



ELSEVIER  
MASSON

Disponible en ligne sur [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)



Motricité cérébrale 32 (2011) 114–122

Motricité  
Réadaptation Cérébrale  
Neurologie du développement

[www.em-consulte.com](http://www.em-consulte.com)

Évaluation clinique et expérimentale  
Étude clinique définissant le référentiel de marche du  
diplégique spastique après correction des troubles  
secondaires et effacement de la spasticité

Clinical study about walking in the diplegic cerebral palsied patient  
after correction of secondary troubles and disappearance

B. Lachenal <sup>\*</sup>, M.-F. Rietz, J. Couto, F. Dupré, D. Jacquet

CSR, lycée Toulouse-Lautrec, 131, avenue de la Celle-Saint-Cloud, 92420 Vaucresson, France

Disponible sur Internet le 22 juillet 2011

## Résumé

La mise en œuvre de nombreux traitements permettent à ce jour de corriger partiellement ou totalement la plupart des anomalies secondaires et même d'effacer, voire d'éliminer la spasticité, une des anomalies primaires bien souvent redoutables du diplégique spastique. Par conséquent, on se retrouve confronté prioritairement aux troubles de la commande sélective et à la parésie. Et dans cette éventualité, on constate, à partir de l'observation de 45 vidéos, que cinq d'entre elles exposent un déroulement typique des différentes phases du cycle de marche du diplégique spastique pouvant servir de référence donc d'objectif à nos traitements. À partir de la description clinique de cette marche dite de référence, s'appuyant sur des tests cliniques portant sur les troubles de la commande neurologique, on sera incité à reconsidérer certaines de nos indications thérapeutiques.

© 2011 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

## Abstract

It is now possible to use new treatments to correct, partially or totally, most of the secondary damages of cerebral palsy, and so to rub out or better delete spasticity, one of the primary symptoms of cerebral lesions, often dreadful in spastic diplegia. As a consequence, we are involved in the management of troubles of the cerebral motor command and paresia. In this aim, five out of 45 analysed video footages show a typical pattern of the sequential walking phases in diplegic patient. It can be a reference and become an objective for our management. For our clinical description of this walking so-called referential, supported by clinical tests focused on neurological command, we can carry another point of view for our therapeutic indications.

© 2011 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

*Mots clés* : Infirmité motrice cérébrale ; Marche ; Lordose ; Quadriceps ; Spinaux

*Keywords*: Cerebral palsy; Walking; Lordosis; Quadriceps; Spinalis

## 1. Introduction

Notre objectif est de mettre en évidence que les diplégiques spastiques, marchant sans aide de marche, dont les différentes anomalies (hypoextensibilités, vices

\* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : [lachenalbernard@yahoo.fr](mailto:lachenalbernard@yahoo.fr) (B. Lachenal).

architecturaux, angle mort, spasticité) ont pu être considérablement diminuées, voire « effacées » par les moyens thérapeutiques mis à notre disposition à ce jour (orthopédiques, neurologiques, chirurgicaux), vont dévoiler un cycle de marche qui se révèle typique de cette pathologie (Fig. 1 et 2).

Pour expliquer les spécificités dynamiques propres aux diplégiques dans les différentes phases du cycle de marche, on s'est appuyé sur les conséquences cliniques du trouble neurologique de la commande sélective. Ce trouble primaire, dont on sous-estime peut-être ses conséquences sur le plan des réalisations fonctionnelles, n'est que la conséquence directe de la lésion cérébrale qui, dans l'état actuel de la recherche médicale, ne peut être traitée.

En effet, ce trouble neuromoteur est responsable, pour le membre inférieur, de l'impossibilité ou de la difficulté de réaliser certains mouvements nécessaires aux différentes séquences de la marche du sujet valide telle que l'extension de genou lors de l'attaque au sol par le talon.

Par conséquent, les diplégiques spastiques ne pouvant réaliser « neurologiquement » certaines séquences de mouvements vont devoir trouver un synchronisme interarticulaire spécifique, simple, faisant suite aux lésions des voies corticospinales.

