

**Programme des V<sup>ème</sup> Journées d'étude  
du Groupe d'Analyse du Mouvement chez l'Enfant et l'Adulte (GAMEA)  
NANCY, France, 25-26 janvier 2006**

**Organisées par C. BEYAERT<sup>1,3</sup>, T. HAUMONT<sup>2,3,4</sup>  
avec le concours de E. TURPIN-LEGENDRE<sup>5</sup>**

(1) Laboratoire de Physiologie, Faculté de Médecine, Vandoeuvre-Lès-Nancy. (2) Service de Chirurgie Infantile A, Hôpital Brabois Enfants, 1, rue du Morvan, Vandoeuvre-Lès-Nancy. (3) Laboratoire de la Posture et du Mouvement, Institut Régional de Réadaptation de Nancy. (4) Laboratoire d'Anatomie, Faculté de Médecine, Vandoeuvre-Lès-Nancy (5) INRS, Laboratoire de Physiologie du Travail, Avenue de Bourgogne, Vandoeuvre

## **Programme des journées GAMEA**

### **Mercredi 25 Janvier**

9h00 – 9h15

Allocution du Président du GAMEA, M. Jacquemier, des Professeurs P. Lascombes et F. Marchal

Session de 9H15 - 10 H30 :

E.M. LAASSEL, A. LUCET, M.A. ADBA, D. GOURAUD. Analyse de la marche à l'aide du système GAITRITE

R VAN LUMMEL. The Technology of Ambulatory Monitoring: strength and weakness

P. FILIPETTI, C. CALDAS, Y. DELPIERRE, C. BLEYENHEUFT, E. KOLANOWSKI, S. GAY . Analyse Quantifiée de la marche dans la maladie de STRÜMPELL-LORRAIN

C. BEYAERT, R. VASA, J. PAYSANT, M-A HALDRIC , J-M ANDRE. Station debout sur plan incliné : effet inhibiteur sur le triceps sural chez l'enfant infirme moteur cérébral spastique

Session de 11H00 - 12H30

C. AYADAT, L. DELPORTE, J. LUAUTE, D. BOISSON. Evaluation du traitement par la toxine botulique du pied varus equin spastique chez le patient hémiplegique : contribution de l'analyse 3D de la marche

J. ROBERTSON, D. PRADON, N. ROCHE, D. BEN SMAIL, B. BUSSEL. Efficacité d'une injection de toxine botulique dans le rectus femoris chez des patients ayant une activité anormale en milieu de phase oscillante

F FITOUSSI et col. Analyse du membre supérieur chez l'enfant IMC : intérêt de l'analyse du mouvement avant et après injection de toxine botulique

B. DOHIN, A. BONNEFOY, L. CHEZE, E. CHALEAT-VALAYER, R. KOHLER. Efficacité de la toxine botulique sur la spasticité musculaire : quel critère pour l'évaluation ?

Session de 14H30 - 16H30    **TRIBUNE JEUNES CHERCHEURS**

C. GRUMILLIER. Présentation Laboratoire Gondreville, Laboratoire d'analyse de la posture et du mouvement

K. DESBROSSES. Présentation Laboratoire INRS, Laboratoire de Physiologie du Travail

T. ALBERT. Analyse électromyographique et cinématique de la marche sur tapis roulant associé à deux dispositifs d'allègement corporel différents

V. POMERO Communication : Multi modalité dans l'analyse des sujets : Combinaison de la radiographie et de l'analyse du mouvement

S. ARMAND. Présentation Laboratoire de Cinésiologie de Genève et site internet d'aide d'interprétation des données de l'AQM

17h00 – 17h30

Conférencier invité : P. MORETTO. Les pressions plantaires dans le suivi clinique et la prévention des maux perforants plantaires du sujet diabétique : l'expérience et les projets Lillois.

Session de 17H30 - 18H00

R. DARMANA, E. MARTINEZ, P. MARQUE, E. CASTEL, V. GUIRAUD, F. CHOLLET, I. LOUBINOX. Analyse cinématique du Finger-tapping chez le patient post accident vasculaire cérébral : étude longitudinale

C. GRUMILLIER, C. BEYAERT, M-A HALDRIC, N. MARTINET. Incidence de la rotation du pied prothétique sur la dynamique sagittale des genoux et des hanches au cours de la marche chez l'amputé tibial

**Jeudi 26 Janvier**

9h45 – 9h50

Allocution du Directeur du centre de Lorraine de l'INRS, P. Angot

9h50 – 9h55

Allocution du Directeur général du CHU de Nancy, B. Péricard

9h55 – 10h00

Allocution du Président de la CME du CHU de Nancy, J.L. Schmutz

10h00 – 10h30

Conférencier invité : C. ASSAÏANTE

Marche et contrôle postural chez l'enfant au cours du développement normal

10h30 – 11h00

Conférencier invité : C. DETREMBLEUR

Marche et contrôle postural chez l'infirmes moteur cérébral : étude du centre de masse

11h00 – 11h50

Conférenciers invités : R. VASA, C. BEYAERT

Nouvelle hypothèse physiopathologique des troubles moteurs chez l'IMC. Intérêt en rééducation

14h00 – 15h00

Conférencier invité : B. PARATTE

Session de 15 H 00 - 16 H30

J. DUBOUSSET, R. D. ZELLER, L. MILADI, G. BOURCEREAU, M. SAVIDAN, F. LAVASTE et. W. SKALLI. Importance de la compensation du bassin dans la posture et les mobilités après une fusion rachidienne postérieure par instrumentation CD chez les scolioses idiopathiques

H. GOUJON, E. SAPIN, P. FODE, F. LAVASTE. Mouvements 3D du tronc et du bassin au cours de la marche de l'amputé fémoral

V. POMERO, W. SKALLI. Certains aspects de l'approche radiologique de l'analyse posturale chez l'homme

D. PRADON, J-P REGNAUX, N. ROCHE, B. BUSSEL. Effets à court terme d'un entraînement intensif à la marche chez des sujets hémiplésiques

A ASSI, I GHANEM, W SKALLI. Répétabilité d'un protocole d'analyse de la marche pour enfants et base de données pour un groupe témoin

**JOURNEE SPECIFIQUE**

Le thème de cette année était consacré à l'injection de Toxine Botulique, une trentaine de participants ont pu réaliser des injections et les vérifier concrètement sur pièces anatomiques au laboratoire d'Anatomie de la Faculté de Médecine.

Programme

8h30 - 9h45 Ateliers Toxine (injections multiétiquées de toxine sur pièces cadavériques)  
Encadrement : T. HAUMONT, B. PARRATTE

17h - 19h30 Ateliers Toxine (résultats des injections de toxine sur les pièces anatomiques disséquées)  
Encadrement : T. HAUMONT, B. PARRATTE

## **Communications des journées GAMEA**

### **ANALYSE DE LA MARCHE A L'AIDE DU SYSTEME GAITRITE**

E.M. LAASSEL, A. LUCET, M.A. ADBA, D. GOURAUD  
CRF Bois Larris – Av. Jacqueline MALLET – BP 67 - 60260 LAMORLAYE

Une analyse quantitative de la marche sur une population de 35 sujets sains a été réalisée à l'aide du système Vicon et également à l'aide de la piste de marche Gaitrite.

L'objet de ce travail est constituer une base de données pour une population d'enfants et d'adolescents sains âgés entre 6 et 16 ans, en vue d'avoir des normes pour le système Gaitrite d'une part de calculer le « Normalcy Index » de notre laboratoire d'autre part.

Le système Gaitrite est un outil portable de mesure automatique des paramètres spatio-temporels de la marche. Il permet également d'indiquer avec une bonne précision le déroulement de l'appui.

La simplicité d'utilisation du Gaitrite ainsi que la durée de l'examen permettent de suivre l'évolution des paramètres de la marche de patients en cours de rééducation de manière très rapprochée dans le temps. L'évolution de ces paramètres pour un patient en cours de rééducation sera présentée.

### **GAIT ANALYSIS WITH GAITRITE SYSTEM**

The study consisted of a series of 35 able-body individuals whose gait was analyzed by means of both, a Vicon system and a Gait-Rite carpet.

Our goal was to obtain a baseline for measurement of walking parameters regarding the Gait-Rite carpet and also to identify a "Normalcy Index" for our patient population. Age of individuals ranged from 6 to 16 years.

The Gait-Rite carpet is a portable system that provides with an automatic measurement of temporospatial parameters. It allows a good estimate of step-to-step variations.

We think that the easiness of use and the short time required for the exam make this system suitable for the regular evaluation of patients through pre and post-operative physical therapy protocols. We present a clinical example.

# THE TECHNOLOGY OF AMBULATORY MONITORING: STRENGTH AND WEAKNESS

<sup>1</sup>VAN LUMMEL, R.C.

<sup>1</sup>McRoberts BV, The Hague, The Netherlands. [rcvanlummel@mcroberts.nl](mailto:rcvanlummel@mcroberts.nl)

In the early nineties the first ambulatory monitoring systems that can detect postures and motions were developed in The Netherlands (Veltink 1996), using uniaxial accelerometers. In the following years several developments have taken place in Europe (The Netherlands, Switzerland, England and France) using body-fixed sensors; hardware was miniaturized; gyroscopes were introduced (Miyazaki 1997); the analysis software was improved. Nowadays sophisticated applications are available for gait analysis, static and dynamic balance assessment and detection of daily life activities.

The goal of this presentation is to:

- Give an overview of 15 years of hardware development focusing on the diminution of recorders, explosion of memory, and prolongation of measurement time;
- Describe current hardware technology of existing systems for gait and balance assessment;
- Describe current hardware for existing systems for daily life detection of postures and motions;
- Evaluate the strength and weakness of ambulatory monitoring using criteria for clinical application;
- Give an example of successful use of activity monitoring in COPD rehabilitation.

Are body fixed sensors a competitor of the existing technology in the gait lab or are they supplementary? There are several advantages of this technology compared to gait labs:

- The investment in instrumentation is lower;
- Data collection is easier and more robust;
- The instrumentation is less visible for the patient, which makes the patient less conscious of being assessed;
- Duration of measurement is only restricted by memory and power supply;
- The location of measurement is free to choose;
- Reproducibility is better because it is easy to collect enough gait cycles;
- It is easier to define local reference frames.

