

9<sup>es</sup>

JOURNÉES DE LA SOFAMEA

SOCIÉTÉ FRANCOPHONE D'ANALYSE DU MOUVEMENT CHEZ L'ENFANT ET L'ADULTE

“ Livre  
des  
résumés ”

Université  
Paul Sabatier

**TOULOUSE**

21 & 22 Janvier

**2010**



[www.sofamea.org](http://www.sofamea.org)

---

# PROGRAMME DES 9<sup>es</sup> JOURNÉES DE LA SOFAMEA

---

## JEUDI 21 JANVIER 2010

---

7h30-8h15 : Accueil des congressistes

8h15-8h30 : Allocution de bienvenue

**Journée thématique : Mouvement et Cerveau**

8h30-10h00 : **Neuroanatomie et mouvement**

**Organisation centrale du mouvement**

10h00-10h30 : Pause : visite des stands et posters

10h30-12h00 : **Organisation périphérique du mouvement**

**Contrôle moteur et coordination**

12h00-13h30 : Déjeuner, visite des stands et posters

13h30-15h00 : **Apprentissage moteur ou apprentissage du mouvement**

**Maturation avec l'âge**

15h00-15h30 : Pause : visite des stands et posters

15h30-17h00 : **Plasticité cérébrale et mouvement**

**Restauration des fonctions motrices, neuroprothèses motrices**

17h00-17h30 : **Forces gravito-inertielles et contrôle des mouvements du bras**

**Analyse comparative des facteurs perinataux, postnatals**

**et de la motricité spontanée chez l'extrême prémature**

**Influence du contexte émotionnel sur l'initiation d'un simple pas**

17h30-18h00 : Synthèse de la journée

## VENDREDI 22 JANVIER 2010

---

**Journée généraliste**

8h30 - 9h50 : **Méthodologie - Ingénierie + Session animée Posters**

9h50 - 10h30 : **Paralysie cérébrale (partie I)**

10h30 - 11h00 : Pause : visite des stands et posters

11h00 - 11h40 : **Paralysie cérébrale (partie II)**

11h40-12h30 : **Tronc et bassin**

12h30-12h45 : **Tribune Innovation Technique**

12h45-13h15 : Assemblée Générale de la SOFAMEA

12h45-14h00 : Déjeuner, visite des stands et posters

14h00-15h00 : **Orthèses**

15h00-15h40 : **Méthodologie clinique (partie I)**

15h40-16h10 : Pause : visite des stands et posters

16h10-17h10 : **Méthodologie clinique (partie II)**

17h20-17h30 : Remise des Prix

17h30 : Clôture des 9<sup>es</sup> Journées de la SOFAMEA

# Éditorial

---

Chers Amis,  
Chers Collègues,

Merci pour votre participation qui dépasse toutes mes espérances puisque vous avez envoyé une cinquantaine de communications soit 70% de plus par rapport à l'an dernier pour la seule journée généraliste !

À Toulouse et grâce à vous, la SOFAMEA confirme son décollage bien réussi et sait pouvoir compter sur votre fidélité pour que son cap se maintienne à une altitude enviable.

Bon nombre d'entre vous sont des jeunes chercheurs, encore étudiants pour certains, votre présence témoigne du bon esprit qui règne dans nos réunions et augure d'un bon avenir.

Merci aussi aux Entreprises qui nous accompagnent par leur présence fidèle chaque année.

Ces journées seront très chargées mais des moments de détente et de chaleureuses retrouvailles sont prévus au programme et nous aurons plaisir à les partager ensemble.

Je vous souhaite à toutes et à tous un excellent séjour de travail et de convivialité à Toulouse et aussi une très bonne nouvelle année.

**M. Robert DARMANA**

*Président du Comité d'Organisation  
SOFAMEA 2010*

**Président du Comité  
d'Organisation SOFAMEA 2010**

M. Robert DARMANA

**Secrétariat scientifique**

M. Robert DARMANA  
INSERM U825

Laboratoire d'analyse du mouvement  
CHU Purpan  
31059 TOULOUSE Cedex 3  
Tél. +33 (0)5 61 77 95 16

E-mail : robert.darmana@inserm.fr

**Secrétariat technique**

Techni Média Services / SOFAMEA  
BP 225  
85602 Montaigu Cedex

Tél. +33 (0)2 51 46 48 48  
Fax: +33 (0)2 51 46 48 50

E-mail : formation@technimediaseservices.fr

**Agrément Formation Continue**

## MOUVEMENT ET CERVEAU

- **Neuroanatomie et mouvement**  
*B. Debû* ..... 10
- **Organisation centrale du mouvement**  
Pointage d'une cible à la limite de l'espace péri personnel :  
Whole Body Reaching (WBR)  
*T. Pozzo* ..... 11
- **Organisation périphérique du mouvement**  
De la perception inconsciente à l'auto-optimisation ;  
quels enseignements sur le mouvement ?  
*P. Moretto* ..... 12
- **Contrôle moteur et coordination**  
*B. Bardy* ..... 13
- **Apprentissage moteur ou apprentissage du mouvement**  
L'apprentissage moteur : de la coordination spontanée à la coordination experte  
*D. Delignières* ..... 14
- **Maturation avec l'âge**  
Construction du contrôle postural au cours de l'ontogénèse :  
concepts et résultats expérimentaux chez l'enfant et l'adolescent  
*C. Assaiante* ..... 15
- **Plasticité cérébrale et mouvement**  
Plasticité cérébrale post-lésionnelle et motricité  
*P. Marque* ..... 16
- **Restauration des fonctions motrices, neuroprothèses motrices**  
Le codage du mouvement volontaire et les neuroprothèses motrices  
*C. Joffrais* ..... 19

## AUTRES COMMUNICATIONS

- Forces gravito-inertielles et contrôle des mouvements du bras  
*J. Gaveau, B. Berret, T. Pozzo, C. Papaxanthis* ..... 21
- Analyse Comparative des facteurs périnataux, postnatals et de la motricité spontanée chez l'extrême prématuré  
*M. Zahed-Cheikh, V. Brévaut-Malaty, M. Busuttill, A-S. Monnier, M. Roussel, C. Gire* ..... 22
- Influence du contexte émotionnel sur l'initiation d'un simple pas  
*L. Coudrat, T. Gélat, A. Le Pellec* ..... 23

## MÉTHODOLOGIE - INGÉNIERIE

- Utilisation d'un système de coordonnées articulaire non orthogonal pour exprimer les moments articulaires : application à l'épaule et au genou  
*G. Desroches, R. Dumas, W. Samson, L. Chèze* ..... 25
- Estimation du mouvement scapulaire par simple et double calibration : résultats préliminaires  
*M. Lempereur, S. Brochard, O. Rémy-Néris* ..... 26
- Analyse de la marche des enfants paralysés cérébraux par un modèle musculosquelettique  
*T. Rezgui, F. Megrot, D. Gouraud, F. Marin* ..... 27
- Localisation 3D du centre de hanche par mesures cliniques externes utilisant l'inférence statistique : précision et influence du bruit de mesure  
*V. Pomeroy, C. Boulay, C. Tardieu, Y. Glard, E. Viewheger, J-L. Jouve, G. Bollini, M. Jacquemier* ..... 28
- Étude des mécanismes de contrôle du centre de pression selon l'axe médio-latéral chez des sujets sains en conditions d'asymétrie imposées  
*D. Gasq, F. Dal Maso, F. Prince, R. Montoya, D. Amarantini* ..... 29
- Validation d'une méthode de reconnaissance topologique automatique de la marche par une approche couplant magnétomètres et accéléromètres  
*E. Raffin, P. Giraux, S. Bonnet, P. Jallon* ..... 30
- Évaluation en vie quotidienne des performances de marche des patients hémiplegiques  
*P. Giraux, E. Raffin, A-L. Ferrapie, C. Beyaert, J-C. Davier, P-A. Joseph, S. Bonnet* ..... 31
- Découpe automatique des empreintes plantaires chez l'enfant à partir de régressions sur les proportions du pied  
*W. Samson, J. Cavagna, J-L. Chaverot, L. Chèze, R. Dumas* ..... 32

# PARALYSIE CÉRÉBRALE

- Résultats à 10 ans du transfert du muscle rectus femoris chez les enfants présentant une paralysie cérébrale et présentant une réduction de la flexion du genou en phase d'oscillation  
*T. Haumont, D. Thawrani, C. Church, L. Jr Holmes, K. Dabney, F. Miller* ..... 34
- Transfert du rectus femoris et modélisation musculosquelettique : évaluation de l'amélioration de la marche et de la cinématique du rectus femoris «virtuel»  
*E. Desailly, N. Khouri, P. Sardain, F. Hareb, L. Lejeune, D. Bouchakour, M. Jarrige, P. Lacouture, D. Yepremian* ..... 35
- Effets de la toxine botulique sur la variation de longueur du Rectus Femoris (RF) au cours de la marche chez les patients hémiplegiques  
*N. Lampire, D. Pradon, P. Carne, L. Chèze, N. Roche*..... 36
- Implication des Rectus Femoris et Vastus Intermedius dans le Stiff Knee Gait  
*F. Chantraine, C. Schreiber, A. Remacle, P. Filipetti* ..... 37
- Analyse EMG dynamique de la marche du Peroneus longus (PL) et du gastrocnemius medialis (GM) dans l'hémiplegie par paralysie cérébrale chez le tout petit (< 6ans) : contrôle de l'équin par l'activité prématurée pendant la phase oscillante  
*C. Boulay, V. Pomeroy, E. Viehweger, C. Halbert, S. Pagni, Y. Glard, J-L. Jouve, B. Chabrol, G. Bollini, M. Jacquemier*..... 38
- Relations entre la force musculaire quadricipitale et les paramètres spatio-temporels de marche chez l'enfant atteint de Paralysie Cérébrale  
*F. Degache, C. Bonhomme, B. Bayle, C. Mieton, V. Gautheron*..... 39
- Effet du baclofène intrathécal sur la marche de l'enfant et du jeune adulte paralysé cérébral  
*S. Brochard, M. Lempereur, P. Filipetti, O. Rémy-Néris*..... 40
- Modifications de la voie réflexe propriospinale au cours de la marche chez des patients hémiplegiques post AVC et des patients atteints de paralysie cérébrale  
*V. Achache, D. Mazevet, D. Barthelemy, R. Katz, V. Marchand-Pauvert* ..... 41

# TRONC ET BASSIN

- Influence de la vitesse de marche sur les mouvements du haut du corps des sujets sains  
*M. Freslier, P. Moser, P. Suter, R. Brunner, J. Romkes* ..... 43
- La dissociation transverse des ceintures chez le patient ayant une anomalie orthopédique des membres inférieurs : un mécanisme central adaptable aux mouvements asymétriques du pelvis ?  
*C. Grumillier, N. Martinet, M-A. Haldric, M. Poussel, J. Paysant, C. Beyaert* ..... 44
- Scoliose idiopathique de l'adolescente. Effet de la chirurgie sur l'EMG des muscles lombo-pelviens, sur le travail musculaire mécanique et sur le coût énergétique durant la marche  
*P. Mahaudens, X. Banse, M. Mousny, C. Detrembleur* ..... 45
- Scoliose idiopathique de l'adolescent : relation entre l'importance de la déformation rachidienne et les troubles du contrôle postural au moment du diagnostic  
*T. Haumont, G. C. Gauchard, P. P. Perrin, P. Journeau, P. Lascombes* ..... 46
- Existe-t-il des paramètres posturographiques prédictifs de l'évolution d'une scoliose idiopathique ?  
*T. Haumont, G. C. Gauchard, A. Lion, P. P. Perrin, P. Journeau, P. Lascombes* ..... 47

# ORTHÈSES

- Effets d'une orthèse plantaire biomécanique thermoformée chez un cycliste souffrant d'un syndrome de la bandelette ilio tibiale  
*S. Delacroix, D. Hasdenteufel, N. Legrand, L. Chèze, A. Lavigne* ..... 49
- Comportement du pied au cours de la phase d'appui. Paramètres fonctionnels pour l'évaluation et la conception de pieds prothétiques  
*X. Bonnet, H. Pillet, P. Fodé, F. Lavaste, W. Skalli* ..... 50
- Comparaison des orthèses suropédieuse préfabriquée et type Liberté® sur l'activité musculaire du gastrocnémien médial, du tibial antérieur et du long fibulaire chez des patients hémiplegiques  
*A. Gautier, S. Bellot, K. Bervet* ..... 51



- Analyse du mouvement du rachis cervical chez l'enfant :  
évaluation de quatre colliers orthopédiques  
*A. Assi, P. Yazbeck, A. Massaad, E. Romanos, W. Skalli, I. Ghanem* ..... 52
- Répartition des efforts exercés sur la main courante lors de l'équilibre  
stationnaire sur deux roues en fauteuil roulant manuel  
*D. Pradon, C. Bankole, E. Delpech, N. Roche, E. Watelain* ..... 53
- Effet de la masse du fauteuil roulant dans les réponses physiologiques,  
perception de l'effort et de la performance lors de la simulation  
de différentes activités de la vie quotidienne  
*Y. Sagawa Junior, E. Watelain, F-X. Lepoutre, A. Thevenon* ..... 54

## MÉTHODOLOGIE CLINIQUE

- Estimation de l'influence respective des déterminants de la marche  
sur la trajectoire verticale du centre de masse par une représentation  
compass gait  
*C. Hayot, S. Sakka, P. Lacouture* ..... 56
- Quantification des forces musculaires individuelles :  
quel critère pour une simulation de la marche pathologique ?  
*F. Moissenet, N. Lampire, D. Pradon, R. Dumas, L. Chèze* ..... 57
- Quels degrés de liberté pour le membre inférieur et quelles conséquences  
sur la cinématique articulaire ?  
*R. Dumas, S. Duprey, L. Chèze* ..... 58
- Normalisation des paramètres dynamiques : effet sur l'étude de la maturation  
de la marche chez l'enfant entre 1 et 6 ans  
*W. Samson, B. Dohin, G. Desroches, J-L. Chaverot, R. Dumas, L. Chèze* ..... 59
- Effets d'un équin induit sur les paramètres cinématiques de la marche de l'enfant  
*L. Houx, S. Brochard, M. Lempereur, O. Rémy-Neris* ..... 60
- La marche humaine présente-t-elle des corrélations à long terme  
comparables et reproductibles sur sol plat et sur tapis roulant ?  
*B. Bollens, F. Crevecoeur, V. Nguyen, C. Detrembleur, T. Lejeune* ..... 61

- Analyse des effets de la toxine botulique sur les paramètres spatiotemporels, la variabilité et l'asymétrie de la marche sur tapis de type GaitRite chez des sujets adultes hémiplégiques  
*J. Bredin, J. Brisswalter, M. Bruno, I. Jannin, J-P. Flambart, J. Griffet* ..... 62
- Influence de la coactivation des muscles agonistes-antagonistes sur la cohérence corticomusculaire lors de contractions isométriques sous maximales  
*F. Dal Maso, M. Longcamp, D. Amarantini* ..... 63
- Utilisation du score fonctionnel de déambulation de Nelson (FAP) chez l'enfant  
*A. Gouelle, F. Mégrot, G-F. Penneçot, A. Yelnik* ..... 64
- Un programme de rééducation spécifique peut améliorer la marche des patients diabétiques ; une étude randomisée contrôlée  
*L. Allet, S. Armand, R.A. De Bie, A. Golay, Z. Pataky, D. Monnin, K. Aminian, E.D. De Bruin* ..... 65

## POSTERS

- La marche après ostéoplastie de retournement  
*M. Freslier, J. Romkes, R. Brunner* ..... 67
- Analyse cinématique et cinétique de la marche de sujets sains sur plan incliné. Étude préliminaire  
*H. Pillet, C. Vogel, L. Logut, X. Bonnet, F. Lavaste, W. Skalli* ..... 68
- Dynamique des coordinations de la marche chez l'adulte sain  
*P. Dedieu, P-G. Zanone* ..... 69
- Dynamiques de coordination de l'écriture chez l'enfant de 7 à 11 ans  
*J. Danna, F. Enderli, P-G. Zanone* ..... 70
- Interactions segmentaires au cours du départ en starting-blocks : analyse de la vitesse angulaire 3D et de l'énergie cinétique chez des sprinteurs élités  
*A. Bonnefoy-Mazure, J. Slawinski, G. Ontanon, J-M. Levêque, A. Riquet, C. Miller, L. Chêze, R. Dumas* ..... 71
- Les prédicteurs des résultats à court et long terme du transfert du rectus femoris chez les enfants présentant une paralysie cérébrale et une marche avec réduction de la flexion du genou en phase d'oscillation  
*T. Haumont, D. Thawrani, C. Church, L. Jr Holmes, T. Niiler, K. Dabney, F. Miller* ..... 72

---

# MOUVEMENT ET CERVEAU

---

• <b>Neuroanatomie et mouvement</b>	
<i>B. Debû</i> .....	10
• <b>Organisation centrale du mouvement</b>	
Pointage d'une cible à la limite de l'espace péri personnel : Whole Body Reaching (WBR)	
<i>T. Pozzo</i> .....	11
• <b>Organisation périphérique du mouvement</b>	
De la perception inconsciente à l'auto-optimisation ; quels enseignements sur le mouvement ?	
<i>P. Moretto</i> .....	12
• <b>Contrôle moteur et coordination</b>	
<i>B. Bardy</i> .....	3
• <b>Apprentissage moteur ou apprentissage du mouvement</b>	
L'apprentissage moteur : de la coordination spontanée à la coordination experte	
<i>D. Delignières</i> .....	14
• <b>Maturation avec l'âge</b>	
Construction du contrôle postural au cours de l'ontogénèse : concepts et résultats expérimentaux chez l'enfant et l'adolescent	
<i>C. Assaiante</i> .....	15
• <b>Plasticité cérébrale et mouvement</b>	
Plasticité cérébrale post-lésionnelle et motricité	
<i>P. Marque</i> .....	16
• <b>Restauration des fonctions motrices, neuroprothèses motrices</b>	
Le codage du mouvement volontaire et les neuroprothèses motrices	
<i>C. Joffrais</i> .....	19

## Neuroanatomie et mouvement

**Bettina DEBÛ, Pr**

*Professeure à l'Université Joseph Fourier  
Grenoble (38)*

Dès la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, Jackson avait proposé un modèle d'organisation hiérarchique des structures du contrôle moteur, où les mouvements réflexes, la motricité la plus rudimentaire, seraient contrôlés principalement par le plus bas niveau du système nerveux central, la moelle épinière, tandis que les mouvements les plus élaborés, les mouvements volontaires flexibles, adaptables et modulés par l'apprentissage, seraient gouvernés par les aires corticales prémotrices et associatives.

Dans ce modèle, le niveau sous-cortical, cervelet, ganglions de la base et tronc cérébral, préside au contrôle des mouvements automatisés et sur-appris. Si nombre d'arguments expérimentaux sont venus étayer ce modèle général, l'observation du développement moteur de l'enfant et celle des pathologies motrices affectant notamment les mouvements automatisés tels que la marche conduisent à le nuancer. Ainsi, les réflexes du nouveau-né ne sont pas aussi stéréotypés qu'il y paraît et la maturation des structures nerveuses ne saurait par elle-même rendre compte des progrès moteurs des premières années. L'évolution des compétences motrices de l'enfant dépend largement aussi de l'évolution des caractéristiques corporelles et des contextes environnementaux.

Chez l'adulte, les travaux actuels démontrent l'influence du (dys)fonctionnement cognitif et des émotions sur la marche, qui ne peut dès lors plus être considérée comme une simple activité motrice automatisée. Le choix nécessaire, pour nombre de patients ou de sujets âgés, entre parler et marcher atteste de son coût attentionnel, tout comme le ralentissement observé chez l'adulte sain exécutant une tâche cognitive tout en marchant. Cette « pénétrabilité » cognitive des actes moteurs automatisés est corroborée par des travaux en imagerie cérébrale qui montrent que les circuits sous-jacents sont beaucoup plus complexes qu'un simple modèle hiérarchique peut le laisser croire. Ainsi, l'activité corticale frontale et pariétale augmente pendant la marche.

Planifier, générer et contrôler des mouvements implique donc de multiples structures corticales et sous-corticales. Compte-tenu du nombre de fonctions servies par la motricité (orientation et déplacement, expression, construction, prise d'information ou encore évitement et protection), il n'est finalement guère surprenant de constater qu'un grand nombre de structures cérébrales est dévolu à son contrôle.

## Pointage d'une cible à la limite de l'espace péri personnel : Whole Body Reaching (WBR)

**Thierry POZZO, Pr**

*INSERM, U887*

*Motricité-Plasticité, Université de Bourgogne*

*Campus Universitaire, UFR STAPS*

*Dijon (21)*

L'objectif de l'étude exposée est ici de mieux comprendre comment les voies cortico-spinales modulent les composantes spatiales et posturales du mouvement.

Au cours d'un pointage d'une cible à la limite de l'espace péri personnel, le SNC doit spécifier la trajectoire de la main vers la cible et maintenir en même temps le centre de masse à l'intérieur de la base de sustentation.

Cette situation pose un ensemble de questions non résolues : les lois gouvernant la formation des trajectoires du bras s'appliquent-elles à ce type de tâche complexe ? Comment sont intégrées les contraintes d'équilibre dans la planification de la trajectoire de la main vers la cible ? Existe-t-il une représentation macroscopique (sous la forme de primitives motrices) au niveau spinal et supraspinal des composantes focales et posturales de la tâche ? Si c'est le cas, ces composantes peuvent-elles être combinées de manière flexible pour produire des mouvements plus complexes et répondre aux modifications du contexte mécanique du mouvement (vitesse, surface de la base d'appui, absence de force gravitaire, état sensoriel initial...) ?

Il est en effet courant de dissocier les composantes statique (tonique/équilibre) et dynamique (phasique/mouvement volontaire) et donc de concevoir les deux composantes dans des contrôleurs séparés. L'objet de ce travail est de mieux comprendre l'intégration nerveuse de ces 2 composantes de l'action.

Une analyse réalisée dans l'espace des angles révèle un couplage angulaire lors de l'exécution d'une tâche de pointage à la limite de l'espace péri personnel (Berret et al. 2009).

La deuxième étude vérifie l'existence d'un tel couplage au niveau de l'espace musculaire dont la dimension est encore plus importante.

## De la perception inconsciente à l'auto-optimisation ; quels enseignements sur le mouvement ?

**Pierre MORETTO, Pr**

*Professeur des Universités*

*Laboratoire d'Adaptation Perceptivo-Motrices et Apprentissage (LAPMA, EA 3691)*

*Université Paul Sabatier, Toulouse III (31)*

Si l'organisation périphérique du mouvement doit être différenciée de l'organisation centrale, ce sera pour mettre l'accent sur l'influence inconsciente de notre perception d'une situation ou d'un environnement sur l'organisation de l'habileté motrice.

Dans le cadre d'études consacrées à la locomotion, des différences de comportement révèlent une régulation périphérique du mouvement destinée à optimiser la stabilité, l'équilibre, les contraintes articulaires, le coût énergétique et/ou les effets d'une déficience [1].

L'identification de ces critères d'auto-optimisation de la locomotion pose de nombreuses questions à qui veut modifier, corriger ou reproduire une habileté.

Plusieurs axes de recherche consacrés au mouvement s'inspirent de cette approche et permettent, par exemple, le développement de :

1. l'analyse adimensionnelle [2] ;
2. d'appareils et méthodes de rétro-information [3] ;
3. du contrôle optimal inverse en robotique humanoïde [4].

### **RÉFÉRENCES :**

[1] Jeng S-F., Holt K.G and Fetters L. 1993, A new approach to movement control in children with cerebral palsy. (Integration of dynamical systems and self-optimization), *Physical Therapy Practice*, 2(4), 19-29.

[2] Delattre N., Lafortune M.A., Moretto P. 2009, Dynamic similarity and dimensionless approach to running : about Froude and Strouhal numbers, *J of Biomech* 42; 312-318.

[3] Descatoire A., Thevenon A., Moretto P. 2009, Baropodometric Information Return Device (B.I.R.D) for foot unloading, *Medical Engineering and Physics*; 41 (5), 607-613.

[4] Katja Mombaur, 2009, Using optimization to create self-stable human-like running, *Robotica*, 27(3), 321-330.

