



ELSEVIER
MASSON

Éducation thérapeutique
L'allongement des triceps suraux par bottes successives
Triceps lengthening using serial casting

L. Cassardo*, M. Amelotti, R.S. Bruno, R. Cartello

Service de neuropsychiatrie infantile A.S.L. TO2, ospedale Maria Vittoria, Corso Tassoni 40, 10146 Turin, Italie

Disponible sur Internet le 5 mars 2009

Résumé

L'étude présente un résumé et une analyse de l'expérience de six ans de traitement de la réduction d'extensibilité du muscle triceps sural chez les enfants souffrant d'infirmité motrice cérébrale (IMC) avec plâtres progressifs en allongement. Pendant la période considérée, on a traité avec les plâtres d'étirement 77 enfants IMC entre trois et 13 ans, dont 62 diploïques et 15 hémiploïques ; on a traité 135 pieds avec 239 bottes au total. La plupart des enfants déambulaient de façon autonome, seulement neuf se déplaçaient à l'aide de cannes tripodes ou d'un déambulateur. La quantification des résultats obtenus a été réalisée par la mesure de la flexion dorsale passive de la tibiotarsienne, genou fléchi (soléaire) et genou étendu (jumeaux), et par l'évaluation vidéo de la marche. Les 77 sujets ont été traités en majorité avec deux bottes, une par semaine ; dans un tiers des cas, une seule semaine de traitement a été suffisante. Après l'enlèvement des plâtres, on a prévu une phase de rééducation avec au moins trois séances par semaine pendant environ deux mois, et on a proposé l'utilisation d'orthèses modelées pour permettre un appui correct au sol et le maintien de la dorsiflexion du pied. Le gain moyen obtenu après l'enlèvement des plâtres a été de 14,8 degrés pour le soléaire et 14,6 degrés pour les jumeaux, avec des résultats bien meilleurs chez les enfants qui marchent de façon autonome. On n'a pas trouvé de corrélation entre l'âge du traitement et le gain obtenu ou le nombre de plâtres nécessaires. Douze enfants, deux hémiploïques et dix diploïques, ont été traités avec la toxine botulique deux à quatre semaines avant la réalisation des plâtres : la comparaison des résultats du traitement combiné toxine + bottes avec ceux du traitement par l'application des plâtres d'étirement seuls, démontre que l'efficacité est tout à fait identique. Après six mois, on retrouve une perte moyenne d'extensibilité de 6,9 degrés pour le soléaire et de 7,4 degrés pour les jumeaux ; cette donnée présente cependant une grande variabilité qui semble liée surtout à l'utilisation correcte des orthèses et du traitement kinésithérapeutique et à l'amélioration fonctionnelle de la déambulation.

© 2009 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Abstract

The study evaluates a six-year experience of treatment of the triceps shortening in children with Cerebral Palsy using serial casting. During the considered period, we treated 77 children between 3 and 13 years (62 diparetics and 15 hemiparetics); we treated 135 legs using 239 casts. Most of the children walked in a autonomous way, only 9 ambulated with an assistive device. The quantification of the results was realized by the measure of the passive range of motion of the ankle joint, knee flexed (soleus) and knee extended (gastrocnemius), and by the video evaluation of the gait. The 77 subjects were treated in majority with two casts, one per week; in the third party of the cases a single week of treatment was sufficient. After the removal of plasters we realized a phase of rehabilitation with at least 3 sessions per week during approximately 2 months, and the children used braces to maintain the gain in dorsiflexion of the foot and to improve gait. The mean improvement was 14.8° for the soleus and 14.6° for the gastrocnemius, with

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : l.cassardo@aslto2.it (L. Cassardo).

much better results for the children who walked in an autonomous way. We did not find any correlation between the age of the child and the obtained gain or the number of necessary casts. Twelve children, 2 hemiparetics and 10 diparetics, were treated with botulinum toxin 2–4 weeks before casting: the combined casting + BT group and the cast-only group showed the same outcome. After 6 months the mean loss of extension was 6.9° for the soleus and 7.4° for the gastrocnemius; this datum presents however a great variability which seems correlated to the correct use of orthosis, to the compliance to the physiotherapeutic regime and to the functional improvement in gait.