The weakness of ambulatory monitoring technology is:

- Accelerations are difficult to understand because they are a derivative of displacement, while we are used to observing the displacement itself;
- Position measurement is still inaccurate because gyroscopes have offset drift;
- There is not much evidence for clinically useful application;
- Ambulatory monitoring is a young technique that is not very well recognized by many movement professionals.

# ANALYSE QUANTIFIÉE DE LA MARCHÉ DANS LA MALADIE DE STÜMPELL-LORRAIN

P. Filipetti, C. Caldas, Y. Delpierre, C. Bleyenheuft, E. Kolanowski, S. Gay  
Unité d'Analyse Quantifiée du Mouvement, Centre de l'Arche, 72650 Saint-Saturnin.  
[paul.filipetti@ch-arche.fr](mailto:paul.filipetti@ch-arche.fr)

**Introduction.** La maladie de STÜMPELL-LORRAIN (MSL) ou hérédo-dégénérescence spino-cérébelleuse est une affection presque toujours héréditaire (de transmission hétérogène, fréquence de 2 à 10 pour 100000) caractérisée par une paraplégie d'évolution progressive. Elle peut débuter à tout âge, dans les 2 sexes, et est souvent révélée par des troubles de la marche. Les formes pures (56% essentiellement syndrome pyramidal avec spasticité et déficit moteur des membres inférieurs) sont plus nombreuses que les formes complexes (35% syndrome cérébello-pyramidal, neuropathie, troubles sensoriels, retard mental). La clinique distingue un type I précoce apparaissant avant l'âge de 35 ans et un type II tardif. L'aggravation est habituellement très progressive, compatible avec le maintien d'une fonction locomotrice et d'une activité professionnelle. La littérature rend compte de la génétique, du contexte clinique avec une classification en fonction de l'âge mais peu de travaux ont été consacrés à l'analyse des types de marche dans la MSL. Le but de cette étude est de préciser les patterns de marche d'une population de MSL afin de mieux appréhender le traitement.

## Matériel et méthode.

Dix huit sujets (19,82±14,92 ans ; 12♂ et 6♀) atteints de la MSL constituent la population d'étude. Tous les patients étudiés entrent dans le cadre des formes pures avec 16 patients de type I et 2 patients de type II. A la date de l'examen, la période de développement de la maladie est de 7.5 ans (±5.2). Ils disposent d'une marche autonome sur une distance d'au moins 50 mètres sans utilisation d'aides techniques ou d'orthèses. L'analyse clinique analytique (ACA) s'appuie sur l'évaluation de la mobilité articulaire et la mesure de la spasticité et la force motrice de différents groupes musculaires (Gastroc-Soleus GS, Adductors A, Quadriceps Femoris QF, Hamstrings H et Gluteus Maximus Gmax). L'analyse clinique fonctionnelle (ACF) est réalisée à partir du Physician Rating Scale (PRS) avec enregistrement vidéo. L'analyse quantifiée de la marche (AQM) repose sur la capture tridimensionnelle du mouvement à l'aide d'un système Vicon 250, l'application du modèle VCM (15 marqueurs) et l'enregistrement simultané des forces (plates-formes AMTI) et de l'activité électromyographique (EMG multi-pistes type à la fréquence de 1000Hz). L'analyse des données (test de Kruskal-Wallis à  $P \leq 0,05$ ) a été réalisée sous Statistica.

## Résultats.

L'ACA révèle des anomalies dans la mobilité articulaire chez 44,5% de nos patients (RF et H courts) et un syndrome pyramidal irritatif (score moyen d'Ashworth : 1.76 [1-2.35] avec une spasticité plus diffuse que localisée (5.55%) dans 2 à 3 groupes musculaires) et peu déficitaire (score moyen des muscles propulseurs Gmax, IP, GS : 3.15 Medical Research Council ou MRC). L'ACF situe le score PRS (score total de 24) à 13.94 à droite (écart de 7 à 21) et 13.64 à gauche (écart de 7 à 18). Les paramètres temporo-spatiaux de l'AQM (vitesse spontanée de marche, cadence, durées des phases d'appui et d'oscillation) ont été déterminés. L'observation des courbes des tilts révèle la présence d'un double *bump* plus ou moins prononcé sur l'ensemble de la population. Lors du contact du talon au sol, les angles des hanches et genoux sont normaux. Pour la cheville et le genou, plusieurs profils se distinguent avec la présence d'un stiff-knee, d'un recurvatum, d'un équin dynamique. La confrontation du PRS et des données de l'AQM permet d'isoler des groupes différents (se rapprochant des groupes définis par Rodda) en fonction de la présence d'un équin (vrai ou apparent), d'un schème en flexion, de la position du tilt du bassin : 6 Equins vrais (EV), 6 schèmes en flexion de hanche et genou (FHG), 6 Equins apparents (EA).

## Discussion.

Contrairement aux travaux de Klebe et al., cette étude a souligné la variabilité des profils cinématiques de marche des sujets Strümpell-Lorrain. Trois groupes ont été mis en évidence. Le groupe EV a une spasticité prédominant sur les GS avec un tilt très antérieur du bassin. Le groupe FHG a une spasticité des muscles bi-articulaires avec un tilt équilibré du bassin. C'est le groupe le

plus déficitaire : 3.18 MRC. Le groupe EA a une spasticité plus proximale et un tilt du bassin variable. Les 3 groupes ont en commun un aspect typique en double-bump du bassin traduisant plus un asservissement du bassin à la spasticité des muscles proximaux (spasticité des muscles biarticulaires QF et H dans 83% des cas) qu'un problème de course réduite (muscles rectus femoris courts dans ≈45% des cas). Cette étude prospective pourrait être complétée d'une analyse de données pour une population plus importante afin de préciser les règles de discrimination des différents groupes de Strümpell-Lorrain.

## GAIT ANALYSIS WITH AN HSP POPULATION

**Introduction.** The Strumpell-Lorrain's pathology or HSP (Hereditary Spastic Paraparesis) presents heterogeneous clinical aspects. It is characterized particularly by a spastic paraparesis with slow evolution, often severe, inducing walking problems on the locomotor level, difficulties in bending the muscles of the thighs, an increase in the stiffness on the level of the legs. Then, the aim of this study is to specify the gait patterns of such HSP population in order to anticipate treatment. **Material and method.** 18 subjects (19,82±14,92 years; 11♂ and 6♀) with clinical HSP constitute the population of study. Clinical analysis is based on the determination of the spasticity (Ashworth's scale) and of the driving force for the gastrocnemius-soleus, for the gluteus maximum, the ilio-psoas, the adductors, the rectus femoris and the hamstrings. Then, all the subjects walk, according to their natural speed, along a horizontal walkway (9m approximately), naked feet. The biomechanical analysis rests on the movement capture using a Vicon250 system and the application of VCM model (15 markers). **Results.** The analysis reveals three kinematical profiles, similar to those described by Rodda and al: True Equinus (6patients), Knee/Hip Flexion (6 patients), Apparent Equinus (6 patients). These groups were characterized by the ages of the patients as well as the clinical assessment. **Discussion.** Contrary to Klebe and al.'s study, this analysis underlined the kinematical gait variability for such HSP patients. Three groups were thus highlighted..

## STATION DEBOUT SUR PLAN INCLINE : EFFET INHIBITEUR SUR LE TRICEPS SURAL CHEZ L'ENFANT INFIRME MOTEUR CEREBRAL SPASTIQUE.

BEYAERT C. (1,2), VASA R. (3), PAYSANT J. (2), HALDRIC M-A (2), ANDRE J-M (2)

(1) Laboratoire de Physiologie, Faculté de Médecine 54500 VANDOEUVRE-LES-NANCY France. (2) Laboratoire de la Posture et du Mouvement, Institut Régional de Réadaptation de Nancy 54000 NANCY France. (3) Clinical Scientist-Applied Movement, 400026 MUMBAI, India

La limitation de dorsiflexion de cheville (DF) mise en évidence à l'examen clinique chez l'enfant infirme moteur cérébral (IMC) spastique est liée à un raccourcissement du triceps sural dont la composante active est difficile à éviter. Le but est d'obtenir une plus grande DF en plaçant l'enfant IMC sur un plan incliné afin de susciter un effet postural inhibiteur sur le triceps.

La DF maximale lente, genou tendu et fléchi, à l'examen clinique réalisée en décubitus était comparée à la DF maximale lente et au repos lors de la station debout sur plan incliné (10° ou 20°) chez 19 enfants IMC diploïques spastiques (38 membres inférieurs).

La DF maximale à l'examen clinique était de 6 +/- 6° (moyenne +/- 1 écart type, n=38) genou tendu (-1 +/- 5°) et de 19 +/- 11° genou fléchi (90 +/- 4°). Les DF sur plan incliné étaient, au repos de 23 +/- 10° (genou fléchi à 12 +/- 15°) et en condition maximale de 30 +/- 12° (genou fléchi à 35 +/- 21°), significativement supérieures aux DF maximales à l'examen clinique (p<0.02). Sur plan incliné à 20° (n=14), la DF au repos (27 +/- 9°) supérieure aux DF maximales de l'examen clinique (8 +/- 6° genou tendu et 22 +/- 10° genou fléchi, p<0.02) était associée à une faible flexion de genou (3 +/- 12°) comparable à celle de l'examen clinique genou tendu (-2 +/- 3°).

L'allongement du triceps est supérieur en condition debout sur plan incliné qu'à l'examen clinique, touchant les gastrocnémiens (genou faiblement fléchi) et le soléaire. Une inhibition centrale de l'activité tricipitale est suggérée favorisant l'abaissement des talons sur plan incliné et ainsi une meilleure stabilité des membres inférieurs d'appui pour le contrôle postural du centre de masse. La DF maximale est supérieure en station debout sur plan incliné qu'à l'examen clinique, ce qui s'accompagne d'un allongement du triceps d'origine posturale.