On en vient donc à souligner que la finalité, à ce jour, de tous les intervenants, en partant de la classification de la marche du diplégique spastique selon Rodda et Graham, est d'essayer de se rapprocher, grâce aux effets

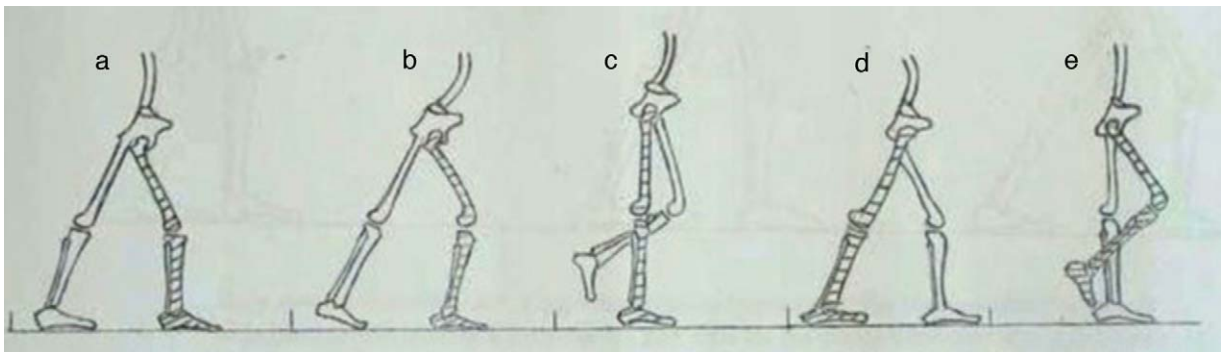


Fig. 1. a–e. Référentiel de marche du diplégique spastique. a. Contact initial sur flexion de genou. b. Mise en charge par une lordose. c. Triple extension : propulsion par le quadriceps. d. Triple extension : par postérieur ample. e. Phase oscillante par triple flexion.



Fig. 2. Kodak montage image bitmap. Référentiel du cycle de marche. L'attaque par le talon sur une flexion de genou même dans l'éventualité où l'appui unipodal est stable.

bénéfiques de tous les traitements, d'un seul type de marche doté de caractéristiques biomécaniques bien spécifiques. L'obtention de cette marche reste bien entendue pathologique puisque la dépense énergétique, entre autres, est très élevée (critères de Gage).

On se propose pour expliciter les particularités de cette marche de présenter des tests cliniques simples, fonctionnels portant sur des mouvements mettant en jeu la coordination des différentes articulations principales des membres inférieurs.

## 2. Principes de base

Le trouble de la commande sélective, dans le plan sagittal, est surtout présent sur les extenseurs de hanche, les releveurs et les extenseurs du pied tandis que l'extenseur du genou (le quadriceps) et les fléchisseurs de hanche ne sont pas ou très peu touchés par ce trouble.

Les muscles qui ne sont pas touchés par le trouble de la commande sélective deviennent *starter* ou prennent « l'initiative » pour la réalisation de mouvements fonctionnels permettant de mettre en jeu les muscles synergiques touchés par le trouble de la commande sélective.

Ainsi les extenseurs de hanche et du pied sont dépendants du quadriceps pour réaliser le mouvement fonctionnel d'extension en chaîne fermée du membre inférieur (phase d'appui).

De même, les releveurs du pied deviennent dépendants des fléchisseurs de hanche pour réaliser le mouvement fonctionnel en chaîne ouverte de flexion du membre inférieur (phase oscillante).

Ces constatations sont validées expérimentalement par des tests cliniques (voir ci-dessous).

On en conclut que des muscles moteurs d'une fonction articulaire précise, porteurs d'une grave insuffisance de commande sélective, redeviennent actifs et efficaces pour participer à la réalisation de mouvements fonctionnels tels que ceux rencontrés dans les différentes phases du cycle de marche du diploïque spastique.