## Contrôle moteur et coordination

**Benoît BARDY, Pr**

*Laboratoire Efficience et Déficience Motrices  
Université Montpellier 1 (34)*

One of the major challenges movement scientists face is to uncover the complex causal linkages between perceptual and motor components, between biological and psychological states, between (neuro-) physiological structures and (behavioural) functions. When we stand, reach, locomote, orient or manipulate, the  $10 \times 3$  muscles,  $10 \times 2$  joints and  $10 \times 14$  neurons that approximately compose the human body constitute a complex and redundant system (e.g., Turvey, 1990). A large ensemble of sensory receptors transmit during these movements a great deal of signals to a multiple numbers of nervous locations and structures, in a way that remain largely unknown, even if recent progress have been made in the field of neuroscience (e.g. Marsden et al., 2000) thanks to IRMf and EEG technologies. In spite of (or thanks to) this huge number of afferent and efferent interacting elements, our daily movements or skilled behaviours are fluid, efficient, coordinated, and they rarely require the continuous contribution of high-level cognitive structures. How the numerous degrees of freedom that compose the high dimensional elementary spaces – muscles, joints, segments, sensory receptors – are compressed by the central nervous system into low-dimensional control structures producing stable yet flexible behaviours is our main research question. This presentation will present contemporary tools used by movement scientists to understand how we assemble (or disassemble) the numerous sensori-motor degrees of freedom of the body into functional (or dysfunctional), efficient (or deficient), stable (or unstable) coordinative structures. The basic knowledge of the various physiological or control structures, together with the neuromuscular, dynamical, or biomechanical constraints that shape them, is a necessary but insufficient condition to reach this goal, which requires the successful integration of these various sensori-motor levels. Exemples will be given in the field of postural and locomotor control in humans and humanoids.

## L'apprentissage moteur : de la coordination spontanée à la coordination experte

**Didier DELIGNIÈRES, Pr**

EA 2991 *Efficienc e et Déficienc e Motrices*

*Université Montpellier 1*

*Montpellier (34)*

L'apprentissage moteur a longtemps été étudié dans le cadre de tâches simples, au travers de l'évolution de variables de performance telles que le temps de réaction, le temps moteur, ou l'erreur au but prescrit. Paradoxalement peu de travaux ont porté sur l'acquisition de la coordination ou du mouvement en tant que tels. L'objectif de cette communication est de rendre compte d'une série de travaux qui ont tenté, dans le cadre conceptuel de l'approche dynamique des coordinations motrices, de rendre compte de l'évolution des coordinations lors de l'apprentissage d'une habileté complexe.

Ces travaux ont permis de tracer le décours complet de l'acquisition progressive de la coordination experte :

- Le comportement du débutant est caractérisé par l'adoption de modes spontanés de coordination, qui semblent déterminés par des principes très généraux de coordination, et notamment par la synchronisation des fréquences et des points de revirement.

- Durant une phase initiale, ce comportement spontané est exploité de manière consistante et stabilisé par le sujet. Le mode de coordination spontané présente une certaine résistance au changement et de ce fait cette phase initiale peut être relativement longue.

- Une seconde étape est marquée par une transition du comportement débutant au comportement expert. Cette transition n'est ni abrupte (passage brusque au comportement expert), ni progressive (adoption par étape du comportement expert, par une série de comportements intermédiaires), mais se présente comme une phase d'alternance, au cours de laquelle comportements novice et expert sont exploités alternativement d'essai en essai, et parfois au cours du même essai.

- Enfin une troisième phase est caractérisée par l'adoption définitive de la coordination experte. Cette coordination, souvent plus complexe que la précédente, est caractérisée par une grande efficacité énergétique, et par l'exploitation optimale des forces passives de l'environnement.

Ces travaux permettent de jeter un regard nouveau sur l'acquisition des habiletés motrices, sur le comportement du débutant, et sur la coopération entre comportement débutant et comportement expert dans le décours de l'apprentissage.

### RÉFÉRENCES :

- Caillou, N., Nourrit, D., Deschamps, T., Lauriot, B. & Delignières, D. (2002). Overcoming spontaneous patterns of coordination during the acquisition of a complex balancing task. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 56, 284-294.
- Delignières, D., Nourrit, D., Sioud, R., Leroyer, P., Zattara, M. & Micaleff, J.P. (1998). Preferred coordination modes in the first steps of the learning of a complex gymnastics skill. *Human Movement Science*, 17, 221-241.
- Nourrit, D., Lauriot, B., Deschamps, T., Caillou, N. & Delignières, D. (2000). The effects of required amplitude and practice on frequency stability and efficiency in a cyclical task. *Journal of Sport Sciences*, 18, 1-12.
- Nourrit, D., Delignières, D., Caillou, N., Deschamps, T., & Lauriot, B. (2003) On discontinuities in motor learning: A longitudinal study of complex skill acquisition on a ski-simulator. *Journal of Motor Behavior*, 35, 151-170.
- Teulier, C. & Delignières, D. (2007). The nature of the transition between novice and expert behavior during learning to swing. *Human Movement Science*, 26, 376-392.
- Teulier, C., Nourrit D. & Delignières, D. (2006). The evolution of oscillatory behavior during learning on a ski-simulator. *Research Quarterly in Exercise and Sport*, 77, 464-475.



## Construction du contrôle postural au cours de l'ontogénèse : concepts et résultats expérimentaux chez l'enfant et l'adolescent

**Christine ASSAIANTE, Dr**

*Groupe DPA, Pôle 3C  
UMR 6149, Université de Provence & CNRS  
Centre St Charles  
Marseille (13)*

La construction chez l'enfant et l'adolescent des représentations internes qui comprend le développement du schéma corporel, de la mémoire sensori-motrice et du répertoire des stratégies posturales, constitue le fil conducteur de mes travaux. L'originalité de mon approche scientifique réside en une approche fonctionnelle du développement moteur qui résulte de la maîtrise progressive au cours de l'enfance :

1. de la fonction de coordination entre posture et mouvement;
2. de la fonction d'anticipation qui permet de prédire les effets perturbateurs liés au mouvement sur la base d'une représentation interne;
3. de la fonction d'adaptation qui permet de prendre en compte le contexte environnemental dans lequel se déroule l'action.

L'étude de la coordination entre posture et mouvement m'a conduit à déterminer l'organisation spatiale et temporelle des différents segments corporels engagés dans l'action afin de préserver le contrôle de l'équilibre et l'efficacité du geste. Les diverses stratégies d'équilibre adoptées par les enfants de même que par les adultes reposent sur deux principes fonctionnels :

1. le choix d'un référentiel stable (stabilisation d'un segment corporel) à partir duquel s'organise le contrôle de l'équilibre;
2. la maîtrise progressive des degrés de liberté des différentes articulations du corps.

L'application de ces deux principes fonctionnels implique également une maîtrise de l'organisation temporelle des stratégies d'équilibre. L'organisation temporelle peut être soit ascendante (depuis les pieds jusqu'à la tête) soit descendante (depuis la tête jusqu'aux pieds) en fonction du choix du référentiel stable.

Sur la base de ces principes fonctionnels et des différents résultats expérimentaux collectés sur le développement des coordinations intersegmentaires, nous avons élaboré un modèle ontogénétique simple et heuristique de la construction des stratégies d'équilibre depuis la naissance jusqu'à l'âge adulte (Assaiante et Amblard, 1995). Ce modèle ontogénétique, présente l'avantage d'offrir un cadre cohérent de résultats scientifiques et de réflexions théoriques qui permet de mieux comprendre l'apprentissage et la maîtrise des capacités d'équilibre au cours de l'ontogénèse, en insistant tout particulièrement sur l'évolution des modes de contrôle et l'existence de périodes dites « charnières » au cours du développement moteur, telles que 6/7 ans et l'adolescence.

Si la première étape pour l'enfant consiste à construire les éléments de son répertoire de stratégies motrices, la deuxième étape consiste à apprendre à sélectionner les éléments pertinents de ce répertoire, en fonction de l'activité à exécuter et du contexte environnemental.

Enfin, le couplage précoce perception/action est un atout de choix pour le développement de l'action, et de la représentation de l'action, y compris dans sa dimension sociale, et ceci tout au long de l'ontogénèse.

## Plasticité cérébrale post-lésionnelle et motricité

**Philippe MARQUE, Pr**

*Service de MPR, CHU Rangueil Toulouse (31)*

*Unité 825 Inserm « handicaps neurologiques et imagerie fonctionnelle »*

La plasticité cérébrale correspond à l'ensemble des mécanismes cérébraux qui permettent au cerveau d'adapter son fonctionnement afin de répondre à une situation nouvelle. Elle englobe tous les changements durables des propriétés cérébrales, telles que la force des connexions internes, les propriétés morphologiques ou fonctionnelles des réseaux neuronaux [23].

La survenue d'une lésion cérébrale telle qu'un AVC responsable d'une hémiplégie, constitue par définition une situation nouvelle mettant en jeu ces phénomènes. Les cliniciens ont observé depuis plusieurs décennies la récupération progressive et incomplète de la paralysie motrice suivant un AVC [9,10].

Mais ce sont les travaux de neuroimagerie fonctionnelle [12] qui ont permis de visualiser le substratum anatomique de ces phénomènes de plasticité cérébrale. Ces travaux [13] ont par ailleurs montré que tous les mécanismes de suppléance ne donnaient pas des résultats équivalents : la réorganisation des circuits moteurs autour de la lésion autorise une récupération de meilleure qualité que la réorganisation à partir de l'hémisphère non lésé controlatéral. Ces phénomènes plastiques ne sont l'apanage d'aucune structure en particulier mais sont largement distribués à tous les étages des réseaux neuronaux impliqués dans le contrôle moteur : de la moelle épinière au cortex [1,14]. En outre, ces phénomènes de plasticité regroupent des mécanismes cellulaires dont la cinétique est différente : les mécanismes de vicariance ou de démasquage de réseaux sont rapides alors que les phénomènes de renforcement synaptique ou de bourgeonnement sont probablement plus lents [17]. Par ailleurs des études réalisées en TMS [16] et en fMRI [13] ont permis de montrer que la plasticité cérébrale pouvait aussi avoir des effets délétères : l'apparition d'une lésion de MI est responsable d'un déséquilibre de la balance inhibitrice inter-hémisphérique au détriment de l'hémisphère lésé qui peut entraîner une majoration du déficit moteur. Enfin comme dans les mécanismes d'apprentissage décrit au cours du développement de l'organisme, il semble exister une période critique pour la mise en place de ces phénomènes de plasticité cérébrale post-lésionnelle. Cette période critique déjà individualisée par les études cliniques [9,10] a fait l'objet de travaux spécifiques récents sur les modèles animaux [17].

La possibilité de guider la plasticité post-lésionnelle constitue donc un enjeu thérapeutique essentiel pour ces patients. La rééducation telle qu'elle est actuellement pratiquée permet d'avoir une meilleure récupération que l'évolution spontanée [10]. La précocité de la prise en charge, le rythme des séances et le caractère pluridisciplinaire et coordonné de l'équipe de rééducation sont les éléments identifiés de longue date de cette efficacité [21]. Néanmoins cette prise en charge s'appuie sur une approche avant tout empirique et les concepts qui guident les pratiques de kinésithérapie ne résistent pas à une analyse critique [10]. Il est donc indispensable de se tourner vers les sciences plus fondamentales pour identifier les facteurs permettant de contrôler les mécanismes de la plasticité cérébrale. Les modèles animaux de milieu enrichi chez le rat [17] et de mouvement contraint chez le singe [19,20] ont bien démontré que la plasticité cérébrale post-lésionnelle était avant tout dépendante de l'usage du membre. Les travaux chez le singe ont par ailleurs montré que la sous-utilisation du membre supérieur consécutive à la paralysie post-lésionnelle était responsable d'un phénomène de plasticité négative au détriment de la motricité distale de ce membre [18]. Ces travaux ont débouché chez l'homme sur le développement des techniques de thérapie contrainte [26]. Enfin, lorsqu'aucun mouvement n'est possible, les stimulations proprioceptives (mobilisations passives) jouent probablement un rôle fondamental dans la réorganisation post-lésionnelle des circuits moteurs [3,7]. Ces différents éléments réunis ont fait émerger un ensemble de programmes de rééducation du membre supérieur après AVC basés sur l'utilisation de la robotique [2].

En dehors de la répétition de mouvements, les stimulations cérébrales non invasives peuvent être utilisées. La TMS a permis de décrire les 2 principaux modèles de plasticité cérébrale motrice chez le sujet sain : plasticité dépendante de l'usage [6], apprentissage hebbien par stimulations couplées [25]. Il était donc naturel que les chercheurs aient choisi ce type de stimulations pour guider la plasticité cérébrale post-lésionnelle. La rTMS ou TMS répétitive à basse fréquence (1 Hz) appliquée sur l'hémisphère sain permet de réduire l'inhibition trans-callosale vers l'hémisphère lésé [22]. Le tDCS (transcranial direct current stimulation) ou courant galvanique pourrait être un modulateur de la plasticité cérébrale après AVC [8]. Les stimulations couplées ou PAS (paired associative stimulations) ont été évaluées en session unique chez des patients victimes d'AVC [4].

Enfin, depuis peu, le rôle des facteurs limitant la plasticité cérébrale a été souligné. Il existe tout d'abord des mécanismes généraux de contrôle interne visant à limiter l'ampleur des modifications possibles à chaque séance de stimulation [24]. L'effet sur la récupération de ces mécanismes d'homéostasie cérébrale reste encore à étudier dans les suites d'une lésion cérébrale. La réduction liée à l'âge de la plasticité cérébrale a été mise en évidence au niveau du cortex moteur [15]. Enfin il existe une forte variabilité inter-individuelle dans la réponse aux modèles de plasticité cérébrale en particulier par PAS. Récemment, une équipe [5] a montré que cette variabilité dans la réponse de sujets sains était statistiquement liée au polymorphisme du gène d'un facteur neurotrophique, le BDNF. Ce type de susceptibilité génétique pourrait aussi expliquer les différences que l'on peut observer dans la récupération de patients pourtant porteurs de lésions identiques.

L'étude des mécanismes qui amplifient ou limitent la plasticité cérébrale est donc essentielle au développement des techniques de rééducation qui permettront demain de mieux contrôler la récupération de la motricité après lésion cérébrale. De nouveaux concepts ont vu récemment le jour. Ces différents modèles restent encore au stade préclinique et leur validation en situation clinique dans le cadre d'études contrôlées reste un préalable indispensable à une plus large diffusion.

### BIBLIOGRAPHIE :

- [1] Adkins, D., J. Boychuk, et al. (2006). "Motor training induces experience-specific patterns of plasticity across motor cortex and spinal cord." *Journal of Applied Physiology* 101 (6): 1776.
- [2] Bovolenta, F., M. Goldoni, et al. (2009). "Robot therapy for functional recovery of the upper limbs : a pilot study on patients after stroke." *J Rehabil Med* 41 (12): 971-5.
- [3] Carel, C., I. Loubinoux, et al. (2000). "Neural substrate for the effects of passive training on sensorimotor cortical representation: a study with functional magnetic resonance imaging in healthy subjects." *J Cereb Blood Flow Metab* 20(3): 478-84.
- [4] Castel-Lacanal, E., P. Marque, et al. (2009). "Induction of cortical plastic changes in wrist muscles by paired associative stimulation in the recovery phase of stroke patients." *Neurorehabil Neural Repair* 23(4): 366-72.
- [5] Cheeran, B., P. Talelli, et al. (2008). "A common polymorphism in the brain-derived neurotrophic factor gene (BDNF) modulates human cortical plasticity and the response to rTMS." *J Physiol (Lond)* 586(Pt 23): 5717-25.
- [6] Classen, J., J. Liepert, et al. (1998). "Rapid plasticity of human cortical movement representation induced by practice." *Journal of Neurophysiology* 79(2): 1117-23.
- [7] Dechaumont-Palacin, S., P. Marque, et al. (2008). "Neural correlates of proprioceptive integration in the contralesional hemisphere of very impaired patients shortly after a subcortical stroke: an fMRI study." *Neurorehabil Neural Repair* 22(2): 154-65.
- [8] Hummel, F., P. Celnik, et al. (2005). "Effects of non-invasive cortical stimulation on skilled motor function in chronic stroke." *Brain* 128(Pt 3): 490-9.
- [9] Jorgensen, H. S., H. Nakayama, et al. (1995). "Outcome and time course of recovery in stroke. Part I : Outcome. The Copenhagen Stroke Study." *Arch Phys Med Rehabil* 76(5): 399-405.

- [10] Kwakkel, G., B. Kollen, et al. (2006). "Impact of time on improvement of outcome after stroke." *Stroke* 37(9): 2348-53.
- [11] Kwakkel, G., R. van Peppen, et al. (2004). "Effects of augmented exercise therapy time after stroke: a meta-analysis." *Stroke* 35(11): 2529-39.
- [12] Loubinoux, I., C. Carel, et al. (2003). "Correlation between cerebral reorganization and motor recovery after subcortical infarcts." *Neuroimage* 20(4): 2166-80.
- [13] Loubinoux, I., S. Dechaumont-Palacin, et al. (2007). "Prognostic value of FMRI in recovery of hand function in subcortical stroke patients." *Cereb Cortex* 17(12): 2980-7.
- [14] Meunier, S., H. Russmann, et al. (2007). "Changes in spinal excitability after PAS." *Journal of Neurophysiology* 97(4): 3131-5.
- [15] Müller-Dahlhaus, J. F. M., Y. Orekhov, et al. (2008). "Interindividual variability and age-dependency of motor cortical plasticity induced by paired associative stimulation." *Exp Brain Res* 187(3): 467-75.
- [16] Murase, N., J. Duque, et al. (2004). "Influence of interhemispheric interactions on motor function in chronic stroke." *Ann Neurol* 55(3): 400-9.
- [17] Murphy, T. H. and D. Corbett (2009). "Plasticity during stroke recovery: from synapse to behaviour." *Nat Rev Neurosci* 10(12): 861-72.
- [18] Nudo, R. J. and G. W. Milliken (1996). "Reorganization of movement representations in primary motor cortex following focal ischemic infarcts in adult squirrel monkeys." *J Neurophysiol* 75(5): 2144-9.
- [19] Nudo, R. J., G. W. Milliken, et al. (1996). "Use-dependent alterations of movement representations in primary motor cortex of adult squirrel monkeys." *J Neurosci* 16(2): 785-807.
- [20] Nudo, R. J., B. M. Wise, et al. (1996). "Neural substrates for the effects of rehabilitative training on motor recovery after ischemic infarct." *Science* 272(5269): 1791-4.
- [21] Ottenbacher, K. J. and S. Jannell (1993). "The results of clinical trials in stroke rehabilitation research." *Arch Neurol* 50(1): 37-44.
- [22] Ridding, M. C. and J. C. Rothwell (2007). "Is there a future for therapeutic use of transcranial magnetic stimulation?" *Nat Rev Neurosci* 8(7): 559-67.
- [23] Sanes, J. N. and J. P. Donoghue (2000). "Plasticity and primary motor cortex." *Annu. Rev. Neurosci.* 23: 393-415.
- [24] Siebner, H. R., N. Lang, et al. (2004). "Preconditioning of low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation with transcranial direct current stimulation: evidence for homeostatic plasticity in the human motor cortex." *Journal of Neuroscience* 24(13): 3379-85.
- [25] Stefan, K., E. Kunesch, et al. (2000). "Induction of plasticity in the human motor cortex by paired associative stimulation." *Brain* 123 Pt 3: 572-84.
- [26] Taub, E., G. Uswatte, et al. (2006). "A placebo-controlled trial of constraint-induced movement therapy for upper extremity after stroke." *Stroke* 37(4): 1045-9.

## **Le codage du mouvement volontaire et les neuroprothèses motrices**

**Christophe JOUFFRAIS, Dr**

*CR CNRS, IRIT - UMR5505 CNRS et Université de Toulouse (31)*

Depuis la fin des années 1960, la neurophysiologie comportementale a permis de comprendre l'organisation du système moteur des primates, ainsi que de déchiffrer une partie du code neural qui permet d'effectuer les mouvements volontaires. Après un rappel rapide des aires corticales impliquées dans le contrôle du mouvement volontaire et notamment dans le contrôle du mouvement de la main dirigé vers une cible visuelle, je décrirai la théorie du codage du mouvement par population neuronale. J'expliquerai alors comment ces avancées fondamentales sur le codage du mouvement furent à la base d'une série de travaux récents portant sur les interfaces cerveau-machine et les neuroprothèses motrices. Les résultats de ces dernières années montrent qu'il est possible pour un patient lourdement handicapé (tétraplégie suite à une atteinte spinale cervicale par exemple) de contrôler par la pensée différents artefacts tels que bras de robot, curseur d'ordinateur, fauteuil roulant, etc.

---

## AUTRES COMMUNICATIONS

---

- Forces gravito-inertielles et contrôle des mouvements du bras  
*J. Gaveau, B. Berret, T. Pozzo, C. Papaxanthis* ..... 21
- Analyse Comparative des facteurs périnataux, postnatals et de la motricité spontanée chez l'extrême prématuré  
*M. Zahed-Cheikh, V. Brévaut-Malaty, M. Busuttill, A-S. Monnier, M. Roussel, C. Gire* ..... 22
- Influence du contexte émotionnel sur l'initiation d'un simple pas  
*L. Coudrat, T. Gélat, A. Le Pellec* ..... 23

## Forces gravito-inertielles et contrôle des mouvements du bras

Jérémie GAVEAU<sup>1</sup>, Bastien BERRET<sup>2</sup>,  
Thierry POZZO<sup>1</sup>, Charalambos PAPAXANTHIS<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INSERM U887 « Motricité-Plasticité », Dijon (21)

<sup>2</sup> Italian Institute of technology, Gènes - ITALIE

**MOTS CLÉS :** *gravité, plan moteur, mouvement du bras, cinématique, électromyographie*

### INTRODUCTION :

De nombreuses études ont proposées que le système nerveux central construit une représentation interne de la force de gravité et qu'il l'utilise pour le contrôle des mouvements du corps. Le niveau d'intégration de cette force lors de la réalisation d'un mouvement reste cependant une question ouverte. La force de gravité est-elle intégrée à un haut niveau de représentation du mouvement ?

L'intégration de la gravité dans l'étape de planification prédit des changements permanents dans la cinématique des mouvements après adaptation à la microgravité (0g) : en absence de gravité un nouveau plan moteur doit être créé. Au contraire, si les effets mécaniques de la force gravitaire sont juste intégrés (compensés) au niveau de l'étape de programmation, des patterns cinématiques similaires devraient être observés en 1g et en 0g après adaptation. L'objectif de cette étude est donc de comprendre à quel stade de la réalisation d'un mouvement la gravité est prise en compte.

### MÉTHODOLOGIE :

Afin de tester ces hypothèses, nous avons investigué les adaptations sensori-motrices des mouvements verticaux du bras (cinématique et électromyographie) en conditions de microgravité (vols paraboliques). L'analyse des résultats a porté sur deux paramètres principaux : le temps relatif au pic de vitesse (durée d'accélération divisée par la durée totale du mouvement) et le temps relatif au premier pic de bouffée agoniste (moment d'apparition de la bouffée AG1 divisé par la durée totale du mouvement). Six sujets ont réalisés des pointages verticaux du bras (un degré de liberté) dans deux directions : vers le haut et vers le bas ; en 1g et en 0g ; amplitude : 60° ; durée : 450ms.

### RÉSULTATS :

L'analyse des données en 1g montre des patterns électromyographiques et cinématiques différents pour les mouvements ascendants et descendants. Précisément, les temps relatifs au pic de vitesse (rTPV) et au premier pic de bouffée agoniste (AG1) sont plus importants vers le haut que vers le bas. Ces différences en 1g, qui suggèrent l'intégration de la force gravitaire dans le plan moteur (utilisée pour décélérer et accélérer les mouvements ascendants et descendants), disparaissent en 0g. Les sujets adaptent leurs commandes motrices et produisent des patterns symétriques, ce qui indique l'élaboration d'un nouveau plan moteur en l'absence de gravité.

### CONCLUSION :

Nous concluons que le système nerveux central intègre la force gravitaire dans les processus de planification des mouvements verticaux du bras.

## Analyse Comparative des facteurs périnataux, postnataux et de la motricité spontanée chez l'extrême prématuré

Meriem ZAHED-CHEIKH, Véronique BRÉVAUT-MALATY, Muriel BUSUTTIL,  
Anne-Sophie MONNIER, Michel ROUSSEL, Catherine GIRE

Département de pédiatrie, Hôpital Nord, Université de la Méditerranée, Marseille (13)

**MOTS CLÉS :** motricité spontanée, paralysie cérébrale, facteurs périnataux

### INTRODUCTION :

Apprécier la gravité de l'atteinte neurologique, en évaluer le pronostic est une préoccupation majeure des néonatalogues. L'objectif de l'étude était de décrire la motricité spontanée d'extrême prématuré et d'examiner les corrélations avec les facteurs de morbidité anténatale, périnatale et postnatale.

### MATÉRIEL & MÉTHODE :

Étude prospective monocentrique. Dix neuf patients suivis. Les mouvements spontanés des enfants étaient analysés par enregistrements vidéo graphiques. L'analyse était qualitative et quantitative. La qualité des « General movement » et les scores obtenus étaient ensuite corrélés aux facteurs anténataux (menace d'accouchement prématuré, le contexte de naissance, la corticothérapie anténatale, le mode d'accouchement) périnataux (l'âge gestationnel, le poids, l'adaptation à la naissance, les modalités de réanimations) et postnataux (complications de la prématurité, l'ETF, l'EEG et l'IRM cérébrale).