© 2009 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Mots clés : IMC ; Équin ; Bottes plâtrées ; Toxine botulique

Keywords: Cerebral palsy; Equinus; Casting; Botulinum toxin

1. Introduction

Le traitement par plâtres progressifs de la réduction d'extensibilité du muscle triceps sural est utilisé dans notre centre de réhabilitation depuis 2002, pour les enfants souffrant d'infirmité motrice cérébrale (IMC) traités directement par nos kinésithérapeutes et aussi pour des enfants suivis par d'autres centres, pour lesquels on nous demande une consultation. Dans ce dernier cas, s'il y a l'indication, on réalise le traitement par plâtres mais l'enfant effectuera le traitement kinésithérapeutique suivant dans le centre qui l'a envoyé.

Plusieurs auteurs ont évalué les résultats de l'utilisation des bottes successives, seules et en association avec d'autres traitements, en particulier la toxine botulique [1–8].

Dans cette étude nous proposons un résumé et une analyse de l'expérience de six ans, avec les changements que nous avons introduits sur la base des résultats cliniques, surtout à propos de l'association entre traitement par plâtres et utilisation de la toxine botulique.

2. Matériel et méthodes

2.1. Caractéristiques des patients

Pendant la période considérée, 77 enfants IMC ont été traités par plâtre d'étirement, 62 diplégiques et 15 hémiparétiques (12 droites – 3 gauches) ; on a traité 135 pieds (71 droites – 64 gauches) avec 239 bottes en total (127 droites – 112 gauches).

La plupart des enfants traités déambulaient de façon autonome (68 – 88,3 %), trois enfants utilisaient des cannes tripodes et six marchaient à l'aide d'un déambulateur.

L'âge moyen à l'époque du traitement est de sept ans et 11 mois, avec un minimum de trois ans et quatre mois et un maximum de 13 ans et deux mois.

Il y a donc une grande variabilité de l'âge au moment du traitement à cause de plusieurs facteurs :

- l'âge de développement de l'équin n'est pas la même pour tous ;
- pour ceux qui sont suivis par d'autres centres, la décision de les envoyer pour le traitement est prise presque toujours lorsque l'enfant présente un équin déjà structuré ; ces dernières années nous préférons traiter la réduction d'extensibilité du triceps dès qu'elle rejoint zéro degrés de dorsiflexion, et cette décision provoque en général une diminution de l'âge au premier traitement ;
- presque tous les enfants, les plus âgés, ont déjà reçu au moins un traitement avec les plâtres d'étirement.

Ainsi que plusieurs auteurs l'ont déjà souligné [9,10], il faudrait traiter l'équin avant sa structuration stable donc, avant que le schéma de la marche soit pour longtemps conditionné par l'hypo extensibilité du triceps sural.

Il faut, par ailleurs, souligner que le traitement avec les plâtres d'étirement est souvent difficile à réaliser avec les enfants les plus petits, qui ont parfois beaucoup de difficulté à tolérer l'immobilité nécessaire pour l'application des bottes.

2.2. Examen clinique

Avant de soumettre les patients au traitement, on a effectué les évaluations ci-dessous.

2.2.1. Évaluation de la rétraction du triceps

Le degré de rétraction du triceps a été évalué par l'angle de flexion dorsale passive du pied après la manœuvre de décontraction, arrière-pied en position correcte, sans varus ni valgus.

La mesure de la flexion dorsale passive maximale du pied est prise à l'aide d'un goniomètre en position étendue du genou et genou fléchi.

L'axe de la jambe est défini par les milieux des saillies hautes et basses du péroné, l'axe du pied est défini joignant le milieu de la hauteur du calcanéum à son tiers postérieur avec le milieu de la tête du cinquième métatarsien [10].