### 2.1. Contact initial en flexion de genou

Ce contact se réalise pied à plat au sol et dans le meilleur des cas par une attaque par le talon mais toujours sur une flexion importante de genou, même dans l'éventualité où l'appui unipodal est tenu au moins d'un côté (Fig. 3). Dans ce contexte, le segment jambier se positionne en moyenne fonctionnelle perpendiculairement au sol.



Fig. 3. Attaque du pied au sol sur une flexion de genou.

#### 2.1.1. Notes explicatives

Après une triple flexion (début de la phase d'oscillation) de la hanche, du genou et de la cheville, le membre ne peut se poser sur le sol (contact initial) que par un travail en excentrique des muscles fléchisseurs de genou contre le moment de la pesanteur. Par conséquent, le balancement du segment jambier vers l'extension ne peut se réaliser que jusqu'à la verticale car la dynamique fonctionnelle ne peut quitter le contexte de triple flexion. L'extension de genou ne pourrait s'obtenir en flexion dorsale de cheville et de hanche qu'au prix d'un gros effort volontaire loin d'un mouvement naturel automatique (voir fin de phase d'oscillation).

#### 2.2. Mise en charge sur une lordose accentuée voire une hyperlordose

La déficience notable chez le diploïque est celle de la propulsion (Fig. 4). Peut-on mettre en évidence une

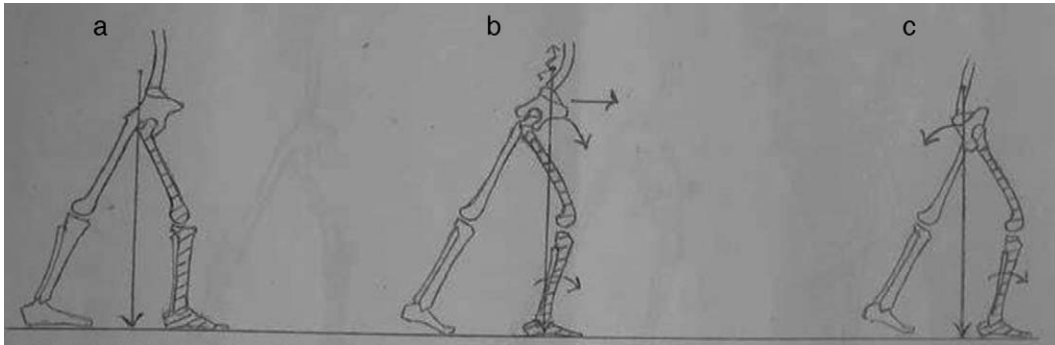


Fig. 4. a. Phase du double appui « en fente avant ». b. La mise en charge du pied d'appui antérieur nécessite l'association de la flexion dorsale de la tibiotarsienne et l'accentuation de l'antéversion du bassin et de la lordose lombaire. En l'absence de flexion dorsale l'avancée du centre de gravité est compromise et nécessite des adaptations telles l'hyperlordose, l'équin fonctionnel... c. Dans l'éventualité où la région lombaire maintiendrait en cyphose, l'avancée du centre de gravité sur le pied d'appui sera difficile malgré la flexion dorsale de la tibiotarsienne.

ou des compensations fonctionnelles qui permettraient de suppléer au trouble de la commande sélective et à la parésie du triceps pour faire avancer le centre de gravité du corps ?

Examinons la lordose lombaire : comment expliciter que la lordose soit une constante chez les diplégiques spastiques marchant sans aide de marche. Plusieurs hypothèses ont été évoquées et bien défendues : torsion de l'extrémité supérieure du fémur, « raideur » des fléchisseurs de hanche dont, entre autres, l'hypoextensibilité du psoas, insuffisance des abdominaux, voire des fessiers... Mais en dépit de toutes ses propositions, bien souvent suivies de traitements, la lordose reste présente et nous « nargue » toujours !!! Alors il nous restait à considérer que si la lordose n'émanait pas uniquement d'une compensation, d'une raideur ou d'une insuffisance musculaire locale, le bassin et le rachis lombaire ne pouvaient-ils pas être considérés comme un ensemble mécanique dynamique nécessaire, voire indispensable par son jeu à la facilitation d'un temps du cycle de marche ?