### RÉSULTATS :

La motricité des enfants grands prématurés durant la période des « Writhing movement » (Wm) est fluctuante, elle est souvent pauvre. Nous n'avons pas retrouvé de corrélations entre les Wm et les facteurs anténataux. L'âge gestationnel était corrélé à la qualité des Wm. Ils étaient corrélés aux facteurs de morbidité postnataux tels que la Dysplasie broncho-pulmonaire et la présence d'infection nosocomiale.

L'analyse de la motricité à 3 mois d'âge corrigé était corrélée aux facteurs postnataux tels que l'ETF, l'IRM et l'EEG mais aussi au suivi neurologique.

### CONCLUSION :

L'analyse de la motricité spontanée chez le grand prématuré doit se faire avec prudence. Les Wm peuvent être influencés par la morbidité périnatale et probablement par la grande immaturité cérébrale de ces enfants. Les Wm sont corrélés à la bronchodysplasie et aux infections nosocomiales.

En revanche l'analyse globale de la motricité à 3 mois d'âge corrigé est un bon moyen de dépistage de troubles neurologiques chez ces enfants.

### BIBLIOGRAPHIE :

- Garcia JM, Gherpelli JL, Leone CR. The role of spontaneous general movement assessment in the neurological outcome of cerebral lesions in preterm infants. *J Pediatr (Rio J)* 2004; 80 e.g. 296-304
- Prechtl HFR, Einspieler C, Cioni G, Bos AF, Ferrari F, Sontheimer D. An early marker for neurological deficits after perinatal brain lesions. *Lancet* 1997; 349 e.g. 1361-1363
- Einspieler C, Prechtl HFR, Ferrari F, Cioni G, Bos AF. The qualitative assessment of general movements in preterm, term and young infants - review of the methodology.
- *Early Hum Dev* 1997; 50 e.g. 47-60
- Burger M, Louw Q A et al. The predictive validity of general movements. A systematic review. *Eur j of paediatric neurology* 2008; e.g. 1-13
- Butcher P, Braeckel K, Bouma A, Einspieler C, Stremmelar E, Bos A. The quality of preterm infants' spontaneous movements: an early indicator of intelligence and behaviour at school age. *Journal of child psychology and psychiatry* 2009



## Influence du contexte émotionnel sur l'initiation d'un simple pas

Laure COUDRAT, Thierry GÉLAT, Armande LE PELLEC

Université Paris Ouest Nanterre La Défense  
Centre de Recherches sur le Sport et le Mouvement  
UFR STAPS  
Nanterre (92)

**MOTS CLÉS :** *contrôle moteur, émotion, initiation de la marche*

Notre objectif principal était d'étudier l'influence du contexte émotionnel sur l'organisation d'un mouvement intentionnel de l'ensemble du corps : l'initiation d'un simple pas.

Selon la théorie biphasique des émotions (Lang et al, 1997), le déclenchement du mouvement est facilité (temps de réaction plus court) lorsqu'il est congruent avec le système motivationnel activé (appétitif/défensif), c'est-à-dire lorsqu'un mouvement d'approche est réalisé dans un contexte plaisant et un mouvement d'évitement dans un contexte déplaisant.

Dix-huit jeunes femmes en bonne santé ont réalisé deux conditions: congruente (CO) et non congruente (NCO). Neuf d'entre elles ont réalisé la séquence CO puis NCO (groupe A) alors que les neuf autres ont réalisé la séquence NCO puis CO (groupe B).

En CO, un simple pas vers l'avant (approche) ou vers l'arrière (évitement) devait être réalisé lorsque l'image était jugée respectivement plaisante ou déplaisante. En NCO, la consigne était opposée. Les conditions d'équilibre initial, les ajustements posturaux anticipés (APA), la durée du mouvement, le pic de vitesse, ainsi que la longueur du pas ont été étudiés pour les deux mouvements.

Les résultats montrent une facilitation du mouvement uniquement pour les sujets du groupe B. Cet effet se traduit, dans la condition CO comparée à la condition NCO, par une augmentation des APA et une réduction de la durée du mouvement, le pic de vitesse et la longueur du pas n'étant pas modifiés. Cet effet se retrouve aussi bien pour les mouvements vers l'avant que pour les mouvements vers l'arrière. L'ordre de réalisation des conditions semble donc jouer un rôle majeur dans le processus de facilitation du mouvement. Ces résultats peuvent être interprétés au regard de la théorie de la gestion du conflit (Botvinick et al, 2001) pour des tâches cognitives (tâches de Stroop), dans lesquelles l'effet de congruence, c'est-à-dire la différence entre une condition CO et une condition NCO, pour une variable donnée, serait dépendant de l'ordre de réalisation des conditions et de la capacité du sujet à anticiper le conflit inhérent à la condition NCO (Correa et al, 2008).

### RÉFÉRENCES :

- Lang, P.J., Bradley, M.M., Cuthbert, B.N. (1997). Motivated attention : Affect, activation, and action. In P.J. Lang, R.F. Simons, and M.T. Balaban (Eds.), Attention and orienting : Sensory and motivational processes (pp. 97-135). Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- Botvinick, M. M., Braver, T. S., Barch, D. M., Carter, C. S., Cohen, J. D. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review*, 108, 624-652.
- Correa, A., Rao, A., Nobre, A.C. (2008). Anticipating conflict facilitates controlled stimulus-response selection. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21:8, 1461-1472.

---

# MÉTHODOLOGIE - INGÉNIERIE

---

- Utilisation d'un système de coordonnées articulaire non orthogonal pour exprimer les moments articulaires : application à l'épaule et au genou  
*G. Desroches, R. Dumas, W. Samson, L. Chèze* ..... 25
- Estimation du mouvement scapulaire par simple et double calibration : résultats préliminaires  
*M. Lempereur, S. Brochard, O. Rémy-Néris* ..... 26
- Analyse de la marche des enfants paralysés cérébraux par un modèle musculosquelettique  
*T. Rezgui, F. Megrot, D. Gouraud, F. Marin* ..... 27
- Localisation 3D du centre de hanche par mesures cliniques externes utilisant l'inférence statistique : précision et influence du bruit de mesure  
*V. Pomeroy, C. Boulay, C. Tardieu, Y. Glard, E. Viewheger, J-L. Jouve, G. Bollini, M. Jacquemier* ..... 28
- Étude des mécanismes de contrôle du centre de pression selon l'axe médio-latéral chez des sujets sains en conditions d'asymétrie imposées  
*D. Gasq, F. Dal Maso, F. Prince, R. Montoya, D. Amarantini* ..... 29
- Validation d'une méthode de reconnaissance topologique automatique de la marche par une approche couplant magnétomètres et accéléromètres  
*E. Raffin, P. Giraux, S. Bonnet, P. Jallon* ..... 30
- Évaluation en vie quotidienne des performances de marche des patients hémiplégiques  
*P. Giraux, E. Raffin, A-L. Ferrapie, C. Beyaert, J-C. Davier, P-A. Joseph, S. Bonnet* ..... 31
- Découpe automatique des empreintes plantaires chez l'enfant à partir de régressions sur les proportions du pied  
*W. Samson, J. Cavagna, J-L. Chaverot, L. Chèze, R. Dumas* ..... 32

# Utilisation d'un système de coordonnées articulaire non orthogonal pour exprimer les moments articulaires : application à l'épaule et au genou

Guillaume DESROCHES, Raphaël DUMAS, William SAMSON, Laurence CHÈZE

Université de Lyon, LBMC UMR\_T 9406, UCBL-INRETS, Villeurbanne (69)

**MOTS CLÉS** : *dynamique inverse, marche, propulsion en fauteuil roulant*

## INTRODUCTION :

L'utilisation d'un système de coordonnées articulaire (JCS) non orthogonal pour exprimer les moments articulaires est de plus en plus présente dans la littérature. Décrire les angles articulaires et les moments dans le même système de référence pourrait fournir une meilleure compréhension de la biomécanique du mouvement [1]. Toutefois, l'expression des moments dans un repère non orthogonal peut être confuse. L'objectif de ce travail est de présenter une méthode afin d'exprimer les moments articulaires dans un JCS non orthogonal.

## MATÉRIELS & MÉTHODE :

La cinématique et la cinétique de neuf sujets paraplégiques adultes propulsant un fauteuil roulant manuel sur le sol à vitesse confortable et neuf sujets sains adultes marchant à vitesse confortable ont été enregistrées. Les moments articulaires dans le repère global à l'épaule et au genou ont été estimés à l'aide d'une méthode de dynamique inverse [2]. Par la suite, ces moments ont été exprimés dans leur JCS respectif [3, 4] à l'aide du produit mixte [5]. Cette méthode a été comparée (moyenne et maximum RMS) à des projections indépendantes (produits scalaires) sur ces mêmes axes.

## RÉSULTATS :

Les résultats RMS montrent des différences allant de 6 à 22.3 Nm entre les deux méthodes pour l'épaule, tandis que les différences au genou varient entre 0.8 et 3.0 Nm. Généralement, les composantes du moment obtenu par le produit scalaire sont plus faibles que celles obtenues par le produit mixte.

## DISCUSSION - CONCLUSION :

L'expression appropriée des moments articulaires dans un système de coordonnées non orthogonal devrait être utilisée pour permettre la comparaison avec les expressions dans un système de coordonnées global, segmentaire proximal ou distal. En outre, la méthode proposée ici peut être également appliquée à tout vecteur 3D comme la vitesse angulaire ou un vecteur d'attitude spatiale.

## BIBLIOGRAPHIE :

- [1] Schache, A.G. and R. Baker, On the expression of joint moments during gait. *Gait Posture*, 2007. 25(3): p. 440-52.
- [2] Dumas, R., R. Aissaoui, and J.A. de Guise, A 3D generic inverse dynamic method using wrench notation and quaternion algebra. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*, 2004. 7(3): p. 159-166.
- [3] Grood, E.S. and W.J. Suntay, A joint coordinate system for the clinical description of three-dimensional motions: application to the knee. *J Biomech Eng*, 1983. 105(2): p. 136-44.
- [4] Senk, M. and L. Cheze, Rotation sequence as an important factor in shoulder kinematics. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2006. 21 Suppl 1: p. S3-8.
- [5] Cheze, L., Comparison of different calculations of three-dimensional joint kinematics from video-based system data. *J Biomech*, 2000. 33(12): p. 1695-9.

## Estimation du mouvement scapulaire par simple et double calibration : résultats préliminaires

Matthieu LEMPEREUR<sup>1,3</sup>, Sylvain BROCHARD<sup>1,2,3</sup>, Olivier RÉMY-NÉRIS<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Traitement de l'Information Médicale INSERM U650, Brest (29)

<sup>2</sup> Université Européenne de Bretagne, Brest (29)

<sup>3</sup> CHU de Brest, Hôpital Morvan, Service de Médecine Physique et de Réadaptation, Brest (29)

**MOTS CLÉS** : *scapula, cinématique, simple calibration, double calibration*

Lors d'enregistrement de mouvements par système stéréo-photogrammétrique, les marqueurs sont sujets au mouvement de peau et nécessitent une correction [1]. Au niveau de l'épaule, van Andel et al. [2] propose une méthode de mesure basée sur un cluster de marqueurs posé sur l'acromion. Cette méthode repose sur une simple calibration initiale de la scapula puis sur le mouvement du cluster pour en déduire le mouvement de la scapula sous jacente. Elle présente cependant des erreurs en particulier pour les élévations humérales importantes. Nous proposons d'améliorer la mesure de la scapula en ajoutant une seconde calibration à la fin du mouvement comme proposé par Cappello et al. [3] pour le membre inférieur. Notre travail vise donc à comparer la précision de la simple (SC) et de la double calibration (DC). Le mouvement d'élévation du bras droit est enregistré à l'aide du système VICON pour quatre sujets. Le placement des marqueurs suit les recommandations de Wu et al. [4]. En complément de ces marqueurs, un cluster rigide de marqueurs est posé sur la partie plane de l'acromion. La position de la scapula au début et à la fin de chaque mouvement d'élévation est enregistrée par palpation. Le mouvement de la scapula est estimé par la SC en couplant la position initiale et le mouvement du cluster. La DC associe la position initiale et finale de la scapula ainsi que le mouvement du cluster.

Les résultats obtenus par les deux méthodes sont comparés à la palpation à 0°, 20°, 40°, 60°, 80°, 100° et 120° d'élévation humérale.

Les premiers résultats montrent que la SC a tendance à surestimer le mouvement scapulaire contrairement à la DC. En effet, l'erreur moyenne entre le mouvement estimé par la SC et la palpation est supérieure à 5° à partir de 80° d'élévation du bras suivant l'axe X (rotation haut/bas) et Z (bascule antérieure/postérieure). La SC présente une erreur de 5° quelle que soit l'élévation du bras suivant l'axe Y (rotation interne/externe). Pour la DC, l'erreur est inférieure à 5° quels que soient l'axe de rotation de la scapula et l'élévation humérale.

Les résultats préliminaires montrent que la DC permet d'estimer de façon plus précise le mouvement scapulaire même pour une élévation humérale supérieure à 90°. Ces résultats devront être confirmés avec un nombre plus important de sujets.

### BIBLIOGRAPHIE :

- [1] Leardini A. et al., (2005). *Gait Posture*, 21 (2), 212-225.
- [2] van Andel C. et al., (2009). *Gait & Posture*, 29(1), 123-128.
- [3] Cappello A. et al., (2005). *IEEE T Bio-Med Eng*, 52(6), 992-998.
- [4] Wu G. et al., (2005). *J Biomech*, 38(5), 981-992.

# Analyse de la marche des enfants paralysés cérébraux par un modèle musculosquelettique

Taysir REZGUI<sup>1</sup>, Fabrice MEGROT<sup>2</sup>, Donatien GOURAUD<sup>2</sup>, Frédéric MARIN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université de Technologie de Compiègne,  
UMR CNRS 6600 : Biomécanique et Bioingénierie Compiègne (60)

<sup>2</sup> Centre de Médecine Physique et de Réadaptation de Bois-Larris  
Croix-Rouge Française, Lamorlaye (60)

**MOTS CLÉS :** *paralysie cérébrale, analyse de la marche, modèle musculosquelettique, cinématiques, cinétiques, forces musculaires*

## INTRODUCTION :

La connaissance des efforts musculaires et des troubles de commande musculaires s'avère nécessaire pour la compréhension de la pathologie de la paralysie cérébrale. La détermination de ces paramètres se base essentiellement sur une modélisation musculosquelettique du sujet. Le but de cette étude est l'évaluation de la robustesse du modèle musculosquelettique générique standard de LifeMOD pour l'étude des enfants paralysés cérébraux (PC) marchants.

## MATÉRIELS & MÉTHODES :

Une analyse quantifiée de la marche a été réalisée sur six enfants atteints d'une PC de type diplégie spastique : deux enfants avec une marche accroupie, deux avec une marche en jump et deux avec une marche en recurvatum.

Le mouvement a été enregistré avec le système Vicon de 8 caméras infrarouges et 4 plateformes de forces. Les marqueurs rétro-réfléchissants sont placés sur les articulations des membres inférieurs selon le protocole de David/Hayes et les électrodes EMG sont placées sur les principaux muscles. Un modèle musculosquelettique des membres inférieurs a été développé pour chaque sujet avec le logiciel LifeMod. La cinématique, la cinétique et les forces musculaires sont évaluées et comparées à la littérature.

## RÉSULTATS - DISCUSSION :

À partir d'un modèle musculosquelettique standard, nous avons trouvé une corrélation significative d'un point de vue qualitative entre les paramètres cinématiques et cinétiques simulés et les données de la littérature [1]. Pour les résultats quantitatifs, on a pu trouver des différences de l'ordre de 5° à 15° pour les angles articulaires des divers groupes, de l'ordre de 0.2-0.5 Nm/kg pour les moments articulaires. Ces différences sont dues essentiellement aux écarts entre les plans anatomiques articulaires d'un sujet sain et d'un enfant paralysé cérébrale. Pour les efforts musculaires, on a pu trouver des similitudes entre les profils d'activation des forces musculaires calculées et les signaux EMG. Les différences numériques qu'on a pu noter peuvent être liées à la nature complexe de la marche pathologique de l'enfant (crouch avec équin par exemple) et aussi aux limites de l'outil standard de modélisation. Par conséquent, pour que le modèle musculosquelettique soit utilisé comme un outil de diagnostic et d'évaluation des traitements thérapeutiques, des considérations particulières relatives aux données anthropométriques et aux déformations orthopédiques des sujets paralysés cérébraux doivent être prises en compte.

## BIBLIOGRAPHIE :

[1] Lin C.J (1999), Gait and Posture, 11:224–232

# Localisation 3D du centre de hanche par mesures cliniques externes utilisant l'inférence statistique : précision et influence du bruit de mesure

Vincent POMERO<sup>1</sup>, Christophe BOULAY<sup>1</sup>, Christine TARDIEU<sup>2</sup>, Yann GLARD<sup>1</sup>,  
Elke VIEWHEGER<sup>1</sup>, Jean-Luc JOUVE<sup>1</sup>, Gérard BOLLINI<sup>1</sup>, Michel JACQUEMIER<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CHU La Timone, Marseille (13)

<sup>2</sup> Muséum National d'Histoire Naturelle, CNRS, Paris (75)

**MOTS CLÉS :** *centre de hanche, analyse de la marche, inférence statistique*

## INTRODUCTION :

La détermination du centre de hanche (HJC) est importante pour les calculs de cinématique et de la cinétique, de petites imprécisions pouvant introduire des erreurs importantes dans le calcul de la cinématique et des moments de la hanche [1]. Des études précédentes ont proposées la localisation du HJC à partir de mesures de distances (MD) sur le bassin, mais la précision de ces méthodes a souvent été critiquée [1, 2].

## MATÉRIELS & MÉTHODES :

Un jeu de 9 distances cliniques mesurées sur le bassin entre des repères osseux accessibles à la palpation est défini, utilisant les EIAS, EIPS et les ischions gauche et droit. Une base de données constituée de 60 bassins secs est utilisée [3], contenant les coordonnées 3D de 47 points anatomiques et des 2 HJC exprimés dans le repère bassin, ainsi que les 9 MD calculées entre les points de palpation. La mesure des 9 MD sur le bassin du sujet permet d'inférer statistiquement (IS) les coordonnées des HJC du sujet (méthode adaptée de [4]). La méthode LOOCV (leave-one-out cross validation method [5]) est utilisée pour estimer l'erreur de reconstruction des HJC. Les HJC obtenues par la méthode de Bell [6] sont calculées pour comparaison. Une estimation de l'influence du bruit de mesure des MD est proposée : utilisant la méthode LOOCV, 100 jeux de MD bruités sont utilisés pour calculés les HJC pour chaque bassin. L'effet de plusieurs amplitudes de bruit gaussien est évalué (bruits de 2 SD de 5 à 20 mm).

## RÉSULTATS :

Le HJC estimé est en moyenne à 7 mm (SD=3.6) du centre réel (Bell : 14.1 (6.8) mm). Contrairement aux résultats obtenus par la méthode de Bell, cette méthode n'induit pas de biais systématique. Un bruit de mesure de 5 mm entraîne un écart de 8 mm (SD 3.9) et de 16.5 mm (SD 7.8) pour un bruit de 20 mm.

## DISCUSSION :

La localisation des HJC par IS donne une précision similaire à celles rapportées par certaines méthodes fonctionnelles [7, 8]. Cette approche ne requiert pas la palpation du pubis. Les résultats, bien qu'encourageant en terme de précision et de robustesse au bruit, doivent être confirmés par une validation in-vivo en utilisant le système de stéréoradiographie EOS.

## RÉFÉRENCES :

- [1] Kirkwood et al (1999) Clin. Biomech. 14:227-235
- [2] Leardini et al (1999) J. Biomech. 32:99-103
- [3] Tardieu et al (2008) RCO 94:327-335
- [4] Pomero et al (2004) Clin. Biomech. 19:240-247
- [5] Ripley (1996) Pattern Recognition and Neural Networks. Cambridge University Press, UK.
- [6] Bell et al (1989) Hum. Mov. Science 8:3-16
- [7] Begon et al (2007) Gait & Posture 27:353-359
- [8] Piazza et al (2004) J. Biomech. 37:349-356

# Étude des mécanismes de contrôle du centre de pression selon l'axe médio-latéral chez des sujets sains en conditions d'asymétrie imposées

David GASQ<sup>1,2</sup>, Fabien DAL MASO<sup>1</sup>, François PRINCE<sup>3</sup>,  
Richard MONTROYA<sup>4</sup>, David AMARANTINI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université de Toulouse, UPS, LAPMA, Toulouse (31)

<sup>2</sup> Service de Médecine Physique et de Réadaptation, CHU Rangueil, Toulouse (31)

<sup>3</sup> Department of Kinesiology, Faculty of Medicine, University of Montreal  
Gait and Posture Laboratory, Marie Enfant Rehabilitation Center, Montreal - CANADA

<sup>4</sup> Service d'Explorations Fonctionnelles Physiologiques,  
Exploration Fonctionnelle Sensorielle et Motrice, CHU Rangueil, Toulouse (31)

**MOTS CLÉS :** *asymétrie, contrôle postural, relation de phase, coordination, stabilité*

## INTRODUCTION :

L'asymétrie du centre de pression net (CPnet) selon l'axe médio-latéral (M/L) est une donnée clinique classique, mais l'interprétation biomécanique des mécanismes sous-jacents à son contrôle reste controversée. Chez le sujet sain, la position du CPnet selon l'axe M/L est principalement contrôlée par un mécanisme de charge-décharge attribué à une stratégie de hanche. La stratégie de cheville a une contribution négligeable sur le CPnet selon l'axe M/L, en raison de la synchronisation en anti-phase des déplacements respectifs de chaque centre de pression plantaire selon cet axe [1]. Pour améliorer la compréhension des mécanismes de contrôle du CPnet en M/L, l'objectif de ce travail est d'étudier la contribution respective des stratégies de hanche et de cheville en conditions d'asymétrie imposées du CPnet.

## MATÉRIELS & MÉTHODES :

Les forces de réaction ont été enregistrées sous chaque pied à l'aide de deux plates-formes de force AMTI, afin d'obtenir les centres de pression plantaires et le CPnet, dont la méthode de calcul a permis de quantifier la contribution des stratégies de hanche et de cheville. La cinématique de 52 marqueurs a été enregistrée avec un système Vicon à 8 caméras. Les conditions expérimentales d'asymétrie du CPnet selon l'axe M/L ont été imposées par un feed-back visuel à 17 sujets sains positionnés les pieds écartés de 17 cm formant un angle de 14° ouvert vers l'avant.

## RÉSULTATS :

Nos résultats préliminaires montrent que la prépondérance du mécanisme de charge-décharge est préservée en conditions d'asymétrie imposées pour contrôler le CPnet en M/L. La synchronisation en anti-phase des centres de pression plantaires semble également conservée, mais avec une corrélation plus faible en condition d'asymétrie du CPnet.

## CONCLUSION - DISCUSSION :

La prépondérance du mécanisme de charge-décharge est concordante avec l'observation systématique d'une translation pelvienne homolatérale au déport du CPnet selon l'axe M/L. L'analyse de la stratégie individuelle de contrôle du CPnet en M/L pourrait être un paramètre pertinent d'analyse dans l'évaluation posturale de sujets instables [2].

## BIBLIOGRAPHIE :

- [1] Winter D.A. et al. (1993). *Neurosci Res Comm.* 12(3), 141-8.  
[2] Lafond D. et al. (2004). *Diab Care.* 27(1), 173-8.

# Validation d'une méthode de reconnaissance topologique automatique de la marche par une approche couplant magnétomètres et accéléromètres

Estelle RAFFIN<sup>1</sup>, Pascal GIRAUX<sup>1</sup>, Stéphane BONNET<sup>2</sup>, Pierre JALLON<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Service MPR, CHU Saint-Etienne (42)

<sup>2</sup> LETI-CEA, Grenoble (38)

**MOTS CLÉS :** *validation, marche, topologie, accéléromètre, magnétomètre*

## INTRODUCTION :

L'évaluation ambulatoire des capacités de marche chez des patients nécessite la quantification de l'activité, mais aussi la reconnaissance de la topologie de cette activité (pente du terrain ou la montée-descente d'escaliers). Les systèmes d'enregistrement ambulatoire de la marche actuellement disponibles ne fournissent pas de données topologiques [1]. Plusieurs solutions techniques et algorithmiques ont été testées et donnent des résultats encourageants [2,3]. Nous présentons et validons ici une méthode de traitement automatique des signaux magnéto-accélérométriques permettant de déterminer la topologie de l'activité de marche à partir d'enregistrements obtenus chez des sujets volontaires sains.

## MÉTHODE :

Vingt-cinq sujets volontaires sains ont participé à un test de marche réalisé sur un parcours standard. Les sujets étaient équipés d'un système composé de deux capteurs magnétomètre/accéléromètre, au tibia et à la cuisse du côté droit. Le développement des algorithmes s'est fait en deux étapes :

1. détermination d'un ensemble de paramètres des signaux les plus pertinents pour la détection de la topologie pour cinq classes d'activité préétablies (marche à plat, montée d'escaliers, descente d'escaliers, montée d'une pente de 15%, descente d'une pente de 15%),
2. développement et test d'une approche probabiliste par modèle de Markov caché (HMM) permettant la reconnaissance automatique des 5 classes.

