenues ensemble par des enveloppes de tissu conjonctif. Ainsi, chaque fibre musculaire est enveloppée par l'endomysium se regroupant en faisceaux enveloppés par le pérимysium, le tout étant entouré par l'épimysium qui est l'enveloppe du muscle.

Ces membranes de tissu conjonctif se regroupent à l'extrémité du muscle pour former le tendon qui s'insère sur le périoste.

Les muscles sont richement vascularisés et leur innervation est complexe car elle est à la fois sensitive et motrice.

4. 2. La myofibrille

Chaque fibre montre une striation transversale caractéristique. Une fibre est en réalité une cellule géante (1 à 5 cm de long, 10 à 100 μ m de diamètre), à plusieurs noyaux et dont le cytoplasme contient de très nombreuses myofibrilles s'étendant sur toute la longueur de la fibre. Chaque myofibrille est formée d'une succession d'unités structurales : les sarcomères. Deux sarcomères sont unies au niveau d'une strie Z et chaque sarcomère est constitué par deux types de filaments :

⇒ les filaments d'actine rattachés aux stries Z,

⇒ les filaments de myosine situés entre les filaments d'actines sur lesquels ils se fixent pour permettre le raccourcissement de la fibre, c'est-à-dire la contraction musculaire.

Entre les myofibrilles, le sarcoplasme, riche en mitochondries, contient des inclusions de glycogène et la myoglobine qui fixe l'oxygène.

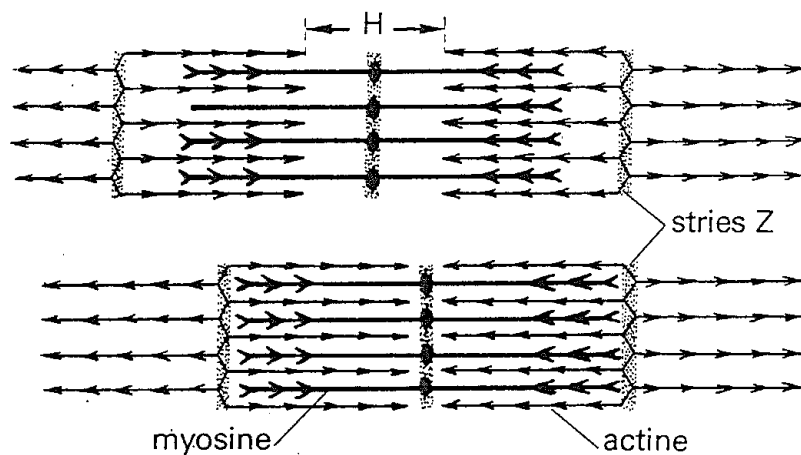


Figure 1 : La myofibrille

4. 3. Les différents types de fibres

Les muscles sont constitués de plusieurs sortes de fibres dont un type prédomine et donne une spécificité contractile au muscle.

Il existe trois types de fibres musculaires :

4. 3. 1. Les fibres de type I

Ce sont des unités motrices lentes présentant un moto-neurone de petite taille dont le seuil de dépolarisation est peu élevé. Ces fibres ont un métabolisme essentiellement oxydatif avec un réseau capillaire très développé, ce qui fait d'elles des fibres endurantes. Leurs paramètres de stimulation électrique sont : 1 à 20 Hz, 350 à 500 micro secondes de largeur d'impulsion.

4. 3. 2. Les fibres de type II

Ces fibres sont moins riches en capillaires et ont un fonctionnement essentiellement glycolytique. Elles ont un mode de contraction rapide et intense mais sont beaucoup plus fatigables que celles de type I.

Il existe trois sortes de fibres de type II :

type IIA : elles sont aérobies et anaérobies

- stimulation électrique : 25 à 50 Hz, 160 à 350

type IIB : uniquement anaérobies et explosives

- stimulation électrique : 50 à 80 Hz, 8 à 160

type IIC : elles sont indifférenciées et leur fonction varie selon le type d'entraînement du muscle.

Lors d'une période d'inactivité, ce sont préférentiellement les fibres de type II qui seront atteintes, plus que celles de type I qui sont dépolarisées avant et sont recrutées pour les activités de faible niveau d'intensité contractile.

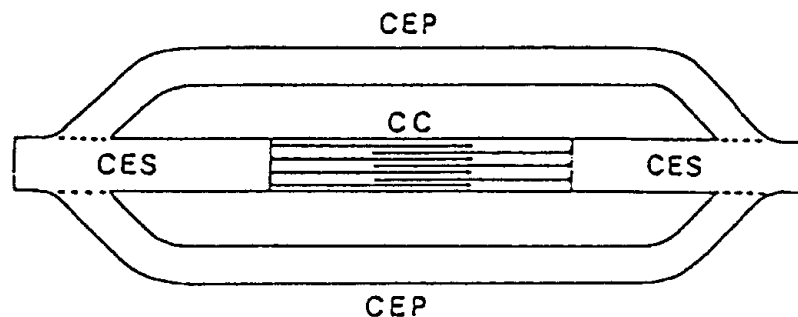
4. 3. 3. Modélisation musculaire

Il apparaît trois composantes fondamentales du tissu myotendineux :

⇒ la composante contractile correspond aux myofilaments glissants d'actine et de myosine ; elle produit la force contractile. Sa compliance au repos est très élevée, mais elle diminue d'autant plus que le muscle est contracté.

⇒ la composante élastique parallèle : elle correspond aux enveloppes conjonctives qui entourent les fibres musculaires ; sa compliance est élevée.

⇒ les structures élastiques séries absorbent une partie de l'énergie contractile produite, ce qui permet un amortissement des fortes contraintes en traction dues à la contraction musculaire.



- 1 Modélisation myotendineuse.
 CEP : composante élastique parallèle.
 CES : composante élastique-série.
 CC : composante contractile.

