

14<sup>e</sup> congrès  
**Sofamea**

Société francophone d'analyse du mouvement chez l'enfant et l'adulte

**04-06 février 2015**

Université de Genève - Uni Dufour



# Livre des résumés

# Programme

	<b>Mercredi 04.02.2015</b> <b>Journée Satellite</b>	<b>Jeudi 05.02.2015</b> <b>Journée Thématique</b>	<b>Vendredi 06.02.2015</b> <b>Journée Communications Libres</b>
07:30-08:00		<b>Accueil des participants</b>	<b>Accueil des participants</b>
08:00-08:30		<b>Mot de bienvenue</b>	<b>Session orale 1</b>
08:30-09:00		<b>Session Invitée 1</b>	<i>Mouvement non pathologique</i>
09:00-09:30		<i>Christopher Newman</i>	<b>Session orale 2</b>
09:30-10:00		<i>Frédéric Marin</i>	<i>Paralysie Cérébrale</i>
10:00-10:30	<b>Accueil des participants</b>	<b>Poster Flash 1</b>	<b>Café</b>
10:30-11:00	<b>Symposium 1</b>	<b>Café</b>	<b>Session orale 3</b>
11:00-11:30	<i>Michael Attias &amp; Patrick Ammann</i>	<b>Session Invitée 2</b>	<i>Techniques &amp; Modèles biomécaniques</i>
11:30-12:00	<b>Symposium 2</b>	<i>Raphaël Dumas</i>	<b>Session orale 4</b>
12:00-12:30	<i>Claude Vaney</i>	<i>Kamiar Aminian</i>	<i>Chirurgie orthopédique</i>
12:30-13:00			
13:00-13:30	<b>Repas</b>	<b>Repas</b>	<b>Assemblée Générale</b>
13:30-14:00		Visite stand & Posters	<b>Repas</b>
14:00-14:30	<b>Invité Spécial</b>	<b>Session Invitée 3</b>	Visite stand & Posters
14:30-15:00	<i>Grégoire Courtine</i>	<i>Serge Van Sint Jan</i>	<b>Session orale 5</b>
15:00-15:30	<b>Symposium 3</b>	<i>Katarzyna Wac</i>	<i>Réhabilitation &amp; Neurologie</i>
15:30-16:00	<i>Jim Richards &amp; Steven Lindley</i>	<b>Poster Flash 2</b>	<b>Session orale 6</b>
16:00-16:30	<b>Café</b>	<b>Café</b>	<i>Membres supérieurs &amp; Tronc</i>
16:30-17:00		<b>Table Ronde SB - SOFAMEA</b>	<b>Remise des prix et clôture</b>
17:00-17:30	<b>Commissions</b>	Les nouveaux outils d'évaluation de la cinématique 3D du genou : Pour ou Contre dans la pratique clinique	
17:30-18:00			
18:00-18:30			
18:30-19:00	<b>Activités Sociales</b>		
19:00-19:30			
19:30-20:00			
20:00-20:30			
20:30-21:00	<b>Conseil Administration</b>	<b>Diner Convivial</b>	
21:00-21:30			
21:30-22:00			

# 14<sup>e</sup> congrès Sofamea

Société francophone d'analyse du mouvement chez l'enfant et l'adulte

## 4-6 Février 2015 – Université de Genève

### Comité d'organisation

#### Président

S. Armand, Cinésiologie

#### Vice-Président

G. DeCoulon, Orthopédie Pédiatrique

#### Membres

G. Allali, Neurologie

L. Allet, Physiothérapie

A. Bonnefoy, Cinésiologie

P. Hoffmeyer, Orthopédie

P. Lascombes, Orthopédie Pédiatrique

N. Place, Sport & Physiologie

P. Pollak, Neurologie

A. Saj, Neuropsychologie

A. Schnider, Neuroréducation

### Comité scientifique

G. Allali

C. Beyaert

A. Bonnefoy

F. Chantraine

R. Darmana

G. DeCoulon

E. Desailly

R. Dumas

R. Gross

T. Haumont

E. Hutin

F. Leboeuf

M. Lempereur

H. Miozzari

F. Moissenet

C. Newman

N. Place

V. Pomero

### Editorial

La **SOFAMEA** (Société Francophone d'Analyse du Mouvement chez l'Enfant et l'Adulte) ainsi que le comité d'organisation sont heureux de vous accueillir cette année à l'Université de Genève pour la 14<sup>ème</sup> édition du congrès de la SOFAMEA, les 4, 5 et 6 Février 2015.