### **STANDING ON A SLOPE : INHIBITORY EFFECT ON TRICEPS SURAE IN SPASTIC CEREBRAL PALSY CHILDREN.**

Limitation of ankle dorsiflexion (DF) assessed during clinical evaluation in spastic cerebral palsy (CP) children is related to a shortening of triceps surae, the active component of which is difficult to avoid. Standing on a slope was hypothesised to increase the maximal DF by an inhibitory postural effect on triceps surae.

Slow maximal DF during clinical assessment (patient lying supine with the knee straight or flexed) was compared to DF when standing on a slope (10° or 20°) either when standing quietly or during maximal DF effort in 19 spastic CP children (38 lower limbs).

DF on slope were all significantly higher than maximal DF at clinical assessment (n=38). When standing on a 20° slope (n=14), DF during quiet standing with fully extended knee was significantly higher than maximal DF at clinical assessment (gastrocnemius lengthening).

Maximal DF which was higher when standing on a slope than assessed clinically was related to a lengthening of triceps surae (gastrocnemius + soleus). Central inhibition of the triceps activity is suggested to lower the heels on the slope to get a better stability of the lower limbs involved in the postural control of equilibrium.

### **EVALUATION DU TRAITEMENT PAR LA TOXINE BOTULINIQUE DU PIED VARUS EQUIN SPASTIQUE CHEZ LE PATIENT HEMIPLEGIQUE : CONTRIBUTION DE L'ANALYSE 3D DE LA MARCHE.**

C. AYADAT, L. DELPORTE, J. LUAUTE, D. BOISSON

Hôpital Henry Gabrielle, 20 route de Vourles, 69230 St Genis Laval. Email : ceayadat@yahoo.fr

#### **Introduction**

Le pied équin avec ou sans varus est la déformation la plus fréquente après la survenue d'une hémiplégié d'origine vasculaire<sup>1</sup>. La spasticité associée au déficit moteur est un facteur aggravant de cette déformation. Le traitement de la spasticité par toxine botulinique est efficace et bien toléré mais son évaluation objective est difficile. L'objectif de cette étude est d'apprécier l'efficacité d'un traitement local de la spasticité du membre inférieur par injection de toxine botulinique.

#### **Patients et méthodes**

Les patients ont été recrutés de manière prospective lors de consultations spécialisées à l'hôpital Henry Gabrielle. Ils devaient présenter une hémiplégié acquise séquellaire avec une spasticité invalidante du membre inférieur installée depuis plus de 6 mois. Ils devaient être capables de marcher pieds nus, sans orthèse, sur plus de 10 m. L'utilisation de la canne était autorisée. L'évaluation clinique comportait une cotation de la spasticité par le score d'Ashworth modifié, un bilan des amplitudes articulaires du membre inférieur, une mesure du score moteur par l'échelle de Fugl-Meyer et une évaluation des performances de marche par l'échelle modifiée de la functional ambulation classification (NFAC). Un enregistrement tridimensionnel de la marche par système optoélectronique Vicon© était également réalisé. Ce bilan clinique et cette analyse quantifiée de la

marche étaient effectués avant et après injection de toxine botulinique. Un délai de 4 semaines minimum était respecté entre l'évaluation pré-thérapeutique et post-thérapeutique.

## Résultats

4 patients hémiparétiques (3 cas d'origine vasculaire et 1 cas d'origine tumorale) ont pu être inclus. Ils ont tous bénéficié d'une injection dans les trois chefs du triceps surae (167 UI Dysport ou 50 UI Botox par chefs). Tous les patients ont ressenti une amélioration fonctionnelle de la marche.

L'évaluation clinique a retrouvé une diminution de la spasticité associée à une amélioration de la flexion dorsale dans 3 cas sur 4. Le score de Fugl-Meyer avait augmenté dans 3 cas. Le score de l'échelle NFAC, identique pour les 4 patients, ne s'était pas modifié. Une analyse statistique par ANOVA a été réalisée sur les paramètres temporo-spatiaux issus de l'analyse quantifiée de la marche (AQM). Celle-ci indique une augmentation significative de la vitesse de marche chez tous les patients ainsi qu'une amélioration significative des paramètres du côté sain (tableau 1).

	VITESSE DE MARCHÉ (M/S)	LONGUEUR DU PAS CÔTÉ SAIN (M)	LONGUEUR DU DEMI PAS CÔTÉ SAIN (M)	% DE PHASE D'APPUI CÔTÉ SAIN
P1	0.77/ 0.86*	1.00/ 1.06*	0.48/ 0.55*	70.8/ 66.1*
P2	0.06/ 0.11*	0.36/ 0.74	0.24/ 0.34	94.3/ 86.7*
P3	0.36/ 0.42*	0.69/ 0.75*	0.23/ 0.29*	80.9/ 78.6*
P4	0.48/ 0.60*	0.72/ 0.88*	0.27/ 0.41*	77.2/ 73.9*

Tableau 1 : Paramètres temporo-spatiaux (avant traitement/après traitement) des 4 patients enregistrés (P1-P4). La présence d'un astérisque indique une différence significative entre les deux enregistrements ( $p < 0.05$ ).

Les données cinématiques et cinétiques montraient une variabilité inter individuelle importante. Néanmoins il existait quelques éléments qualitatifs notables comme :

- Une amélioration de la flexion dorsale à l'appui du côté parétique pour deux patients associée à une augmentation de la puissance fournie au niveau de la cheville pour un patient.
- Une amélioration de la cinématique et de la cinétique sur les trois articulations du côté sain. Celle-ci était illustrée par l'apparition d'un contact initial par le talon du côté sain chez un patient, la disparition d'un récurvatum chez un autre patient.

**Conclusions** Ces résultats montrent une diminution de la spasticité du triceps<sup>2</sup>. Ce changement est corrélé en partie avec une amélioration des performances de marche. Celles-ci sont principalement mises en évidence par les données issues de l'AQM. De plus cette analyse quantitative permet d'appréhender en partie les mécanismes responsables de cette amélioration et notamment les modifications constatées de la cinématique et de la cinétique du côté sain.

## Références

1 **Pelissier J, Claustre J, Leroux JL, Ribeyrolles C.** Le pied hémiparétique : Classification et indications thérapeutiques . In : Pelissier J, editor. Le pied neurologique, trophique et vasculaire. Paris : Masson ; 1994. p. 43-53.

2 **Burdaud P, Wiard L, Dubos JL, Gaujard E, Debelleix X, Joseph PA, Mazaux JM, Bioulac B, Barat M, Lagueny A.** A randomised, double blind, placebo controlled trial of botulinum toxin in the treatment of spastic foot in hemiparetic patients. J of Neurol Neurosurg and Psy 1996;61:265-269

## VALUATION OF A BOTULINUM TOXIN TREATMENT ON EQUINOVARUS SPASTIC FOOT IN HEMIPLEGIC PATIENT: 3D GAIT ANALYSIS CONTRIBUTION

**Introduction** Equinus foot with or without varus is the most common deformity after hemiplegia secondary to a stroke<sup>1</sup>. Spasticity associated with motor deficiency is a worsening factor of this deformity. Botulinum toxin treatment reduces spasticity level but its objective evaluation is difficult. The aim of this study is to evaluate the efficiency of botulinum toxin treatment on a spastic lower limb.

**Method** Patients were consecutively recruited during specialised consultations in Henry Gabrielle hospital. Inclusion criteria were the presence of hemiplegia secondary to a stroke or to a tumour with invalidating chronic lower limb spasticity. Spasticity presence had to be older than more than six month. They had to be able to walk barefoot and without orthosis at least ten meters. Patients were allowed to hold a cane. They were examined before the treatment: Spasticity was rated by the modified Ashworth scale, the Fugl Meyer score for the lower limb was used to assess motor function, lower limb passive range of motion was carried out and clinical gait performance was assessed by the new functional ambulation classification (NFAC). A 3D recording of gait was realised too with an optoelectronic motion analysis system Vicon©. Clinical evaluation and 3D recording of gait were done before and after botulinum toxin injections. A four weeks delay was applied between pre-therapeutic and post-therapeutic evaluation.

**Results** Four patients with hemiplegia (three secondary to stroke and one secondary to tumour) were included. Soleus, gastrocnemius medialis and gastrocnemius lateralis were injected with botulinum toxin A (167 IU Dysport or 50 IU Botox in each muscle). After four weeks all patients felt a functional improvement of gait. Spasticity reduction was clinically observed with an improvement of ankle dorsiflexion in three cases. Fugl Meyer score increased in three cases. NFAC test was the same for the four patients and was not modified after injection. Statistical ANOVA analysis of gait parameters showed significant increase in gait velocity for all patients and also showed significant improvements of unaffected side gait parameters (table 1).

	GAIT VELOCITY (M/S)	STRIDE LENGHT UNAFFECTED SIDE (M)	STEP LENGHT UNAFFECTED SIDE (M)	% OF SUPPORT UNAFFECTED SIDE
P1	0.77/ 0.86*	1.00/ 1.06*	0.48/ 0.55*	70.8/ 66.1*
P2	0.06/ 0.11*	0.36/ 0.74	0.24/ 0.34	94.3/ 86.7*
P3	0.36/ 0.42*	0.69/ 0.75*	0.23/ 0.29*	80.9/ 78.6*
P4	0.48/ 0.60*	0.72/ 0.88*	0.27/ 0.41*	77.2/ 73.9*

Table 1: Gait parameters (before treatment/after treatment) of the 4 patients (P1-P4). Asterisk indicates significant statistical difference (p<0.05).

Kinematics and kinetics data showed an important variability between patients. However some results were interesting:

- Improvement of ankle dorsiflexion of the paretic side for two patients with an increase of ankle power for one patient.

- Improvement of unaffected side kinematics and kinetics. It was illustrated by heel initial contact for one patient, disappearance of knee recurvatum for another one.

**Conclusions** Those results show a decrease of lower limb spasticity level<sup>2</sup>. This change is partially correlated with an improvement of gait performances, mainly brought to light by quantitative gait analysis. Moreover this analysis allows us to partially understand mechanisms implied in improvement of gait and specifically unaffected side kinematics and kinetics modifications.