La flexion dorsale est indiquée par des valeurs positives, zéro est l'angle droit, la flexion plantaire est indiquée par des valeurs négatives.

Récemment, pour la mesure de la flexion dorsale de la tibiotarsienne, nous avons essayé d'utiliser un logiciel qui peut calculer l'angle compris entre deux lignes tracées sur la photo du pied. Cela peut constituer un contrôle de la mesure manuelle, mais, dans tous les cas, il reste un certain degré d'approximation.

2.2.2. Évaluation de la marche

Tous les sujets ont été évalués avec une vidéo de la marche, de profil et de face (vue antérieure et postérieure).

2.2.3. Autres évaluations

Pour chaque patient, on a enregistré les données concernant l'histoire du sujet (grossesse et accouchement, époque et caractéristiques de la lésion cérébrale, développement de la fonction motrice...), l'examen du réflexe myotatique, la mesure des autres longueurs musculaires, des torsions fémorales et tibiales, l'évaluation du contrôle volontaire de la dorsiflexion de la tibiotarsienne. On a enregistré aussi des données très importantes pour l'acceptation du traitement et sa bonne réussite : la situation familiale, éventuels troubles de comportement ou problèmes cognitifs ou relationnels de l'enfant.

2.3. Contre-indications éventuelles

Comme l'ont déjà souligné plusieurs auteurs [9,10], nous pensons que la contre-indication la plus importante pour le traitement par plâtre d'étirement est la déformation du pied avec laxité de ligaments et instabilité de la tibiotarsienne : nous pouvons essayer d'y remédier avec un alignement rigoureux du calcanéum et la réalisation d'une semelle plâtrée, mais si le calcanéum est déplacé vers le haut, l'étirement du triceps risque d'accentuer cette déformation.

L'exagération du réflexe d'étirement et les contractions irrépressibles de repos sont des contre-indications décrites en littérature que nous pouvons traiter avec l'injection de toxine botulique avant la réalisation des plâtres d'étirement ; dans notre expérience, nous n'avons jamais rencontré de contractions pathologiques telles que nous ne pouvions pas réaliser les bottes.

Enfin, une motivation insuffisante de l'enfant ou de sa famille constitue une contre-indication absolue : le seul échec que nous avons connu en six ans (un enfant qui a eu son plâtre enlevé d'urgence, sans aucune complication évidente) s'est vérifié avec une famille qui n'était pas convaincue de l'intérêt du traitement.

2.4. Réalisation des plâtres

La technique pour la réalisation des plâtres est celle apprise auprès de M. Philippe Toullet et M. Michel Le Métayer [9].

Pour obtenir la meilleure extensibilité du muscle triceps, on l'allonge passivement pendant environ dix minutes et on le réchauffe pendant encore dix minutes [10] avec des compresses chaudes/froides réutilisables. Initialement on utilisait un bain d'eau à 37 degrés, mais les compresses chauffées dans le four à micro-ondes et appliquées directement sur le mollet donnent les mêmes résultats et sont beaucoup plus simples à utiliser que l'immersion du pied dans l'eau chaude.

Après le réchauffement, on met l'enfant à plat ventre, genou fléchi à 90 degrés et on recherche la meilleure dorsiflexion possible en corrigeant l'alignement de l'articulation sous-astragalienne et de l'avant-pied. Pour mieux tranquilliser l'enfant, on lui donne la possibilité de regarder ce qu'on lui fait dans un miroir.

Ensuite on recouvre la jambe avec du jersey et de la toile de coton, et une bande de plâtre est appliquée sur le pied et la cheville, avec une semelle plâtrée pour soutenir et renforcer la voûte plantaire. Après avoir ainsi bloqué la cheville, on aplatit la plante du pied avec une tablette de bois et on attend le séchage du plâtre : c'est le moment le plus délicat pour le maintien du pied dans la position correcte.