Figure 2 : Modélisation myotendineuse (12)

Ces connaissances sur le muscle nous permettent de comprendre l'intérêt de cibler notre rééducation en fonction des types de fibres qui composent le muscle.

5. BASES SCIENTIFIQUES DE LA MUSCULATION

Dans les allongements fémoraux bilatéraux, les muscles sont étirés et en postopératoire subissent un changement d'activité. Ils s'atrophient et de ce fait, leur force diminue. Il faut donc en préopératoire, les préparer par des séances de musculation qui permettent d'augmenter leur force et de les hypertrophier, créant ainsi une " réserve de structure anatomique qui facilite les étirements en phase d'allongement ".

Pour augmenter la force d'un patient, il faut agir sur trois facteurs :

- structuraux : composition du muscle ;
- nerveux : concerne l'utilisation des unités motrices ;
- étirements : potentialise la contraction.

5. 1. Facteurs structuraux

5. 1. 1. L'hypertrophie

Elle est consécutive à quatre modifications.

Il apparaît une augmentation des myofibrilles, un développement des enveloppes musculaires, une augmentation de la vascularisation et du nombre de fibres (argument encore discuté chez l'homme).

Les myofibrilles voient leur taille augmentée par addition de filaments d'actine et de myosine à leur périphérie, consécutivement à une augmentation de la synthèse protéique entraînée par l'agression des tissus endommagés lors de l'effort. C'est un processus de

régénération. Pour avoir un phénomène d'hypertrophie, il faut donc "agresser" le muscle en effectuant un renforcement avec des charges lourdes (60 à 75 % de la R.M.) minimales.

Les myofibrilles augmentent aussi en nombre en se fissurant longitudinalement. Ainsi, par ces deux phénomènes, la fibre musculaire croît elle aussi.

Il a été démontré par Mac Dougall que le tissu conjonctif et la vascularisation du muscle augmentent lors d'exercices physiques. Cette croissance varie selon le type d'effort. Ainsi, Booth et Watson (1985) ont mis en évidence l'effet de la durée de l'exercice musculaire sur la protéosynthèse. Il apparaît que pour éviter un catabolisme protéique, il faut un exercice physique compris entre 30 minutes et 7 heures. Après 30 minutes d'exercice, la protéosynthèse diminue pendant 1 heure puis augmente progressivement, si la nutrition du sujet apporte un pourcentage de protéine suffisant, élément indispensable à l'hypertrophie sans lequel le phénomène s'inverse : le patient perd alors force et masse musculaire pour des séances d'entraînement intenses et rapprochées. (Lemon 1987)(II)

Un autre élément entre dans le phénomène de croissance musculaire : l'insuline. En effet, l'insuline est un anabolisant puissant. Son rôle peut paraître mineur puisque sa concentration dans le muscle diminue pendant l'exercice et la phase de récupération. Cependant, il a été démontré sur des rats, que la surcharge de travail musculaire augmente la sensibilité des fibres musculaires à l'insuline et que l'immobilisation la diminue entraînant une fonte musculaire. Ceci reste à être démontré chez l'homme. Toutefois, Millward préconise l'ingestion de glucose toutes les cinq minutes dès le début de l'exercice et pendant la phase de récupération pour stimuler la sécrétion d'insuline et diminuer ainsi le catabolisme protéique.(II)

5. 1. 2. Les sarcomères

L'hypertrophie du muscle se fait aussi longitudinalement. Depuis Tardieu et Golspink, nous savons qu'un muscle sous immobilisation voit ses sarcomères se multiplier en série, s'il se trouve en position d'allongement. Ainsi, le travail musculaire en allongement complet est susceptible d'augmenter le nombre de sarcomères en série, même si rien n'est encore prouvé dans ce domaine (Cometti). Il en résulte la nécessité dans le cadre des allongements de travailler dans l'amplitude complète et de faire des étirements.

5. 2. Les facteurs nerveux

Pour augmenter la force d'un sujet, nous intervenons sur trois phénomènes nerveux :

⇒ le recrutement des fibres : nous obtenons le recrutement de toutes les fibres avec des charges lourdes ;

⇒ la synchronisation des unités motrices : nous améliorons la synchronisation en combinant des exercices explosifs et des exercices à charge lourde ;

⇒ la coordination intermusculaire : elle s'obtient en associant au renforcement analytique, un renforcement fonctionnel mettant en action les muscles synergiques.

5. 3. Les étirements

La pratique des étirements accroît l'efficacité et le rendement des muscles. Ceci s'explique par l'intervention du réflexe myotatique qui diminue le temps de réaction du muscle à

une contrainte en étirement, et par l'intervention de l'élasticité musculaire qui a un rôle de rappel.

Il y a deux façons d'étirer un muscle :

- la tension passive ;
- la tension active.

5. 3. 1. La tension passive

Le muscle est étiré mais n'est pas contracté volontairement. La tension passive met en tension la fibre musculaire et les enveloppes conjonctives (éléments élastiques parallèles). Elle entraîne une mobilisation des espaces de glissement profond et superficiel et une recherche d'extensibilité maximale.

Les autres effets de cette tension sont une perception consciente de la région étirée, un renforcement du sens kinesthésique, un effet antalgique et une accélération du flux circulatoire par voie superficielle, intermusculaire et intramusculaire.

Cette tension passive est importante mais n'est pas suffisante seule, surtout dans le cadre des allongements où toutes les structures doivent être étirées au maximum de leurs possibilités.