Pour l'édition 2015, le thème retenu est «**Apport clinique de l'analyse du mouvement: évidences et perspectives**». Il s'inscrit dans la vision pluridisciplinaire et transversale de la société faisant le lien entre la recherche fondamentale et ses applications cliniques. Ce congrès sera l'occasion d'échanges sur les récentes avancées scientifiques et technologiques dans l'analyse du mouvement humain avec une emphase particulière sur l'évaluation et la prise en charge des pathologies affectant le mouvement.

Nous sommes très heureux de vous accueillir à Genève et vous souhaitons un excellent séjour en Suisse!

Pour le comité d'organisation

Stéphane ARMAND et Geraldo DECOULON

---

# Sommaire

---

## JOURNÉE SATELLITE

EN MARCHÉ ! .....	5
-------------------	---

## JOURNÉE THÉMATIQUE

APPORT CLINIQUE DE L'ANALYSE DU MOUVEMENT: ÉVIDENCES ET PERSPECTIVES .....	10
TABLE RONDE .....	17

## JOURNÉE COMMUNICATIONS LIBRES

MOUVEMENT NON PATHOLOGIQUE .....	19
PARALYSIE CÉRÉBRALE .....	26
DEVELOPPEMENTS TECHNIQUES & MODÈLES BIOMÉCANIQUES .....	33
CHIRURGIE & ORTHOPÉDIE .....	41
RÉHABILITATION & NEUROLOGIE .....	47
MEMBRES SUPÉRIEURS & TRONC .....	54
POSTERS .....	60

# JOURNÉE SATELLITE

## En marche !

---

SYMPOSIUM GIGLIO : DANS LA PEAU DU PATIENT AVEC DES PROBLÈMES MOTEURS OU FONCTIONNELS

*Michael ATTIAS & Patrick AMMANN* ..... 6

SYMPOSIUM NEURO : LA MOBILITÉ DANS LA SCLÉROSE EN PLAQUES : COMMENT LA MAINTENIR - COMMENT LA MESURER ?

*Claude VANEY* ..... 7

INVITÉ SPÉCIALE : TECHNOLOGIES NEUROPROSTHÉTIQUES POUR AMÉLIORER LA MARCHÉ APRÈS UN TRAUMATISME MÉDULLAIRE

*Grégoire COURTINE* ..... 8

SYMPOSIUM DELSYS : ASSESSMENT OF THE LOWER LIMB: NEW TOOLS FOR CLINICAL PRACTICE (EN ANGLAIS)

*Jim RICHARDS & Steven LINDLEY* ..... 9

## Symposium Giglio : Dans la peau du patient avec des problèmes moteurs ou fonctionnels

---

**Michael ATTIAS (1,2,3) & Patrick AMMANN (1)**

1. Hôpitaux Universitaires de Genève et Université de Genève, Genève, Suisse
2. Haute école de Santé de Genève (HES-SO), Genève, Suisse
3. Université Claude Bernard, Lyon1, France

### Résumé :

#### **Conception d'un exosquelette capable de répliquer des contractures musculaires à la marche (Michael ATTIAS)**

Etre capable de marcher sans ressentir de douleur, de fatigue ou autres altérations est considéré comme une priorité pour les activités de la vie de tous les jours et est étroitement lié à la qualité de vie de chacun. De nombreuses atteintes au niveau neurologique, musculaire et/ou squelettique peuvent engendrer des altérations de la marche. Une compréhension précise de ces altérations est nécessaire pour optimiser les stratégies thérapeutiques. Parmi ces atteintes, la contracture est l'une des plus fréquentes. Elle correspond à un raccourcissement permanent du complexe musculo-ligamentaire-tendineux limitant ainsi la mobilité des articulations. Elle est impliquée dans de nombreuses pathologies (paralysie cérébrale, hémiplégie, pieds bots, brûlures, etc.)

L'objectif global de cette étude est de concevoir et de construire un exosquelette capable d'émuler de multiples contractures unilatérales et bilatéralement des muscles les plus affectés par les contractures. Il est possible d'étendre ce sujet à un autre axe que celui de la recherche, celui de la sensibilisation aux situations de handicap. Se mettre dans la peau d'un individu souffrant de contractures musculaires peut permettre d'avoir une compréhension plus précise du ressenti de ces individus et ainsi d'en améliorer la vision afin de développer de la compréhension et des connaissances inédites dans le domaine.