## RÉSULTATS :

La méthode de validation employée est de type 10-fold cross-validation. À ce jour, la méthode de validation a été appliquée à dix sujets. Les pourcentages de classification corrects varient entre 92 et 99% selon les sujets et le terrain.

## DISCUSSION :

L'enregistrement magnéto-accélérométrique de marche, associé à un traitement du signal par HMM permet la reconnaissance topologique automatique de la marche lors d'un parcours standardisé. Cette validation doit être poursuivie sur un parcours plus varié, en condition écologique, chez des sujets normaux et déficitaires.

## BIBLIOGRAPHIE :

- [1] Paysant, J., Beyaert, C., Datie, A., Martinet, N., & Andre, J. M. (2007). [Capacity and performance : ambulatory monitoring under controlled and real-life conditions]. *Ann Readapt Med Phys*, 50(3), 156-164.
- [2] Coley, B., Najafi, B., Paraschiv-Ionescu, A., & Aminian, K. (2005). Stair climbing detection during daily physical activity using a miniature gyroscope. *Gait Posture*, 22(4), 287-294.
- [3] Lau, H. Y., Tong, K. Y., & Zhu, H. (2009). Support vector machine for classification of walking conditions of persons after stroke with dropped foot. *Hum Mov Sci*, 28(4), 504-514.



# Évaluation en vie quotidienne des performances de marche des patients hémiplegiques

Pascal GIRAUX<sup>1</sup>, Estelle RAFFIN<sup>1</sup>, Anne-Laure FERRAPIE<sup>2</sup>, Christian BEYAERT<sup>3</sup>,  
Jean-Christophe DAVIER<sup>4</sup>, Pierre-Alain JOSEPH<sup>5</sup>, Stéphane BONNET<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Service MPR, CHU Saint-Etienne (42)

<sup>2</sup> Centre Régional de Rééducation et Réadaptation Fonctionnelle, Angers (49)

<sup>3</sup> Institut Régional de MPR, Nancy (54)

<sup>4</sup> Service MPR, CHU de Limoges, Limoges (87)

<sup>5</sup> Service MPR, CHU de Bordeaux (33)

<sup>6</sup> Laboratoire d'Electronique et de Technologie de l'Information - CEA, Grenoble (38)

**MOTS CLÉS :** *magnétomètres, activité de marche, vie quotidienne, hémiplegie*

## INTRODUCTION :

L'évaluation de la marche des patients hémiplegiques repose actuellement sur des épreuves cliniques, des questionnaires et des enregistrements cinématiques en laboratoire [1]. Cependant, ces mesures n'évaluent pas l'activité de marche en condition écologique et donc la restriction de participation. Il est donc utile de développer des outils d'évaluation de la marche en condition de vie quotidienne. Nous proposons une évaluation ambulatoire de l'activité de marche de patients hémiplegiques marchants au stade chronique (6 à 24 mois).

## MATÉRIEL & MÉTHODE :

Nous utilisons pour cette étude un système Trident (CEA-LETI) comportant deux capteurs six axes magnétométriques et accélérométriques couplés, avec un enregistrement du signal sur un boîtier muni d'une carte SD. Un capteur est placé sur la face externe du tibia, le deuxième capteur est placé sur la face externe de la cuisse. L'enregistrement est réalisé pendant trois jours. Préalablement, un test de marche de 6 minutes et un test de Wade sont réalisés. L'analyse automatisée des données est réalisée par un logiciel développé par le CEA-LETI.

## RÉSULTATS :

Ces résultats portent sur les quatorze premiers patients inclus. La variabilité sur les trois jours est la plus forte pour les sujets les plus marchants (> 1000 pas/jour). La corrélation des mesures ambulatoires avec les tests cliniques est bonne entre le nombre moyen de pas par jour et la distance obtenue au test de 6 minutes ( $r = .7; p = 0.004$ ). Le groupe des patients marchant plus de 1000 pas/jour font en majorité au moins 200 mètres/6 minutes. Le nombre moyen de pas par jour est moins bien corrélé à la vitesse de marche (test de Wade,  $r = .6, p = 0.001$ ).

## DISCUSSION - CONCLUSION :

Ces résultats préliminaires portant sur les quatorze premiers sujets inclus montrent la faisabilité et la fiabilité technique des mesures d'actimétrie ambulatoires obtenues par système Trident. Les mesures ambulatoires recueillies montrent une activité de marche variable et parfois proche des sujets normaux sédentaires. On observe une bonne corrélation entre l'activité de marche des patients et la distance parcourue au test de 6 minutes.

## BIBLIOGRAPHIE :

[1] Lord SE, et al. Community ambulation following stroke: how important and obtainable is it, and what measures appear predictive ? Arch Phys Med Rehabil. 2004;85: 234–239.

# Découpe automatique des empreintes plantaires chez l'enfant à partir de régressions sur les proportions du pied

William SAMSON<sup>1</sup>, Julien CAVAGNA<sup>2</sup>, Jean-Luc CHAVEROT<sup>1</sup>,  
Laurence CHÈZE<sup>3</sup>, Raphaël DUMAS<sup>3</sup>

<sup>1</sup> CTC, Lyon (69)

<sup>2</sup> Équipe de modélisation des pratiques sportives, Université de Savoie, Le Bourget-du-Lac (73)

<sup>3</sup> Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs - UMR\_T 9406, UFR Mécanique, Villeurbanne (69)

**MOTS CLÉS :** *enfant sain, baropodométrie, traitement automatique*

## INTRODUCTION :

La baropodométrie fournit des informations essentielles pour caractériser la maturation du déroulé plantaire [1,2]. Pour faciliter l'interprétation des résultats, les logiciels vendus avec les plateformes de pression proposent une découpe des empreintes suivant plusieurs zones (masques). Cependant, ces logiciels détectent difficilement les empreintes des enfants jeunes (e.g. pieds plats). À partir de régressions des différentes proportions du pied, l'objectif de cette étude est de proposer une méthode de découpe automatique des empreintes enfants.

## MATÉRIEL & MÉTHODES :

Le volume du pied de 643 enfants entre 2 et 6 ans a été mesuré à partir d'un système de numérisation 3D (Infoot 3D Footscanner). Les empreintes plantaires de la marche de 8 enfants entre 2 et 6 ans ont également été mesurées à partir d'une plateforme de pression RSscan. Ces empreintes sont ensuite ré-échantillonnées et redressées (par rapport à l'axe de marche) suivant la méthode proposée par Pataky [3]. À partir de régressions des proportions du pied, obtenues via les mesures du système de numérisation (e.g. proportion entre la longueur talon-métatarses et la longueur du pied), les empreintes plantaires ont été découpées automatiquement en 7 masques. Les aires des masques obtenues de manière automatique ont été comparées à celles obtenues après traitement manuel du logiciel RSscan.

## RÉSULTATS :

Manuellement, deux minutes de traitement par pied sont requises. La différence moyenne entre l'aire des masques par la méthode automatique et la méthode manuelle est inférieure à 3% de l'aire totale du pied. Les différences les plus importantes se situent au niveau des masques des orteils et du médio-pied (<6% de l'aire totale du pied).

## CONCLUSION :

L'étude propose une méthode de découpe automatique des empreintes plantaires, applicable entre 2 et 6 ans. Les masques enregistrant de faibles pressions (e.g. orteils et médio-pied) mettent en évidence des différences avec la méthode manuelle, probablement dues à un seuillage (i.e. pression minimale) des pressions traitées différents entre les deux méthodes. De futurs travaux valideront cette méthode automatique sur une population plus importante avec différents âges (supérieurs à 6 ans).

## BIBLIOGRAPHIE :

- [1] Bosch K, Gerss J, Rosenbaum D. Gait Posture 26, 238-47, 2007.
- [2] Hallemans A, D'Août K, De Clercq D, Aerts P, Foot Ankle Int 24, 444-453, 2003.
- [3] Pataky TC, Goulermas JY. J Biomech 41, 2136-2143, 2008.

---

# PARALYSIE CÉRÉBRALE

---

- Résultats à 10 ans du transfert du muscle rectus femoris chez les enfants présentant une paralysie cérébrale et présentant une réduction de la flexion du genou en phase d'oscillation  
*T. Haumont, D. Thawrani, C. Church, L. Jr Holmes, K. Dabney, F. Miller* ..... 34
- Transfert du rectus femoris et modélisation musculosquelettique : évaluation de l'amélioration de la marche et de la cinématique du rectus femoris « virtuel »  
*E. Desailly, N. Khouri, P. Sardain, F. Hareb, L. Lejeune, D. Bouchakour, M. Jarrige, P. Lacouture, D. Yepremian* ..... 35
- Effets de la toxine botulique sur la variation de longueur du Rectus Femoris (RF) au cours de la marche chez les patients hémipariés  
*N. Lampire, D. Pradon, P. Carne, L. Chèze, N. Roche*..... 36
- Implication des Rectus Femoris et Vastus Intermedius dans le Stiff Knee Gait  
*F. Chantraine, C. Schreiber, A. Remacle, P. Filipetti* ..... 37
- Analyse EMG dynamique de la marche du Peroneus longus (PL) et du gastrocnemius medialis (GM) dans l'hémipariés par paralysie cérébrale chez le tout petit (< 6ans) : contrôle de l'équin par l'activité prématurée pendant la phase oscillante  
*C. Boulay, V. Pomeroy, E. Viehweger, C. Halbert, S. Pagni, Y. Glard, J-L. Jouve, B. Chabrol, G. Bollini, M. Jacquemier*..... 38
- Relations entre la force musculaire quadricipitale et les paramètres spatio-temporels de marche chez l'enfant atteint de Paralysie Cérébrale  
*F. Degache, C. Bonhomme, B. Bayle, C. Mieton, V. Gautheron*..... 39
- Effet du baclofène intrathécal sur la marche de l'enfant et du jeune adulte paralysé cérébral  
*S. Brochard, M. Lempereur, P. Filipetti, O. Rémy-Néris*..... 40
- Modifications de la voie réflexe propriospinale au cours de la marche chez des patients hémipariés post AVC et des patients atteints de paralysie cérébrale  
*V. Achache, D. Mazevet, D. Barthelemy, R. Katz, V. Marchand-Pauvert* ..... 41

## Résultats à 10 ans du transfert du muscle rectus femoris chez les enfants présentant une paralysie cérébrale et présentant une réduction de la flexion du genou en phase d'oscillation

Thierry HAUMONT, Dinesh THAWRANI , Chris CHURCH,  
Larry Jr HOLMES, Kirk DABNEY, Freeman MILLER

A.I. DuPont Hospital for Children of Nemours in Wilmington  
Delaware - ÉTATS-UNIS

**MOTS CLÉS :** *paralysie cérébrale, stiff knee gait, transfert du muscle rectus femoris, résultats à long terme, étude de sous-groupes*

La marche avec réduction de la flexion du genou en phase d'oscillation (SKG) est fréquemment observée chez les enfants présentant une paralysie cérébrale. Le transfert du rectus femoris (TRF) offre un traitement de choix mais les résultats à long terme n'ont jamais été décrits et ne semblent pas toujours constants.

Notre objectif dans cette étude est d'évaluer les résultats à long terme, ainsi que de déterminer certains sous-groupes de cette population bénéficient plus particulièrement de ce transfert musculaire.

Quatre-vingt-dix-neuf membres (56 patients) ont été évalués rétrospectivement en préopératoire, à court terme (< 3 ans) et long terme (10 ans). Les résultats du TRF ont été évalués sur les paramètres cinématiques que représentent en phase d'oscillation le pic de flexion du genou (PFG), l'amplitude de flexion du genou (AFG) et le timing du PFG (TiPFG) ainsi que la clairance du pied en phase d'oscillation. Pour la population globale, le PFG est significativement augmenté, passant de  $60,89^\circ \pm 14,03^\circ$  en préopératoire à  $68,23^\circ \pm 10,08^\circ$  à court terme et à  $62,6^\circ \pm 10,78^\circ$  à long terme,  $p < 0,001$ .

L'AFG dans la population globale a augmenté de façon significative entre l'analyse préopératoire ( $49,26^\circ \pm 16,15^\circ$ ) et à court terme ( $51,62^\circ \pm 14,95$ ) mais a diminué à long terme ( $47,19^\circ \pm 14,01^\circ$ ),  $p = 0,02$ .

Dans la population globale, le TRF a amélioré TiPFG significativement, à court terme et à long terme, comparativement à la période préopératoire,  $p = 0,01$ .

Dans la population globale, la clairance du pied est significativement améliorée à court et long terme et une corrélation significative avec le TiPFG a été mise en évidence,  $\chi^2 (2) = 109.8$ ,  $p < 0,001$ .

L'étude des sous-groupes, constitués avant l'intervention pour chacun des paramètres de suivi, a mis en évidence les meilleurs résultats chez les patients présentant initialement des PFG, AFG les plus faibles ainsi que des TiPFG les plus tardifs.

Au total, le TRF améliore le PFG, l'AFG et le TiPFG ainsi que la clairance du pied à long terme chez les enfants atteints de paralysie cérébrale avec SKG. Le TRF peut ne pas être bénéfique chez les patients ayant déjà un PFG, une AFG élevé et un TiPFG peu modifié. Considérant que le TRF augmente la clairance du pied, une étude serait toutefois nécessaire pour quantifier cette clairance, paramètre clinique de détermination des résultats du TRF et en particulier à long terme.

## Transfert du rectus femoris et modélisation musculosquelettique : évaluation de l'amélioration de la marche et de la cinématique du rectus femoris « virtuel »

Éric DESAILLY<sup>1</sup>, Nejib KHOURI<sup>2</sup>, Philippe SARDAIN<sup>3</sup>, Farid HAREB<sup>1</sup>, Lionel LEJEUNE<sup>1</sup>, Djalali BOUCHAKOUR<sup>1</sup>, Michel JARRIGE<sup>1</sup>, Patrick LACOUTURE<sup>3</sup>, Daniel YEPREMIAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fondation Ellen Poidatz, St Fargeau Ponthierry (77)

<sup>2</sup> Service de Chirurgie Orthopédique de l'Enfant, Hôpital Trousseau, APHP, Paris (75)

<sup>3</sup> Laboratoire de Mécanique des Solides, Université de Poitiers, UMR 6610 CNRS, Futuroscope (86)

**MOTS CLÉS :** *droit fémoral, longueur musculaire, vitesse musculaire chirurgie, analyse de la marche, modélisation musculosquelettique, paralysie cérébrale*

La spasticité du rectus femoris (RF) dans la paralysie cérébrale est considérée comme la cause principale de la marche « genou raide ». La cinématique de ce muscle, variations de longueur et de vitesse d'allongement, est altérée [1]. Aucune recherche n'a été réalisée sur les modifications de ces paramètres après chirurgie. Notre objectif est d'étudier son effet sur la qualité de marche et sur la cinématique musculaire du RF pour identifier des comportements cinématiques à valeur diagnostique.

Vingt-six transferts ont été effectués lors d'interventions multi étagées. Sur la base d'examen d'analyses quantifiées de la marche pré et postopératoires, le Gait-Deviation-Index (GDI) et le score de Goldberg ont été calculés pour quantifier respectivement la qualité de marche et la présence d'un genou raide. Un modèle musculosquelettique a été développé pour simuler le trajet du RF pendant la marche (RF « virtuel ») [2].

La qualité de marche est améliorée (+18±12 GDI) avec une interaction négative entre le GDI préopératoire et son amélioration. Le score de Goldberg montre 88% d'amélioration. La chirurgie a un effet significatif sur la normalisation des timings de longueur et de vitesse d'allongement maximale. L'amélioration du genou raide est corrélée à la normalisation du timing de longueur maximale.

L'amélioration de la qualité de marche est d'autant plus importante qu'elle était dégradée avec un risque de ne pas l'améliorer si son GDI est supérieur à 75. La normalisation du timing de longueur maximale du RF est corrélée avec l'amélioration de l'oscillation du genou. La présence de ce timing précoce signifierait une possible amélioration du genou raide par la chirurgie. La précocité du pic de vitesse d'allongement du RF peut expliquer un déclenchement précoce de la spasticité au cours de l'appui qui limiterait alors l'allongement du RF.

L'amélioration globale de la qualité de marche et du « genou raide » a été démontrée. Certains paramètres de cinématique musculaire ont été normalisés, montrant un effet du transfert pendant l'oscillation mais aussi pendant l'appui. La précocité du timing de longueur maximale du RF est un facteur pronostique de réussite chirurgicale.

### RÉFÉRENCES :

[1] Jonkers I, Stewart C, Desloovere K, Molenaers G, Spaepen A. Musculo-tendon length and lengthening velocity of rectus femoris in stiff knee gait. *Gait and Posture*, 23(2) : 222-229, 2006.

[2] Desailly E. Analyse biomécanique 3D de la marche de l'enfant déficient moteur. Modélisation segmentaire et modélisation musculosquelettique. PhD Thesis, 2008.

## Effets de la toxine botulique sur la variation de longueur du Rectus Femoris (RF) au cours de la marche chez les patients hémiplésiques

Nicolas LAMPIRE<sup>1,2</sup>, Didier PRADON<sup>3</sup>, Pierre CARNE<sup>4</sup>,  
Laurence CHÈZE<sup>1</sup>, Nicolas ROCHE<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs - UMR\_T 9406,  
Université Lyon 1 - INRETS, Villeurbanne (69)

<sup>2</sup> Laboratoire d'analyse du mouvement, CMPR L'ADAPT Loiret, Amilly (45)

<sup>3</sup> Service Exploration Fonctionnelle, CIC-IT, CHU Raymond Poincaré, Garches (92)

<sup>4</sup> Médecin-chef, CMPR L'ADAPT Loiret, Amilly (45)

**MOTS CLÉS :** *hémiplégie, marche, longueur, biomécanique*

### INTRODUCTION :

La spasticité du RF associée ou non à celle d'un autre chef du quadriceps est l'étiologie du déficit de flexion de genou la plus souvent évoquée [1,2] chez les patients hémiplésiques. La toxine botulique est largement utilisée pour traiter la spasticité chez les patients hémiplésiques ; de plus, il a été démontré que ce traitement améliorerait le pic de flexion maximale de genou en phase oscillante chez ces patients [4]. L'augmentation du pic de flexion maximale de genou en phase oscillante suggère une augmentation des capacités d'étirement du RF. Par conséquent il apparaît intéressant de quantifier les potentielles modifications de longueur induites par ce type de traitement.

L'objectif de cette étude est de quantifier la variation de longueur du RF au cours de la marche chez les patients hémiplésiques avant et après une injection de toxine botulique.

### MÉTHODE :

Une analyse 3D de la marche a été réalisée sur 10 sujets hémiplésiques avant et un mois après injection de toxine botulique dans le RF. Le logiciel SIMM a ensuite été utilisé pour évaluer la longueur du RF dans chaque condition. Afin de comparer les longueurs, nous les avons normalisées à partir d'une position de référence où les articulations de la hanche et du genou étaient à 0° (réalisée sous SIMM).

### RÉSULTATS :

On observe une augmentation significative de l'amplitude de variation de longueur du RF au cours de la marche en condition post toxine. Chez 7 des 10 patients, la longueur maximale du RF est significativement augmentée après l'injection de toxine.

### DISCUSSION - CONCLUSION :

Ces résultats pourraient d'une part expliquer l'amélioration des paramètres spatiotemporels et cinématiques de la marche observée chez ces patients post injection de toxine botulique. D'autre part, il confirme les résultats de Jonkers [3] qui avait montré l'existence d'une diminution de la longueur maximale du RF chez les sujets hémiplésiques par rapport aux sujets sains. Enfin c'est le premier travail qui objective une augmentation de l'amplitude de variation de longueur d'un muscle après injection de toxine botulique au cours du mouvement.

### BIBLIOGRAPHIE :

- [1] Goldberg, S.R. et al., 2004.
- [2] Jonkers I. et al., 2003.
- [3] Jonkers I. et al., 2006.
- [4] Stoquart, G.G. et al., 2008.

## Implication des Rectus Femoris et Vastus Intermedius dans le Stiff Knee Gait

Frédéric CHANTRAINE, Céline SCHREIBER, Angélique REMACLE, Paul FILIPETTI

Rehazenter, Luxembourg - Kirchberg  
LUXEMBOURG

**MOTS CLÉS :** *Rectus Femoris, Vastus Intermedius, Stiff Knee Gait*

### INTRODUCTION :

La diminution de la flexion du genou au cours de la phase d'oscillation est fréquemment observée (Stiff Knee Gait - SKG) dans les affections neurologiques centrales acquises ou néonatales. L'augmentation du moment extenseur du genou au cours de la pré oscillation et de l'oscillation initiale créée par une activité délétère d'un ou plusieurs chefs musculaires du Quadriceps Femoris (QF) est un des facteurs qui contribue au SKG. L'objectif de ce travail est d'identifier d'une part la responsabilité des différents chefs musculaires du QF (Rectus Femoris - RF, Vastus Intermedius - VI, Vastus Medialis - VM, Vastus Lateralis - VL) dans le SKG et d'autre part les stratégies utilisées par les patients.

### MÉTHODES :

Vingt-huit patients (22 hommes, 6 femmes) âgés entre 21 et 73 ans (moyenne 43 ans), présentant une affection acquise cérébrale (20 cas) ou médullaire (6), ou une affection néonatale (2) ont fait partie de cette étude. Nous avons réalisé une analyse quantifiée de la marche au cours de laquelle l'activité électromyographique (EMG) des différents chefs du QF a été enregistrée (VI et RF par électrodes-fils).

### RÉSULTATS :

Dans la majorité des cas, les activités du VM et du VL étaient dans les normes (80%) alors que les muscles RF et VI étaient presque toujours actifs durant la pré oscillation et/ou l'oscillation initiale (85%). Face à cette anomalie, tous les patients réduisaient leur vitesse de déplacement angulaire du genou et asservissaient la position du bassin (tilt antérieur) à la vitesse d'étirement musculaire. Lorsque ces compensations n'étaient pas suffisantes, un accrochage survenait alors dans la courbe de flexion, constituant le niveau le plus sévère du SKG.

### CONCLUSION - DISCUSSION :

Une action isolée et ciblée sur le RF (injection intramusculaire de toxine botulinique, phénolisation du nerf, transfert musculaire, neurotomie sélective partielle) ne suffit pas toujours pour le traitement du SKG [1]. Notre analyse suggère un traitement isolé ou associé des RF et VI argumenté par leurs patterns EMG. Le rôle des projections hétéronymes de l'un de ces muscles sur l'autre et leur éventuelle extinction après traitement restent à démontrer [2]. De plus, les muscles incriminés dans le SKG ne sont pas toujours limités aux chefs du quadriceps. L'utilisation des modèles musculo-squelettiques devrait nous aider à mieux comprendre les mécanismes en cause. Cependant, une modélisation du muscle spastique n'a pas encore été proposée.

### BIBLIOGRAPHIE :

- [1] Reinbolt JA et al., Importance of Preswing Rectus Femoris Activity in Stiff Knee Gait, J Biomech, 41: 2362-9, 2008.
- [2] Pierrot-Deseilligny E. & Burke D., the Circuitry of the Human Spinal Cord, Cambridge, UK : Cambridge Univ. Press, 2005.

# Analyse EMG dynamique de la marche du Peroneus longus (PL) et du gastrocnemius medialis (GM) dans l'hémiplégie par paralysie cérébrale chez le tout petit (< 6ans) : contrôle de l'équin par l'activité prématurée pendant la phase oscillante

Christophe BOULAY <sup>1,2</sup>, Vincent POMERO <sup>1</sup>, Elke VIEHWEGER <sup>1</sup>,  
Cécile HALBERT <sup>2</sup>, Sandrine PAGNI <sup>1</sup>, Yann GLARD <sup>1</sup>, Jean-Luc JOUVE <sup>1</sup>,  
Brigitte CHABROL <sup>2</sup>, Gérard BOLLINI <sup>1</sup>, Michel JACQUEMIER <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire d'Analyse de la Marche, service de chirurgie orthopédique pédiatrique,  
CHU Timone Enfants, Marseille (13)

<sup>2</sup> Service de neurologie pédiatrique, CHU Timone Enfants, Marseille (13)

**MOTS CLÉS :** paralysie cérébrale, hémiplégie, EMG de la marche, peroneus longus, gastrocnemius, équin, petit enfant

## INTRODUCTION :

Le prépositionnement du pied en fin d'oscillation est un pré-requis à la marche normale non respecté lors de l'équin. Perry[1] a corrélé : activité prématurée du GM en fin d'oscillation et équin. En chaîne ouverte, le PL abaisse la tête du 1<sup>er</sup> métatarsien (M1) et effectue une pronation de l'avant-pied associée à une flexion plantaire. En chaîne fermée, le PL soustend les arches longitudinale et transversale. Lors de la marche normale, au milieu de la phase d'appui, après activation du GM, le PL est actif pour neutraliser l'action des muscles inverseurs en maintenant M1 au sol [2]. Cette étude se justifie car l'activation prématurée, en oscillation, des PL et GM dans l'équin n'est pas documentée [3,4].