Pour lordoser et antéverser le bassin, il nous faut des moteurs que sont les spinaux lombaires et ceux-ci sont étonnement très forts chez les diplégiques (Fig. 5). Ces muscles érecteurs par leurs actions directes vont donc verticaliser le tronc. Ce positionnement du dos qui s'accroît pour réaliser la mise en charge se retrouve chez tous les diplégiques déambulant sans aide de marche.

On se trouve devant une première et importante difficulté pour le diplégique. La propulsion réalisée par le triceps n'est plus neurologiquement fonctionnelle. Alors comment translater vers l'avant le centre de gravité pour passer d'une position dite « fente avant » à une position qui va permettre un appui unipodal stable ? On peut avancer plusieurs solutions :

- en jouant sur l'accentuation de la lordose lombaire et sur l'antéversion du bassin pour faire avancer le centre de gravité et ainsi diminuer, voire faire disparaître la distance entre la projection de la ligne de gravité et le pied qui va ainsi devenir porteur. Cette dynamique lombopelvienne s'exprime bien souvent en terme d'inconfort douloureux. N'est-il pas essentiel de rechercher le meilleur jeu entre agonistes (spinaux) et antagonistes (psoas, rempart convexitaire) pour lever cette pénibilité trop fréquente ? ;
- en assurant une légère accentuation de la bascule antérieure du segment jambier sur le pied comparable à celle que nous réalisons pour monter une marche d'escalier (deuxième roulement) non dans un but d'amortissement comme chez le sujet valide mais comme un moyen pour permettre l'avancée du centre de gravité ;
- en recrutant l'énergie cinétique par un déplacement relativement rapide pour compenser « l'ampleur du recul » du pas postérieur.



Fig. 5. Les spinaux lombaires développent une force importante pour verticaliser le tronc et faire avancer la projection du centre de gravité sur le pied antérieur.

### 2.3. Milieu phase d'appui : mouvement de triple extension. Le quadriceps est le propulseur sur un tronc verticalisé

Pour arriver à la station debout unipodale, le quadriceps, ayant préservé sa commande sélective, porte le genou en extension (Fig. 6). Le travail de ce muscle en chaîne fermée induit une extension de hanche et de cheville. Il agit donc en tant que muscle tri-articulaire, aidé par les extenseurs de hanche et du pied. Le droit fémoral n'est pas sollicité puisqu'il est fléchisseur de hanche.

Le quadriceps soulève le poids du corps tout en le propulsant vers l'avant sur le pivot genou. Le point fixe, permettant ce mouvement, est représenté par l'ensemble segment jambier-pied maintenu stable par le soléaire qui assure le soutien postural (chaîne de triple extension). L'activité du quadriceps est indispensable pour effectuer cette fonction mais préjudiciable sur le plan des dépenses énergétiques puisque cet effort de propulsion se manifeste fréquemment par une douleur de fatigue ressentie au niveau du quadriceps. Dans l'éventualité où le soléaire est insuffisant pour assurer le soutien postural de l'ensemble segment jambier-pied le recours à des orthèses articulées cheville avec un effet de sol s'avèrent nécessaires pour porter le genou en extension.

Autre éventualité où l'extension du genou est insuffisante sans aide de marche mais complète avec aide de marche ; cela signifierait que la durée du temps d'appui unipodal pour porter le genou en extension complète est trop long en rapport très étroit avec la stabilité en station unipodale.

Cette extension propulsive du quadriceps est assurée sur un tronc qui s'est verticalisé. Cette position typique du tronc permet au quadriceps d'être mécaniquement efficace en permettant au vecteur de force externe de réaction au sol de passer derrière le genou (Fig. 7).



Fig. 7. a. En lordose le vecteur gravitaire passant en arrière du genou induit une réponse contractile du quadriceps. b. En cyphose lombaire (tronc en salutation) le vecteur gravitaire passant en avant ou sur le genou n'induit pas de réponse contractile du quadriceps.