#### **Simulation des déformations du squelette et des problèmes fonctionnels faisant suite à des fractures ostéoporotiques (Patrick AMMANN)**

L'ostéoporose est une maladie du squelette fréquente et chronique gravée d'une morbidité importante. La fragilité osseuse, caractérisant l'ostéoporose, conduit à des fractures à basse énergie. Les plus typiques sont celles du poignet, des vertèbres et du fémur proximal.

En soit, la consolidation de ce type de fracture est bonne mais au niveau de la vertèbre, elle est associée à des déformations des corps vertébraux qui conduisent à une diminution de la taille et une cyphose. Cette déformation de la colonne est associée à une limitation de l'activité physique. En général, le patient comprend mal que l'ostéoporose est une maladie systémique du squelette, et que la fragilité de l'os est la cause de la fracture. Le message transmis au patient par son médecin est surtout axé sur l'incidence des fractures en présence d'une ostéoporose et la diminution du risque fracturaire sous traitement. Le risque de développer une cyphose est rarement abordé. D'autre part, la difficulté de vivre avec cette déformation du dos est sous estimé par les soignants.

Nous avons développé un système mimant simplement la cyphose. Cette simulation permet de se mettre dans la peau du patient et de mieux apprécier les difficultés qu'il rencontre. Le fait de "vivre" le problème permet de mieux comprendre l'handicap du patient et de développer une empathie et une stratégie de communication

## Symposium Neuro : La Mobilité dans la sclérose en plaques : Comment la maintenir - Comment la mesurer ?

---

**Claude VANEY**

Clinique Bernoise Montana, Montana, Suisse

### Résumé :

Malgré les nouveaux traitements la sclérose en plaques (SEP) reste une maladie invalidante entraînant progressivement une perte de la mobilité. Face à une telle évolution le challenge du thérapeute est multiple: il doit proposer les moyens auxiliaires pour limiter la fatigue, trouver les mots pour encourager son patient à faire des exercices afin de maintenir sa mobilité résiduelle ou à l'inverse lui offrir des traitements qui réduisent ses spasmes douloureux liés à l'immobilité. Et finalement il lui faudra savoir utiliser les échelles de mobilité adéquates pour prouver aux assurances que son travail est efficace!

La clinique bernoise de Montana qui accueille chaque année plus de 300 patients souffrant de SEP a le privilège de pouvoir s'appuyer sur une expérience d'un demi-siècle dans le domaine de la rééducation de cette très particulière maladie et je me réjouis de partager dans cet exposé quelques expériences faites dans notre établissement :

Etant donné que l'échelle de Kurtzke EDSS (Expanded Disability Status Scale) considérée comme le « gold standard » pour évaluer le handicap des personnes SEP s'est avérée pas suffisamment précise pour les personnes en rééducation et donc plus fortement atteintes dans leur mobilité, nous avons validé d'autres outils tel le RMI (Rivermead Mobility Index) 1 et nous en avons développé un autre, sous forme d'application pour Iphone et Ipad, le SaGAS (Short and Graphic Ability Score) 2.

Pour calmer les spasmes nous avons été par les premiers à offrir à nos malades des extraits de cannabis et nous avons pu constater – outre l'analgésie procurée - que ce traitement n'allait pas réduire leur mobilité, mais bien au contraire leur en faire gagner.<sup>3</sup>

Comme d'autres cliniques nous avons aussi voulu faire travailler nos malades SEP avec le robot de marche Lokomatâ. Cette expérience nous appris qu'il était tout aussi efficace de faire marcher les patients dans une salle de gym que de les « enchaîner » sur un Lokomat. 4

1. Vaney C, Blaurock H, Meisels C, Gattlen B. Assessing mobility in multiple sclerosis using the Rivermead Mobility Index and gait speed. *Clinical Rehabilitation* 1996; 10: 206-216.

2. Vaney C, Vaney S, Wade DT. SaGAS - The Short and Graphic Ability Score - An alternative scoring method for the motor components of the MSFC (Multiple Sclerosis Functional Composite) *Multiple Sclerosis* 2004; 10:231-42.

3. Vaney C, Heinzl-Gutenbrunner, M, Jobin P, Tschopp F, Gattlen B, Hagen U, Schnelle M.Reif Efficacy, safety and tolerability of an orally administered cannabis extract in the Treatment of spasticity in patients with multiple sclerosis. A randomised, double blind, placebo controlled, crossover study. *Multiple Sclerosis*, 2004: 417-424.