## **EFFICACITE D'UNE INJECTION DE TOXINE BOTULIQUE DANS LE RECTUS FEMORIS CHEZ DES PATIENTS AYANT UNE ACTIVITE ANORMALE EN MILIEU DE PHASE OSCILLANTE**

J. ROBERTSON, D. PRADON, N. ROCHE, D. BEN SMAIL, B. BUSSEL

Fondation Garches, Laboratoire de l'Analyse du Mouvement, Netter, Hôpital Raymond Poincaré, Garches, 92380. [robertson.johanna@gmail.com](mailto:robertson.johanna@gmail.com)

**Objectif :** L'intérêt d'une injection de toxine botulique (TB) dans le muscle rectus femoris (RF) n'a jamais été étudié dans le traitement du stiff knee gait (SKG) (une diminution de la flexion maximale de genou pendant la phase oscillante). Le but de notre étude est : 1- d'objectiver une augmentation de flexion de genou en phase oscillante 1 mois après injection de TB, 2 - déterminer si la positivité d'un bloc anesthésique de la branche motrice du nerf du RF est un facteur prédictif positif de l'efficacité de l'injection de TB.

**Méthode :** Adultes consentants, présentant une lésion du système nerveux central et un SKG seront évalués par AQM, ceux présentant une décharge inappropriée EMG du RF en milieu de phase oscillante, seront inclus (objectif 30 patients). Des évaluations cliniques (force musculaire, amplitudes articulaires et score d'Ashworth), fonctionnelles (tests de marche) et quantifiés (cinétique, cinématique et EMG dynamique) seront effectuées avant, immédiatement après un bloc anesthésique du nerf du RF ainsi qu'un mois après une injection de TB (200 U Botox®).

**Résultats préliminaires :** Sur les 5 patients déjà inclus dans le protocole (bloc n=5, TB n= 3): nous observons une augmentation de flexion de genou de 2° à 20° après bloc et de 3° à 10° 1 mois post injection de TB; une augmentation jusque à 22% de la vitesse de marche après bloc et jusque à 25% après TB ; peu de modification des tests fonctionnels de marche post TB ; modification de l'activité EMG du RF 1 mois post TB ; une diminution d'un point du score d'Ashworth du RF post TB. L'auto évaluation qualitative a montré une amélioration de 10%.

## **STUDY OF THE EFFECTIVENESS OF BOTULINUM TOXIN INJECTION IN THE RECTUS FEMORIS MUSCLE IN PATIENTS PRESENTING WITH ABNORMAL SWING PHASE ACTIVITY**

**Aim:** The use of Botulinum Toxin (BT) in the rectus femoris muscle (RF) for the treatment of stiff knee gait (SKG) (decreased peak flexion in swing phase) has never been studied. The aim of our study is: 1- To demonstrate an increase in knee flexion in swing phase, one month post BT injection; 2- To determine if a positive effect of a selective motor block by anaesthesia of the RF nerve is a positive predictive factor in the efficacy of BT injection.

**Method:** Consenting adults with central nervous system lesions and presenting SKG will be assessed by Quantitative Movement Analysis and those with abnormal rectus femoris activity during swing phase will be included (aim 30 patients). Clinical (muscle strength, range of motion and spasticity), functional (walking tests) and quantitative (kinematic, kinetic and dynamic EMG) assessments will be carried out before and immediately following motor block and one month following BT injection (200 U Botox®).

**Preliminary results:** For the first 5 patients included (block n=5, BT n=3): an increase in knee flexion between 2°-20° post nerve block and 3°-10° post BT injection; increase in gait speed of up to 22% post block and 25% post BT; little change in distance walked and Timed Up and Go Test post BT; disappearance of EMG activity in RF one month post BT in 1 in 2 patients; a one-point decrease in the Ashworth score for the RF post TB; 10% improvement according to Visual Analogue Scale.

## **BOTULINUM TOXIN EFFICIENCY ON MUSCLE SPASTICITY: WHICH CRITERIA FOR ASSESSMENT?**

Dohin B, Bonnefoy A, Chèze L, Chaléat-Valayer E, Kohler R.  
Service de chirurgie pédiatrique, Hôpital E.Herriot, Lyon, France.

**JUSTIFICATION:** Botulinum toxin (BT) is now commonly used for treatment of gait disturbance in cerebral palsy (CP) in children [1]. Gait analysis (GA) evaluation of BT gives information about functional improvement [2]. However usual kinematics and kinetic data reflect only consequences of the effect of BT. Beyond their functional improvement patients tell subjective motion improvement. This is probably the consequence of a decrease of spasticity and muscles co contraction. Granata (2000) and Tuzson (2003) [3-4] report that spasticity and muscles co contractions modify movement velocity.

The aim of this preliminary study was to identify specific parameters in GA which testify to specific activity of BT on muscle function.

**MATERIAL and METHOD:** Movement is defined by magnitude and speed. Magnitude is not modified a lot by BT [5]. We studied influence of BT on velocity.

The model was rectus femoris and semitendinosus muscles. The aim was to identify variation in activity and co contractions of these two antagonist muscles. Five CP patients (9 to 18 years old) have had BT injection simultaneously on these two muscles. They have had GA before injection and one month later. One of them had a third control at 6 months follow up.

Clinical status was studied at each time using functional scale, clinical examination and evaluation of spasticity.

Evaluation of GA data takes into account variability of gait in CP children (5 to 7%) [6], so variation should be greater than 10% to be significant. Kinematics and kinetic data were studied to assess functional improvement. Velocity was studied through average speed of each joint elementary movement, average acceleration and deceleration, and morphology of speed curves of movement. Data collection was restricted to sagittal plane on hip and knee.

**RESULTS:** All patients were improved with significant modifications of kinematics and kinetic data on hip and knee. In all cases, significant variations of velocity were noted. We illustrate with 3 cases which are detailed: first, a patient with better improvement on rectus femoris, second a patient with better improvement on semitendinosus and third, the 6 month follow up patient.

**CLINICAL RELEVANCE:** The study confirms significant variation of velocity in using BT on spastic muscle. Authors suggest that these data could be used to adjust dose of BT because of better understanding of muscle functional improvement. In order to precise application in using BT further investigation is now on including larger population in children. This research program received agreement of ethic committee.

- 1- Koman LA, Mooney JF, Smith B, Goodman A, Mulvaney T. Management of spasticity in cerebral palsy with botulinum-A toxin: report of a preliminary, randomized, double-blind trial. *J Pediatr Orthop*. 1994; 14:299-303.
- 2- Gage JR, Deluca PA, Renshaw TS. Gait analysis: principles and applications. Emphasis on its use in cerebral palsy. *J Bone Joint Surg* 1995, 77-A: 1607-23.
- 3- Granata KP, Abel MF, Damiano DL. Joint angular velocity in spastic gait and the influence of muscle-tendon lengthening. *J Bone Joint Surg* 2000, 82A: 174-86.
- 4- Tuzson AE, Granata KP, Abel ME. Spastic velocity threshold constrains functional performance in cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil*. 2003; 84: 1363-8.
- 5- Corry IS, Cosgrove AP, Duffy CM, Taylor TC and Graham HK. Botulinum toxin A in hamstring spasticity. *Gait Posture* 1999; 3: 206-10.
- 6- Steinwender G, Saraph V, Scheiber S, Zwick EB, Uitz C, Hackl K. Intrasubject repeatability of gait analysis data in normal and spastic children. *Clin Biomech* 2000; 15:134-9.

### **ANALYSE CINEMATIQUE DU FINGER-TAPPING CHEZ LE PATIENT POST ACCIDENT VASCULAIRE CEREBRAL : ETUDE LONGITUDINALE PRELIMINAIRE**

R. Darmana\*, E. Martinez\*, P. Marque\*\*, E. Castel\*, V. Guiraud\*, F. Chollet\*, I. Loubinoux\*  
 \*INSERM U455, CHU Purpan, 31059 Toulouse cedex 3, ([robert.darmana@toulouse.inserm.fr](mailto:robert.darmana@toulouse.inserm.fr)), \*\*  
 CHU Rangueil, Service de médecine physique et réadaptation, 31043 Toulouse cedex 4

L'analyse du mouvement de flexion-extension de l'index (finger-tapping) permet d'obtenir les données de fréquence couramment utilisées en pratique clinique pour évaluer l'atteinte et la récupération fonctionnelle chez les sujets ayant subi un accident vasculaire cérébral. L'analyse cinématique permet de mesurer également la fréquence mais aussi l'amplitude, la vitesse et l'accélération du mouvement. La représentation de l'accélération en fonction de la vitesse montre bien distinctement les deux phases de flexion et d'extension. Cette technique a été testée chez un patient en cours de récupération, le mouvement de flexion-extension des index a été enregistré pendant 12s à J1 (25 jours post-AVC), J2 (2 mois post-AVC), J3 (4 mois post-AVC) et J4 (13 mois post-AVC). Outre les différences trouvées à J1 entre côtés sain et parétique sur les paramètres du mouvement (-25% en fréquence, -35% en amplitude, -70% en vitesse et en accélération), le diagramme  $dv/dt / v(t)$  a montré des bouclages représentatifs d'une inversion de vitesse et d'accélération présents uniquement en fin de phase d'extension de l'index parétique ; ces bouclages pourraient être générés par des saccades musculaires [1]. Contrairement au côté sain, il existe une très nette asymétrie entre les mouvements de flexion et d'extension côté parétique ; le mouvement d'extension est plus réduit que celui de flexion conformément aux atteintes classiques chez l'hémi-parétique [2]. A J4, les bouclages ont totalement disparu et le mouvement tend à se normaliser en fin d'extension. Les résultats apportés par cette technique vont dans le même sens que le score de Fugl-Meyer qui s'améliore de 66 à 91 entre J1 et J4. La cinématique apporte une dimension supplémentaire qualitative dans la caractérisation du mouvement.

### **KINEMATIC ANALYSIS OF FINGER-TAPPING IN 1 PATIENT WITH CEREBRAL VASCULAR ACCIDENT: LONGITUDINAL STUDY OF RECOVERY**

The analysis of flexion-extension movement of index finger gives the frequency data generally used by clinicians to evaluate the stroke level and recovery in patients with cerebral vascular accident.