## MATÉRIEL & MÉTHODE :

Vingt enfants (5ans ± 2) hémiplégiques ont eu un EMG de la marche. L'activité des PL et GM est normalisée en % par rapport au cycle de marche et corrélée au contact initial. Une activité prématurée est exprimée en négatif. Un logiciel sélectionne les cycles de marche les plus reproductibles. Le on/off de l'activité EMG (signal brut rectifié) est déterminé en semi-automatique par rapport à un seuil d'activité de 20µV[5,6]. Un test de Student évaluait l'activité entre PL et GM.

## RÉSULTATS :

Absence de rétraction du triceps.

Côté sain : la moyenne du toe off survenait à 63%, les séquences d'activation étaient normales en phase d'appui : 15% pour le GM puis le PL à 20% (p < 0.05).

Dans l'équin valgus (M1) : la moyenne du toe off survenait à 54%, il y avait une activité prématurée en oscillation à - 20% pour le PL avant le GM à - 4% (p < 0.001).

Dans l'équin varus (M5) : la moyenne du toe off survenait à 55%, il y avait une activité prématurée en oscillation à - 8% pour le PL et le GM (NS).

## DISCUSSION :

Le rôle prédominant du PL est retrouvé dans l'équin valgus mais a une action aussi dans l'équin varus. Dans l'équin valgus, l'activité prématurée, en oscillation, du PL était significativement plus précoce que celle du GM dans l'équin varus. Les relations entre la séquence d'activation du PL et la déformation des pieds doit être évaluées.

## RÉFÉRENCES :

- [1] Perry (1974) J Bone Joint Surg 56 : 511-20
- [2] Johnson (1999) Foot Ankle Surg 38(5) : 313-21
- [3] Young (1990) Foot Ankle 10(6) : 317-24
- [4] Walmsley (1977) Arch Phys Med Rehabil 58 : 65-9
- [5] Santili (2005) Am J Sports Med 33(8) : 1183-7
- [6] Kimura (1989) Electrodiagnosis in Diseases of nerve and muscle. Philadelphia, Davis



# Relations entre la force musculaire quadricipitale et les paramètres spatio-temporels de marche chez l'enfant atteint de Paralysie Cérébrale

Francis DEGACHE<sup>1,2</sup>, Clément BONHOMME<sup>2</sup>, Béatrice BAYLE<sup>2</sup>,  
Claire MIETON<sup>2</sup>, Vincent GAUTHERON<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Physiologie de l'Exercice, Université Jean Monnet, Saint-Etienne (42)

<sup>2</sup> Service MPR, Hôpital Bellevue, Saint-Etienne (42)

**MOTS CLÉS** : paralysie cérébrale, force isocinétique, paramètres spatio-temporels de marche, renforcement musculaire

## INTRODUCTION :

La paralysie cérébrale (PC) est à l'origine de troubles musculaires structurels (hypotrophie, augmentation du rapport fibre I/fibre II) et fonctionnels (spasticité, cocontractions, déficit d'activation musculaire volontaire, défaut de sélectivité). La marche de l'enfant PC est plus difficile, plus fatigante et a un coût énergétique supérieur que pour les enfants sains. L'étude des corrélations entre paramètres de force musculaire, Moment de Force Maximum (MFM) et paramètres spatio-temporels de la marche mesurés à l'aide d'outils objectifs pourrait aider à comprendre comment la marche de ces enfants s'effectue afin de tenter d'en améliorer la qualité.

## MATÉRIELS & MÉTHODE :

Neuf enfants PC spastiques âgés de 14,83 ans en moyenne (9,8-19,4), de niveau I à III de la GMF-CS, ont été inclus dans notre étude où les paramètres de force musculaire et de marche ont été évalués au moyen d'un dynamomètre isocinétique Con-trex et d'une piste de marche GaitRite.

## RÉSULTATS :

Les résultats indiquent que plus la force musculaire du couple quadriceps/ ischio-jambiers est déficitaire et plus la vitesse et la cadence de marche et la longueur de pas sont élevées, car plus la marche est instable et se fait en déséquilibre antérieur, en s'appuyant sur la spasticité et avec peu de possibilité de contrôle moteur. À l'inverse, les enfants PC moins déficients ont une marche plus lente, plus stable et mieux contrôlée.

## DISCUSSION - CONCLUSION :

Ainsi, un programme de renforcement musculaire spécifique global ou segmentaire pourrait permettre d'améliorer la qualité de marche ainsi que son rendement chez des enfants PC.

## BIBLIOGRAPHIE :

- Winters, T.G., JR; Hicks R, Gait patterns in spastic hemiplegia in children and young adults. J Bone Joint Surg Am, 1987. 69: p. 437-441.
- Sutherland, D.D., JR, Common gait abnormalities of the knee in cerebral palsy. Clin Orthop, 1993. 288: p. 139-147.
- Rodda, J.G., HK, Classification of gait patterns in spastic hemiplegia and spastic diplegia: a basis for a management algorithm. Eur J Neurol, 2001. 8 Suppl 5: p. 98-108.
- Odd, K.J., N.F. Taylor, and D.L. Damiano, A systematic review of the effectiveness of strength-training programs for people with cerebral palsy. Arch Phys Med Rehabil, 2002. 83(8): p. 1157-64.
- Fitness, C.o.S.M.a., Strength training by children and adolescents. Pediatrics, 2001. 107(6): p. 1470-1472.
- Taylor NF, D.K., Damiano DL, Progressive resistance exercise in physical therapy: a summary of systematic reviews. Physical Therapy, 2005. 85(11): p. 1208-1223.

## Effet du baclofène intrathécal sur la marche de l'enfant et du jeune adulte paralysé cérébral

Sylvain BROCHARD<sup>1</sup>, Mathieu LEMPEREUR<sup>1</sup>, Paul FILIPETTI<sup>2</sup>, Olivier RÉMY-NÉRIS<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Service MPR, CHU Morvan, Brest (29)

<sup>2</sup> Centre de l'Arche, Le Mans (72)

**MOTS CLÉS :** *baclofène intrathecal, marche, spasticité, paralysie cérébrale*

### INTRODUCTION :

Peu d'études ont évalué l'effet du baclofène intrathécal (ITB) sur la marche des enfants paralysés cérébraux (PC) [1]. Aucune n'a mesuré de façon quantitative les modifications à la marche. Cette étude évalue l'effet à moyen terme de l'ITB sur la marche des enfants PC.

### MÉTHODE :

Des mesures cliniques et des données d'analyse 3D de la marche ont été effectuées chez 7 enfants et jeunes adultes PC (âge moyen 15 ans ; GMFCS: 3 type II, 4 type III ; 3 tétraplégiques et 4 diplégiques ; 3 True equinus gait, 3 crouch gait et 1 stiff knee gait) avant et après ITB. Les critères utilisés ont été : échelle d'Ashworth, amplitudes articulaires (hanche, genou, cheville), questionnaire de marche de Gillette [2], Gillette Gait Index (GGI) [3] et les aides techniques à la marche. Une deuxième analyse de la marche a été réalisée à 16 mois après ITB en moyenne.

### RÉSULTATS :

Le questionnaire de Gillette s'est amélioré de 6.1 (SD 2.2) à 7.1 (SD 2) ( $p < 0.05$ ). Le GGI moyen s'améliore de 554.50 (SD 277.57) à 489.25 (SD 243.59) ce qui n'est pas significatif malgré l'amélioration franche de 3 enfants. La vitesse moyenne est restée stable (0,57 m/s avant ITB et 0,62 m/s après). Les paramètres sagittaux s'améliorent significativement avec une augmentation de la longueur du pas (0,65 m to 0,74 m) associée à une amélioration significative de l'extension de hanche durant la phase d'appui (32,25° to 21,6°) et à une tendance à l'amélioration de l'extension du genou et de la dorsiflexion de cheville.

### DISCUSSION :

ITB modifie les paramètres de marche en particulier dans le plan sagittal et sur les articulations proximales. Cette étude, réalisée sur un petit nombre d'enfant donne des détails sur les modifications à la marche après ITB. Elle fournit des arguments positifs pour l'utilisation de l'ITB chez les enfants et jeunes adultes PC marchant.

### BIBLIOGRAPHIE :

- [1] Brochard et al 2009 *Pediatr Neurol.* (40): 265-70.
- [2] Novacheck et al (2000) *J Pediatr Orthop* (20): 75-79.
- [3] Schutte et al (2000) *Gait Posture* (11): 25-31.



---

# TRONC ET BASSIN

---

- Influence de la vitesse de marche sur les mouvements du haut du corps des sujets sains  
*M. Freslier, P. Moser, P. Suter, R. Brunner, J. Romkes*..... 43
- La dissociation transverse des ceintures chez le patient ayant une anomalie orthopédique des membres inférieurs : un mécanisme central adaptable aux mouvements asymétriques du pelvis ?  
*C. Grumillier, N. Martinet, M-A. Haldric, M. Poussel, J. Paysant, C. Beyaert*..... 44
- Scoliose idiopathique de l'adolescente. Effet de la chirurgie sur l'EMG des muscles lombo-pelviens, sur le travail musculaire mécanique et sur le coût énergétique durant la marche  
*P. Mahaudens, X. Banse, M. Mousny, C. Detrembleur* ..... 45
- Scoliose idiopathique de l'adolescent : relation entre l'importance de la déformation rachidienne et les troubles du contrôle postural au moment du diagnostic  
*T. Haumont, G. C. Gauchard, P. P. Perrin, P. Journeau, P. Lascombes*..... 46
- Existe-t-il des paramètres posturographiques prédictifs de l'évolution d'une scoliose idiopathique ?  
*T. Haumont, G. C. Gauchard, A. Lion, P. P. Perrin, P. Journeau, P. Lascombes*..... 47

## Influence de la vitesse de marche sur les mouvements du haut du corps des sujets sains

Marie FRESLIER, Pia MOSER, Pascal SUTER, Reinald BRUNNER, Jacqueline ROMKES

Laboratoire d'Analyse du Mouvement de Bâle, Hôpital Universitaire pour Enfants de Bâle (UKBB) - SUISSE

**MOTS CLÉS :** *marche, adulte, vitesse de marche, mouvements du haut du corps*

### INTRODUCTION :

Plusieurs études ont montré que les profils EMG, la cinématique et la cinétique des membres inférieurs dépendent fortement de la vitesse de marche [1,2,3,4]. L'intérêt pour l'analyse de la marche sur le corps entier est croissant mais on manque de données sur les effets de la vitesse sur les mouvements du haut du corps. Le but de cette étude est d'analyser l'influence de la vitesse de marche sur ces mouvements chez le sujet sain.

### MATÉRIEL & MÉTHODE :

Il a été demandé à 20 sujets adultes (de 22 à 31 ans) de marcher à 6 vitesses différentes (extrêmement lent, très lent, lent, normal, vite, très vite). Le laboratoire est équipé d'un système Vicon 460 avec 6 caméras et nous utilisons le modèle de placement des marqueurs pour le corps entier décrit par Romkes [5]. La vitesse est normalisée selon la longueur de jambe [6]. Les groupes de vitesse sont ensuite définis selon la méthode de Schwarz à partir de la déviation standard de la vitesse de marche moyenne [3].

### RÉSULTATS :

La cinématique du haut du corps dans les trois plans montre des effets significatifs de la vitesse. Les amplitudes de l'inclinaison et rotation du pelvis, de l'inclinaison du thorax, de la flexion, abduction et rotation de l'épaule et de la flexion du coude sont en corrélation positive ( $p < 0.01$ ) avec la vitesse normalisée croissante. La coordination entre pelvis et thorax est sensible aux changements de vitesse. Quand la vitesse de marche augmente, les mouvements de flexion et d'abduction de l'épaule et de flexion du coude atteignent leur valeur maximale plus tard ( $p < 0.01$ ).

### CONCLUSION :

L'analyse de la marche est une aide pour les médecins à la prise de décision pour des patients avec des troubles de la marche complexes [7]. La marche pathologique est habituellement comparée à des données normales collectées avec une vitesse de marche libre. Pourtant les patients marchent généralement plus lentement. Ces résultats peuvent aider à différencier les effets de la vitesse de ceux de la pathologie. Les mouvements du haut du corps sont significativement influencés par la vitesse de marche. Ces données renforcent notre compréhension des mouvements du haut du corps pendant la marche et décrivent les effets liés à la vitesse à partir de données cinématiques.

### BIBLIOGRAPHIE :

- [1] Hof et al. 2002 Gait Posture 16:78-86
- [2] Nene et al. 1999 Gait Posture 9:1-9
- [3] Schwarz et al. 2008 J Biomech 41:1639-1650
- [4] Van der Linden et al. 2002 J Pediatr Orthop 22:800-806
- [5] Romkes et al. 2007 J Pediatr Orthop B 16:175-180
- [6] Hof 1996 Gait Posture 4:222-223
- [7] Cook et al. 2000 Gait Posture 12:47

## La dissociation transverse des ceintures chez le patient ayant une anomalie orthopédique des membres inférieurs : un mécanisme central adaptable aux mouvements asymétriques du pelvis ?

Constance GRUMILLIER<sup>1</sup>, Noël MARTINET<sup>1</sup>, Marie-Agnès HALDRIC<sup>1</sup>,  
Mathias POUSSEL<sup>2</sup>, Jean PAYSANT<sup>1</sup>, Christian BEYAERT<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire d'analyse du mouvement, Centre de Réadaptation Pierquin  
Institut Régional de Réadaptation de Nancy (54)

<sup>2</sup> Laboratoire de Physiologie, EA3450, Faculté de Médecine de Nancy (54)

**MOTS CLÉS :** *marche, ceinture pelvienne, ceinture scapulaire, synergie, compensation, contrôle moteur*

Au cours de la marche normale, il existe une dissociation transverse des ceintures pelvienne et scapulaire dont le rôle d'amélioration de l'équilibre et de l'économie d'énergie est habituellement évoqué.

Dans notre laboratoire, nous observons régulièrement la dissociation des ceintures chez les patients touchés par divers troubles orthopédiques des membres inférieurs. Lorsqu'une pathologie s'accompagne de mouvements pelviens asymétriques et irréguliers dans le plan transverse, il existe aussi des mouvements irréguliers et asymétriques de la ceinture pelvienne. De façon générale, il existe une dissociation des ceintures remarquable par la régularité et la symétrie que présentent les mouvements transverses de la ceinture scapulaire par rapport à la ceinture pelvienne, en phase avec les cycles de marche.

À partir de plusieurs exemples représentatifs de différentes pathologies, nous illustrerons les caractéristiques de cette dissociation des ceintures, dont plusieurs éléments évoquent un mécanisme central anticipé. Le principe d'une synergie cinématique ayant un rôle postural d'équilibre dynamique adaptable aux irrégularités et asymétries des mouvements du bassin est discuté.

# Scoliose idiopathique de l'adolescente. Effet de la chirurgie sur l'EMG des muscles lombo-pelviens, sur le travail musculaire mécanique et sur le coût énergétique durant la marche

Philippe MAHAUDENS<sup>1</sup>, Xavier BANSE<sup>2</sup>, Maryline MOUSNY<sup>2</sup>, Christine DETREMBLEUR<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Université catholique de Louvain, Bruxelles - BELGIQUE

<sup>2</sup> Orthopaedic Research Laboratory, Université catholique de Louvain, Bruxelles - BELGIQUE

**MOTS CLÉS :** *scoliose, marche, chirurgie, électromyographie, coût énergétique*

## INTRODUCTION :

Les adolescentes avec une scoliose idiopathique (AIS) thoracolombaire/lombaire, comparées aux normes, présentent durant la marche un travail musculaire mécanique diminué, une activité électromyographique prolongée des muscles lombo-pelviens et un coût énergétique excessif (1-2). En cas de progression importante ou de courbures sévères, la chirurgie permet de corriger et fixer les courbures scoliotiques. Notre hypothèse est que la chirurgie d'arthrodèse, nécessitant une fusion distale du rachis lombaire, est délétère pour la biomécanique de la marche.

## MATÉRIEL & MÉTHODES :

Dix-neuf adolescentes avec une scoliose idiopathique thoracolombaire/lombaire furent évaluées radiologiquement et par analyse instrumentée de la marche avant chirurgie et un an plus tard. 12 patientes bénéficièrent d'une arthrodèse postérieure (12 niveaux) et 7 d'une arthrodèse antérieure (4 niveaux) avec L3 comme vertèbre limite inférieur de l'instrumentation. Les variables cinématiques (déplacement angulaire dans les trois plans de l'espace du bassin, épaules, hanches, genoux, chevilles), EMG (durée d'activation des muscles erector spinae, quadratus lumborum, rectus femoris, gluteus medius, tibialis anterior, gastrocnemius), mécaniques (travail mécanique musculaire externe, interne, total) et énergétiques (coût énergétique, rendement musculaire) ont été enregistrées simultanément à vitesse constante.

## RÉSULTATS :

Après chirurgie, il apparaît une meilleure mobilité frontale du bassin et des hanches sans marche asymétrique. Le travail musculaire mécanique externe, interne et total est significativement augmenté. L'activité EMG des muscles étudiés et le coût énergétique de la marche restent inchangés alors que le rendement musculaire augmente.

## DISCUSSION - CONCLUSION :

L'augmentation de 6% du travail musculaire mécanique total en post-chirurgie est principalement due à l'augmentation du travail externe liée à l'amélioration de la mobilité frontale du bassin et des hanches qui augmente les déplacements vertical et antéro-postérieur du centre de masse corporelle. Tant avant qu'après la chirurgie, les muscles lombo-pelviens présentent un temps d'activation électrique prolongé (+40%) et un coût énergétique excessif (+30%) par rapport aux normes (1-2). Globalement, la chirurgie des AIS ne détériore pas la biomécanique de la marche.

## RÉFÉRENCES :

- Mahaudens P et al. Gait in adolescent idiopathic scoliosis: kinematics and electromyographic analysis. Eur Spine J (2009)
- Mahaudens P et al. Gait in adolescent idiopathic scoliosis: energy cost analysis. Eur Spine J (2009)

# Scoliose idiopathique de l'adolescent : relation entre l'importance de la déformation rachidienne et les troubles du contrôle postural au moment du diagnostic

Thierry HAUMONT<sup>1,2,3,4</sup>, Gérome C. GAUCHARD<sup>1,4</sup>, Philippe P. PERRIN<sup>1,4,5</sup>,  
Pierre JOURNEAU<sup>2</sup>, Pierre LASCOMBES<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Contrôle de l'Équilibre & Performance Motrice, Nancy-University, UFR STAPS, Villers-lès-Nancy (54)

<sup>2</sup> Service de Chirurgie Infantile Orthopédique, CHU de Nancy, Hôpital Brabois-Enfants, Vandœuvre-lès-Nancy (54)

<sup>3</sup> Laboratoire d'Anatomie, Faculté de Médecine, Vandœuvre-lès-Nancy (54)

<sup>4</sup> INSERM U 954, Faculté de Médecine, Vandœuvre-lès-Nancy (54)

<sup>5</sup> Service d'Oto-Rhino-Laryngologie, CHU de Nancy, Hôpital Brabois-Enfants, Vandœuvre-lès-Nancy (54)

**MOTS CLÉS :** *scoliose idiopathique, contrôle postural, angle de Cobb, dépistage précoce, posturographie*

## INTRODUCTION :

La vision, la proprioception et le vestibule sont impliqués dans l'étiologie de la scoliose idiopathique. L'objectif de cette étude est d'étudier le contrôle postural de scolioses idiopathiques détectées précocement alors que l'angle de Cobb est encore peu important pour évaluer si l'amplitude de la déformation rachidienne est corrélée à l'importance des troubles du contrôle postural.

## MATÉRIELS & MÉTHODES :

Soixante-et-onze patients présentant une scoliose idiopathique (âge moyen :  $11,5 \pm 2$  ans) ont été soumis, au moment du diagnostic, à des examens cliniques et radiographiques ainsi qu'à une étude du contrôle postural incluant des tests statiques, avec et sans conflit sensoriel, ainsi qu'à des tests dynamiques et dynamisés. Deux groupes ont été constitués en regard de la valeur l'angle de Cobb moyen de la courbure principale dans la population globale au moment du diagnostic.

## RÉSULTATS :

L'angle de Cobb moyen était  $14,6^\circ (\pm 5,4^\circ)$ . 41 patients présentaient un angle de Cobb compris entre  $5$  et  $14^\circ$  (Groupe 1) et 30 patients présentaient un angle de Cobb compris entre  $15$  et  $25^\circ$  (Groupe 2). Le groupe 2 a montré significativement une plus grande oscillation du corps lors des tests statiques, avec en particulier une plus grande surface dans laquelle oscille le centre de pression des pieds (CPP) en condition yeux ouverts et yeux fermés. Le groupe 2 a montré également des oscillations plus importantes dans le plan frontal mais là uniquement en condition yeux fermés. Lors des tests d'organisation sensorielle, le groupe 2 a montré un contrôle postural moins performant tout particulièrement lors des conditions de mise en conflit visuel et proprioceptif malgré une absence de différence dans l'utilisation du vestibule. De plus le groupe 2 a moins utilisé les stratégies d'anticipation compensatoire pour stabiliser les oscillations corporelles en particulier lors des conflits sensoriels les plus déstabilisants et lors des tests dynamiques.

## CONCLUSIONS :

Les patients présentant un angle de Cobb supérieur ou égal à  $15^\circ$  montrent de moins bonnes performances de contrôle postural particulièrement dans les situations de conflits sensoriels reflétant une moins bonne efficacité de l'intégration centrale des informations sensorielles. Les tests posturographiques représentent un outil d'investigation très précis pour mesurer le contrôle postural dans la scoliose idiopathique y compris au tout début de son évolution alors que la déformation est peu importante.



## Existe-t-il des paramètres posturographiques prédictifs de l'évolution d'une scoliose idiopathique ?

Thierry HAUMONT <sup>1,2,3,4</sup>, Gérome C. GAUCHARD <sup>1,4</sup>, Alexis LION <sup>1,4</sup>,  
Philippe P. PERRIN <sup>1,4,5</sup>, Pierre JOURNEAU <sup>2</sup>, Pierre LASCOMBES <sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Contrôle de l'Equilibre & Performance Motrice, Nancy-University, UFR STAPS, Villers-lès-Nancy (54)

<sup>2</sup> Service de Chirurgie Infantile Orthopédique, CHU de Nancy  
Hôpital Brabois-Enfants, Vandœuvre-lès-Nancy (54)

<sup>3</sup> Laboratoire d'Anatomie, Faculté de Médecine, Vandœuvre-lès-Nancy (54)

<sup>4</sup> INSERM U 954, Faculté de Médecine, Vandœuvre-lès-Nancy (54)

<sup>5</sup> Service d'Oto-Rhino-Laryngologie, CHU de Nancy  
Hôpital Brabois-Enfants, Vandœuvre-lès-Nancy (54)

**MOTS CLÉS :** *scoliose idiopathique, évolutivité, contrôle postural, dépistage précoce, posturographie*

### INTRODUCTION :

La vision, la proprioception et le vestibule sont impliqués dans la scoliose idiopathique de l'adolescent (SI). Le but de cette étude prospective est de déterminer s'il existe des paramètres posturographiques capables de prédire l'évolution d'une SI.

### MATÉRIELS & MÉTHODES :

Quatre-vingt-deux patients présentant une SI ont été suivis sur une période de 5 ans. Lors de la première visite, au moment du diagnostic ont été réalisés un examen clinique, radiographique et des tests posturographiques statiques avec et sans mise en conflit sensoriel ainsi que des tests dynamiques et dynamisés. Les sujets ont ensuite été suivi permettant d'établir 2 groupes : le groupe E comprenant des scolioses évolutives (aggravation de l'angle de Cobb de plus de 5° sur 6 mois : 26 sujets) et un groupe NE de scolioses non évolutives arrivées à maturité osseuse (31 sujets). 25 scolioses étaient non évolutives mais non encore à maturité osseuse. La comparaison des paramètres posturographiques à la première visite a été réalisée pour établir s'il existait des différences significatives entre les deux groupes E et NE.

### RÉSULTATS :

Aucune différence n'a été mise en évidence entre les deux groupes en terme d'âge, de genre, de taille, de poids, d'index de masse corporelle, de maturité squelettique, de type de scoliose et d'angle de Cobb à la première visite entre les deux groupes constitués selon leur évolution ultérieure. Des différences significatives ont été mise en évidence lors des tests statiques en condition yeux ouverts, lors des tests dynamiques en condition yeux ouverts (test d'oscillation lente) et lors des tests d'organisation sensorielle.

### DISCUSSION - CONCLUSION :

Les situations explorant les afférences sensorielles, proprioceptives et vestibulaires, mettent en évidence des différences significatives entre le groupe E et NE. Les tests posturographiques les plus complexes sont les plus discriminants. Si les seuils de prédictivité sont à déterminer, cette étude laisse à penser que des tests posturographiques permettraient de prédire l'évolution des SI afin de débiter le traitement orthopédique le plus précocement possible.