Le plâtre est enfin recouvert par l'application d'une bande de résine jusqu'au genou, en faisant particulièrement attention de laisser un espace suffisant pour la masse musculaire du mollet.

Les orteils et une partie du dos du pied sont libérés et, si on a pu réaliser une botte avec de la flexion dorsale, on réalise un talon antérieur de résine pour éviter la flexion du genou pendant la marche.

2.5. Traitement après les plâtres

Dans la période successive à l'enlèvement des bottes, on prévoit une phase de rééducation avec au moins trois séances par semaine pour environ deux mois, visant à améliorer la fonction motrice en utilisant le gain obtenu de dorsiflexion du pied [11,18].

Tableau 1
Répartition des 77 sujets traités avec des bottes.

	1 botte (%)	2 bottes (%)	3 bottes (%)
Pieds traités	44 (32,6)	78 (57,8)	13 (9,6)

Dès l'ablation des plâtres, l'enfant utilisera des orthèses (tuteur pied cheville sur mesure ou coque moulée) pendant le jour, pour la marche ou la station debout, modelées pour lui permettre un appui correct au sol et le maintien de la dorsiflexion du pied.

Habituellement, nous n'utilisons pas d'orthèses de nuit, parce qu'elles ne sont jamais bien tolérées par l'enfant et sa famille et nous croyons préférable de concentrer les efforts sur la correction du pied et de la tibiotarsienne en situation de charge.

Après le premier cycle de traitement avec les plâtres, on préfère traiter les éventuelles récurrences dès leur apparition, lorsque la rétraction du triceps rejoint l'angle droit, genou étendu, sans attendre que s'établisse à nouveau la marche en équin. On a vérifié que le traitement est plus rapide et efficace si l'équin n'est pas encore structuré de manière stable.

3. Résultats

Les 77 sujets ont été traités en majorité avec deux bottes, une par semaine (Tableau 1).

Le gain moyen obtenu après l'enlèvement des plâtres a été de 14,8 degrés pour le soléaire et 14,6 degrés pour les jumeaux (Tableau 2).

La progression du gain est assez constante avec les bottes successives à la première : le deuxième et le troisième plâtre donnent une amélioration de l'angle de dorsiflexion du pied entre 4,8 degrés et 6,1 degrés en moyenne (Tableau 3).

Tableau 2
Tableau comparatif grâce aux différentes évaluations.

	Évaluation initiale. Moyenne (DS)	Évaluation après bottes. Moyenne (DS)	Gain moyen. Moyenne (DS)
Soléaire	+4,1 (8,8)	+18,4 (7,1)	+14,8 (6,5)
Jumeaux	-3,0 (8,2)	+11,5 (7,6)	+14,6 (6,5)

Tableau 3
Tableau comparatif des résultats en fonction des bottes.

Gain moyen	Après 1 botte. Moyenne (DS)	Après 2 bottes. Moyenne (DS)	Après 3 bottes. Moyenne (DS)
Soléaire	+10,4 (5,5)	+15,2 (6,2)	+21,3 (4,4)
Jumeaux	+10,1 (5,3)	+15,9 (5,5)	+21,9 (4,9)

Tableau 4
Tableau comparatif des résultats en fonction de la marche.

	Marche libre. Moyenne (DS)	Marche avec cannes ou déambulateur. Moyenne (DS)
Enfants	68 (117 pieds)	9 (18 pieds)
Soléaire	+15,0 (6,4)	+9,3 (5,9)
Jumeaux	+15,2 (6,4)	+10,4 (5,5)

L'autonomie de la marche est un facteur qui influence le résultat du traitement : les enfants qui marchent peu pendant la période d'application des plâtres ont un gain moyen moins important (Tableau 4).

Nous n'avons pas trouvé de corrélation entre l'âge au traitement et le gain obtenu avec les plâtres d'étirement, même les enfants les plus âgés ont présenté une amélioration de la dorsiflexion de la tibiotarsienne superposable à la moyenne générale.