4. Vaney C, Gattlen B, Lugon-Moulin V, Meichtry A, Hausammann R, Foinant D, Anchisi-Bellwald AM, Palaci C, Hilfiker R. Robotic-assisted step training (lokomat) not superior to equal intensity of over-ground rehabilitation in patients with multiple sclerosis. *Neurorehabil Neural Repair*. 2012 Mar-Apr;26(3):212-21.

# Invité Spéciale : Technologies neuroprosthétiques pour améliorer la marche après un traumatisme médullaire

---

**Grégoire COURTINE**

Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Lausanne, Suisse

## **Résumé :**

Au cours de la dernière décennie, nous avons conçu une gamme de procédures de réhabilitation robot-assistée et des thérapies de neuromodulation du tronc cérébral et de la moelle épinière. Nous avons montré que la combinaison de ces technologies neuroprosthétiques a restauré le contrôle supraspinal de la locomotion chez le rat avec une lésion de la moelle épinière conduisant à une paralysie permanente des membres inférieurs. L'implémentation de ces interventions a nécessité le développement d'interfaces neuronales, de modèles computationnels, des plates-formes de contrôle en temps réel, des systèmes robotiques et des analyses anatomiques avancées. Dans ma lecture, je décrirai le cadre théorique et conceptuel grâce auquel nous sommes parvenus à concevoir ces neurotechnologies. Je mettrai aussi en évidence les efforts que nous déployons actuellement pour transposer nos résultats expérimentaux et nos technologies en une thérapie pour améliorer la récupération de la marche chez des patients humains atteints de lésions de la moelle épinière.



## Symposium Delsys : Assessment of the lower limb: new tools for clinical practice (en anglais)

---

**Jim RICHARDS (1) & Steven LINDLEY (2)**

1. University of central lancashire (ULCAN), Lancashire, Royaume-Uni
2. University of central lancashire (ULCAN & Delsys Inc), Lancashire, Royaume-Uni

### **Résumé :**

Over the years many clinicians have commented about the increase in the need for what is described as Evidence Based Practice or Evidence Based Medicine. However, two problems remain: the reproducibility of measurements of the efficacy of treatments and the clinical relevance of the measures made (American Medical Association, 1992). This symposium will have a particular focus on the clinical application of new methods of assessing knee stability and foot function during different movement tasks using new wireless sensor technologies. This will explore what information can be obtained with relevance to muscle activity and joint control. Previous work has demonstrated that common conservative management can improve knee joint stability during step down tasks (Selfe et al., 2008, 2011). This effect will be shown with a hands on demonstration of methods and measurements with a focus on how these can be used in clinical practice without the need for a multiple camera motion analysis system. This will include a live assessment of how knee joint stability can be modified using common therapeutic interventions such as taping and bracing. In addition we will demonstrate the effect of wearing foot orthoses on lower limb movement and control during gait, including a novel exploration of the relationship between lower limb muscle activity and intrinsic foot muscle activity.

### **References**

Evidence-Based Medicine: A New Approach to Teaching the Practice of Medicine. Based on the Users' Guides to Evidence-based Medicine and reproduced with permission from JAMA. (1992 Nov 4;268(17):2420-5) Copyright 1992, American Medical Association.

Selfe J, Richards J, Thewlis D, Kilmurray S. The Biomechanics of Step Descent under Different Treatment Modalities used in Patellofemoral Pain. *Gait and Posture* 2008, Vol 27:2 pp 258-263.  
Selfe J, Thewlis D, Hill S, Whitaker J, Sutton C, Richards J, (2011) A Clinical Study of the Biomechanics of Step Descent Using Different Treatment Modalities for Patellofemoral Pain. *Gait & Posture*. 34; 92-96

# JOURNÉE THÉMATIQUE

## Apport clinique de l'analyse du mouvement : évidences et perspectives

---

ANALYSE VIDÉO EN CLINIQUE : DE L'INDISPENSABLE À L'ANALYSE AVANCÉE

*Christopher NEWMAN* ..... 11

ANALYSE QUANTIFIÉE DE LA MARCHÉ : QUALITÉ ET STANDARDISATION POUR UNE  
APPLICATION CLINIQUE

*Frédéric MARIN* ..... 12

DE L'ANALYSE DU MOUVEMENT À LA SIMULATION : QUEL APPORT DE LA MODÉLISATION POUR  
COMPRENDRE LA MARCHÉ PATHOLOGIQUE ?