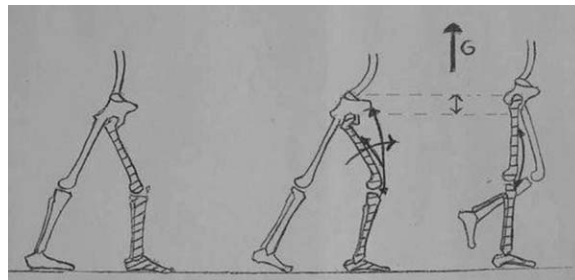


Fig. 6. Le quadriceps est le véritable propulseur. La mise en extension de genou génère un grand débattement du centre de gravité, donc une grande dépense énergétique.

Si le tronc se positionnait en salutation dans l'hypothèse d'un déplacement avec un aide de marche, le quadriceps ne serait plus opérant car ce vecteur passerait sur le genou, voire en avant. Dans cette dernière éventualité, le genou retrouverait une stabilité en se maintenant en flexion grâce aux ischio-jambiers et au triceps et ce dernier en fin de phase d'appui se devrait d'assurer la propulsion. Son efficacité, dans un contexte d'atteinte parétique et de commande sélective déficiente, serait inopérant et le patient ne pourrait réaliser que des petits pas.

Pourquoi prescrit-on un Key Walker ou un déambulateur postérieur si ce n'est pour verticaliser le tronc et permettre un déplacement motorisé plus efficace ? Ainsi la position des bras en répropulsion-rotation médiale correspond à la mise en œuvre du grand dorsal qui est, en chaîne fermée, lordosant et antéverseur du bassin agoniste des spinaux.

### 2.4. Fin de phase d'appui. Pas postérieur

#### 2.4.1. Test sélectif des extenseurs de hanche

Le sujet est en décubitus ventral, hanches fléchies en bout de table (Fig. 8). On demande au patient de réaliser uniquement une extension de hanche sans participation



Fig. 8. La hanche ne peut se porter en extension suite au trouble de commande sélective portant sur cette fonction.

du genou qui est maintenu fléchi par un soutien manuel. La réponse contractile, contre pesanteur, des extenseurs de hanche est insignifiante, le débattement angulaire est de peu de degrés.

#### 2.4.2. Test de la triple extension du membre inférieur à partir de la même position de départ

C'est le quadriceps qui « lance » ce mouvement en chaîne ouverte (Fig. 9). Il garde l'initiative de la triple extension et du contrôle sur les muscles synergiques que sont les extenseurs de hanche et du pied. Le grand fessier, comme extenseur de hanche, est très réactif dans ce contexte.

La contraction du quadriceps se poursuit jusqu'à la fin du pas postérieur sous une forme isométrique permettant à la hanche et au pied de se porter en extension. Le pied peut rester à plat au sol si le triceps est de longueur adéquate, sinon le talon se décolle. On reste dans un contexte de triple extension, bien préservée chez le diplégitique.

Le diplégitique recherche un pas postérieur très ample et très souvent au détriment de l'antéversion du bassin et de la courbure lombaire (Fig. 10). L'explication réside



Fig. 9. La triple extension de hanche est initiée par le quadriceps mettant en jeu les extenseurs de hanche et du pied.

dans le fait que plus la fin de la phase d'appui est portée à son maximum plus le membre inférieur sera oblique par rapport à l'horizontalité du sol et plus il sera aisé pour le membre oscillant d'attaquer le sol dans une grande amplitude de flexion de genou ; position permettant au quadriceps d'être dans de bonnes conditions pour développer une force propulsive efficace à la phase d'appui.