[1]Phillips CA et al. The acceleration-velocity relationship: identification of normal and spastic upper extremity movement. *Comput. Biol. Med.* Vol 27 (1997), N° 4, 309-28.

[2]Marque P et al. Impairment and recovery of left motor function in patients with right hemiplegia. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 62(1) (1997) 77-81.

The kinematic technique permits, in addition, to measure the magnitude, the velocity and the acceleration and the representation of the acceleration versus velocity shows separately the flexion and extension phases. This technique has been tested in a recovering patient, the flexion-extension movements of the index were recorded during 12s at J1 (25 days post-stroke), J2 (2 months post stroke), J3 (4 months post stroke) and J4 (13 months post stroke). Besides the differences at J1 between the normal and paretic sides (-25% in frequency, -35% in amplitude, -70% in velocity and acceleration), the  $dv/dt / v(t)$  diagramm has showed the presence of loops in the extension phase of the paretic index. They could be generated by muscular jerks [1]. In opposition to the normal side, an asymmetry was found between flexion and extension in pathological side for which the extension is less in magnitude as usually in stroke hemiparesia [2]. At J4, no loop was visible, the extension movement pattern was changing to the normal one. The results given by the kinematics are in the same way that the Fugl-meyer Score which increase from 66 to 91 between J1 and J4. Besides the kinematic data, this technique give a new and qualitative dimension in the observation of the movement.

## **INCIDENCE DE LA ROTATION DU PIED PROTHETIQUE SUR LA DYNAMIQUE SAGITTALE DES GENOUX ET DES HANCHES AU COURS DE LA MARCHE CHEZ L'AMPUTE TIBIAL**

C.GRUMILLIER, C. BEYAERT, M-A HALDRIC, N. MARTINET  
25, rue Henner 54000 NANCY [irr.appareillage@wanadoo.fr](mailto:irr.appareillage@wanadoo.fr)

### *RESUME*

Le but de cette étude est d'objectiver les modifications de la dynamique sagittale des genoux et hanches, consécutives à différentes rotations du pied prothétique chez l'amputé tibial unilatéral, afin de détecter des mécanismes relatifs d'adaptation biomécanique. L'hypothèse est que la modification du réglage habituel du pied prothétique entraîne des variations de la cinématique et de la cinétique du genou et de la hanche de l'hémicorps amputé mais également de l'hémicorps sain, et plus particulièrement une augmentation du travail total fournit par ces articulations.

Une analyse tridimensionnelle et bilatérale de la marche a été réalisée sur treize sujets selon trois conditions de réglage de l'orientation transverse de leur pied prothétique : une condition habituelle servant de référence pour les deux autres conditions où 6° de rotation sont ajoutés, l'une en interne et l'autre en externe. Une analyse de la cinématique et de la cinétique sagittale des genoux et hanches était associée au recueil de l'appréciation subjective de la marche dans les trois conditions.

Les patients considéraient la marche la plus confortable lors du réglage habituel et constamment la moins confortable lors du réglage en rotation interne. Le moment interne d'extension et le travail total du genou en début d'appui n'étaient pas modifiés du côté amputé dans les trois conditions mais étaient significativement augmentés du côté sain par rapport au côté amputé et en condition de rotation interne par rapport à la condition habituelle. De la même manière, la dynamique sagittale de la hanche amputée n'était pas modifiée, par contre, une flexion anormale de la hanche saine associée à un travail négatif d'absorption étaient observés en début d'appui dans les trois conditions de réglage, ceci étant significativement augmenté en rotation interne.

Les modifications de réglage du pied prothétique n'ont donc pas eu de répercussions directes sur les articulations adjacentes, par contre, il a été mis en évidence un phénomène de compensation des articulations du côté sain accentué en condition de rotation interne par rapport à la condition habituelle permettant probablement de freiner le mouvement antérieur de la marche.

## **EFFECT OF PROSTHETIC FOOT ROTATION ON KNEES AND HIPS SAGITTAL DYNAMIC IN BELOW-KNEE AMPUTEE DURING GAIT**

### *ABSTRACT*

The aim of this study is to objectivize knees and hips dynamic variations in sagittal plane consecutive to several adjustments of prosthetic foot in individuals with an unilateral trans-tibial amputation in order to study biomechanical adaptations. The hypothesis is that the change of initial adjustment of prosthetic foot engenders variations of knee and hip kinematic and kinetic from the amputated hemicorpus to the sound hemicorpus and particularly an increase of the global work done by these joints.

A three-dimensional and bilateral gait analysis was realized on thirteen patients according to three different rotations of prosthetic foot in transverse plane: a usual rotation serving as a reference of the two other conditions where six degrees were added, one internal, the other one external. A sagittal analysis of kinematic and kinetic of knees and hips was associated at subjective assessment of gait in the three conditions of rotation.

Patients considered gait as more comfortable in usual rotation and constantly less comfortable in internal rotation. The internal extended moment and the total work done by the knee of amputated leg at the beginning of the stance phase weren't altered in three conditions but on the sound side, these variables were increased compared to the amputated side and in the internal rotation compared to usual adjustment. In the same way, sagittal dynamic of the hip on the amputated side wasn't changed, differently from the sound limb which was animated by an abnormal bending in the beginning of the stance in the three conditions, this movement was accentuated in internal rotation.

The modifications of prosthetic foot adjustment didn't have direct impact on adjacent joints, and on the other hand, it gave prominence to a phenomenon of compensation by the sound joints, accentuating in the internal rotation condition compared with the usual condition probably to slow the anterior moving of gait.

## **IMPORTANCE DE LA COMPENSATION DU BASSIN DANS LA POSTURE ET LES MOBILITES APRES UNE FUSION RACHIDIENNE POSTERIEURE PAR INSTRUMENTATION CD CHEZ LES SCOLIOSES IDIOPATHIQUES**

Jean DUBOUSSET, Reinhard D. ZELLER, Lotfi MILADI, Gaëlle BOURCEREAU, Mélanie SAVIDAN, François LAVASTE et. Wafa SKALLI  
LBM - ENSAM 151, Boulevard de l'hôpital 75013 PARIS jean.dubousset@wanadoo.fr

**Introduction.** L'objectif de l'étude est d'analyser le rôle du bassin dans les phénomènes de compensation post-opératoire. après une instrumentation Cotrel-Dubousset à partir de la quantification de la posture et des mobilités du patient.

**Méthodes.** 30 patients ont suivi le protocole de mesure avant la chirurgie et après, à 3 reculs post-opératoires différents, à court (< 9 mois), moyen (entre 9 et 30 mois) et long (>30 mois) reculs. Le protocole était composé des 2 examens. Le premier examen consistait en une prise de 2 radiographies calibrées, face et profil, qui permettaient d'obtenir une reconstruction 3D du rachis et du bassin et de calculer des paramètres pelviens. Le deuxième examen a été effectué à l'aide du système optoélectronique Vicon® et a permis de quantifier l'orientation et les mobilités tridimensionnelles des épaules, du tronc et du bassin en posture et dans les 3 mouvements élémentaires, flexion/extension, inclinaisons latérales droite et gauche et rotations axiales droite et gauche.

**Résultats.** 10 patients sur 21 présentaient une modification de plus de 5° de l'incidence pelvienne. En flexion, la mobilité globale a diminué entre les phases pré et postopératoires ( $p < 0.05$ ). Les variations de la mobilité globale n'étaient pas corrélées à celles du segment sous-jacent à

l'instrumentation alors qu'elles étaient fortement corrélées aux variations de la mobilité du bassin ( $r^2 = 0.78$  au recul moyen).

**Conclusion.** Cette étude met en évidence le rôle central du bassin dans l'équilibre et les mobilités avant et après chirurgie.

## IMPORTANCE OF PELVIC COMPENSATION IN POSTURE AND MOTION AFTER POSTERIOR SPINAL FUSION USING CD INSTRUMENTATION FOR IDIOPATHIC SCOLIOSIS

**Introduction.** The aim of the study is to investigate the compensation role of pelvis after Cotrel-Dubousset instrumentation, using posture quantification and motion analysis.

**Methods.** 30 patients followed the protocol preoperatively and postoperatively, at 3 different postoperative follow-ups, at short (< 9 months), medium (between 9 and 30 months) and long (> 30 months) terms. The protocol was composed of 2 exams. The first one consisted in taking a pair of calibrated XRays, posteroanterior and lateral, that allowed obtaining 3D reconstruction of spine and pelvis and calculating pelvic parameters. The second exam was performed with the optoelectronic system Vicon® and allowed to quantify 3D orientation and range of motion of shoulders, trunk and pelvis in posture and in the three elementary motions, flexion-extension, right/left lateral bending and right/left axial rotation.

**Results.** 10 patients among 21 had postoperatively more than 5° change of pelvic incidence. In flexion, global ROM decreased from pre to post operative phase ( $p < 0.05$ ). Global ROM variation was not correlated to that of lower unfused segment, while it was highly correlated to pelvic ROM variation ( $r^2 = 0.78$  at medium follow up).

**Conclusion.** This study brings to the light the central role of pelvis in balance and motion of the patients before and after surgery.

## MOUVEMENTS 3D DU TRONC ET DU BASSIN AU COURS DE LA MARCHE DE L'AMPUTE FÉMORAL

H. GOUJON, E. SAPIN, P. FODE, F. LAVASTE

Laboratoire de Biomécanique, 151 bd de l'Hôpital 75013 Paris. [francois.lavaste@paris.ensam.fr](mailto:francois.lavaste@paris.ensam.fr)

**Introduction :** Dans la littérature, peu d'études s'intéressent au mouvement du tronc chez l'amputé. Ces études sont limitées soit par un nombre de sujets très faible [1] soit parce qu'elle n'étudie que partiellement les mouvements du haut du corps et notamment ne s'intéresse pas à la coordination entre tronc et bassin [2, 3]. Or cette coordination semble jouer un rôle essentiel en rééducation dans la récupération de la fonction de marche.