5. 3. 2. La tension active

Dans ce cas, le muscle est étiré en association à des contractions volontaires. Cette technique met plutôt en tension maximale les éléments élastiques séries et entraîne une meilleure

perception de la région étirée et une stimulation des récepteurs du sens kinesthésique. Mais, l'autre grand intérêt de la tension active est une préparation du muscle à l'effort. En effet, il apparaît un échauffement interne et une accélération du flux circulatoire par augmentation du débit intramusculaire. Cette technique permet un travail de la synergie agoniste-antagoniste et limite donc les déséquilibres musculaires. Elle est primordiale dans les allongements mais elle doit être appliquée en association avec la tension passive pour pouvoir étirer au maximum toutes les structures du muscle ainsi que les autres éléments anatomiques comme les nerfs et les vaisseaux ; ceci dans le but de limiter l'apparition de flexum et de paresthésies inhérentes à l'allongement des nerfs ou, comme l'avance Wagner, à la compression de ceux-ci par un muscle lors de l'allongement.

Cependant, tout ce qui a pu être gagné en préopératoire tant en étirement qu'en force, risque de devenir rapidement insuffisant. C'est pourquoi, il faut dès que possible pouvoir mettre en oeuvre des techniques permettant de conserver des amplitudes suffisantes et le capital force.

6. L'ELECTROTHERAPIE

Dans la littérature, il apparaît que l'électrostimulation est une technique importante dans la prévention des amyotrophies. Au vu de tests Cybex réalisés sur les patients au Centre de Rééducation de Lionnois à Nancy, seul un patient ayant subi un allongement fémoral bilatéral a acquis une force supérieure à celle antérieure, trois mois avant l'ablation des clous. Il est le seul à avoir suivi un protocole d'électrostimulation quotidien. Toutefois, il reste à prouver dans l'avenir, que l'électrothérapie a joué un rôle dans cette récupération car ce patient était très motivé et son travail personnel a été important.

Cependant, Duvoisin a montré que l'électrostimulation de surface réalisée sur le quadriceps protège des effets du désentraînement provoqué par une immobilisation. Il a estimé entre 11 % et 17 %, la réduction de la surface moyenne des fibres induite par l'alitement prolongé alors qu'elle n'est qu'entre 3 % et 11 % sur le muscle électro-stimulé.(2)

Les muscles sur lesquels nous agissons sont sains et constitués de fibres I et II, qui ne sont pas électrostimulées de la même façon. Il faut donc en tenir compte en rééducation.

7. PROPOSITION DE PROTOCOLE DE REEDUCATION

7. 1. Préparation préopératoire

Cette préparation se fait sur une période de 2 à 3 mois en préopératoire. Elle est essentiellement constituée de musculation et d'étirements qui sont intercalés :

- une journée est consacrée à l'hypertrophie musculaire,
- une journée est orientée vers les étirements.

Ce protocole est à adapter en fonction du patient car les possibilités de celui-ci varient selon l'âge, le sexe, les capacités initiales et la motivation. Le but recherché est l'épuisement du muscle opéré grâce à des charges lourdes (au minimum à 60 % de la R.M.).

Nous pouvons maintenant envisager une séance type

7. 1. 1. Echauffement

L'échauffement est indispensable pour préparer les muscles à un effort plus intense et il peut se faire de différentes façons :

- ➔ vélo ergonomique avec faible résistance,
- ➔ course sur tapis roulant,
- ➔ séries de dix mouvements de musculation avec une charge très faible et dans toute l'amplitude,
- ➔ le stretching, qui paraît particulièrement intéressant dans ce cas puisqu'il étire les structures tout en les échauffant.

Les échauffements doivent durer entre dix et quinze minutes au maximum et doivent être variés pour éviter la lassitude du patient.

7. 1. 2. Le renforcement musculaire

7. 1. 2. 1. La R.M.

Avant de commencer un protocole de musculation, il est primordial de déterminer la résistance maximale (RM) du patient, car c'est à partir de celle-ci que nous calculons le pourcentage de résistance applicable dans une recherche de l'hypertrophie (dans ce cas).

Pour définir la R.M., il faut être précis et ne pas épuiser le patient. Pour cela, nous adopterons donc le principe de la charge maximale prédite mise au point par le Centre National du sport et de la Récréation de l'Ontario-Canada qui détermine à partir du nombre de répétitions

avec une charge x , le coefficient par lequel il faut diviser cette charge pour obtenir la charge maximale prédite. (Annexe V)

Il faut rechercher cette R.M. à la fin de chaque semaine pour adapter l'entraînement au gain de force.

7. 1. 2. 2. Le renforcement musculaire

Il existe plusieurs modes de contractions : concentrique, excentrique, isométrique, isocinétique, la pliométrie et l'électrostimulation.

Nous préconisons un travail en concentrique car il convient mieux à un débutant. D'autre part, le travail en excentrique demande un temps de récupération musculaire trop important et les perturbations qu'il entraîne sur les fibres sont majeures et à l'origine de courbatures très douloureuses. L'isométrique n'a que peu d'intérêt car il ne développe pas la masse musculaire. Par contre, la pliométrie présente un certain avantage car elle agit sur le muscle en étirement et améliore la coordination intra et inter-musculaire. Toutefois, l'intensité des exercices doit être faible sinon les effets sont les mêmes que l'excentrique.

7. 1. 2. 3. Les techniques (Annexe IV)

☐ *Le dix fois dix*

Etudiée par Zatsiorski (1966), cette technique a pour but d'épuiser les réserves musculaires par dix séries de dix mouvements avec au minimum 60 à 80 % de R.M. Le temps de repos entre les séries est de trois minutes. Cette technique est très efficace car avec la fatigue,

il apparaît un recrutement plus important d'unités motrices. Cependant, ce protocole n'est pas applicable pour tous. Il convient donc de présenter d'autres techniques.

□ *Le six fois six*

Le principe est le même que le 10 X 10 mais, il est plus recommandé aux débutants. Dans la progression, cela évolue vers le 10 X 10 ou nous couplons cet exercice avec d'autres exercices comme suit.