#### 2.5. Phase oscillante. Mouvement de triple flexion

##### 2.5.1. Test des fléchisseurs de hanche en chaîne ouverte

Le sujet est debout en appui unipodal, on demande du côté opposé à l'appui de fléchir la hanche tout en laissant les muscles du pied relâchés pendant ce mouvement (Fig. 11). Cet exercice est très difficile à réaliser, voire impossible car les releveurs du pied se contractent d'une façon automatique et bien souvent irrépressible car on est dans le contexte du schème de triple flexion. Et si, dans ce mouvement, le patient n'essaye pas de contrarier volontairement le mouve-

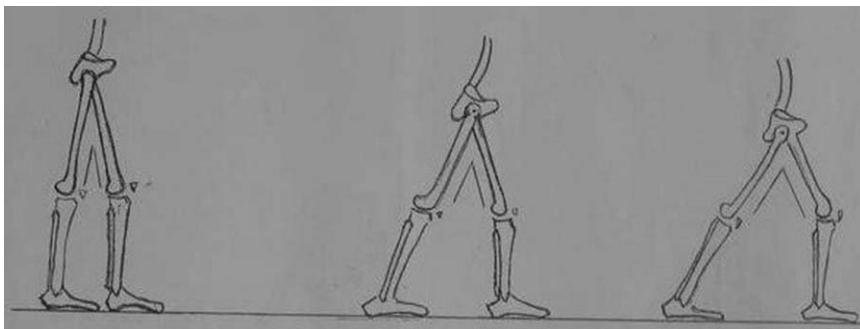


Fig. 10. Il y a une corrélation entre l'augmentation de l'ouverture des deux membres inférieurs et la flexion des genoux à l'attaque du pas. Plus les membres s'écartent, plus la flexion de genou est importante, et plus le quadriceps est propulseur.



Fig. 11. Les releveurs du pied se contractent automatiquement dans le schème de triple flexion.

ment du pied les releveurs expriment une force supérieure à celle obtenue par le test sélectif (réf : échelle du contrôle moteur sélectif).

L'initiative de ce mouvement de triple flexion en revient aux fléchisseurs de hanche. Il n'y a donc pas de continuité d'action musculaire entre la fin de la phase d'appui et le début de la phase oscillante. Pour appuyer cette proposition, on n'hésite pas à faire porter à nos jeunes des attelles ou des bottes qui ne modifient en rien le schème de marche. Dans ce contexte, le soléaire peut encore éventuellement être sollicité pour jouer un petit rôle statique de soutien postural mais n'est plus en mesure de pouvoir assumer une action dynamique de propulseur, en dépit de la mobilité restreinte de cheville dont sont dotées ces appareils. Par conséquent, la stratégie d'ensemble pour l'obtention de cette marche propre aux diplégiques ne prend pas ou peu en compte la fonction dynamique du pied.

### 2.5.2. Test 1. De l'extension du genou en chaîne ouverte en station debout et en appui unipodal

Sur le membre controlatéral à celui de l'appui unipodal, on demande, sur une flexion de hanche et de cheville préalables et sur un déséquilibre corporel antérieur, de tendre le genou à partir de la verticale et

d'aller poser le talon au sol. Ce test est très difficile à réaliser car on sort du schème de triple flexion.

### 2.5.3. Test 2. De l'extension de genou en décubitus dorsal

À partir d'une flexion de genou, on demande de réaliser, contre une résistance manuelle placée sous le creux poplité, une extension de genou tout en remontant simultanément le pied en flexion dorsale (Fig. 12). Ce test est qualifié par nos jeunes de compliqué, de très compliqué, voire d'impossible car, de même, on n'est plus dans le schème ni de triple flexion ni de triple extension.

L'amplitude de la flexion de hanche est en moyenne supérieure à celle de la flexion du sujet valide. Ce mouvement dont l'initiative en revient aux fléchisseurs de hanche sur un double balancier engendre une flexion de genou aidée préférentiellement par la contraction en concentrique des polyarticulaires que sont le gracile et le sartorius ainsi que par le court biceps. On se trouve tout simplement dans un contexte de triple flexion facilitant la flexion dorsale du pied (voir test). Suite à cette triple flexion, le segment jambier, par un travail excentrique contre pesanteur des fléchisseurs de genou, vient poser, sur une importante flexion de genou, le pied à plat au sol. Pour que cette flexion soit obtenue, il est nécessaire que le pas postérieur controlatéral soit long et donc oblique au détriment bien souvent de l'accentuation de la lordose. En effet, il y a une corrélation entre la longueur du pas postérieur controlatéral et le degré de flexion de genou à l'attaque du pas d'appui antérieur.