**Objectif :** L'objectif de l'étude est d'identifier les caractéristiques de la cinématique du haut du corps et de la transmission du couple de torsion au niveau du sol au cours de la marche du sujet amputé fémoral comparé au sujet asymptotique. L'influence de certains facteurs cliniques tels que la longueur du moignon, l'âge, l'activité est également évaluée.

**Méthode :** Un protocole d'analyse a permis d'enregistrer simultanément la cinématique du bassin et du tronc à l'aide d'un système optoélectronique Vicon® et le torseur des efforts exercés par les pieds sur le sol à l'aide de 2 plateformes de force AMTI®. 27 sujets amputés fémoraux et un groupe de 33 sujets asymptotiques ont bénéficié de ce protocole. Les amplitudes angulaires des ceintures scapulaires et pelviennes sont calculées dans les 3 plans de l'espace ainsi que le déphasage entre les mouvements de ces ceintures dans le plan horizontal. Des tests statistiques (test t) ont été menés pour comparer la population de sujets amputés à la population de sujets sains et pour déterminer l'influence des facteurs cliniques.

Résultats : Les amplitudes angulaires des segments du haut du corps sont globalement augmentées pour les amputés alors que la vitesse de marche est en moyenne plus faible. Des allures spécifiques à l'amputé fémoral ont été trouvées pour l'inclinaison dans le plan frontal du bassin et la vitesse angulaire dans le plan horizontal du bassin. Au niveau cinétique, l'allure de la courbe d'évolution du couple de torsion au cours de la phase d'appui est également caractéristique. La coordination dans le plan horizontal entre le bassin et la ceinture scapulaire est altérée. Des corrélations montrent le lien entre les paramètres, particulièrement entre la coordination des mouvements de rotation et la vitesse de marche. De plus, les tests statistiques permettent de mettre en évidence l'influence des facteurs cliniques comme la longueur du moignon ou l'activité sur les amplitudes de mouvement et la coordination de ces mouvements.

Conclusion : Cette étude suggère que la coordination est essentielle au cours de la locomotion et qu'une rééducation visant à améliorer la marche doit prendre en compte les facteurs cliniques personnels au patient.

### 3D MOTIONS OF TRUNK AND PELVIS DURING TRANSFEMORAL AMPUTEE GAIT

Introduction: Few anterior studies investigated upper body movements of above knee amputees. Besides, the conclusions of these studies were limited because they involved very few patients [1] or because they analyzed only partially the upper body motion and not the coordination of trunk and pelvis [2, 3]. However, the reeducation of girdles' coordination was shown to be essential for the recovery of functional and efficient gait.

Aim: The aim of the present study was to identify characteristics of upper body kinematics and torque transmission to the ground during locomotion in transfemoral amputee compared with healthy subjects. The influence of clinical factors as age, length of the stump, activity on these characteristics was also investigated.

Method: A protocol was developed to record kinematics of trunk and pelvis by means of an optoelectronic Vicon® system simultaneously with forces and moments applied by the feet on the ground measured by two force plates AMTI®. Twenty-seven femoral amputees and a group of 33 asymptomatic subjects participated in this study. Angular ranges of motion of scapular and pelvic girdles were calculated in the three planes of space. The relative phase of the motion of these girdles in the horizontal plane is also evaluated. Statistical tests (t-test) were used to compare the amputated population and the sound population and to determine the influential of clinical factors.

Results: Angular ranges of motion of upper body were globally increased for the amputees while walking velocity decreased. Specific patterns for above-knee amputees were found for pelvic tilt, pelvic angular velocity in the transverse plane and torques around the vertical axis transmitted by lower limbs. The coordination between pelvic and scapular girdles was altered. Some correlations showed the links between parameters, particularly, the coordination was found to be dependant on walking speed. Clinical factors influenced this coordination and the mobility of upper part of the body.

Conclusion: This study suggested that coordination is essential during locomotion and that reeducation must take into account personal clinical factor of each patient.

1. Cappozzo, A., et al., *Angular displacements in the upper body of AK amputees during level walking*. Prosthetics and Orthotics International, 1982. **6**: p. 131-138.
2. Sjödaahl, C., et al., *Pelvic motion in trans-femoral amputees in the frontal and transverse plane before and after special gait re-education*. Prosthetics and Orthotics International, 2003. **27**: p. 227-237.
3. Tazawa, E., *Analysis of torso movement of trans-femoral amputees during level walking*. Prosthetics and Orthotics International, 1997. **21**: p. 129-140.

## CERTAINS ASPECTS DE L'APPROCHE RADIOLOGIQUE DE L'ANALYSE POSTURALE CHEZ L'HOMME.

Vincent POMERO<sup>1,2</sup>, Wafa SKALLI<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Service de Chirurgie Pédiatrique Infantile, Hôpital de la Timone Enfants, Marseille. <sup>2</sup> Laboratoire de Biomécanique, ENSAM - CNRS, Paris.

Depuis plusieurs années, le Laboratoire de Biomécanique de l'ENSAM de Paris travaille sur l'étude de la posture saine et pathologique, particulièrement au niveau du rachis. Nous présenterons ici différentes méthodologies s'appuyant sur l'information radiologique dans l'analyse posturale humaine.

**Approche Sagittale :** Bien que les paramètres pelviens et rachidiens fussent largement décrits dans la littérature, les travaux d'Alexandre Templier ont permis de mettre en évidence l'absence d'outils moderne dans l'étude sagittale de la posture. Un logiciel d'analyse de la posture, Spineview, fût développé (Coll. LBM – ENSAM, LIO Montréal et Surgiview), et permit à partir d'un traitement de quelques minutes sur les radios numérisées de proposer le calcul automatisé des paramètres ainsi que du lieu des centres moyens de rotation pour les clichés dynamiques.

**Approche tridimensionnelle:** Les principaux paramètres posturaux ont été adaptés et étudiés dans l'espace, à partir des reconstructions 3D du rachis et du bassin (obtenues par stéréoradiographie – Coll. LBM-ENSAM, LIO Montréal et Biospace). Cela a permis de mettre en place des valeurs de référence pour une population saine de 34 sujets, tout en l'enrichissant par une mesure des efforts au sol, permettant de déterminer son positionnement au rachis et au bassin. D'autres approches sur cette modalité ont été engagées, notamment dans l'étude posturale au niveau cervical.

**Efforts intervertébraux (EIV):** Ces études posturales ont été complétées par l'étude des EIV, par le développement d'un modèle musculaire du tronc, adapté depuis au rachis cervical. Ces études permirent de démontrer le cercle vicieux entre une posture pathologique et des EIV, sans aucun doute lié à la dégénérescence de ces pathologies.

Enfin, une application clinique fondée sur l'analyse posturale est présentée (projet européen DEVASPIM), qui intègre la création de modèles éléments finis, l'estimation des efforts intervertébraux liés à la posture, et la simulation de pose d'implant orthopédique rachidien via un portail internet.

## EFFETS A COURT TERME D'UN ENTRAINEMENT INTENSIF A LA MARCHE CHEZ DES SUJETS HEMIPLEGIQUES.

**D. PRADON, J-P REGNAUX, N. ROCHE, B. BUSSEL**

Laboratoire d'Analyse du Mouvement, Inserm U742, Hôpital Raymond Poincaré, 92380 Garches.  
[didier.pradon@rpc.aphp.fr](mailto:didier.pradon@rpc.aphp.fr)

**Objectif.** Certains travaux ont montré chez des sujets présentant des lésions du système nerveux central que les possibilités d'amélioration à court terme, par une technique d'entraînement, des performances motrices existaient. L'objectif de ce travail préliminaire est de présenter une nouvelle technique d'entraînement à la marche chez le sujet hémiplégique.

**Méthodes.** 5 sujets hémiplégiques (2 anciens GA 3 récents GR) ont marché sur un tapis roulant avec une masse placée à la cheville côté membre inférieur non hémiplégique. L'entraînement durait 20 minutes. L'analyse de marche a été faite avant, après l'arrêt de l'entraînement et après 20 minutes de repos à l'aide du système *Motion Analysis*.

**Résultats.** Nous n'avons pas noté de modifications pour les sujets GA. Les sujets GR ont augmenté leur vitesse de marche après 20 minutes de repos comparativement à celle mesurée en pré-test de : +26%, +39% et +71 %. L'augmentation de la longueur du pas (50%, 14%, 23.5%) était toujours

plus importante que celle de la cadence (31%, 8%, 16%). Chez ces sujets, on a observé une augmentation quantitative de l'appui sur le membre inférieur hémiplegique (RMS de Fz) mesuré 20 minutes après l'arrêt de l'entraînement (+11.6%, +8%, +15.4%).

**Conclusion.** Dans notre travail, seuls les sujets ayant une lésion récente ont montré des améliorations de leurs performances. Ce résultat pose les questions du choix de la technique d'entraînement en fonction de l'ancienneté de l'atteinte nerveuse et des raisons pour lesquelles un effet différent a été obtenu. Pour cela, nous continuons avec une population plus grande et homogène (type de lésion).

## SHORT TERM EFFECTS OF INTENSIVE GAIT TRAINING IN HEMIPLEGIC SUBJECTS

**Aim.** Several studies have shown, in patients with central nervous system lesions, that short-term improvements of motor performance following training are possible. The aim of this preliminary study is to present a new gait-training technique for hemiplegic subjects.

**Method.** 5 hemiplegic subjects (2 chronic CG and 3 acute AG) walked on a treadmill with a weight placed on the non-hemiplegic ankle. The training lasted for 20 minutes. Gait analysis using a *Motion Analysis* system was performed before, immediately after the training and again following 20 minutes rest.

**Results.** No changes were found for the CG subjects. The AG subjects increased walking speed after 20 minutes rest compared to pre-testing by: +26%, +39% and +71 %. Increase in step length (50%, 14%, 23.5%) was always greater than increase in cadence (31%, 8%, 16%). In these subjects, we observed an quantitative increase in weight bearing on the hemiplegic lower limb (RMS of Fz) following 20 minutes rest post training (+11.6%, +8%, +15.4%).

**Conclusion.** In this study, only subjects with acute lesions showed improved performance. This result raises questions regarding choice of treatment according to time post lesion and the reasons behind the different results obtained. For this reason, we are continuing with a larger, more homogenous (type of lesion) group.