□ *La méthode post-fatigue*

Dans le cas où l'exercice pratiqué avant n'a pas épuisé le muscle, le patient enchaîne avec une autre technique. En général, la progression se fait d'un exercice global vers un exercice plus analytique.

*Exemple pour le quadriceps : le Squat puis machine à quadriceps.

Ces deux exercices sont enchaînés sans temps de repos. Il est possible de remplacer le deuxième exercice par de l'électrostimulation pendant cinq à dix minutes suivant les paramètres que nous évoquerons plus loin.(3)

□ *La méthode pré-fatigue*

Dans ce cas, le but est de fatiguer le groupe musculaire par un exercice analytique de façon à pratiquer l'exercice global en sollicitant plus particulièrement ce groupe musculaire. Il est possible de combiner la pré-fatigue et la post-fatigue ; ce sont les trois séries à deux exercices.

□ *Les trois séries descendantes*

Le patient enchaîne trois exercices dans un ordre décroissant de difficulté. le premier exercice est pratiqué jusqu'à épuisement et le deuxième et troisième exercices, plus analytiques continuent de vider les réserves du muscle.

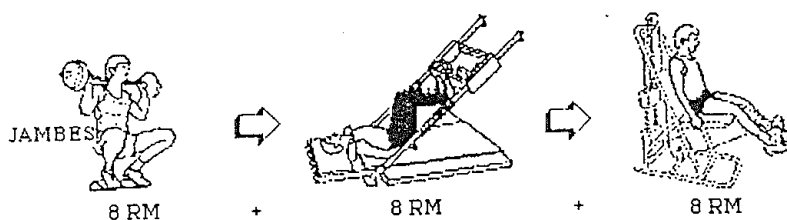


Figure 3 : Les trois séries descendantes (5)

□ *La méthode Bulgare*

C'est une méthode par contrastes qui consiste dans la même séance à enchaîner des séries lourdes et des séries légères à vitesse élevée. l'alternance de ces deux types de charges permet de varier l'entraînement et éviter la monotonie, tout en agissant sur l'explosivité du muscle.

7. 1. 2. 4. La pliométrie

Une contraction concentrique fait immédiatement suite à une contraction excentrique. C'est une technique intéressante car elle agit sur l'élasticité du muscle. Il y a allongement bref entraînant une augmentation de tension interne, avec stockage de l'énergie qui est restituée en même temps que la contraction concentrique. Cette technique agit sur les facteurs nerveux du

muscle et doit être associée aux autres techniques ou pratiquée dans la journée plus consacrée aux étirements.

La pliométrie consiste à pratiquer des exercices en bondissements qui sont par ordre de difficulté croissante :

- les foulées bondissantes,
- le saut à pieds joints sol-sol,
- le saut à pieds joints sol-banc-sol,
- le saut à pieds joints par dessus des haies,
- le saut à pieds joints d'une hauteur (40 à 70 cm pour les filles et 60 à 90 cm pour les garçons).

7. 1. 3. L'électrostimulation

L'électrostimulation est une technique importante en postopératoire, mais elle peut être précieuse aussi en préopératoire face à un patient qui n'est pas particulièrement motivé pour des séances de musculation classique.

7. 1. 3. 1. Principe d'installation

Une séance d'électrostimulation ne se fait pas sur un muscle en course interne et la contraction engendrée par la stimulation transcutanée doit se faire en isométrique contre résistance.

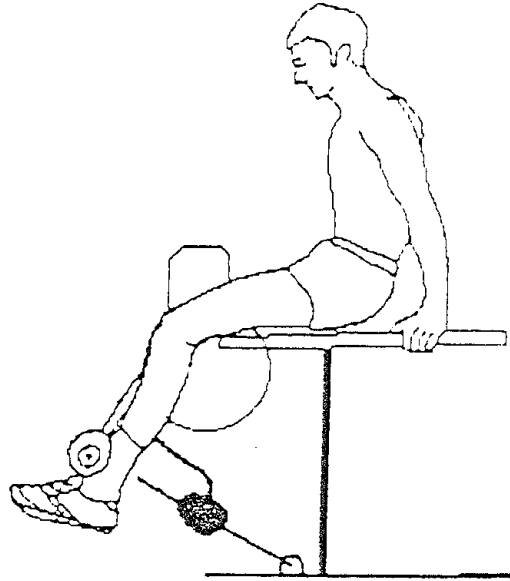


Figure 4 : La position de travail du quadriceps (d'après Cometti) (5)

7. 1. 3 . 2. Les paramètres

La contraction dure dix secondes, ce qui est le temps préconisé dans l'hypertrophie. L'établissement du courant doit se faire avec une montée et une descente de une seconde avec des impulsions rectangulaires biphasiques à moyenne nulle.

Le temps de repos entre les impulsions doit être long pour pouvoir obtenir des contractions intenses. Il est au minimum de quinze secondes et peut aller jusqu'à trois fois le temps de travail. La fréquence est comprise entre 50 Hz (Force et Masse) et 100 Hz (Force explosive) et la longueur d'impulsion correspond à la chronaxie du muscle ou est comprise 200 et 400 Micro secondes.

La durée moyenne d'une séance est de dix minutes par muscle sauf exception pour le triceps sural pour lequel il ne faut pas dépasser cinq minutes.

Le nombre de groupes musculaires stimulés par séance ne doit pas dépasser trois et dans les différentes séances il est préférable de faire varier la course du muscle sinon il y a une augmentation de la force maximale isométrique localisée à l'angle entraîné.

*Par exemple, il est possible de sélectionner :

1^{ère} séance : quadriceps, ischio-jambiers, fessiers

2^{ème} séance : quadriceps, ischio-jambiers, triceps sural.