---

# ORTHÈSES

---

- Effets d'une orthèse plantaire biomécanique thermoformée chez un cycliste souffrant d'un syndrome de la bandelette ilio tibiale  
*S. Delacroix, D. Hasdenteufel, N. Legrand, L. Chèze, A. Lavigne* ..... 49
- Comportement du pied au cours de la phase d'appui. Paramètres fonctionnels pour l'évaluation et la conception de pieds prothétiques  
*X. Bonnet, H. Pillet, P. Fodé, F. Lavaste, W. Skalli* ..... 50
- Comparaison des orthèses suropédieuse préfabriquée et type Liberté® sur l'activité musculaire du gastrocnémien médial, du tibia antérieur et du long fibulaire chez des patients hémiplegiques  
*A. Gautier, S. Bellot, K. Bervet* ..... 51
- Analyse du mouvement du rachis cervical chez l'enfant : évaluation de quatre colliers orthopédiques  
*A. Assi, P. Yazbeck, A. Massaad, E. Romanos, W. Skalli, I. Ghanem* ..... 52
- Répartition des efforts exercés sur la main courante lors de l'équilibre stationnaire sur deux roues en fauteuil roulant manuel  
*D. Pradon, C. Bankole, E. Delpech, N. Roche, E. Watelain* ..... 53
- Effet de la masse du fauteuil roulant dans les réponses physiologiques, perception de l'effort et de la performance lors de la simulation de différentes activités de la vie quotidienne  
*Y. Sagawa Junior, E. Watelain, F-X. Lepoutre, A. Thevenon* ..... 54

# Effets d'une orthèse plantaire biomécanique thermoformée chez un cycliste souffrant d'un syndrome de la bandelette ilio tibiale

Sébastien DELACROIX<sup>1</sup>, Damien HASDENTEUFEL<sup>1</sup>, Nicolas LEGRAND<sup>1</sup>,  
Laurence CHÈZE<sup>2</sup>, Alain LAVIGNE<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire Clinique de Podologie et du Sport, Paris (75)

<sup>2</sup> LBMC UMR\_T 9406 - Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs, Université Lyon 1  
INRETS, UFR Mécanique, Villeurbanne (69)

<sup>3</sup> Institut National de Podologie, BP 72152, Paris (75)

**MOTS CLÉS :** orthèses plantaires, biomécanique, cycliste, bandelette ilio tibiale, analyse du mouvement

## INTRODUCTION :

Les orthèses plantaires sont utilisées dans la correction de troubles de l'appareil locomoteur. Bien que leurs succès cliniques ne soient plus à démontrer, leurs effets biomécaniques sont peu mis en avant [1]. L'objectif de cette étude est de les quantifier.

## MATÉRIELS & MÉTHODES :

Un cycliste entraîné, âgé de 31 ans, pesant 72 Kg et mesurant 177 cm a participé à l'étude. Celui-ci souffre d'un syndrome de la bandelette ilio tibiale au niveau du genou gauche. Ce diagnostic est orienté à partir de l'interrogatoire et du tableau clinique et affirmé par les tests de Renne et de Noble [2]. Par ailleurs, ce patient présente un trouble posturo dynamique bilatéral avec des pieds varus et un genu varum. Une paire d'orthèses plantaires biomécaniques thermoformées lui est confectionnée sur mesure visant à compenser le trouble posturo dynamique engendrant la pathologie. Par la spécificité du cyclisme, l'action des orthèses est principalement concentrée sous l'avant pied. Deux analyses quantifiées du mouvement sont réalisées, la première sans orthèses et la seconde avec orthèses. La cinématique articulaire des chevilles, des genoux et des hanches, la cinématique segmentaire des pieds, des jambes et des cuisses, ainsi que les distances entre le centre articulaire des genoux et le cadre du vélo sont étudiés.

## RÉSULTATS :

Les principaux résultats montrent que l'orthèse permet de réduire la distance Genou - Cadre, de générer une rotation interne de tout le segment jambier ainsi qu'une valgisation du genou et une adduction de hanche.

## DISCUSSION - CONCLUSION :

L'orthèse plantaire biomécanique thermoformée permet, par couplage ostéo-articulaire partant du pied et se répercutant sur les étages supérieurs [3], de soulager ce cycliste de son syndrome de la bandelette ilio tibiale.

## BIBLIOGRAPHIE :

- [1] Sanderson, DJ, Black, AH, Montgomery, J. The effect of varus and valgus wedges on coronal plane knee motion during steady-rate cycling. Clin J Sport Med 1994; 4 (2), 120-124.
- [2] Danowski RG, Chanussot JC. Traumatologie du sport. Paris : Masson ; 2005. p. 216-218.
- [3] Gélis A, Coudeyre E, Aboukrat P, Cros P, Hérisson C, Pélissier J. Feet insoles and knee osteoarthritis: evaluation of biomechanical and clinical effects from a literature review. Ann Readapt Med Phys 2005 ; 48 (9): 682-689.

# Comportement du pied au cours de la phase d'appui. Paramètres fonctionnels pour l'évaluation et la conception de pieds prothétiques

Xavier BONNET<sup>1</sup>, Hélène PILLET<sup>1</sup>, Pascale FODÉ<sup>2</sup>, François LAVASTE<sup>1</sup>, Wafa SKALLI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> LBM Arts et Métiers ParisTech (75)

<sup>2</sup> CERAH, Woippy (75)

**MOTS CLÉS :** *biomécanique, pied cheville, appareillage*

## INTRODUCTION :

La mobilité, le moment et la puissance de la cheville ont largement été décrit dans la littérature. Certains auteurs ont proposé différents paramètres comme la raideur de la cheville [1] (pente de la courbe entre le moment et la mobilité articulaire) ou le Roll Over Shape (ROS), ce dernier correspond à la trajectoire du centre de pression dans un repère lié au tibia[2]. Ces paramètres peuvent être utiles aussi bien pour l'évaluation que pour la conception des pieds prothétiques.

L'objectif de cette étude est de collecter ces différents paramètres pour 55 sujets asymptomatiques. Ces paramètres ont été évalués expérimentalement pour trois pieds prothétiques isolés en reproduisant des conditions aux limites proches de celles mesurées lors de la phase d'appui unipodale. L'utilisation de pieds prothétiques permet de mettre en évidence les liens entre ces paramètres.

## MATÉRIEL & MÉTHODES :

Cinquante-cinq sujets asymptomatiques ont été inclus dans cette étude [3]. Mobilité, raideur de la cheville et les paramètres décrivant le Roll Over Shape ont été quantifiés.

Les conditions aux limites exercées sur les pieds au cours de la phase d'appui unipodale ont été simplifiées et reproduites expérimentalement sur trois pieds prothétiques en imposant une charge verticale constante et en pilotant l'angle du tibia par rapport à la verticale. Le centre de pression a alors été mesuré à partir d'une Wii Balance Board® (Nintendo) et la cinématique du pied à partir d'une webcam (2 mégapixels) dans le plan sagittal.

## RÉSULTATS :

Les paramètres de mobilité, de raideur et le Roll Over Shape obtenus pour les pieds prothétiques ont pu être comparés à ceux estimés pour les 55 sujets asymptomatiques.

## DISCUSSION - CONCLUSION :

L'objectif de cette étude est de proposer un protocole d'essai expérimental sur pieds prothétiques isolés afin de quantifier différents paramètres fonctionnels. Les trois pieds testés ont été choisis afin de mettre en évidence les liens entre ces différents paramètres.

La quantification de ces paramètres peut aider à l'évaluation et à la conception des pieds prothétiques.

## BIBLIOGRAPHIE :

[1] Palmer, M., Sagittal plane characterization of normal human ankle function across a range of walking gait speeds. 2002, Massachusetts Institute of Technology: Cambridge.

[2] Hansen, A.H., Childress, D.S., and Knox, E.H., 2004, Roll-over shapes of human locomotor systems : effects of walking speed. Clin Biomech (Bristol, Avon), 19(4),407-14.

[3] Pillet, H., Bonnet, X., Lavaste, F., and Skalli, W., 2009, Evaluation of force plate-less estimation of the trajectory of the centre of pressure during gait. Comparison of two anthropometric models. Gait Posture.

# Comparaison des orthèses suropédieuse préfabriquée et type Liberté® sur l'activité musculaire du gastrocnémien médial, du tibia antérieur et du long fibulaire chez des patients hémiplegiques

Arnaud GAUTIER<sup>1</sup>, Sophie BELLOT<sup>1</sup>, Kristell BERVET<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> CMRRF de Kerpape, Ploemeur (56)

<sup>2</sup> Laboratoire M2S UHB Rennes 2 (35)

**MOTS CLÉS :** *orthèses suropédieuse préfabriquée, Liberté®, EMG, cinématique 2D, hémiplegique*

## INTRODUCTION :

Les lésions cérébrales engendrent fréquemment des déficits moteurs, touchant notamment les muscles de la jambe, provoquant des difficultés dans la flexion dorsale active de la cheville. Ces déficits de fonction sont suppléés classiquement au cours de la marche par des orthèses préfabriquées suropédieuses assez rigide. L'orthèse Liberté® présentée comme étant plus souple et plus respectueuse des réponses musculaires devrait permettre une démarche plus physiologique.

## OBJECTIF :

L'objectif de notre étude préliminaire est d'observer l'influence sur la cinématique 2D et l'activité musculaire de la cheville des orthèses préfabriquées et Liberté® au cours de la marche.

## MATÉRIELS & MÉTHODES :

L'activité des muscles gastrocnémien médial, long fibulaire et tibia antérieur est recueillie par EMG de surface bilatéral selon les recommandations de la SENIAM [1]. La cinématique 2D de la cheville provient d'une vidéo numérique de profil centrée sur la jambe et le pied.

Nos quatre sujets (2 sains et 2 hémiplegiques gauches, dont 3 hommes et 1 femme, âgés de 19 à 58 ans) marchent dans trois conditions (chaussures seules, chaussures + orthèse préfabriquée & chaussures + Liberté®) sur trois sessions séparées entre elles d'une journée.

## RÉSULTATS :

Concernant la cinématique, nous notons une tendance à l'augmentation de la flexion plantaire en fin de phase d'appui avec le releveur Liberté® par rapport à l'orthèse préfabriquée que ce soit chez nos sujets sains ou nos patients [2].

Les résultats de l'analyse EMG montrent que chez les sujets sains, les deux orthèses paraissent modifier la temporalité des contractions au cours du cycle de marche [2,3]. Néanmoins, pour nos patients, le releveur Liberté® semble permettre une meilleure réponse musculaire, plus proche de la norme dans la temporalité des contractions mais aussi dans leur durée, par rapport à l'orthèse préfabriquée [2,3].

## DISCUSSION - CONCLUSION :

Chez nos deux patients, le releveur Liberté® semble permettre une marche plus physiologique au niveau de la cheville, que ce soit dans la cinématique du mouvement ou au niveau de la réponse musculaire.

La poursuite de cette étude pourrait nous permettre d'avoir des critères plus objectifs quant à l'indication de telle ou telle orthèse chez nos patients hémiplegiques.

## BIBLIOGRAPHIE :

[1] SENIAM, [www.seniam.org](http://www.seniam.org)

[2] Gage (2004)

[3] Den Otter et coll. (2007) Gait & Posture

## Analyse du mouvement du rachis cervical chez l'enfant : évaluation de quatre colliers orthopédiques

Ayman ASSI<sup>1,2</sup>, Paul YAZBECK<sup>3</sup>, Abir MASSAAD<sup>1</sup>,  
Elie ROMANOS<sup>3</sup>, Wafa SKALLI<sup>2</sup>, Ismat GHANEM<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Gait and Motion Analysis Lab., SESOBEL, Beyrouth - LIBAN

<sup>2</sup> Laboratoire de Biomécanique, Arts et Métiers ParisTech, CNRS UMR 8005, Paris (75)

<sup>3</sup> Hôpital Hôtel Dieu de France, Beyrouth - LIBAN

**MOTS CLÉS :** rachis cervical, colliers, enfant, analyse du mouvement, mouvements couplés

### INTRODUCTION :

Le rachis cervical est le segment le plus mobile de la colonne vertébrale, et présente une importance particulière en cas de traumatisme à cause du risque élevé de lésions ostéo-ligamentaires. Plusieurs colliers cervicaux sont utilisés chez l'adulte avec une efficacité variable. L'immobilisation cervicale chez l'enfant présente un problème de disponibilité de colliers adaptés et n'a pas encore été évaluée dans la littérature. Le but de cette étude est d'évaluer l'efficacité des colliers pédiatriques les plus utilisés sur la stabilisation cervicale chez l'enfant.

### MATÉRIEL & MÉTHODES :

Trente enfants asymptomatiques âgés entre 6 et 12 ans ont participé à l'étude. Quatre types de colliers cervicaux pédiatriques (Philadelphia, Miami Jr, Neloc et le collier dur conventionnel) de taille moyenne, destinés à une population d'enfants âgés de 6 à 12 ans, ont été employés pour chaque enfant. Un examen d'analyse du mouvement a été effectué avec et sans collier (système VICON®, protocole Plug in Gait des membres supérieurs). Les mouvements de mobilité du cou en flexion/extension, inclinaison latérale et rotation axiale ont été enregistrés avec et sans port de colliers.

Les mobilités obtenues avec chaque collier étaient comparées à la mobilité cervicale sans collier. Les résultats obtenus pour chaque collier étaient comparés entre eux. Le degré de réduction de la mobilité cervicale a été calculé pour chaque collier. Les mouvements couplés, sans le port de collier, ont été quantifiés chez les enfants. Une étude de répétabilité a été effectuée sur 17 enfants.

### RÉSULTATS & DISCUSSIONS :

Une différence significative entre les quatre colliers existait. La meilleure réduction de mouvement était pour le Necloc et ceci dans les trois plans (77% en flexion/extension, 63% en flexion latérale et 79% en rotation axiale).

Les mouvements couplés avaient des valeurs significatives durant la flexion latérale ( $p < 0.05$ ). Les mesures s'avéraient répétables ( $p > 0.05$ ). Cependant les différences de mobilités intersessions étaient larges (vers les 17°). Cette étude a permis d'évaluer l'efficacité des colliers pédiatriques sur la limitation de la mobilité cervicale. Malgré le manque de disponibilité d'une grande variété de colliers adaptés, ceux présents sur le marché semblent assurer une stabilité optimale en particulier le Necloc et le Miami Jr.

# Répartition des efforts exercés sur la main courante lors de l'équilibre stationnaire sur deux roues en fauteuil roulant manuel

Didier PRADON<sup>1</sup>, Cyrille BANKOLE<sup>1</sup>, Éric DELPECH<sup>1</sup>,  
Nicolas ROCHE<sup>1</sup>, Éric WATELAIN<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire d'Analyse du Mouvement, CIT805-Cic-It, Hôpital Raymond Poincaré APHP, Garches (92)

<sup>2</sup> HandiBio, EA 4322, Université du Sud Toulon Var, La Garde (83)

<sup>3</sup> UVHC, LAMIH, Valenciennes (59)

**MOTS CLÉS :** *fauteuil roulant, équilibre stationnaire, biomécanique*

## INTRODUCTION :

Dans cette étude, nous identifions la répartition des efforts de la main sur la main courante lors d'un équilibre stationnaire sur les deux roues (2R) arrières en fauteuil roulant manuel chez les sujets blessés médullaires (BM) comparativement à des sujets sains (GC) ayant déjà acquis cette habileté motrice. Kirby et al. (2008) rapportent que quatorze tâches de la vie quotidiennes sont liées avec cette habileté motrice.

## MATÉRIELS & MÉTHODES :

Vingt-sept sujets dont 14 GC et 13 sujets BM ont été recrutés. Le « 2R » stationnaire a été analysé durant 3 sessions de 50 secondes. Deux plates-formes de forces et une roue dynamométrique ont été utilisées pour les enregistrements. Les calculs ont été réalisés sur 5 secondes consécutives d'équilibre. Les paramètres mesurés sont : les trois composantes de forces, les amplitudes antéro-postérieure et médio-latérale ainsi que la trajectoire du centre de pression (CP).

## RÉSULTATS :

Les résultats montrent que les BM réalisent une meilleure performance lors du 2R stationnaire ( $p = 0.001$ ). La moyenne de la trajectoire du CP respectivement chez les GC et BM donne des valeurs à droite de :  $6,4 \pm 2$  cm vs  $4,1 \pm 0,9$  cm, puis à gauche de :  $5,8 \pm 1,4$  cm vs  $4,2 \pm 0,7$  cm. Les sujets BM exercent une force médio-latérale significativement plus importante lors du 2R stationnaire. Les moyennes respectives chez les GC et BM sont :  $6,41 \pm 4,18$  N vs  $10,03 \pm 6,13$  N.

## DISCUSSION - CONCLUSION :

Les sujets BM ont une meilleure gestion de leur équilibre par rapport aux GC et ont développé une technique qui se caractérise par l'application d'une force médio-latérale plus élevée. Cette différence s'explique par la spécificité de la saisie de la main courante liée à la technique de propulsion [John et al. 2001]. Ces aspects pourraient être utilisables dans l'apprentissage du 2R lors de la rééducation des patients.

## BIBLIOGRAPHIE :

- Kirby et al., Am J Phys Med Rehabil. 2008; 87(3): 204-11.
- John et al., Med Sci Sports Exerc. 2001; 33(3):476-84.

# Effet de la masse du fauteuil roulant dans les réponses physiologiques, perception de l'effort et de la performance lors de la simulation de différentes activités de la vie quotidienne

Yoshimasa SAGAWA JUNIOR<sup>1</sup>, Eric WATELAIN<sup>1,2</sup>,  
François-Xavier LEPOUTRE<sup>1</sup>, André THEVENON<sup>3</sup>

<sup>1</sup> LAMIH – UMR CNRS 8530, Valenciennes (59)

<sup>2</sup> HandiBio EA 4322 Université du Sud Toulon Var, La Garde (83)

<sup>3</sup> Physical Medicine and Rehabilitation department, Lille University Hospital, Lille (59)

**MOTS CLÉS :** *biomécanique, physiologie, fauteuil roulant à propulsion manuel, masse du fauteuil roulant, activités de la vie quotidienne*

L'effet de la masse du fauteuil roulant manuel (FRM) lors de la réalisation des activités de la vie quotidienne reste un sujet encore controversé [1-3]. Cette étude a été réalisée afin de tester l'influence de la masse du FRM sur les réponses physiologiques, la perception de l'effort et la performance lors de la simulation de différentes activités de la vie quotidienne. Des tests de mesure répétés ont été choisis pour comparer les évaluations. Six activités de la vie quotidienne (AVQ) ont été simulées de façon aléatoire. Quatre masses différentes (0, 1, 2, 5 kg) ont été fixées aléatoirement sous le siège du FRM pour chaque AVQ hors du champ de vision des participants. Lors de la réalisation de ces tests, la dépense énergétique totale exprimée par VO<sub>2</sub>, la fréquence cardiaque totale exprimée en bpm, la perception de l'effort obtenue à partir d'une échelle visuelle analogique et la performance chronométrique de l'activité maximale (sprint) ont été mesurées. Huit utilisateurs de FRM avec différents niveaux de lésion médullaire et treize sujets sains ont participé aux expérimentations. Les mesures physiologiques, la perception de l'effort et la performance n'ont pas été affectées par le changement de la masse du FRM pour les deux groupes et pour tous les tests. À partir de ces résultats, on peut conclure qu'une masse supplémentaire (jusqu'à 5 kg) chargée sur un fauteuil roulant n'a aucun effet sur les paramètres évalués lors de la simulation des cinq AVQ testés. Ces résultats peuvent aider les fabricants à améliorer le design des FRMs plutôt que de réduire leur masse en utilisant des matériaux coûteux (fibre de carbone, titane et autres composites) et aider les prescripteurs et revendeurs à orienter les sujets vers des choix de FRM plus appropriés.

## BIBLIOGRAPHIE :

- [1] Beekman CE, Miller-Porter L, Schoneberger M. Energy cost of propulsion in standard and ultralight wheelchairs in people with spinal cord injuries. *Phys Ther.* 1999 Feb;79(2):146-58.
- [2] Bednarczyk JH, Sanderson DJ. Limitations of kinematics in the assessment of wheelchair propulsion in adults and children with spinal cord injury. *Phys Ther.* 1995 Apr;75(4):281-9.
- [3] Hilbers PA, White TP. Effects of wheelchair design on metabolic and heart rate responses during propulsion by persons with paraplegia. *Phys Ther.* 1987 Sep;67(9):1355-8.



---

# MÉTHODOLOGIE CLINIQUE

---

- Estimation de l'influence respective des déterminants de la marche sur la trajectoire verticale du centre de masse par une représentation compass gait  
*C. Hayot, S. Sakka, P. Lacouture* ..... 56
- Quantification des forces musculaires individuelles :  
quel critère pour une simulation de la marche pathologique ?  
*F. Moissenet, N. Lampire, D. Pradon, R. Dumas, L. Chèze* ..... 57
- Quels degrés de liberté pour le membre inférieur et quelles conséquences  
sur la cinématique articulaire ?  
*R. Dumas, S. Duprey, L. Chèze* ..... 58
- Normalisation des paramètres dynamiques : effet sur l'étude de la maturation  
de la marche chez l'enfant entre 1 et 6 ans  
*W. Samson, B. Dohin, G. Desroches, J-L. Chaverot, R. Dumas, L. Chèze* ..... 59
- Effets d'un équin induit sur les paramètres cinématiques de la marche de l'enfant  
*L. Houx, S. Brochard, M. Lempereur, O. Rémy-Neris* ..... 60
- La marche humaine présente-t-elle des corrélations à long terme  
comparables et reproductibles sur sol plat et sur tapis roulant ?  
*B. Bollens, F. Crevecoeur, V. Nguyen, C. Detrembleur, T. Lejeune* ..... 61
- Analyse des effets de la toxine botulique sur les paramètres spatiotemporels,  
la variabilité et l'asymétrie de la marche sur tapis de type GaitRite  
chez des sujets adultes hémiplegiques  
*J. Bredin, J. Brisswalter, M. Bruno, I. Jannin, J-P. Flambart, J. Griffet* ..... 62
- Influence de la coactivation des muscles agonistes-antagonistes sur la cohérence  
corticomusculaire lors de contractions isométriques sous maximales  
*F. Dal Maso, M. Longcamp, D. Amarantini* ..... 63
- Utilisation du score fonctionnel de déambulation de Nelson (FAP) chez l'enfant  
*A. Gouelle, F. Mégrot, G-F. Penneçot, A. Yelnik* ..... 64
- Un programme de rééducation spécifique peut améliorer la marche  
des patients diabétiques; une étude randomisée contrôlée  
*L. Allet, S. Armand, R.A. de Bie, A. Golay, Z. Pataky,  
D. Monnin, K. Aminian, E.D. de Bruin* ..... 65

# Estimation de l'influence respective des déterminants de la marche sur la trajectoire verticale du centre de masse par une représentation compass gait

Chris HAYOT, Sophie SAKKA, Patrick LACOUTURE

Laboratoire de Mécanique des Solides (UMR 6610), Université de Poitiers / CNRS (86)

**MOTS CLÉS :** *marche normale, centre de masse, compass gait, déterminants de la marche, trajectoire verticale du centre de masse*

## INTRODUCTION :

Selon Saunders [1], le modèle compass gait représente la trajectoire du centre de masse (CoM) au cours de la marche normale comme une succession d'arcs de cercle de rayon constant. L'amplitude verticale de cette trajectoire est surestimée. L'action coordonnée de 5 des 6 déterminants de la marche (rotation et obliquité du bassin, flexion du genou, mécanismes de pied et de cheville) réduirait cette amplitude et donc approcherait la trajectoire verticale réelle du CoM. Nous évaluons dans ce travail la contribution respective de chaque déterminant sur l'amplitude verticale de déplacement du CoM et les comparons à une trajectoire de référence obtenue par une modélisation multicorps de 16 segments.

## MATÉRIELS & MÉTHODES :

Trois sujets ont réalisé des essais de marche à vitesse spontanément choisie. Les trajectoires 3D de 59 marqueurs cutanés sont collectées et synchronisées avec les données de deux plateformes de force. En se basant sur la formulation matricielle de Legnani [2], nous développons un modèle pendulaire étendu de quatre segments représentant le membre inférieur en appui. Les mesures angulaires de chacun des déterminants y sont successivement introduites afin d'évaluer leur contribution isolée sur la trajectoire verticale du CoM.

## RÉSULTATS :

La rotation et l'obliquité du bassin et la flexion du genou n'offrent que des contributions mineures sur la réduction de l'amplitude du CoM. Néanmoins, la flexion du genou et l'obliquité du bassin offre une contribution majeure au cours du double appui ( $0,027 \pm 0,012$  m;  $0,021 \pm 0,001$  m). Les mécanismes de pied et de cheville, à travers le déplacement du CoP, permettent de réduire l'excursion verticale du CoM ( $0,040 \pm 0,007$  m) tout au long de la phase d'appui.