## REPETABILITE D'UN PROTOCOLE D'ANALYSE DE LA MARCHE POUR ENFANTS ET BASE DE DONNEES POUR UN GROUPE TEMOIN.

A ASSI<sup>1,2</sup>, I GHANEM<sup>1,3</sup>, W SKALLI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gait and Motion Analysis lab. - SESOBEL, Ain El Rihani – Liban, <sup>2</sup>Laboratoire de Biomécanique, CNRS UMR 8005, ENSAM, Paris, <sup>3</sup>Hôpital Hôtel-Dieu de France, Beyrouth

Ayman Assi. Laboratoire de Biomécanique. ENSAM. 151 Blvd de l'Hôpital. 75013 PARIS.

[ayman.assi@gmail.com](mailto:ayman.assi@gmail.com)

**Introduction.** Le protocole de Helen Hayes [1] est le plus utilisé dans l'analyse de la marche chez l'enfant, en particulier pour l'étude de l'IMC. La répétabilité de celui-ci a été évaluée essentiellement pour les adultes [2]. L'objectif de cette recherche est de quantifier l'incertitude et la répétabilité du protocole et de constituer une base de données de référence chez des enfants.

**Matériels et Méthodes.** 56 enfants asymptomatiques (28 garçons, 28 filles) âgés de 5 à 15 ans (moyenne d'âge: 10 ans) ont effectué l'examen d'analyse de la marche utilisant le système VICON<sup>®</sup> (6 caméras infrarouges numériques, 2 plateformes AMTI<sup>®</sup> au sol). Les courbes cinématiques ont été exploitées pour extraire 29 paramètres [3]. 16 sujets ont effectué l'examen deux fois pour estimer la répétabilité du protocole. Par ailleurs, des simulations de Monte Carlo ont été réalisées en ajoutant un bruit de mesure d'écart type 0.58 mm sur les marqueurs pour évaluer

l'incertitude sur les angles calculés par le protocole (hanche, genou, cheville et progression du pas dans les 3 plans).

**Résultats et Discussion.** Une base de données d'enfants avec des corridors de normalité a été établie pour les courbes cinématiques et cinétiques. L'incertitude de mesures (deux écart-type) maximale obtenue sur les angles calculés par le protocole était de 4° en sagittal et frontal et de 8° en horizontal (pour le genou). Trois paramètres parmi les 29 calculés étaient peu répétables ( $p > 0.05$ ).

**Conclusion.** Cette étude a permis de quantifier les incertitudes associées à l'application du protocole Helen Hayes pour les enfants de 5 à 15 ans. La base de donnée construite permettra de mieux objectiver les pathologies des patients IMC.

## REPEATABILITY OF A PROTOCOL IN CHILDREN GAIT AND DATABASE FOR A REFERENCE GROUP.

**Introduction.** The protocol of Helen Hayes [1] is the most used in child gait analysis, especially in CP studies. Its repeatability was evaluated primarily for adults [2]. The aim of this research is to evaluate the uncertainty and the repeatability of the protocol and to constitute a database of healthy children.

**Materials and Methods.** 56 asymptomatic children (28 boys, 28 girls) aged between 5 and 15 years old (mean: 10) have performed the gait exam using VICON<sup>®</sup> system (6 digital infrared cameras, 2 force plates AMTI<sup>®</sup>). 29 parameters [3] were extracted from the kinematics curves. 16 subjects have done the exam twice to estimate the repeatability of the protocol. In addition, Monte Carlo simulations were carried out by adding a measurement noise with 0.58 mm as standard deviation on markers to evaluate uncertainty on the calculated angles by the protocol (hip, knee, ankle and foot progression angles in the 3 plans).

**Results and Discussion.** A database of healthy subjects with corridors of normality was established for kinematics and kinetics curves. The maximal uncertainty of measurements (two standard deviation) obtained on the angles calculated by the protocol was 4° in the frontal and sagittal planes and 8° in the horizontal plane. Three calculated parameters among the 29 had a poor repeatability ( $p > 0.05$ ).

**Conclusion.** This study allowed a quantification of uncertainty when Helen Hayes protocol is used for children aged between 5 and 15 years old. The database should allow us to have a better objectivity on CP pathologies.

**Remerciements.** Les auteurs tiennent à remercier l'équipe du G.M.A lab. l'ingénieur Jad Azar et les physiothérapeutes Reine Sarkis et Abir Massaad pour leur soutien technique qui a été très utile.

### Références

- [1] Davis RB (1990): A gait analysis data collection and reduction. *Hum Move Sci.* 1990; 10:575-87.
- [2] Kadaba M P (1989): Repeatability of Kinematic, Kinetic, and Electromyographic Data in Normal Adult Gait. *J Orth. Res.* 7: 849-60.
- [3] Benedetti M G (1998): Data management in gait analysis for clinical applications. *Clin Biomech.* 13(3): 204-15.

## ANALYSE ELECTROMYOGRAPHIQUE ET CINEMATIQUE DE LA MARCHÉ SUR TAPIS ROULANT ASSOCIE A DEUX DISPOSITIFS D'ALLEGEMENT CORPOREL DIFFERENTS.

T ALBERT\*, N EL FETTAHI\*\*, A PAWLOWSKI\*\*, S SIMONETTI\*\*, F LAVASTE\*\*, JJ MORIN\*\*\*

\*19 Av Courtin, 94340 Joinville le Pont. [thierry.albert1@club-internet.fr](mailto:thierry.albert1@club-internet.fr), \*\*Centre d'Etude et de Recherche sur l'Appareillage des Handicapés, Bellevue BP 719, 57147 Woippy cedex. \*\*\* Ecole Nationale Supérieure des Arts et Métiers de Paris, 151 Bd de l'hôpital, 75013 Paris.

**Introduction** : Depuis une dizaine d'années, la rééducation de la marche des hémiplegiques et des para-tétraplegiques incomplets utilise des dispositif associant un tapis roulant de marche et un système d'allègement corporel prenant le patient par un harnais de tronc attaché et tracté au-dessus des épaules. Il existe un nouveau dispositif qui utilise un harnais et un système d'allègement par le bassin. Ce dispositif, à l'état de prototype, a été fabriqué par l'ENSAM.

**Objectif** : Comparer, chez le sujet valide, les différences qualitatives des paramètres électromyographiques et cinématiques de la marche au cours de l'utilisation de chaque dispositif.

**Méthode** : Electromyographie de surface du grand fessier, du quadriceps et des ischio-jambiers internes. Enregistrement goniométrique de la hanche et du genou. Analyse de trois situations : 1-Marche au sol. 2-Marche sur tapis roulant avec allègement par le tronc, au-dessus des épaules, de 0%, 30% et 50% du poids corporel. 3-Marche sur tapis roulant avec allègement par le bassin, de 0%, 30% et 50% du poids corporel.

**Résultats** : Chez 6 sujets valides, l'allègement corporel diminue l'amplitude de flexion de genou en phase portante, l'amplitude de flexion-extension de hanche en phase portante, l'activation du grand fessier et des ischio-jambiers et parfois du quadriceps. Ces modifications sont retrouvées de manière identique, à niveau d'allègement égal, avec les deux dispositifs.

**Discussion** : Le nouveau dispositif semble offrir une plus grande facilité d'utilisation pratique et permet de marcher avec des paramètres électromyographiques et goniométriques identiques à ceux obtenus avec les dispositifs classiques qui sont plus encombrants.

**Conclusion** : La rééducation de la marche sur le nouveau dispositif devrait pouvoir se faire dans des conditions pratiques et biomécaniques au moins aussi bonnes qu'avec les dispositifs classiques. Ce nouveau dispositif, moins encombrant pourrait être utilisé au domicile pour une pratique de la rééducation sur tapis roulant au long cours. L'intérêt médical de ce type de rééducation à domicile reste à évaluer.

## MULTI MODALITE DANS L'ANALYSE DES SUJETS : COMBINAISON DE LA RADIOGRAPHIE ET DE L'ANALYSE DU MOUVEMENT.

Vincent POMERO<sup>1,2</sup>, Michel JACQUEMIER<sup>1</sup>, Elke VIEHWEGER<sup>1</sup>, Jean-Luc JOUVE<sup>1</sup>, Wafa SKALLI<sup>2</sup>, Gérard BOLLINI<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Service de Chirurgie Pédiatrique Infantile, Hôpital de la Timone Enfants, Marseille.

<sup>2</sup> Laboratoire de Biomécanique, ENSAM, Paris.

Au cours de cette présentation, nous exposerons les thématiques de recherche que nous envisageons de poursuivre dans le domaine de l'analyse du mouvement.

L'axe principal sera la combinaison des informations issues de l'analyse du mouvement avec la radiologie en général, et plus particulièrement la stéréoradiographie. Ces études seront réalisées en étroite collaboration avec le Laboratoire de Biomécanique de l'ENSAM de Paris, spécialiste du domaine.

Nous présenterons ainsi une étude préliminaire portant sur le calcul du torseur des efforts extérieur au niveau du médio pied, lors de la phase d'appui au cours de la marche. Cette étude combine la radiographie du pied aux informations dynamiques obtenues lors de l'acquisition d'un cycle de marche par un système Elite.

Par ailleurs, nous présenterons notre projet de recalage des reconstructions osseuses tridimensionnelles obtenues par stéréoradiographie avec les données cinématiques. Une fois réalisées les étapes de faisabilité et de validation, nous souhaitons développer dans un premier temps une méthode permettant le calcul dynamique du taux de recouvrement du cotyle au cours du cycle de marche, d'abord pour une population saine, puis pour des enfants souffrant de dysplasie de hanche.

Un objectif de ces travaux à moyen terme est de proposer aux chirurgiens orthopédistes des informations quantifiées pertinentes en phase préopératoire, et à plus long terme des outils de planification de la chirurgie.