Également, nous n'avons pas mis en évidence une relation entre l'âge au traitement et le nombre des bottes nécessaires pour obtenir un gain suffisant : le nombre des plâtres successifs semble dépendre presque exclusivement du degré de l'équin au moment initial.

3.1. Place de la toxine botulique (BTA)

Douze enfants ont été traités avec BTA deux à quatre semaines avant la réalisation des plâtres.

Il s'agit de deux hémiplégiques et dix diplégiques qui présentaient une exagération du réflexe d'étirement et des contractions pathologiques de repos.

L'âge moyen de ces patients au temps du traitement était de six ans et trois mois, on a traité au total 20 pieds (deux diplégies asymétriques ont reçu la BTA seulement d'un côté), avec l'injection de BTA au niveau des jumeaux, avec une dose de 3 U.I./kg Botox pour chaque muscle (pour deux cas, il y a eu association d'injection dans le jambier postérieur).

Nous avons comparé les résultats du traitement combiné BTA + bottes avec les résultats obtenus avec seulement l'application des plâtres étirement (Tableau 5).

Les résultats obtenus semblent confirmer les données présentées par d'autres auteurs : en particulier les études de Glanzman et al. [7] et Blackmore et al. [12] soulignent que l'efficacité des traitements combinés BTA + plâtres est tout à fait identique aux traitements par plâtres d'étirement seuls.

Sur la base de ces données, il y a désormais deux ans que nous n'utilisons plus l'injection de toxine avant les plâtres. Nous préférons éventuellement injecter les triceps après en avoir corrigé le raccourcissement, avec

Tableau 5

Comparaison des résultats du traitement combiné BTA + bottes avec les résultats obtenus avec seulement l'application des plâtres d'étirement.

	BTA + plâtre	Plâtre seul
Enfants	12 (20 pieds)	65 (115 pieds)
Nombre moyen de plâtres réalisés (DS)	1,8 (0,5)	1,8 (0,6)
Gain moyen soléaire (DS)	+13,9 (7,8)	+14,3 (6,4)
Gain moyen jumeaux (DS)	+15,0 (7,8)	+14,5 (6,3)

l'objectif de limiter la composante dynamique de l'équin et de permettre à l'enfant de mieux utiliser le gain obtenu au niveau de la dorsiflexion du pied.

3.2. Maintien des résultats

Une évaluation à distance n'est pas disponible pour tous les enfants : considérant que la méthode d'évaluation de l'angle de dorsiflexion présente un certain degré d'incertitude, nous avons préféré exclure les mesures qui n'ont pas pu être effectuées directement dans notre centre.

Les données sont donc disponibles pour 46 enfants (81 pieds traités).

Après 6,2 mois en moyenne on retrouve une perte moyenne d'extensibilité de 6,9 degrés pour le soléaire (–46,6 % du gain après bottes) et de 7,4 degrés pour les jumeaux (–50,7 % du gain après bottes).

Cependant, il faut remarquer que la perte d'extensibilité présente une grande variabilité qui semble en relation avec plusieurs facteurs :

- le traitement après les plâtres : la perte est plus rapide et plus importante chez les enfants qui n'ont pas utilisé suffisamment les orthèses après les plâtres ou qui n'ont pas suivi le programme de rééducation ;
- la croissance rapide de l'enfant et/ou masses musculaires très développées : 11 enfants ont été traités plusieurs fois (de deux à six traitements, avec un intervalle moyen de 12 mois) ; il s'agit de patients qui ont présenté une importante croissance en hauteur ou qui avaient des ventres musculaires très développés ;
- le degré de la spasticité : nous avons trouvé une certaine relation entre la perte d'extensibilité après le traitement et l'exagération du réflexe d'étirement ; dans ces cas nous avons essayé de limiter la récurrence de l'équin (et d'améliorer la fonction motrice) avec l'injection de toxine botulique dans le triceps après les

Tableau 6

Les complications du traitement avec les plâtres d'étirement.