## DISCUSSION - CONCLUSION :

L'obliquité du bassin et la flexion du genou du membre porteur seraient surtout impliquées dans l'amortissement du choc engendré par le contact du pied au sol et le transfert rapide du poids vers le membre oscillant au cours du double support [3]. L'implémentation du déplacement du CoP met en évidence l'importance du roulement mécanique du pied d'appui sur la diminution du coût énergétique de la marche.

## BIBLIOGRAPHIE :

- [1] Saunders, J., 1953, "The major determinants in normal and pathological gait," *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 35(3), p. 543.
- [2] Legnani, G., Casolo, F., Righettini, P., and Zappa, B., 1996, "A homogeneous matrix approach to 3D kinematics and dynamics -- I. Theory," *Mechanism and Machine Theory*, 31 (5), pp. 573-587.
- [3] Kuo, A. D., 2007, "The six determinants of gait and the inverted pendulum analogy : A dynamic walking perspective," *Human Movement Science*, 26(4), pp. 617-656.

## Quantification des forces musculaires individuelles : quel critère pour une simulation de la marche pathologique ?

Florent MOISSENET<sup>1,2</sup>, Nicolas LAMPIRE<sup>1,3</sup>,  
Didier PRADON<sup>4</sup>, Raphaël DUMAS<sup>1</sup>, Laurence CHÈZE<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs,  
UMR\_T 9406, Université Lyon 1 - INRETS, Villeurbanne (69)

<sup>2</sup> Médimex, Sainte-Foy-lès-Lyon (69)

<sup>3</sup> Laboratoire d'analyse du mouvement, CMPR L'ADAPT Loiret, Amilly (45)

<sup>4</sup> CIC-IT, Laboratoire d'analyse du mouvement, CHU Raymond Poincaré, Garches (92)

**MOTS CLÉS :** *optimisation multicritères, vitesse d'étirement musculaire, spasticité, simulation*

### INTRODUCTION :

Les simulations de la marche humaine employant des méthodes d'optimisation sont nombreuses mais peu d'entre elles tentent de modéliser des pathologies et leurs conséquences, telles que la spasticité musculaire [1]. Les critères employés sont souvent utilisés séparément dans la littérature et mènent à une solution optimale. Néanmoins, l'étude de la marche pathologique force à constater que le mouvement n'est pas forcément optimal en termes de forces musculaires. Il peut alors être intéressant de définir une optimisation multicritères (OM) [2] pour étudier si l'organisation de la marche ne résulterait pas d'une solution qui serait « la plus acceptable » et non d'une solution « optimale ». Nous proposons donc de tester la pertinence d'un nouveau critère dans une OM afin de représenter l'adaptation d'un sujet spastique.

### MATÉRIELS & MÉTHODES :

Une analyse quantifiée de la marche d'un patient est réalisée avant et après injection de toxine botulique et comparée à celle d'un sujet asymptotique. Le patient présente une spasticité sur le Rectus Femoris (RF) droit et a été choisi pour l'amélioration notable de sa marche après injection. Les vitesses d'étirements du muscle (VEM) avant et après injection sont alors comparées à l'aide du logiciel SIMM (Musculographics, Santa Rosa, CA) [3]. Enfin, une OM est programmée, utilisant le critère standard : minimiser  $\sum a^2$ , où  $a$  est l'activation du muscle et un nouveau critère défini par : maximiser VEM avec  $VEM < VEM_{seuil}$  comme contrainte. Les résultats sont alors comparés à ceux obtenus par la cinématique uniquement.

### RÉSULTATS :

Les premiers résultats révèlent que la valeur maximale de la VEM est augmentée après injection. L'injection de toxine botulique semble donc permettre un pic de vitesse plus élevé et nous supposons que cette valeur est proche du seuil de spasticité  $VEM_{seuil}$ . Les résultats suivants montrent qu'en utilisant notre OM, le pic de VEM du RF droit est accru de 20% et est donc plus consistant avec notre référence, sans modifier le patron d'activation du muscle.

### DISCUSSION - CONCLUSION :

Les résultats semblent donc prouver la nécessité d'adapter le ou les critères employés à la pathologie, voire au contexte.

### BIBLIOGRAPHIE :

- [1] Erdemir et al., Clin Biomech, 2007, 22
- [2] Stokes and Gardner-Morse, J Biomech, 2001, 34
- [3] Delp and Loan, Comput. Biol. Med., 1995, 25

## Quels degrés de liberté pour le membre inférieur et quelles conséquences sur la cinématique articulaire ?

Raphaël DUMAS, Sonia DUPREY, Laurence CHÈZE

LBMC UMR\_T 9406 UCBL-INRETS, Villeurbanne (69)

**MOTS CLÉS :** *modèle cinématique, degré de liberté, angles et déplacements articulaires, analyse de la marche*

### INTRODUCTION :

Certaines méthodes utilisées en analyse du mouvement nécessitent de mettre en place un modèle cinématique. Il s'agit alors de définir les degrés de liberté des articulations. Dans la littérature, on retrouve classiquement des modèles de rotule, cardan et pivot. Des modèles plus complexes avec couplages (mécanismes parallèles) ont également été proposés [5,6], mais sont peu utilisés.

Les choix de modélisation ont des conséquences sur la cinématique articulaire qui restent souvent méconnus.

### MATÉRIEL & MÉTHODES :

La marche de 5 sujets asymptomatiques a été enregistrée à 100Hz avec un système d'analyse du mouvement (Motion Analysis). La cinématique du membre inférieur droit a été calculée par une méthode d'optimisation globale [1-4] en utilisant soit 3 rotules, soit 1 rotule, 1 pivot et 1 cardan soit 1 rotule et 2 mécanismes parallèles. Les angles et déplacements articulaires ont ensuite été calculés classiquement [7].

### RÉSULTATS :

La flexion-extension est comparable quelle que soit la modélisation, à part pour certains sujets à la cheville (mécanisme parallèle). L'abduction-adduction est fortement dépendante de la modélisation. Elle est annulée au genou (pivot et mécanisme parallèle) et limitée à la cheville (mécanisme parallèle). La rotation interne-externe est aussi fortement dépendante. Elle est orientée en interne au genou et très limitée à la cheville (mécanismes parallèles). Seuls ces mécanismes parallèles font apparaître des déplacements articulaires.

### DISCUSSION - CONCLUSION :

La cinématique articulaire, sauf la flexion-extension, est fortement modifiée par les choix de modélisation. Un choix judicieux peut permettre éventuellement d'obtenir une cinématique plus physiologique (pas d'abduction-adduction au genou). Cependant, la mise en place d'un modèle correspond à fixer arbitrairement des centres / axes de rotation et l'on peut se demander si la cinématique obtenue est toujours représentative du sujet, surtout s'il est pathologique.

### BIBLIOGRAPHIE :

- [1] Lu & O'Connor J Biomech 1999 32(2) 129-34
- [2] Chalton et al. Gait Posture 2004 20(2) 213-21
- [3] Reinbolt et al. J Biomech 2005 38(3) 621-6
- [4] Andersen et al. Comput Methods Biomech Biomed Engin 2009 12(4) 371-84
- [5] Feikes et al. J Biomech 2003 36(1) 125-9
- [6] Di Gregorio et al. Med Biol Eng Comput 2007 45(3) 305-13
- [7] Wu et al. J Biomech 2002 35(4) 543-8

# Normalisation des paramètres dynamiques : effet sur l'étude de la maturation de la marche chez l'enfant entre 1 et 6 ans

William SAMSON<sup>1</sup>, Bruno DOHIN<sup>2</sup>, Guillaume DESROCHES<sup>3</sup>,  
Jean-Luc CHAVEROT<sup>1</sup>, Raphaël DUMAS<sup>3</sup>, Laurence CHÈZE<sup>3</sup>

<sup>1</sup> CTC, Lyon (69)

<sup>2</sup> Hospices Civils de Lyon, Hôpital Femme-Mère-Enfant,

Service de chirurgie orthopédique pédiatrique, Groupement hospitalier Est, Bron (69)

<sup>3</sup> Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs - UMR\_T 9406, UFR Mécanique, Villeurbanne (69)

**MOTS CLÉS :** *enfant sain, normalisation, analyse de la marche, moment 3D, puissance 3D*

## INTRODUCTION :

Les paramètres dynamiques du membre inférieur fournissent d'importantes informations quant à la maturation de la marche [1,2]. A l'exception de paramètres dynamiques déjà « normalisés » [3], le moment et la puissance articulaires, généralement étudiés, sont normalisés par la masse corporelle [1] ou suivant les recommandations de Hof (i.e. par la masse corporelle et la longueur de la jambe) [2,4]. Selon la méthode de normalisation utilisée, le moment d'extension de la cheville est plus important ou moins important pour les adultes que les enfants [1,2]. L'hypothèse est donc faite qu'en fonction de la méthode de normalisation, les conclusions sur la maturation dynamique seront différentes. Cette étude propose de montrer l'effet de la méthode de normalisation et de la dimension étudiée (e.g. puissance dans le plan sagittal vs puissance 3D) sur les conclusions quant à la maturation dynamique de la marche.

## MATÉRIEL & MÉTHODES :

Vingt-quatre enfants (entre 1 et 6 ans) et huit adultes ont été étudiés. Les moments articulaires, et les puissances articulaires 2D et 3D ont été calculés par dynamique inverse, à partir des mesures synchronisées d'un système Motion Analysis et de plateformes de forces Bertec. L'ensemble de ces données ont été normalisées suivant la masse corporelle et selon Hof [3].

## RÉSULTATS :

En normalisant par la masse corporelle, 5 moments montrent des différences entre enfants et adultes. En normalisant selon Hof, seul le moment d'extension de la hanche montre des différences. Pour les puissances, les énergies maximales générées et absorbées sont globalement plus importantes chez l'adulte que l'enfant en normalisant par la masse corporelle. La normalisation selon Hof montre les résultats inverses. Enfin, les paramètres dynamiques dans le plan sagittal ne révèlent pas les mêmes différences qu'en 3D.

## CONCLUSION :

Selon la méthode de normalisation et la dimension étudiées, les conclusions obtenues sur la maturation de la marche sont différentes. Au même titre que la masse corporelle, la longueur de la jambe devrait être prise en compte pour normaliser les données dynamiques. De plus, notamment pour la hanche, il serait intéressant de compléter l'habituelle étude de la puissance dans le plan sagittal par la puissance 3D.

## BIBLIOGRAPHIE :

- [1] Chester V, Tingley M, Biden E. *Clinic Biomech* 21, 726-32, 2006
- [2] Hallemans A, De Clercq D, Otten B, Aerts P. *Gait Posture* 22, 107-18, 2005
- [3] Samson W, Desroches G, Cheze L, Dumas R. *J Biomech* 42, 2447-53, 2009
- [4] Hof AL. *Gait & Posture* 4, 222-23, 1996

# Effets d'un équin induit sur les paramètres cinématiques de la marche de l'enfant

Laëtitia HOUX, Sylvain BROCHARD, Mathieu LEMPEREUR, Olivier RÉMY-NERIS

CHU de Brest (29)

**MOTS CLÉS :** *équin induit, orthèse, analyse 3D de la marche, enfant, cinématique*

## INTRODUCTION :

L'équin fixé de la cheville est le trouble orthopédique le plus fréquemment rencontré au cours de la croissance de l'enfant présentant une maladie neurologique évolutive et nécessite une prise en charge médico-chirurgicale. L'évaluation des modifications biomécaniques de la marche dues à la position en équin est difficilement dissociable de celles dues à la pathologie neurologique. Le retentissement biomécanique d'un équin isolé (sans trouble neurologique) à la marche a été rapporté chez l'adulte mais pas chez l'enfant (Matjacic et al, 2006).

## OBJECTIFS :

Induire une limitation progressive de la flexion dorsale de cheville droite par une orthèse sur des enfants sains et en observer les conséquences cinématiques sur la marche à l'aide d'un système optoélectronique (Vicon).

## MÉTHODES :

10 enfants de 8 à 12 ans ont réalisé 4 passages en analyse quantifiée de la marche à vitesse imposée de 1 m/s pour chaque condition suivante : sans orthèse, orthèse libre puis avec réglage progressif de +10°, 0°, -10° et -20° de flexion dorsale droite.

## RÉSULTATS :

L'orthèse en position libre induit à droite et à gauche des modifications mineures. Avec l'équin croissant, les paramètres spatio-temporels sont peu modifiés. L'équin imposé, avec le réglage croissant, induit une flexion plantaire à l'attaque du pas de 0.93° à 21.65°, en phase d'appui de -11.33° à 11.61° et en phase oscillante de 9.49° à 28.57°. À l'attaque du pas, l'augmentation maximale de la flexion de genou et de hanche observée est de 15° et 8° au maximum de l'équin induit. Lors de l'équin maximal, les modifications du pelvis sont négligeables. Le Gillette Gait Index (Schuttle et al, 2000) droit augmente de 27.8 à 139.84. À partir de -10° d'équin imposé, il apparaît au membre controlatéral une légère diminution de flexion dorsale en phase d'appui et de la flexion de genou en phase oscillante, sans répercussion à la hanche.

## CONCLUSION :

L'orthèse a permis d'induire des modifications cinématiques importantes à la cheville. Les répercussions sont modérées au genou et à la hanche ipsilatérale. Les compensations controlatérales sont peu importantes et la cinématique globale bien moins modifiée qu'un enfant hémiplégique.

## BIBLIOGRAPHIE :

- Matjacic et al (2006). Journal of Biomechanics, 39(2), 255-266.
- Schuttle et al (2000). Gait & Posture, 11(1), 25-31.

## La marche humaine présente-t-elle des corrélations à long terme comparables et reproductibles sur sol plat et sur tapis roulant ?

Benjamin BOLLENS <sup>1,2</sup>, Frédéric CREVECOEUR <sup>1,3</sup>, Virginie NGUYEN <sup>2</sup>,  
Christine DETREMBLEUR <sup>1</sup>, Thierry LEJEUNE <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Université Catholique de Louvain, Unité de Réadaptation et de Médecine Physique, Bruxelles - BELGIQUE

<sup>2</sup> Université Catholique de Louvain, Cliniques universitaires Saint-Luc, Service de MPR, Bruxelles - BELGIQUE

<sup>3</sup> Centre d'Ingénierie des Systèmes d'Automatique et de Mécanique appliquée,  
École polytechnique de Louvain, Louvain-la-Neuve - BELGIQUE

**MOTS CLÉS :** *corrélations à long terme, marche, variabilité, tapis roulant, reproductibilité*

### INTRODUCTION :

La durée du cycle de marche de sujets jeunes et sains fluctue de manière très complexe au cours du temps : ces fluctuations semblent en effet présenter des corrélations à long terme, en particulier à vitesse spontanée. Malgré l'utilisation fréquente du tapis roulant en recherche clinique, la présence de ces corrélations n'a été supposée que pour des sujets marchant sur sol plat [1]. De plus, les méthodes mathématiques utilisées pour le démontrer varient considérablement entre les études.

Le premier objectif de cette étude était de confirmer avec un niveau de preuve élevé la présence de corrélations à long terme au sein des variations de la durée du cycle de marche sur sol plat. Le second objectif était de vérifier la persistance et la reproductibilité des résultats obtenus sur tapis roulant.

### MATÉRIEL ET MÉTHODES :

La variabilité de la durée du cycle de marche de dix sujets jeunes et sains a premièrement été évaluée à vitesse spontanée sur une piste de 37 mètres. La durée du cycle de marche a été mesurée durant 15 minutes avec une fréquence d'échantillonnage de 1000 Hz grâce à un contacteur collé sous un talon. La dynamique des fluctuations a ensuite été évaluée sur 512 cycles consécutifs, en appliquant simultanément différentes méthodes mathématiques de référence [2] : l'analyse des étendues normalisées, l'analyse spectrale, la relation  $d$  et les surrogate data tests.

La même évaluation a ensuite été réalisée à deux reprises sur tapis roulant.

### RÉSULTATS :

Les résultats de cette étude confirment l'hypothèse selon laquelle la variabilité de la durée du cycle de marche présente des corrélations à long terme chez le sujet jeune et sain marchant sur sol plat. La persistance et la reproductibilité des résultats obtenus sur tapis roulant démontrent aussi la validité de l'utilisation du tapis dans l'évaluation des fluctuations à long terme de la marche.

### DISCUSSION - CONCLUSION :

Ces observations élargissent le champ d'investigation de l'analyse instrumentée de la marche. L'évaluation des corrélations à long terme pourrait être combinée à l'analyse d'autres paramètres traditionnellement mesurés sur tapis roulant afin d'améliorer notre compréhension des mécanismes de la marche normale et pathologique, et d'élargir notre connaissance du contrôle moteur.

### BIBLIOGRAPHIE :

[1] Hausdorff JM et al. Is walking a random walk ? Evidence for long-range correlations in stride interval of human gait. *J. Appl. Physiol.* 1995.

[2] Rangarajan D et al. Integrated approach to the assessment of long range correlation in time series data. *Physical review E* 2002.

# Analyse des effets de la toxine botulique sur les paramètres spatiotemporels, la variabilité et l'asymétrie de la marche sur tapis de type GaitRite chez des sujets adultes hémiplegiques

J. BREDIN<sup>1</sup>, J. BRISWALTER<sup>2</sup>, M. BRUNO<sup>3</sup>,  
I. JANNIN<sup>1</sup>, J.-P. FLAMBART<sup>1</sup>, J. GRIFFET<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup> Institut Rossetti - PEPO6, Unité Clinique d'Analyse du Mouvement, Nice (06)

<sup>2</sup> Laboratoire Motricité Humaine Education Santé, Université de Nice (06)

<sup>3</sup> Service de Médecine Physique et de Réadaptation CHU de Nice Hôpital de l'Archet I (06)

<sup>4</sup> Hôpital Couple-Enfant, Grenoble (38)

**MOTS CLÉS :** marche, variabilité, GaitRite, hémiplegie, toxine botulique

## INTRODUCTION :

Récemment, de nouvelles techniques d'analyse des paramètres temporo-spatiaux de la marche utilisent des pistes de marche de type GaitRite® qui ne modifient pas la marche du patient. Ainsi, la marche peut être analysée à l'aide des paramètres temporo-spatiaux qui décrivent le déroulement du cycle, mais également en fonction de son mode d'organisation. En effet, une approche alternative de la locomotion issue des neurosciences considère que toute altération ou amélioration de la locomotion se traduit par une modification de la variabilité ou l'asymétrie du patron locomoteur (Brisswalter and Mottet, 1996 ; Plotnik and Hausdorff, 2008). L'objectif de ce travail est d'étudier l'intérêt de ce type d'analyse pour évaluer l'effet d'injections de toxine botulique chez des sujets adultes.

## MATÉRIELS & MÉTHODES :

Cette étude porte sur 10 sujets contrôles et 21 patients (âge 38.2 + 14 ans) atteints d'une hémiparésie avec spasticité. Les patients ont été traités par des injections de toxine botulique. Les sujets ont été évalués sur tapis de marche de type GaitRite® à allure libre, une semaine avant de recevoir le traitement puis six semaines après. Les paramètres spatiotemporels de la marche ont été mesurés, la variabilité du pas et l'asymétrie du patron locomoteur calculées.

## RÉSULTATS :

Les patients ont été différenciés des sujets contrôles par l'ensemble des paramètres spatiotemporels et de variabilité du pas. Après l'injection, il a été constaté, lors de la phase d'appui une diminution du temps d'appui exprimée en valeur absolue des deux cotés, de son asymétrie gauche vs droite, de la différence de variabilité entre les deux membres, ainsi que de la vitesse du cycle. Il n'a pas été observé de modification de la longueur du pas.

## DISCUSSION - CONCLUSION :

L'effet d'une injection de toxine botulique chez le sujet adulte Hémiplegique est observable lors de l'évaluation fonctionnelle sur tapis de marche GaitRite® par une modification des paramètres temporels du pas lors de la phase d'appui.

## BIBLIOGRAPHIE :

- Brisswalter J, Mottet D. Energy cost and stride duration variability at preferred transition gait speed between walking and running. *Can J Appl Physiol.* 1996, 21: 471-80.
- Plotnik M, Hausdorff JM. The role of gait rhythmicity and bilateral coordination of stepping in the pathophysiology of freezing of gait in Parkinson's disease. *Mov Disord.* 2008, 23: 1639-40.



# Influence de la coactivation des muscles agonistes-antagonistes sur la cohérence corticomusculaire lors de contractions isométriques sous maximales

Fabien DAL MASO<sup>1</sup>, Marieke LONGCAMP<sup>1,2</sup>, David AMARANTINI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université de Toulouse, UPS, LAPMA, Toulouse (31)

<sup>2</sup> CNRS-Université de la Méditerranée, INCM, Marseille (13)

**MOTS CLÉS :** *cohérence corticomusculaire, coactivation agoniste-antagoniste, entraînement en force, contractions isométriques*

## INTRODUCTION :

Ce travail s'intéresse aux mécanismes centraux à l'origine du contrôle de l'activité musculaire périphérique. De précédentes études ont démontré l'importance fonctionnelle de la coactivation des muscles agonistes-antagonistes pour réaliser des tâches motrices de manière efficace. Compte tenu de résultats complémentaires récents montrant l'effet de l'entraînement en force sur les patterns d'activation des muscles agonistes-antagonistes (Bru et Amarantini, 2008), cette étude a pour objectif d'étudier l'influence de la coactivation sur la cohérence corticomusculaire (CMC), qui mesure la synchronie entre les activités oscillatoires corticale et musculaire (Conway et al., 1995).

## MATÉRIELS & MÉTHODES :

L'électroencéphalogramme (EEG, 64 voies), l'électromyogramme de surface (EMG) et le moment net ont été enregistrés lors de contractions isométriques du genou réalisées à différents niveaux de moment force par 15 participants entraînés en force (ST ; pratiquant un entraînement de force depuis au moins 2 ans) et 15 non entraînés (UT ; aucune expérience en entraînement de force). La coactivation a été quantifiée à partir de l'activité EMG des muscles fléchisseurs et extenseurs ; la puissance spectrale du signal EEG de l'électrode d'intérêt (déterminée lors d'un prétest) dans la bande de fréquences 15-25 Hz (rythme EEG bêta) et la CMC ont été calculées. Une analyse du coefficient de corrélation a été réalisée pour déterminer les relations entre la coactivation et la CMC.

## RÉSULTATS :

Pour des valeurs de moment de force similaires, la coactivation était plus faible chez les ST. La puissance spectrale du rythme EEG bêta était plus faible chez les ST que chez les UT pour un même niveau de moment force. Une analyse préliminaire semblait montrer une relation entre la coactivation et la CMC avec des valeurs de CMC plus importantes chez les UT que chez les ST.

## DISCUSSION - CONCLUSION :

La modification de CMC avec la coactivation suggère que la CMC pourrait correspondre à une forme de codage global de l'activité musculaire et de la coactivation agoniste-antagoniste. Les différences observées sur la coactivation et la puissance spectrale du rythme EEG bêta entre ST et UT pourraient indiquer l'existence d'un mécanisme de plasticité permettant une plus grande efficacité et une plus grande performance de la contraction musculaire chez les ST.

## BIBLIOGRAPHIE :

- Bru B. & Amarantini D. (2008). *Comput Meth Biomech Biomed Eng.* 11 (Suppl.1), 43-44.
- Conway B. et al. (1995). *J. Physiol.* 489(Pt.3), 917-24.

## Utilisation du score fonctionnel de déambulation de Nelson (FAP) chez l'enfant

Arnaud GOUELLE <sup>1</sup>, Fabrice MÉGROT <sup>2</sup>, Georges-François PENNEÇOT <sup>3</sup>, Alain YELNIK <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Plate-forme d'évaluation du mouvement, Hôpital Robert Debré, Paris (75)

<sup>2</sup> Unité Clinique d'Analyse de la Marche et du Mouvement, CMPRE Bois-Larris, Lamorlaye (60)

<sup>3</sup> Service de chirurgie orthopédique, Hôpital Robert Debré, Paris (75)

<sup>4</sup> Service de médecine physique et de réadaptation, Hôpital Fernand Widal, Paris (75)

**MOTS CLÉS :** FAP, enfants, validité

### INTRODUCTION :

Disposer d'un outil pour évaluer rapidement la marche se révèle utile dans la pratique clinique quotidienne. En ce qui concerne les paramètres spatiaux et temporels de la marche, Nelson a introduit un score, le Functional Ambulation Profile. Méthode papier crayon à l'origine (Nelson, 1974), le FAP a évolué avec les technologies d'analyse de la marche. Développé pour quantifier par un nombre la capacité fonctionnelle de marche de patients présentant des troubles neuromusculaires ou musculosquelettiques, il repose sur l'hypothèse d'une relation linéaire du ratio longueur du pas/longueur de jambe avec la durée du pas lorsque la vitesse est normalisée par la longueur de jambe chez les sujets en bonne santé. Il est calculé en soustrayant des points à partir d'un score de 100, en fonction des anomalies identifiées pour une marche à vitesse préférentielle. Le fait qu'il soit implémenté dans le logiciel du GAITRite augmente la potentialité de son utilisation en rééducation pédiatrique. Cela pose donc la question de son application à une population d'enfants. Aucun article indexé ne présente des résultats de FAP d'enfants. Cependant, des communications et des posters présentés en congrès attestent son utilisation en pédiatrie.