## CONFÉRENCES INVITÉES

### **LES PRESSIONS PLANTAIRES DANS LE SUIVI CLINIQUE ET LA PREVENTION DES MAUX PERFORANTS PLANTAIRES DU SUJET DIABÉTIQUE : L'EXPERIENCE ET LES PROJETS LILLOIS.**

P. Moretto ([pierre.moretto@univ-lille2.fr](mailto:pierre.moretto@univ-lille2.fr)), Faculté des Sciences du Sport et de l'Education Physique, Laboratoire d'Etudes de la Motricité Humaine, Université de Lille 2, 9, rue de l'Université, 59790 RONCHIN (France)

#### **Résumé :**

L'intérêt des mesures de pression plantaire dans le suivi clinique des événements à l'interface « Pied-Chaussure-Sol » a été démontré. De nombreuses études consacrées aux mesures de pressions plantaires ont été menées à Lille ces dix dernières années pour identifier l'intérêt des équipements et des méthodes dans la prévention des ulcères plantaire du sujet diabétique. Ainsi, les effets du temps et du rechauffage sur les mesures de pressions plantaires, la variabilité et les valeurs moyennes de populations saines et le type de capteur ont été étudié pour développer un système de mesure de pression plantaire capable de détecter des pressions élevées et de restituer un feedback sonore ou visuel au sujet. Cet appareil a été validé pour la décharge du pied chez une population de sujets sains. Les études futures seront menées à Lille pour i) valider les mesures de pressions plantaires dans la détection d'anomalies de la mise en charge (PHRC) ii) valider l'utilisation du système de biofeedback baropodométrie dans la décharge de zones de l'empreinte plantaire jugées à risque (IRRH).

### **PLANTAR PRESSURE MEASUREMENTS FOR CLINICAL FOLLOW-UP AND PREVENTION OF DIABETIC ULCERS: EXPERIENCE AND FUTURE INVESTIGATIONS IN LILLE.**

#### **Summary :**

Plantar pressure measurements have been demonstrated to be useful for clinical investigations to study the events at the "foot-shoe-ground" interface. Over the last decade, many studies interested in plantar pressure measurements have been conducted in Lille to identify the interests of the equipments and the methodologies to prevent foot ulcers in diabetic subjects. The effects of time and shoe removal on plantar pressure measurements, the variability and mean value of data collected in healthy subjects so as the type of sensors have thus been study to develop a plantar

pressure measurement system that can detect high plantar pressure value and return an auditory or visual biofeedback to the subject. This system has been validated for foot unloading in healthy subjects. The future investigations in Lille will be conducted on diabetic subjects to i) validate the plantar pressure measurements to detect abnormalities in foot loading (PHRC) ii) validate the use of plantar pressure biofeedback system to unload footprint locations judged at risk (IRRH).

Remerciements: Ces études ont été réalisées dans le cadre de l'Institut Régional de recherche sur le Handicap (IFR-25) et ont reçu le soutien financier de l'Europe (Crédits FEDER) et de la Région Nord-Pas de Calais.

## **MARCHE ET CONTROLE POSTURAL CHEZ L' ENFANT AU COURS DU DEVELOPPEMENT NORMAL**

**Christine Assaiante**

*Groupe DPA, CNRS, UMR 6196, Marseille*

La spécificité de notre équipe est de concevoir une approche fonctionnelle du développement moteur qui résulte de la maîtrise progressive au cours de l'enfance de la fonction de coordination entre posture et mouvement, de la fonction d'anticipation qui permet de prédire les effets perturbateurs liés au mouvement sur la base d'une représentation interne et de la fonction d'adaptation qui permet de prendre en compte le contexte environnemental dans lequel se déroule une action. Nos études comportementales, depuis le bébé jusqu'à l'adulte, sont basées sur des protocoles de coordination entre posture et mouvement soit de l'ensemble du corps (équilibre statique ou locomoteur) soit d'un segment corporel particulier (tâche bimanuelle de délestage) et font appel à des modes d'investigation multiples : cinématique, dynamique, EMG et EEG, permettant l'étude depuis l'expression motrice jusqu'à l'origine centrale.

Diverses études développementales nous ont conduit à déterminer l'organisation spatiale et temporelle des différents segments corporels engagés dans l'action afin de préserver le contrôle de l'équilibre. 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.

En plus de la stabilisation, le contrôle de l'orientation, notamment du tronc, constitue une autre composante essentielle dans le développement du contrôle postural. Plusieurs travaux depuis le bébé jusqu'à l'adolescent viendront illustrer le développement de l'orientation posturale.

En conclusion, la première étape pour l'enfant consiste à construire les éléments de son répertoire de stratégies posturales, 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. Sélectionner dans le répertoire la stratégie posturale adéquate revient à anticiper les conséquences du mouvement prévu afin de préserver l'équilibre postural et l'efficacité du geste. Pour anticiper, le cerveau s'appuie sur des représentations internes des caractéristiques du corps, du monde extérieur et de leurs interactions réciproques qui servent de base au développement de la fonction d'anticipation.

**Mots clés** : développement, équilibre, orientation, activités posturo-cinétiques, enfant

## **STUDY OF THE DISPLACEMENT OF THE BODY'S CENTRE OF MASS IN CEREBRAL PALSY CHILDREN.**

Massaad F., van den Hecke A., **Detrembleur C.**

Unité de Réadaptation, Université catholique de Louvain, Avenue Mounier 53, UCL5375, B-1200 Bruxelles

The aims of our first study<sup>1</sup> were to assess the influence of the digitigrade gait pattern, the topographical types, the severity of motor involvement, and the locomotor experience on the three-dimensional body's centre of mass (COM) displacement, during gait in patients with spastic cerebral palsy (CP). The COM displacements were computed from ground reaction forces in 51 independent digitigrade walkers aged between 7 to 15 years old. The results obtained from 10 healthy subjects matched in age were used as a reference plantigrade group. The vertical and forward COM displacements were significantly different between digitigrade and plantigrade walkers. Neither the topographical type nor the severity of motor involvement nor the locomotor experience influenced the COM displacements. It was concluded that the COM displacement during gait in patients with CP was mainly influenced by the digitigrade gait pattern encountered in this neurological disorder rather than the different topographical types and motor involvements.

In the second study<sup>2</sup>, we assessed the influence of equinus gait treatments on the vertical displacement of the body's centre of mass (COM) in 21 patients with cerebral palsy (CP) aged between 3 years to 17 years old (14 males, 7 females). Vertical COM displacement was computed from ground reaction forces, and lower limb kinematics was recorded simultaneously. Equinus gait was treated with non-operative treatments (i.e. Botulinum toxin injections and stretching casts) in 14 patients and with operative treatments in 7 patients. After non-operative treatments, the entire ankle displacement shifted towards dorsiflexion throughout the gait cycle, but the amplitude of the third foot rocker (TR) and vertical COM displacement remained unchanged. On the contrary, after operative treatments were performed, the amplitude of TR increased and vertical COM displacement decreased. Negative linear correlation was found between the former variables in all the patients where 53% of the changes in their vertical COM displacement, following equinus gait treatments, were explained by the changes in TR amplitude. In fact, TR remains a main gait determinant reducing the vertical COM displacement after equinus gait treatment and influencing the general gait pattern.

1. MASSAAD F, DIERICK F, VAN DEN HECKE A, DETREMBLEUR C. (2004) Influence of spastic cerebral palsy's gait pattern on the body's centre of mass displacement Dev Med Child Neurol. 46:674-680

2. MASSAAD F, VAN DEN HECKE A, RENDERS A, DETREMBLEUR C. (2006) Influence of spastic cerebral palsy's gait pattern and different treatments on the body's centre of mass displacement displacement. Dev Med Child Neurol. Submitted.

## **NEW PATHOPHYSIOLOGIC HYPOTHESIS OF THE MOTOR DISORDER DISPLAYED BY CEREBRAL PALSY CHILDREN: INTEREST FOR REHABILITATION.**

Rajul Vasa <sup>1</sup>, Christian Beyaert <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Clinical Scientist-Applied Movement – 400026 MUMBAI - India

<sup>2</sup> Laboratoire de Physiologie – Faculté de Médecine 54500 VANDOEUVRE-LES-NANCY

Motor disorders in cerebral palsy children, usually are believed, to be directly related to cerebral lesion. Any loss or damage to the brain is perceived to be solely responsible for all the abnormal motor expression and are also labelled as inevitable.

More recent FMRI & PET studies endorse the ability of the damaged central nervous system (CNS) to re-organize itself to achieve motor functions.

We hypothesise that this re organizing ability of damaged CNS is the root cause of most of motor disorders seen in diplegic, quadriplegic, and hemiplegic children.

Let us see how;

- 1) Some muscles become weak following damage & are unable to combat the gravity;
- 2) Reorganizing CNS controls available muscular links to defend the centre of mass (COM) , i. e. to attempt to control equilibrium, as its priority;
- 3) Reorganized CNS tends to reduce the anterior-posterior displacement of COM or the dynamic instability of COM;
- 4) Automatic postural programme trigger spasticity & rigidity in CP children having weak muscular links in order to arrive into a stable posture that can safe guard COM sub cortically;
- 5) Body mass increases with increase in the skeletal length with advancing chronological age, making the COM more unstable needing the CNS to further reorganize and influence the musculo-skeletal system (MSS) in defence of COM;
- 6) Abnormal MSS & reorganized CNS develop vicious circle when, the affected MSS sends the ongoing peripheral information about COM stability in abnormal spastic posture, CNS is left with no choice but to endorse abnormal posture.

Postural and motor patterns frequently observed in cerebral palsy (CP) children are described in the light of this pathophysiologic concept.

The principle of treatment is to force the **re- re organization** of CP child's CNS, by influencing the position of COM through different mechanical linkages that includes weak links as well as abnormal tight links as under:

- 1) Use affected MSS to influence COM to channalize the affected CNS to sub cortically replace pathological postural control (*normal under the circumstances*) with normal physiologic automatic postural control with child doing exercises himself as much as possible;
- 2) In specially designed postures exploiting closed chains with the segmental mass to generate the ground reaction force, thereby force the CNS to force the MSS to generate the reactive torque against the gravity;
- 3) Thereby therapeutically re-enforcing the weak chain to get stronger;
- 4) To introduce the sub cortical stability to COM in normal postures that helps spasticity to give in permanently without need to stretch externally passively time & again.

Children treated according to the described principle are presented.