Réglage des paramètres de stimulation

Fibres	I	IIA	IIB
Largeur d'impulsion	Fonction du muscle stimulé : 200 à 400 ms		
Fréquence de stimulation	<20Hz	25 à 50 Hz	55Hz
Durée de stimulation	20mn à 1h	10mn à 30s	<10s
Durée totale	20mn à 1h	<30mn	<15mn
Fréquence utilisée dans les séquences de récupération	Stimulation continue pas de récupération	6 à 8 Hz	nulle (pas de stimul.)
Durée de récupération	pas de récupération	<durée de stimulation	longue : 3 à 5 fois durée de stimulation
Fréquence des séances	quotidienne ou bi-quotidienne	3 semaines	2-3 semaines
Durée du Traitement	long 12 à 30 semaines	10 à 20 semaines	4-20 semaines
Indications	Syndrome des loges	récupération muscles lents	renforcement muscles rapides

Tableau 1 : Réglage des paramètres de stimulation (d'après R.STEPHANE et Coll.)

Il est conseillé de ne pratiquer que trois séances par semaine en association au travail concentrique ou pliométrique, de laisser une journée de repos entre chaque séance. Le travail musculaire associé à la stimulation électrique ne doit pas faire solliciter le muscle de façon intensive.

*Exemple : Electrostimulation → dix minutes, dix minutes de repos, concentrique.

(trois séries de six mouvements à 50 % de la R.M.)

Toutes les méthodes énoncées ci-dessus représentent une base de données qu'il convient d'agencer en fonction du patient pour être efficaces, mais ne pas être épuisantes.

Nous préconisons deux heures de musculation tous les deux jours, avec en fin de séance des étirements passifs pour redonner au muscle son extensibilité maximale, ainsi qu'accélérer le flux vasculaire afin d'éliminer plus rapidement les toxines.

Il convient de pratiquer dans un premier temps la méthode des efforts répétés pour laquelle la charge et le nombre de répétitions ne représentent pas un effort insurmontable pour le patient (6 x 6). Dans la progression, le travail évolue vers la pratique de post fatigue et de pré fatigue avec le 6 x 6 pour pouvoir s'orienter vers le 10 x 10 puis les autres méthodes comme les trois séries descendantes ou la méthode Bulgare. Tous ces exercices peuvent être associés à l'électrostimulation trois fois par semaine. Nous ne pouvons établir de calendrier précis car la progression se fait selon les capacités du patient.

Le deuxième jour représente une journée de récupération musculaire, la séance est consacrée à des étirements actifs et passifs qui ne doivent pas s'arrêter uniquement aux membres inférieurs, mais doivent être pratiqués sur l'ensemble des chaînes musculaires afin

d'augmenter la proprioception de l'ensemble du corps. Ainsi, en postopératoire, l'enfant est plus à même de ressentir les différentes zones de tension pour guider le thérapeute. De plus, il peut sembler intéressant d'étirer l'ensemble des fascias du corps dont la tension pourrait être une source de déséquilibre et de douleur. Nous pouvons associer à ces étirements une séance de pliométrie d'intensité faible, pour compenser le manque de répercussion du travail concentrique sur les facteurs nerveux (7 à 10 fois, 10 foulées bondissantes).

7. 1. 4. Les muscles

D'après des tests Cybex réalisés au Centre de Rééducation de Lionnois à Nancy, il apparaît en fin d'allongement, que les muscles qui ont le moins récupéré sont les quadriceps, les moyen-fessiers, les grands fessiers. Notre action va être ciblée sur ces muscles. Cependant, si nous ne voulons pas créer de déséquilibre, nous devons faire travailler leurs antagonistes de façon équivalente.

De plus, un travail important doit être fait en ce qui concerne l'étirement des adducteurs et des ischio-jambiers qui semblent être "réfractaires" à l'allongement.

7. 2. La phase postopératoire et d'allongement

7. 2. 1. Phase postopératoire immédiate

Nous considérons une période entre le réveil et le premier cliquetage. C' est une période importante en ce qui concerne l'amyotrophie et la perte de force. En effet, la douleur est le frein majeur d'une reprise rapide de l'activité musculaire. Il est donc essentiel dans un premier temps de la combattre pour pouvoir agir au niveau musculaire.

Dès que la tolérance du patient le permet, il semble important de mettre en place un protocole d'électrostimulation et de motiver le patient pour obtenir un travail actif statique puis en actif aidé dès que les amplitudes articulaires le permettent. Le premier cliquetage est possible si le genou fléchit à 90°. Pour obtenir cette amplitude, le patient est placé deux heures par jour sur Kinétec.

7. 2. 2. Phase d'allongement

7. 2. 2. 1. Les étirements

Ils doivent être effectués dans le respect de la douleur. Ils ont pour but de conserver une amplitude articulaire maximale et d'éviter les complications musculaires et nerveuses grâce à des étirements manuels et la mobilisation de toutes les articulations des membres inférieurs.

Nous agissons sur tous les muscles des membres inférieurs en insistant sur le triceps sural, les ischio-jambiers et les adducteurs, les deux derniers étant les plus sensibles en fin d'allongement.

7. 2. 2. 2. L'entretien musculaire

En phase d'allongement, notre but est de limiter l'amyotrophie et la perte de force grâce à l'électrostimulation et le travail actif en augmentant les charges selon les possibilités du patient. Il ne faut pas que le fémur soit en porte-à-faux, les exercices se font donc le fémur en appui sur toute sa longueur. Le protocole d'électrostimulation reste le même, mais les fibres I doivent être aussi stimulées pour que le muscle travaille en endurance. (cf 7. 1. 3. 2.) Cette

phase d'endurance se fait après celle de renforcement car il a été montré qu'un entraînement en endurance avant un entraînement en force supprime les effets de ce dernier (Dudley et Djamil, 1985).(II)

7. 2. 2. 3. La reprise de la marche

En fin d'allongement, si le mécanisme du clou est en bon état, le chirurgien autorise la reprise d'appui progressive, qui peut se faire en piscine dans un premier temps.