*Raphaël DUMAS* ..... 13

ANALYSE DE L'APPAREIL LOCOMOTEUR À PARTIR DE CAPTEURS EMBARQUÉS: DU LABORATOIRE  
AU CHEVET DE PATIENT

*Kamiar AMINIAN* ..... 14

L'ANALYSE DU MOUVEMENT DOIT-ELLE NÉCESSAIREMENT ÊTRE EFFECTUÉE DANS UN CADRE  
STRICT POUR ÊTRE PERTINENTE EN CLINIQUE ?

*Serge VAN SINT JAN* ..... 15

LES BIOSENSORS POUR LE SUIVI DES PATIENTS

*Katarzyna WAC* ..... 16

## Analyse vidéo en clinique : de l'indispensable à l'analyse avancée

---

**Christopher NEWMAN**

Centre hospitalier universitaire vaudois (CHUV), Lausanne, Suisse

### Résumé :

L'observation du mouvement joue un rôle primordial dans l'évaluation ainsi que dans la prise en charge des troubles moteurs de l'enfant. Si l'observation visuelle en direct en représente le mode le plus courant, l'utilisation de films vidéo dans ce but est aussi très répandue.

La technologie vidéo permet en effet d'enregistrer des séquences de mouvements afin de les analyser à posteriori à l'aide d'outils tels que les ralentis ou les arrêts sur image, offrant aussi la possibilité d'un archivage pour un suivi longitudinal. Les progrès effectués dans le domaine de l'électronique et de l'informatique au cours des deux dernières décennies ont amené à une transition d'un support d'enregistrement analogique à un support digital. Les données vidéo digitalisées sont dès lors devenues accessibles à un traitement sophistiqué par des logiciels vidéo permettant leur augmentation.

La vidéo augmentée se définit par analogie avec la réalité augmentée, s'agissant d'enregistrements vidéo du monde réel dont les éléments sont augmentés par superposition à même l'image d'informations, de mesures et/ou d'une imagerie virtuelle générées par ordinateur. La mise sur le marché de logiciels d'augmentation vidéo, qui ne sont plus réservés à l'ingénierie ou aux studios d'animations de par leur coût ou leur complexité, a ouvert un nouveau champ d'application dans le domaine de la réhabilitation motrice. Cette présentation évoquera les applications possibles et aussi les limitations inhérentes à la technologie actuelle, basée sur l'évaluation en deux dimensions.

Ceci constituera l'opportunité, au-delà des applications actuelles, d'évoquer les récents progrès technologiques dans la capture du mouvement sans marqueurs (« markerless ») et la saisie vidéo 3D qui transformera peut-être la vidéo, outil du passé, en un instrument de mesure du futur...

# Analyse Quantifiée de la Marche : qualité et standardisation pour une application clinique

---

**Frédéric MARIN**

Université de Technologie de Compiègne (UTC), Compiègne, France

## Résumé :

L'analyse quantifiée de la marche (AQM) et plus généralement toute analyse du système neuro-musculo-squelettique basée sur un système de capture du mouvement permet l'enregistrement de données cinématiques, cinétiques et électromyographiques au cours de la marche ou d'exercices appropriés. Du point de vue de l'ingénierie, cela peut s'apparenter à de la métrologie, et de fait des procédures qualité peuvent être appliquées. Toutefois, du fait de la spécificité de la capture et l'analyse du mouvement humain il n'existe pas de procédure qualité spécifique. L'objet de l'exposé sera de faire un retour d'expérience quant à l'application concrète des principes de qualité.

Ainsi dans le cadre d'une réflexion sur l'application des règles de qualité pour une plateforme de capture du mouvement, nous proposons dans un premier temps un autodiagnostic sur la base de la norme ISO17025. Cette analyse préliminaire fait apparaître un besoin quant au suivi de qualité des résultats expérimentaux avec comme priorité de garantir la fonction métrologie et d'assurer la confiance dans la mesure. Pour cela c'est la norme ISO 10012 qui nous ait apparu la plus appropriée. Afin de répondre aux exigences de cette norme un certain nombre d'actions ont été réalisées afin de garantir le raccordement entre les appareils et les étalons nationaux, de noter et d'enregistrer les non conformités, de garantir la traçabilité des équipements, et de donner les exigences sur les intervalles de mesure.

Cette démarche a permis de formaliser des pratiques courantes tout en permet de les améliorer. Il est aussi apparu qu'une démarche qualité était faisable pour un plateau de capture du mouvement. Ceci reste une expérience locale, un référentiel national ou international permettrait sinon de faciliter et d'harmoniser les pratiques autour de l'analyse du mouvement.