Les ischio-jambiers n'ont pas de responsabilité dans l'absence d'extension de genou dans la fin de la phase d'oscillation. Que ceux-ci puissent se rétracter, c'est tout à fait compréhensible puisqu'ils ne sont jamais en course externe dans les différentes phases de la marche.



Fig. 12. L'extension du genou n'autorise pas la mise en jeu des releveurs du pied.

On peut traiter les ischio-jambiers pour différentes causes mais pas pour celle de la gêne à l'extension de genou en fin de phase oscillante puisque celle-ci est d'origine neurologique et non mécanique. Si nécessaire, des résultats probants sont obtenus sur l'allongement des ischio-jambiers par le traitement orthopédique à base de plâtres successifs.

### 3. Conclusion

Ne peut-on pas considérer ce cycle de marche du diplégique spastique, comme l'outil de référence sur lequel s'appuyer pour poser nos indications thérapeutiques. Cette marche spécifique n'est principalement que la conséquence des troubles de la commande sélective mis en évidence par des tests cliniques. Ainsi cette marche ne consiste qu'en une succession de triples flexion–extension. Le quadriceps induit par sa contraction une triple extension (phase propulsive), les fléchisseurs de hanche une triple flexion (phase oscillante), les spinaux une lordose pour faciliter l'avancée du centre de gravité sur le pied antérieur préparant la phase propulsive en allongeant le pas postérieur. Cette dynamique nécessaire induit des douleurs de sur-utilisation de la région lombaire et le paralysé cérébral pour diminuer l'intensité de cet inconfort douloureux, rend le pas postérieur moins ample au détriment de la force de propulsion.

Ces premières données cliniques dans le plan sagittal seront corroborées prochainement à un EMG dit de référence en n'omettant pas d'interroger les spinaux et leurs antagonistes que sont les ischio-jambiers et le psoas.

### Déclaration d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêts en relation avec cet article.

### Pour en savoir plus

Bernard JC. La marche de l'infirmoteur cérébral, enfant et adulte. Springer; 2005.

Plas F, Viel E. La marche humaine, kinésiologie dynamique, biomécanique et pathomécanique. Paris: Masson; 1975.

Le Métayer M. Rééducation cérébro-motrice du jeune enfant. Éducation thérapeutique. Paris: Masson; 2001.

Viel E. La marche humaine, la course le saut. Paris: Masson; 2000.

Berard C. Paralysie cérébrale de l'enfant. Sauramps médical; 2008.

Pennecot GF. Marche pathologique de l'enfant paralysé. Sauramps médical; 2009.

Jarridge M, Yepremian D, Desailly E, Roziere S, Khouri N. Une nouvelle orthèse courte de marche chez l'enfant et l'adolescent IMC: l'orthèse évolutive, articulée cheville avec effet de sol. *Motr Cerebr* 2009;30:153–58.

Truscelli D, Auferil H, de Barbot F, Le Métayer M, Leroy Malherbes V, Mazeau M, Thuilleux G. Les infirmités motrices cérébrales. Réflexions et perspectives sur la prise en charge. Paris: Masson; 2008.

Lachenal B, Petitot JC, Rietz MF, Jacquet D, Gavardin M. Station debout en Hanché-croisé. Prévention du flexum et de l'angle mort au niveau du genou chez l'IMC déambulante. *Motr Cerebr* 2001;22:69–74.

### Commentaires

Commentaire du comité de lecture sur l'article « Étude clinique définissant le référentiel de marche du diplégique spastique après correction des troubles secondaires et effacement de la spasticité »

À partir d'observations cliniques de la marche, les auteurs proposent des tests cliniques d'évaluation. Les hypothèses expliquant les anomalies observées restent à étayer et à confirmer par une analyse instrumentale.