Dans la progression, nous allons augmenter le renforcement et le patient va effectuer des exercices fonctionnels et en endurance.

Pour cela, il faut ajouter aux sources de musculation :

- ➡ le vélo ergonomique,
- ➡ la marche sur tapis roulant,
- ➡ le stepper.

Ces exercices ont pour but de réentraîner les fibres I en endurance aérobie.

Pour cela, il faut déterminer :

- la VO2 max. (consommation maximale d'O2 pendant l'effort).

Nous la déterminons de façon théorique à partir de la fréquence cardiaque maximale théorique (F.C. Max.), (100% de F.C. Max. = $220 - \text{Age} \pm 10 = 100 \% \text{ VO2 Max.}$)

(cf. Annexe V).

Pour le réentraînement en endurance, le patient pratique les exercices à 50 % du V02 pendant au minimum vingt minutes.

8. CONCLUSION

L'orientation thérapeutique de ce protocole a pour origine l'observation des séquelles musculaires des premiers patients opérés et l'étude des résultats obtenus par un patient ayant subi un traitement proche de celui-ci. Toutefois, la littérature étant pauvre en ce qui concerne les conséquences de cette technique opératoire, nous ne pouvons donc être formels quant à l'efficacité du traitement.

Pour le vérifier, il convient donc dans l'avenir, d'établir un planning de tests Cybex identique pour chacun. Ainsi, il sera possible de comparer les résultats pour confirmer ou infirmer ces données sur son action, et sur une récupération plus précoce de la force des muscles antigraviphiques.

BIBLIOGRAPHIE

1. **ANDERSON B.** - Le stretching . - Solor, 1983.
2. **BIGARD A., CANON F., GUEZENEC.** - Conséquences histologiques et métaboliques de l'électrostimulation. - Sciences et Sport, 1991 - p. 275 - 292.
3. **BONNEL F., TERME A., SOL G.** - Muscle et sport : Traumatologie et biomécanique du sport. Ed. : Springer Verlag, 1992. - p. 3 - 127.
4. **CHATRENET Y., GERARD S., XAMBEU V.** - Electrostimulation du quadriceps : Etude de la fréquence sur la force maximale recrutée. - Kinésithérapie Scientifique, 1994, Juil/336, p 6 - 11.
5. **COMETTI G.** - Les méthodes modernes de musculation. - Tome 2 : données pratiques. Presses de l'Université de Bourgogne, Dijon : 1990.
6. **ESNAULT M.** - Stretching et préparation musculaire à l'effort. - Annales de Kinésithérapie, 1988, 15, /1-2, p. 63 - 66.
7. **ESNAULT M.** - Effets recherchés du stretching - Etirements musculaires actifs en thérapie et en milieu sportif. - Annales de Kinésithérapie, 1988, 15/1-2, p 63 - 66.
8. **ESNAULT M., VIEL E., HARICHAUX P.** - La pratique du stretching ou étirements raisonnés myotendineux et aponévrotiques, anatomie et méthodologie. - Cinésiologie, 1986, 106, p 137 - 146.

- 9. FOX et MATTEWS** : Vigot éd. - Paris : 1981.
- 10. GREMIONG, FOURTICQ G., LACRAL A.** - Traitement des amyotrophies par électrostimulation. - Annales de Kinésithérapie, 1992, 19/2, 61 - 5.
- 11. GUEZENNEC C.** - Données récentes sur l'influence physique sur le métabolisme protéique. - Sciences et sport, 1991. - p 281 - 290.
- 12. NEIGER H., DESLANDES R., GOSSELIN P.** - Renforcement neuromusculaire. - Ed. Techniques. - Encycl. Med. Chir. (Paris, France), Kinésithérapie, Rééducation fonctionnelle, 26 - 055 - A - 10.
- 13. NOEL G., BELANGER A. Y.** - Relation entre la force maximale volontaire, force tétanique et douleur lors de l'électrostimulation du quadriceps. - Physiothera Canada, 1987, 39/6, p. 377 - 383.
- 14. TAMINE E.** - La rééducation dans l'allongement progressif des membres inférieurs par clou centro-médullaire. - Travail écrit pour l'obtention du diplôme de gradué en Kinésithérapie : Libramont (Belgique), 1996. - 102 p.
- 15. VANDERTHOMMEN M., KELLETER B., CRIELAARD J.** - Détermination de la fréquence de stimulation produisant la contraction tétanique maximale du quadriceps fémoral - Electrostimulation des nerfs et des muscles. - Sous la Direction de J. Pelissier. - Paris : Masson, 1992. - (Problème en Médecine de Rééducation, 22), p. 33 - 37.

16. VANDERTHOMMEN M., BAUVIR P., DEPRESSEUX C. - Evaluation du débit sanguin au niveau du quadriceps électrostimulé et contracté volontairement. - Annales de Kinésithérapie, 1996, 23/1, p. 20 - 23.