Phlyctène	1 enfant (1,3 %)
Dermatose plantaire	1 enfant (1,3 %)
Douleur à la reprise de la marche (< 3 jours)	6 enfants (7,8 %)

plâtres. Les résultats semblent positifs, mais les cas traités sont encore peu nombreux ;

- l'amélioration de la fonction motrice après le traitement : l'allongement du triceps sural, évidemment, ne détermine pas automatiquement un progrès dans la fonction de la marche, qui sera à rechercher, comme déjà souligné, dans les séances de rééducation et avec l'utilisation d'orthèses ; les enfants qui maintiennent plus longtemps le gain obtenu sont ceux qui ont le plus amélioré le schéma de la marche.

3.3. Complications

Les complications du traitement avec les plâtres d'étirement sont très limitées ; seulement un sujet a eu son plâtre enlevé après trois jours, mais il n'avait aucune lésion cutanée et il n'a présenté aucune douleur à la reprise de la marche. Les rares complications sont résumées dans le Tableau 6.

4. Discussion

L'usage des plâtres d'étirements pour le traitement de la réduction d'extensibilité du triceps sural représente une thérapie conservatrice utilisée depuis longtemps, visant à rétablir une longueur musculaire suffisante pour permettre l'appui du talon au sol et prévenir les complications les plus fréquentes de l'équin : les déformations du pied et de l'articulation tibiotarsienne, le déséquilibre musculaire du membre inférieur avec le risque de raccourcissement des muscles fléchisseurs du genou et de la hanche.

Dans notre étude, le traitement avec bottes successives (en moyenne deux plâtres consécutifs d'une semaine chacun), a déterminé un gain moyen de dorsiflexion de la tibiotarsienne de presque 15 degrés, tant pour le soléaire que pour les jumeaux.

En accord avec les données d'autres auteurs [7,12], ce résultat n'est pas influencé par l'injection de toxine botulique avant la réalisation des plâtres et semble aussi assez indépendant de l'âge du patient à l'époque du traitement.

La bonne réussite du traitement, selon notre expérience, est influencée surtout par la possibilité de marche libre : les enfants qui marchent avec cannes ou

déambulateur se meuvent moins et donc l'étirement du triceps est mineur par rapport à ceux qui peuvent marcher sans aide.

Quant au maintien des résultats, les facteurs les plus importants sont représentés par l'utilisation correcte des orthèses et du traitement kinésithérapeutique, et par l'amélioration fonctionnelle de la déambulation. La perte rapide de l'extensibilité du triceps obtenue avec les plâtres d'étirement semble présenter un lien avec le degré de la spasticité : l'usage de la toxine botulique après le traitement représente une perspective intéressante, autant pour le maintien de l'allongement obtenu que pour l'amélioration de la fonction motrice permise par l'allongement du triceps. Il faudra le vérifier avec un nombre de cas plus élevé.

Un dernier facteur, enfin, qui pourrait influencer les résultats du traitement avec les plâtres et le maintien du gain obtenu, est représenté, à notre avis, par les anomalies du muscle spastique que plusieurs études récentes ont mis en évidence, au niveau de la distribution, longueur, dimension des myofibrilles et de la composition et de la structure du tissu conjonctif [13–17]. Il faudrait mieux comprendre le rôle de ces anomalies sur le raccourcissement du triceps sural et sur l'allongement réalisé avec les plâtres d'étirement. Peut-être que les cas dans lesquels le résultat a été moins important sont expliqués par les caractéristiques du muscle.

5. Conclusion

Sur la base d'une expérience assez prolongée et d'un nombre assez important de cas traités, nous pensons que le traitement de la rétraction du triceps sural par bottes successives est une thérapie efficace, avec des bons résultats qui se conservent pendant plusieurs mois, un coût plutôt bas, la presque totale absence de complications, la possibilité de personnaliser la technique et les temps d'application et de la répéter chaque fois que se présente l'indication. Ces caractéristiques en font un instrument maniable, utilisable dans les centres de réhabilitation avec peu de contre-indications, la plus importante étant l'absence d'une adéquate motivation de l'enfant et sa famille.