L'objectif de notre étude est d'étudier les FAP chez des enfants de 6 à 13 ans pour en tester la validité dans cette population. Une marche normale est reflétée par un score compris entre 90 et 100. Si le FAP est adapté à l'enfant, nous devrions retrouver de tels scores dans les différents groupes d'âge.

### MATÉRIELS & MÉTHODES :

Les FAP de 32 enfants répartis en groupes d'âge de 6-7 ans, 8-9 ans, 10-11 ans et 12-13 ans et de 8 jeunes adultes ont été calculés lors de la marche à vitesse préférentielle sur un tapis GAITRite.

### RÉSULTATS :

La valeur moyenne du FAP augmente à travers les groupes d'âge, alors que la variabilité diminue. Nous retrouvons des différences significatives entre les groupes 6-7 vs 8-9 ans, 10-11 vs 12-13 ans et 12-13 vs adultes. Alors que les scores des adultes sont compris entre 92 et 100, seul le groupe des enfants de 12-13 ans présente des FAP uniquement supérieurs à 90.

### DISCUSSION - CONCLUSION :

Le FAP est très utile pour évaluer la marche d'un patient mais, en l'état, ce score n'est pas directement applicable à une population d'enfants, même lorsque ceux-ci semblent avoir adopté une marche mature. Il est indispensable de réfléchir au développement d'un FAP pédiatrique basé sur des données normales d'enfants.

### BIBLIOGRAPHIE :

- Arthur J. Nelson, Functional Ambulation Profile, Physical Therapy, 1974 Oct; 54(10):1059-65.

## Un programme de rééducation spécifique peut améliorer la marche des patients diabétiques; une étude randomisée contrôlée

L. ALLET<sup>1</sup>, S. ARMAND<sup>2</sup>, R.A. DE BIE<sup>3</sup>, A. GOLAY<sup>4</sup>,  
Z. PATAKY<sup>4</sup>, D. MONNIN<sup>1</sup>, K. AMINIAN<sup>5</sup>, E.D. DE BRUIN<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Care Services Directorate, Unit of Physiotherapy Research and Quality Assurance,  
Geneva University Hospital and University of Geneva - SUISSE

<sup>2</sup> Willy Taillard Laboratory of Kinesiology, Geneva University Hospital and University of Geneva - SUISSE

<sup>3</sup> Department of Epidemiology, Maastricht University and Caphri research school, Maastricht - PAYS-BAS

<sup>4</sup> Service of Therapeutic Education for Chronic Diseases and the Service of Endocrinology,  
Geneva University Hospital and University of Geneva - SUISSE

<sup>5</sup> Laboratory of Movement Analysis and Measurement, EPFL, Lausanne - SUISSE

<sup>6</sup> Institute of Human Movement Sciences and Sport, ETH, Zürich - SUISSE

**MOTS CLÉS :** marche et diabète et capteurs inertiels et traitement

### INTRODUCTION :

La marche des patients diabétiques est altérée. Actuellement, l'effet de traitements sur ces altérations est peu connu [1].

### BUT :

Cette étude mesure les effets d'un programme spécifique de rééducation sur la marche des patients diabétiques.

### MATÉRIEL ET MÉTHODE :

Étude randomisée contrôlée (n=71) avec un groupe intervention (n=35) et un groupe contrôle (n=36). L'intervention consistait en des exercices de physiothérapie en groupe pour la marche et l'équilibre additionnés d'exercices de force-endurance orientés sur la fonction (deux fois par semaine, pendant douze semaines). Le groupe contrôle n'a pas eu de traitement. Les paramètres spatio-temporaux de la marche ont été mesurés avec des capteurs inertiels (système Physilog®) sur surface facile (goudron) et sur une surface exigeante (pierres)[2].

### RÉSULTATS :

Le groupe intervention a augmenté sa vitesse de marche de 0.149 ms<sup>-1</sup> (0.54 kmh<sup>-1</sup>) sur le goudron et de 0.169 ms<sup>-1</sup> (0.61 kmh<sup>-1</sup>) sur les pierres. Cet effet a diminué après 6 mois, mais restait significatif (p<0.004). De même, une amélioration significative a pu être observée pour la cadence, la durée du pas et la durée d'appui sur les deux surfaces. Il a été démontré que l'influence du traitement restait significative après 6 mois pour toutes ces variables, sauf pour la durée d'appui. Aucun effet significatif (sur le niveau corrigé de <0.004) n'a été observé pour la longueur du pas et le coefficient de variation de la durée du pas (sur aucune des surfaces). Discussion: De futurs projets devront étudier la cinématique, la cinétique ainsi que les pressions afin de comprendre plus spécifiquement l'effet d'un tel entraînement sur la marche des patients diabétiques. Conclusion: Un entraînement spécifique de la marche et de l'équilibre peut améliorer la marche des patients diabétiques dans un environnement réel. Un environnement exigeant révèle mieux les effets d'un traitement sur la marche des patients qu'une surface facile.

### BIBLIOGRAPHIE:

- [1] Allet L, Armand S, Golay A, Monnin D, de Bie R, and de Bruin ED. Gait characteristics of diabetic patients: a systematic review. *Diabetes Metab Res Rev* 2008; 24(3):173-91.  
[2] Aminian K, Najafi B, Bula C, Leyvraz PF, and Robert P. Spatio-temporal parameters of gait measured by an ambulatory system using miniature gyroscopes. *J Biomech* 2002; 35(5):689-99.

---

## POSTERS

---

- La marche après ostéoplastie de retournement  
*M. Freslier, J. Romkes, R. Brunner* ..... 67
- Analyse cinématique et cinétique de la marche de sujets sains sur plan incliné.  
Étude préliminaire  
*H. Pillet, C. Vogel, L. Logut, X. Bonnet, F. Lavaste, W. Skalli* ..... 68
- Dynamique des coordinations de la marche chez l'adulte sain  
*P. Dedieu, P-G. Zanone* ..... 69
- Dynamiques de coordination de l'écriture chez l'enfant de 7 à 11 ans  
*J. Danna, F. Enderli, P-G. Zanone* ..... 70
- Interactions segmentaires au cours du départ en starting-blocks :  
analyse de la vitesse angulaire 3D et de l'énergie cinétique  
chez des sprinteurs élités  
*A. Bonnefoy-Mazure, J. Slawinski, G. Ontanon,  
J-M. Levêque, A. Riquet, C. Miller, L. Chèze, R. Dumas* ..... 71
- Les prédicteurs des résultats à court et long terme du transfert  
du rectus femoris chez les enfants présentant une paralysie cérébrale  
et une marche avec réduction de la flexion du genou en phase d'oscillation  
*T. Haumont, D. Thawrani, C. Church,  
L. Jr Holmes, T. Niiler, K. Dabney, F. Miller* ..... 72

## La marche après ostéoplastie de retournement

**Marie FRESLIER, Jacqueline ROMKES, Reinald BRUNNER**

*Laboratoire d'Analyse du Mouvement de Bâle, Hôpital Universitaire pour Enfants de Bâle (UKBB)  
Bâle - SUISSE*

**MOTS CLÉS :** *analyse de la marche, osteoplastie de retournement*

### **INTRODUCTION :**

L'ostéoplastie de retournement est une opération assez peu courante. Elle est en général réalisée chez l'enfant dans le cas de tumeurs osseuses malignes situées sur la partie distale du fémur ou proximale du tibia. Suite à cette opération, le pied a été retourné de 180° et positionné au niveau du genou. La cheville joue alors le rôle de l'articulation du genou. Une prothèse est ajustée afin de compenser la longueur de jambe [1].

### **MATÉRIELS & MÉTHODES :**

Une analyse de la marche a été réalisée pour trois patients ayant subi une ostéoplastie de retournement respectivement à 9, 16 et 63 ans. Le laboratoire est équipé d'un système Vicon 460 avec six caméras et nous utilisons le modèle de placement des marqueurs pour le corps entier décrit par Romkes [2].

### **RÉSULTATS :**

L'analyse de la marche montre que la vitesse de marche normalisée selon la taille [3] des deux jeunes patients est normale, alors que celle du troisième patient est beaucoup plus faible. Du côté prothétique on remarque que les patients n'ont pas de flexion plantaire et que la réponse de charge à l'attaque du pied est inexistante : absence de flexion du genou. Les amplitudes générales des flexions du genou et de la hanche sont cependant normales. Le mouvement de la jambe contralatérale est similaire à celui d'un sujet sain. L'amplitude de la bascule du pelvis est plus grande pour les trois patients que celle d'un sujet sain.

### **CONCLUSION - DISCUSSION :**

Les deux jeunes patients ne présentent pas de vitesse de marche plus faible que la normale contrairement à ce que l'on trouve dans la littérature [4, 5]. On retrouve ici certaines caractéristiques de la marche de patients ayant subi une ostéoplastie de retournement [4, 6] : absences de réponse de charge côté prothétique et de flexion plantaire due au pied prothétique et flexions normales du genou et de la hanche. Cette opération semble donc être une bonne alternative à l'amputation de cuisse puisqu'elle conduit à un membre très fonctionnel : le pied peut supporter naturellement le poids du corps et contrôle l'articulation du genou. Les patients présentent un haut niveau d'activité [7, 8].

### **BIBLIOGRAPHIE :**

- [1] Kotz 1997 Semin Surg Onc 13:34-40
- [2] Romkes et al. 2007 J Pediatr Orthop B 16:175-180
- [3] Hof 1996 Gait Posture 4:222-223
- [4] Fuchs et al. 2003 Clin Orthop Relat Res 415:52-58
- [5] McClenaghan et al. 1989 J Bone Joint Surg 71 A:1178-1182
- [6] Hillmann et al. 2000 J Bone Joint Surg 82A:187-196
- [7] Hillmann et al. 1999 J Bone Joint Surg 81A:462-468
- [8] Rödl et al. 2002 Acta Orthop Scand 73:85-88

## Analyse cinématique et cinétique de la marche de sujets sains sur plan incliné - Étude préliminaire

Hélène PILLET, C. VOGEL, L. LOGUT, Xavier BONNET,  
François LAVASTE, Wafa SKALLI

Arts et Métiers ParisTech LBM 151  
Paris (75)

**MOTS CLÉS :** *marche, pente, cinématique et cinétique*

### INTRODUCTION :

Les personnes à mobilité réduite doivent faire face à de nombreuses difficultés de locomotion dans la vie courante comme les escaliers ou les pentes. Comprendre les mécanismes de locomotion chez les sujets sains est la première étape pour définir des paramètres fonctionnels dans ces situations. Seules quelques études [1, 2] ont analysés la marche sur pente de sujets sains et une seule s'intéresse à la cinématique et la cinétique de huit sujets amputés tibiaux[3].

Dans le contexte global d'une étude portant sur les sujets amputés fémoraux, le but du présent travail est de mesurer grâce à une pente instrumentée, la cinématique et la cinétique pour six sujets sains.

### MATÉRIEL & MÉTHODES :

Une pente instrumentée a été conçue en utilisant deux plateformes de force AMTI. Les efforts et les moments de réaction au sol peuvent être mesurés sur toute la pente. Le centre de pression peut être calculé avec une erreur inférieure à 5 mm. La cinématique du corps a été enregistré avec un système Vicon suivant le protocole décrit par Pillet & al [4].

### RÉSULTATS :

Les résultats obtenus sur les six sujets montrent les adaptations lors de la montée et de la descente. Notamment, pendant la descente, la mobilité de la cheville est très faible pendant la phase d'appui monopodal. En contrepartie, l'amplitude de flexion du genou pendant cette période est augmentée par rapport à la marche sur sol plat. Au contraire, pendant la descente, les flexions du genou et de la cheville augmentent comparées à la marche sur sol plat.

### DISCUSSION - CONCLUSION :

Ce travail préliminaire permet de comprendre les fonctions relatives des articulations du membre inférieur pendant la montée et la descente d'une pente.

### BIBLIOGRAPHIE :

- [1] Lay A.N. et al., J Biomech, 2006. 39(9): p. 1621-8.
- [2] McIntosh A.S. et al., J Biomech, 2006. 39(13): p. 2491-502.
- [3] Vickers D.R. et al., Gait Posture, 2008. 27(3): p. 518-29.
- [4] Pillet H. et al., Gait Posture, 2009.

## Dynamique des coordinations de la marche chez l'adulte sain

Philippe DEDIEU, Pier-Giorgio ZANONE

LAPMA - UFR STAPS, Toulouse (31)

**MOTS CLÉS :** *dynamique des coordinations, synergie, marche*

### INTRODUCTION :

Habituellement, l'analyse de la marche consiste en une étude des paramètres cinématiques et cinétiques du mouvement voire EMG. Cette étude, indispensable, met cependant difficilement en exergue les relations sous jacentes entre les différentes articulations étudiées qui traduisent l'activité coordinatrice du SNC. Utilisant l'approche des systèmes dynamiques, cette étude met en valeur cette action coordonnée entre les articulations du membre inférieur lors de la marche chez l'adulte sain.

### MÉTHODE :

Vingt adultes ne présentant aucun trouble locomoteur ont participé à l'expérimentation. L'évolution angulaire de la cheville, du genou et de la hanche, les données cinétiques et l'activité musculaire au cours du pas ont été obtenues à partir des données recueillies à l'aide d'un système opto-électrique Vicon (8 caméras, 100 Hz), d'une plate-forme de force AMTI et d'un enregistreur EMG (Delsys). La vitesse de marche était libre. Dix pas ont été retenus pour chaque sujet.

La phase relative (PR), connue comme une mesure valide de la coordination, a été calculée à partir de l'angle de phase de chacune des articulations.

### RÉSULTATS - DISCUSSION :

La PR pour chaque paire d'articulation (cheville-genou, cheville-hanche et genou-hanche) indique des changements brusques et importants de la phase des différentes articulations au cours du pas.

La comparaison de ces différentes PR suggère que ces articulations agissent en synergie lors des différentes phases du pas.

### CONCLUSION :

L'analyse dynamique des coordinations de la marche propose une approche synthétique de la locomotion par l'étude des relations entre les segments corporels impliqués. Complémentaire des examens traditionnels, elle renseigne sur le pattern locomoteur et sur sa variabilité reflétant l'activité coordinatrice du SNC.

## Dynamiques de coordination de l'écriture chez l'enfant de 7 à 11 ans

Jérémy DANNA, Fabienne ENDERLI, Pier-Giorgio ZANONE

UFR STAPS, Toulouse (31)

**MOTS CLÉS :** *graphomotricité, patrons de coordination, loi puissance 2/3, formation de trajectoire*

### INTRODUCTION :

Dans le cadre de l'approche des systèmes dynamiques (Kelso, 1995), Athènes et al. (2004) ont proposé que l'écriture émerge du couplage non-linéaire de deux oscillateurs orthogonaux (modélisant le système poignet/doigts). Ils ont observé chez l'adulte l'émergence spontanée de coordinations préférentielles, des attracteurs, dans la reproduction de traits ou d'ellipses d'excentricité intermédiaire. L'objectif de cette présente étude est de déterminer comment les dynamiques de coordination graphique évoluent chez l'enfant.

### MÉTHODES :

Quarante-cinq enfants répartis selon les cinq niveaux de classe primaire ont participé à l'étude effectuée dans une école. La tâche consistait à reproduire par-dessus le modèle 13 formes géométriques variant entre le trait et le cercle selon la manipulation de la phase relative (PR) entre 0° et 180°. Les coordonnées de la trace produite ont été prélevées sur tablette graphique à une fréquence de 100 Hz.

### RÉSULTATS :

Au delà d'une augmentation générale de la précision du geste avec l'âge, l'Erreur Constante et l'Erreur Absolue de PR, qui sont respectivement des indicateurs fiables de la localisation et de la stabilité des attracteurs, révèlent que seuls les traits sont reproduits à la fois de manière précise et stable.

### DISCUSSION :

En accord avec la loi de Puissance 2/3 (Lacquaniti et al., 1983) reliant les composantes spatiales (la courbure) et les composantes cinématiques (la vitesse tangentielle), ces résultats révèlent que, contrairement à l'adulte, l'ellipse d'excentricité intermédiaire n'est pas une forme reproduite de manière précise et stable chez l'enfant. Les attracteurs des dynamiques de coordination nécessaires à la formation de trajectoires curvilignes ne sont pas encore acquis chez l'enfant, si bien que les caractéristiques spatio-temporelles des trajectoires ne sont pas totalement respectées.

### BIBLIOGRAPHIE :

- Athènes, S., Sallagoity, I., Zanone, P.G. & Albaret, J.M. (2004). Evaluating the coordination dynamics of handwriting. *Human Movement Science*, 23, 621-641.
- Kelso, J.A.S. (1995). *Dynamic patterns: The self-organization of brain and behavior*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Lacquaniti, F., Terzuolo, C. & Viviani, P. (1983). The law relating the kinematic and figural aspects of drawing movements. *Acta Psychologica*, 54, 115-130.



## Interactions segmentaires au cours du départ en starting-blocks : analyse de la vitesse angulaire 3D et de l'énergie cinétique chez des sprinteurs élités

Alice BONNEFOY-MAZURE<sup>1</sup>, Jean SLAWINSKI<sup>1</sup>, Guy ONTANON<sup>1</sup>, Jean-Michel LEVÊQUE<sup>1\*</sup>, Annie RIQUET<sup>1</sup>, Christian MILLER<sup>1</sup>, Laurence CHÈZE<sup>2</sup>, Raphaël DUMAS<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centre d'expertise Scientifique, Paris (75)

\* TeamLagardere

<sup>2</sup> Université de Lyon - Lyon (69), Université Lyon 1, Villeurbanne (69), INRETS, UMR\_T9406 Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs, Bron (69)

**MOTS CLÉS :** modèle cinématique 3D, système opto-électronique, départ en starting-block, sprinteur élités, vitesses articulaires angulaires, énergie cinétique

### INTRODUCTION :

Le but de cette étude a été de mesurer, chez des sprinteurs élités, au cours de la « phase de poussée » d'un départ en starting-block, les vitesses articulaires angulaires et l'énergie cinétique de différents segments corporels [1,2,6,7]. Pour cela une analyse cinématique 3D du corps entier a été réalisée.

### MATÉRIEL & MÉTHODE :

Huit sprinteurs élités ( $10.30 \pm 0.14$  s 100 m), équipés de 63 marqueurs passifs rétro-réfléchissants, ont réalisés quatre sprints sur une piste intérieure. Un système optoélectronique, constitué de 12 caméras (250 Hz), a été utilisé pour enregistrer les coordonnées 3D des marqueurs au cours de ces départs. Pendant la « phase de poussée » dans les starting-blocks, les vitesses articulaires angulaires 3D et leurs normes ont été calculées pour chaque articulation. L'énergie cinétique de 16 segments corporels du membre inférieur, du membre supérieur et du corps total ont été calculés [3,4,5,8,9].

### RÉSULTATS :

L'analyse cinématique 3D du corps entier a démontré que les articulations telles que les épaules, le thorax, les hanches n'atteignent pas leurs vitesses angulaires maximales dans un mouvement de flexion – extension pure mais grâce à une association de différents mouvements telle que la flexion- extension, l'abduction – adduction et la rotation interne et externe. L'énergie cinétique maximale du corps entier a été atteinte avant le quitté des starting-blocks (respectivement  $537 \pm 59.3$  J vs  $514.9 \pm 66.0$  J ;  $p \leq 0.01$ ).

### DISCUSSION ET CONCLUSION :

Ces résultats suggèrent qu'une meilleure synchronisation entre les membres supérieurs et les membres inférieurs pourrait améliorer l'efficacité de la « phase de poussée » dans les startings blocs. Afin de mieux comprendre les variances inter-individuelles au cours du départ en starting-block chez les athlètes élités, un modèle cinématique 3D du corps complet semble plus pertinent.

### RÉFÉRENCES :

- [1] Bezodis, I. N. et al. 2008. Medicine Science in Sports Exercise 40, 707-715.
- [2] Čoh, M., et al. 2006. Physical Education and Sport 4, 103-114.
- [3] Doriot, N., et al. 2004. IEEE Trans Biomed Eng 51, 21-7.
- [4] Dumas, R., et al. 2007. Journal of Biomechanics 40, 543-553.
- [5] Legnani, G., et al. 1996. Mechanisms and machine theory 31, 573-587.
- [6] Mero, A., et al. 1992. A review. Sports Medicine 13, 376-392.
- [7] Slawinski, J., et al. 2009. Journal of Strength and Conditioning Research In press.
- [8] Wu, G., et al. 2002. Journal of Biomechanics 35, 543-548.
- [9] Wu, G., et al. 2005. Journal of Biomechanics 38, 981-992.

## Les prédicteurs des résultats à court et long terme du transfert du rectus femoris chez les enfants présentant une paralysie cérébrale et une marche avec réduction de la flexion du genou en phase d'oscillation

Thierry HAUMONT, Dinesh THAWRANI, Chris CHURCH,  
Larry Jr HOLMES, Tim NIILER, Kirk DABNEY, Freeman MILLER

A.I. DuPont Hospital for Children of Nemours in Wilmington - ÉTATS-UNIS

**MOTS CLÉS :** *paralysie cérébrale, stiff knee gait, transfert du muscle rectus femoris, prédicteurs à court, prédicteurs à long terme*

### INTRODUCTION :

Les prédicteurs des résultats du transfert du rectus femoris (TRF) restent incertains chez les enfants présentant une marche avec réduction de la flexion du genou en phase d'oscillation (SKG). Au cours de cette étude, nous avons recherché si la classification fonctionnelle GMFM, l'angle poplité (AP), la vitesse de marche (VM), et la vitesse de flexion du genou (VFG) pouvaient significativement prédire à court (CT) et long terme (LT) les résultats du TRF en terme de pic de flexion du genou (PFG), d'amplitude du PFG (AFG), de timing du PFG (TiPFG) et de clairance du pied lors de la phase d'oscillation à la marche.

### MATÉRIELS & MÉTHODES :

L'analyse rétrospective de la marche de 56 patients a été utilisée. Les prédicteurs potentiels du résultat du TRF (âge, GMFM, AP, VM, VFG) ont été étudiés en utilisant les analyses de régression linéaires simple et multiple.

### RÉSULTATS :

Lors de l'analyse univariée : Le PFG a été significativement prédit à CT par la VM et l'AP et à LT par la seule GMFM,  $p < 0.05$ . L'AFG à CT a été significativement prédite par la GMFM et la VM quant le LT l'était par la GMFM seulement,  $p < 0.05$ . Nous n'avons mis en évidence aucun prédicteurs du TiPFG aussi bien à court qu'à LT,  $p > 0.05$ . La clairance du pied a pu être prédite à CT et LT par la GMFM et la VM,  $p < 0.05$ .

Lors de l'analyse multivariée, la VM et l'AP peuvent être utilisés pour prédire les résultats du PFG,  $p < 0.05$ ,  $R^2(CT) = 0.13$ ,  $R^2(LT) = 0.12$ . L'AFG à CT a été significativement prédite par la GMFM alors qu'à LT elle a été prédite par la même GMFM et la VFG,  $p < 0.05$ ,  $R^2(CT) = 0.04$ ,  $R^2(LT) = 0.10$ . Le TiPFG à CT a été prédit par la VM quant le LT l'a été par la même VM et la VFG,  $p < 0.05$ ,  $R^2(CT) = 0.04$ ,  $R^2(LT) = 0.04$ . Après ajustement pour la GMFM et la VM, l'AP prédit significativement la clairance du pied à CT alors que le LT est prédit par la VM après ajustement pour l'AP et la GMFM,  $p < 0.05$ ,  $R^2(CT) = 0.19$ ,  $R^2(LT) = 0.12$ .

### DISCUSSION - CONCLUSION :

Le PFG peut être substantiellement prédit par la VM et l'AP quant l'AFG peut l'être par la GMFM et la VFG. De la même façon la VM et la VFG sont des prédicteurs du TiPFG quant la VM et l'AP le sont pour la clairance du pied.

---

# NOTES

---

A series of horizontal dotted lines for writing notes.

---

La SOFAMEA remercie ses partenaires:

---

*Albatros*

 **ALLERGAN**



BIOMETRICS

 *codamotion*

[www.codamotion.com](http://www.codamotion.com)

  
**DIRAME**

**DJO**<sup>TM</sup>

 **IPSEN**  
Innovation for patient care

 **groupe  
lecante**

  
**medicaptureurs**  
PODOLOGIE, POSTUROLOGIE ET RÉÉDUCATION

 *Médimex*

**MEDIVEA** 

 **sauramps  
medical**  
Site : [www.livres-medicaux.com](http://www.livres-medicaux.com)

---