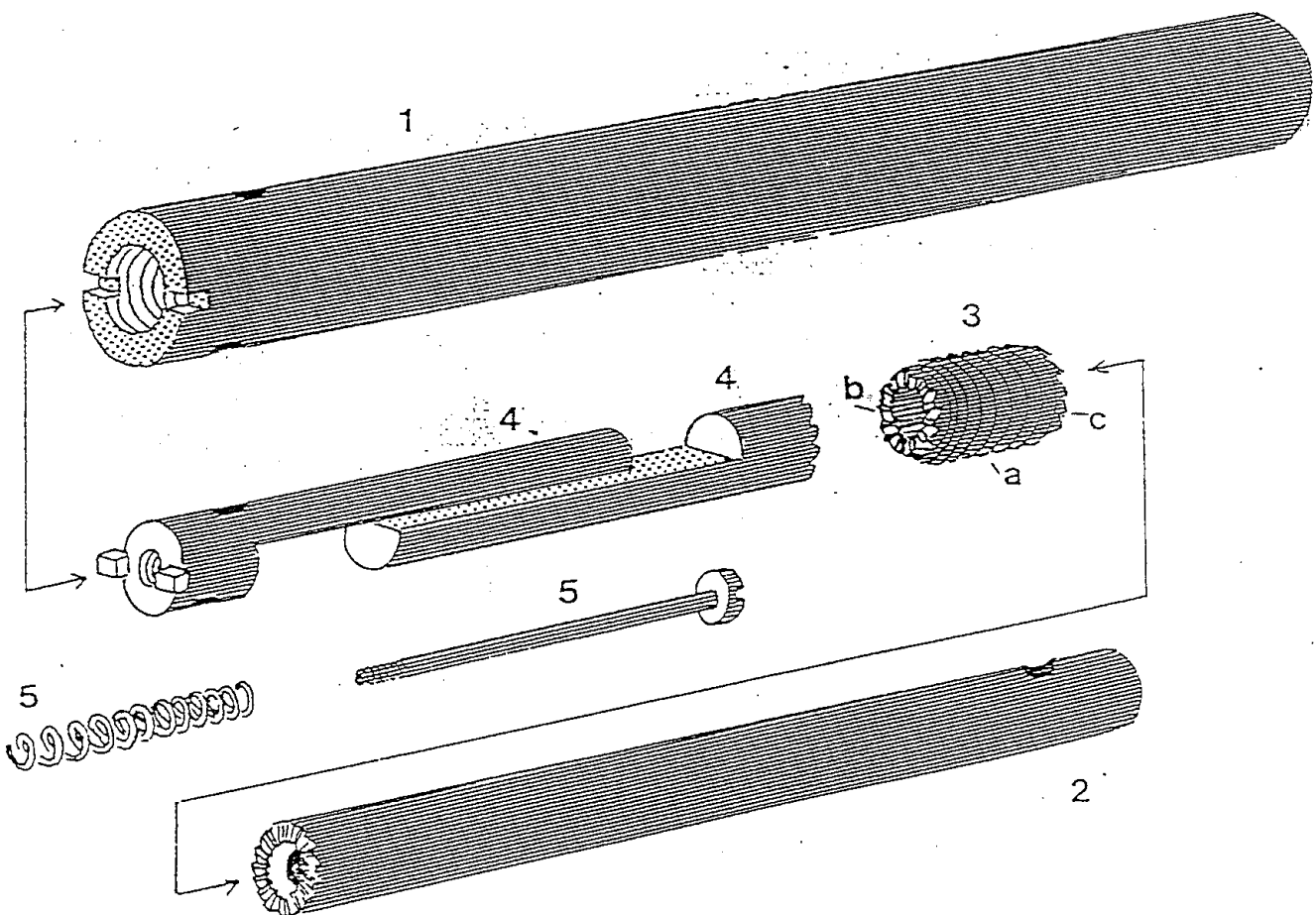
ANNEXES

ANNEXE I

Figure 5 : Vue en perspective du clou d'allongement

LEGENDE :

- 1 - Tube fourreau.
- 2 - Tube coulissant.
- 3 - Douille (a = pas de vis, b = cliquet supérieur, c = cliquet inférieur).
- 4 - Système anti-rotatoire.
- 5 - Système axial de mise en contrainte.