Références

[1] Tardieu C, Tardieu G, Colbeau-Justin P, Huet De La Tour E, Lespargot A. Trophic muscle regulation in children with congenital cerebral lesions. *J Neurol Sci* 1979;42:357–64.

[2] Tardieu G, Tardieu C, Colbeau-Justin P, Lespargot A. Muscle hypotensibility in children with cerebral palsy: II. Therapeutic implications. *Arch Phys Med Rehabil* 1982;63:103–7.

[3] Cottalorda J, Gautheron V, Charmet E, Chavrier Y. Allongement musculaire du triceps par plâtres successifs chez l'enfant IMC. *Rev Chir Orthop* 1997;83:368–71.

[4] Corry IS, Cosgrove AP, Duffy CM, Mcneill S, Taylor TC, Graham HK. Botulinum toxin A compared with stretching casts in the treatment of spastic equinus: A randomised prospective trial. *J Pediatr Orthop* 1998;18:304–11.

[5] Lespargot A, Renaudin E, Robert M, Khouri N. Les muscles et les tendons de l'IMOC : examen clinique et données expérimentales. *Motricité Cérébrale* 1999;20:69.

[6] Cottalorda J, Gautheron V, Metton G, Charmet E, Chavrier Y. Toe-walking in children younger than six years with cerebral palsy, the contribution of serial corrective casts. *J Bone Joint Surg* 2000;82:541–4.

[7] Glanzman AM, Kim H, Swaminathan K, Beck T. Efficacy of Botulinum Toxin A, serial casting and treatment for spastic equines: A retrospective analysis. *Dev Med Child Neurol* 2004;46:807–11.

[8] Picciolini O, Cozzaglio M, Bovis F, Magni E, Fugazza V. Résultats après allongement des triceps par bottes successives et rééducation spécifique chez les enfants IMC. *Motricité Cérébrale* 2006;27:13–22.

[9] Le Metayer M. *Rieducazione cerebro-motoria del bambino. Educazione terapeutica*. Milano: Ed. Speciale Riabilitazione; 1998.

[10] Lespargot A, Robert M, Khouri N. Étirement du triceps sural après réchauffement à 40 degrés chez l'IMC. *Rev Chir Orthop* 2000;86:712–7.

[11] Le Metayer M. Techniques kinésithérapeutiques après traitement des rétractions par plâtres successifs. *Motricité Cérébrale* 1981;2:115–9.

[12] Blackmore AM, Boettcher-Hunt E, Jordan M, Chan MDY. A systematic review of the effects of casting on equinus in children with cerebral palsy: An evidence report of the AACPD. *Dev Med Child Neurol* 2007;49:781–90.

[13] Booth CM, Cortina-Borja MJF, Theologis TN. Collagen accumulation in muscles of children with cerebral palsy and correlation with severity of spasticity. *Dev Med Child Neurol* 2001;43:314–20.

[14] Marbini A, Ferrari A, Cioni G, Bellanova MF, Fusco C, Gemignani F. Immunoistochemical study of muscle biopsy in children with cerebral palsy. *Brain Dev* 2002;24:63–6.

[15] Shortland AP, Harris CA, Gough M, Robinson RO. Architecture of the medial gastrocnemius in children with spastic diplegia. *Dev Med Child Neurol* 2002;44:158–63.

[16] Lieber RL, Steinman S, Barash IA, Chambers H. Structural and functional changes in spastic skeletal muscle. *Muscle Nerve* 2004;29:615–27.

[17] Foran JRH, Steinman S, Barash I, Chambers HG, Lieber RL. Structural and mechanical alterations in spastic skeletal muscle. *Dev Med Child Neurol* 2005;47:713–7.

[18] Ferrari A. L'esercizio terapeutico nella PCI. In: Ferrari A, editor. *Proposte riabilitative nelle PCI*. Pisa: Il Cerro; 1997. p. 93–116.