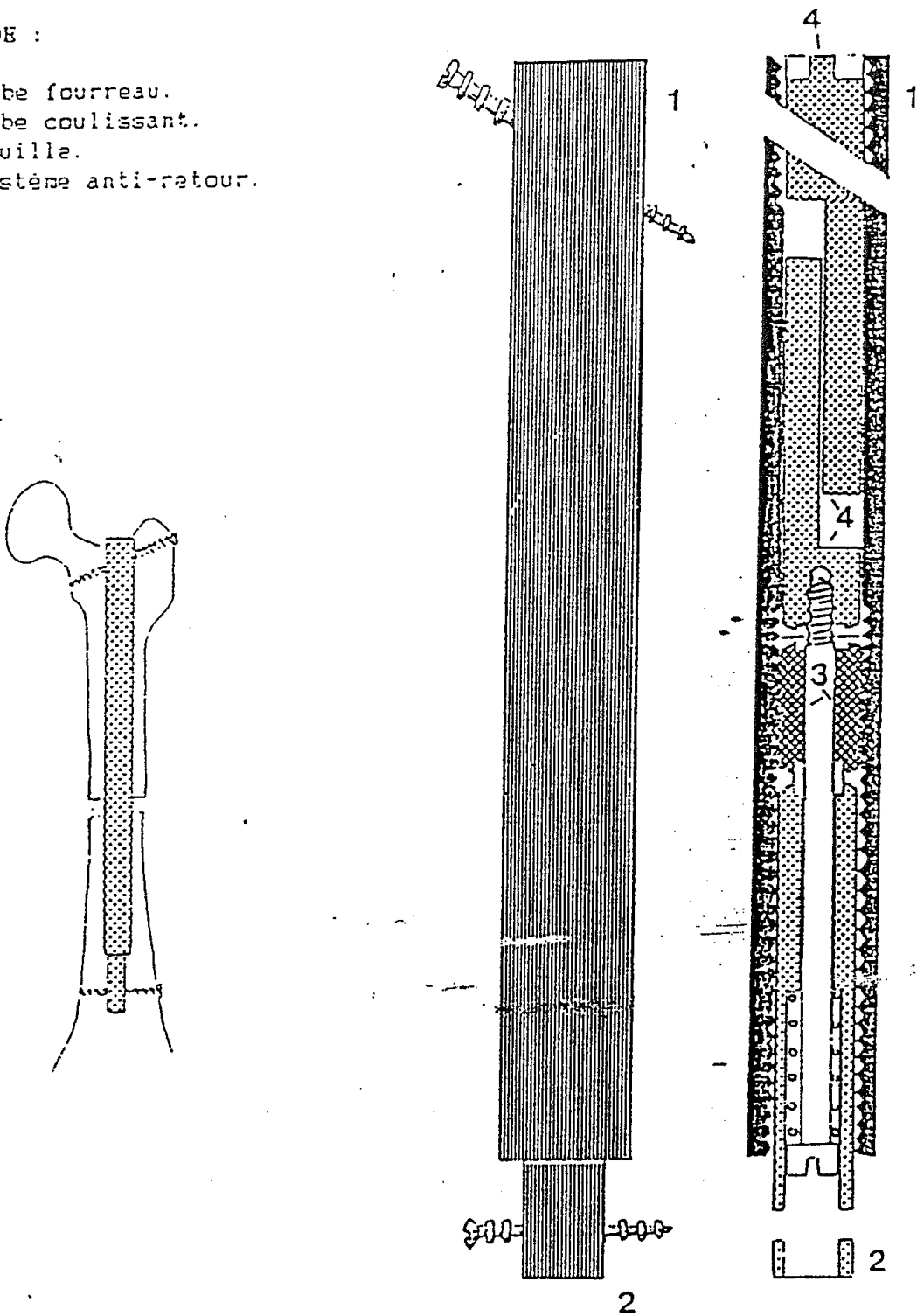


ANNEXE II

Figure 6 : Composants du clou d'allongement

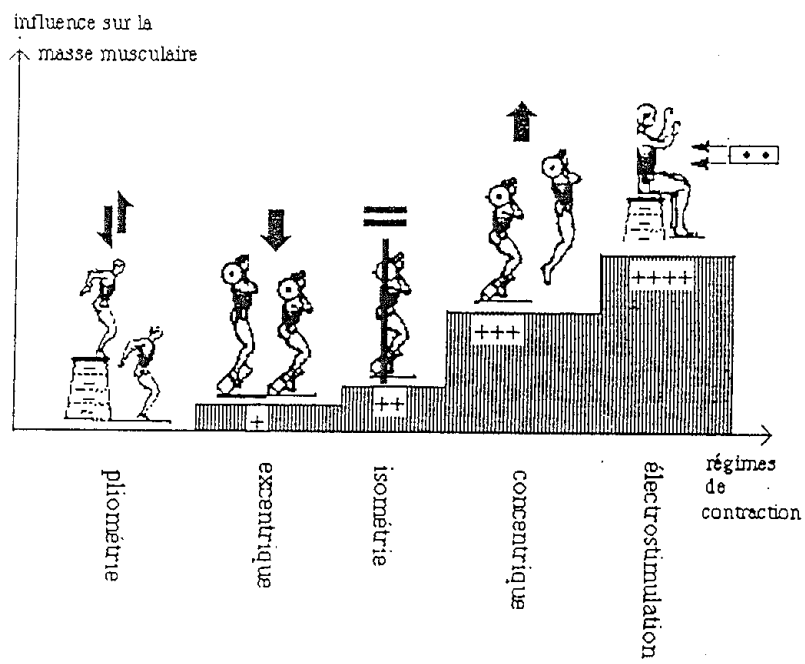
LEGENDE :

- 1 - Tube fourreau.
- 2 - Tube coulissant.
- 3 - Douille.
- 4 - Système anti-retour.



ANNEXE III

Figure 7 : Action des différents régimes sur le développement de la masse musculaire



ANNEXE IV

Tableau 4 : Résumé des différentes méthodes du développement de la masse musculaire

méthodes	description
10 X 10	10 séries de 10 RM (3 mn de récupération)
post fatigue classique	6 à 10 séries de 10 RM + 4 à 6 répétitions dans un mouvement analytique concentrique
post-fatigue chgt régime dans le même mouvement	6 à 10 séries de 10 RM concentrique + 4 à 6 répétitions dans le même mouvement excentrique, isométrique, électrostimulation
post-fatigue chgt régime dans un mouvement analytique	6 à 10 séries de 10 RM + 4 à 6 répétitions dans un mouvement analytique excentrique, concentrique, isométrique, électrostimulation
la préfatigue	6 à 8 X (6 RM mov. analytiques + 10 RM)
les 3 séries à 2 exercices	6 X (6 mov. analytiques + 10 RM mov. global + 6 mov. analytiques)
les 3 séries à 3 exercices	6 X (6 mov analytiques A + 10 RM mov global + 6 mov. analytiques B).
les 3 séries descendantes	6 X (6 mov. globaux + 6 mov. - intenses + 6 mov. analytiques).
électrostimulation	stimulation électrique du muscle (10 mn)

ANNEXE V

Principe de la charge maximum prédite

Nombre maximum de répétitions	% de la charge maximum	Coefficient (diviser la charge par :)
1	100	1
2	94,3	0,94
3	90,6	,91
4	88,1	,88
5	85,6	,86
6	83,1	,83
7	80,7	,81
8	78,6	,79
9	76,9	,77
10	74,4	,74

Tableau 5 : Centre National du Sport et de la Récréation - Ontario - Canada, 1989.

Relation entre le pourcentage du $\dot{V}O_2$ max et le pourcentage de la fréquence cardiaque maximale

% FC max	% $\dot{V}O_2$ max
50	28
60	42
70	56
80	70
90	83
100	100