## De l'analyse du mouvement à la simulation : quel apport de la modélisation pour comprendre la marche pathologique ?

---

**Raphaël DUMAS**

Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (IFSTTAR),  
Lyon, France

### Résumé :

La modélisation biomécanique basée sur l'analyse du mouvement est devenue, ces dernières années, un outil de compréhension des fonctions musculaires et articulaires, principalement non pathologiques mais aussi, de plus en plus, pathologiques.

Dans un contexte clinique, la modélisation biomécanique permet, dès à présent, d'ajouter de la connaissance a priori dans l'analyse du mouvement, en particulier pour améliorer la mesure cinématique. En effet, on sait que le mouvement relatif des tissus mous par rapport au squelette empêche de mesurer précisément la cinématique articulaire. Des modèles représentant le comportement des tissus mous ou le fonctionnement des articulations sont alors utilisés pour corriger cet artefact et apporter de la précision.

A court terme, c'est-à-dire une fois terminées les étapes de validation qui sont en cours, la modélisation biomécanique va aussi permettre d'estimer à partir de l'analyse du mouvement des grandeurs dynamiques qui sont non directement mesurables in vivo : forces musculo-tendineuses, forces de contact, forces ligamentaires.

A plus long terme, après, là encore, de nombreuses étapes de validation, la modélisation biomécanique devrait pouvoir servir à simuler un traitement orthopédique ou chirurgical et ainsi prédire le résultat clinique immédiat. C'est surtout dans cette perspective que la personnalisation des modèles et la prise en compte des incertitudes s'avèrent indispensables.

## Analyse de l'appareil locomoteur à partir de capteurs embarqués: du laboratoire au chevet de patient

---

**Kamiar AMINIAN**

École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), Lausanne, Suisse

### Résumé :

Les progrès effectués ces dernières années dans les systèmes de communication mobiles fournissent de nouvelles possibilités d'utilisation des capteurs de mouvement. Fixés sur le corps ou intégrés dans les vêtements, ces capteurs inertiels miniatures offrent des solutions innovantes pour l'analyse du mouvement en clinique. Aujourd'hui, les capteurs embarqués permettent un suivi du mouvement à l'extérieur du laboratoire, ouvrant une large gamme d'applications où les caractéristiques de locomotion peuvent être utilisées pour évaluer et intervenir dans les conditions de la vie quotidienne du patient.

Cette présentation décrit l'analyse de la marche d'une part à partir de capteurs inertiels embarqués et d'autre part au travers de différentes méthodologies permettant de mesurer les paramètres spatio-temporel, cinématique et cinétique de la marche. Grâce à la simplicité d'utilisation du système embarqué Physilog® développé à l'EPFL, la mise en œuvre de ce dernier a permis de réaliser un grand nombre de mesures sur des sujets âgés et de disposer ainsi d'une base de données précieuse des paramètres en condition réelle. L'analyse de ces données a montré pour la première fois la contribution significative des paramètres de l'élévation du pied (foot clearance) dans la variabilité de la marche chez le sujet âgé. L'analyse en temps réel des trajectoires des membres inférieurs a permis de concevoir de nouveaux systèmes de rééducation à partir de chaussures instrumentées et l'environnement virtuel. La combinaison des capteurs de pressions plantaires et des capteurs inertiels permet de mesurer également les forces de réactions au sol ainsi que la dynamique articulaire. En appliquant ces techniques en orthopédie, les fonctions articulaires du complexe pied-cheville et du genou ont été évaluées pour comparer différentes techniques chirurgicales. Enfin le monitoring longue durée des activités de tous les jours et de la locomotion permet une meilleure évaluation du changement du comportement physique dû à des troubles chroniques comme la douleur.

## **L'analyse du mouvement doit-elle nécessairement être effectuée dans un cadre strict pour être pertinente en clinique ?**

---

**Serge VAN SINT JAN**

Université libre de Bruxelles (ULB), Bruxelles, Belgique

### **Résumé :**

#### **Présentation réalisée en collaboration avec Bart Jansen, ETRO, Vrije Universiteit Brussel**

En clinique, l'analyse de mouvement, y compris la cinématique, la cinétique et l'électromyographie, se réalise principalement dans des centres spécialisés où l'expertise humaine et le matériel requis sont présents. Malheureusement, ceci implique le déplacement du patient qui doit quitter son environnement écologique de prédilection (c'est-à-dire son domicile). Outre un déplacement parfois problématique, pour certains patients l'ambiance clinique n'est pas propice pour effectuer des mouvements le plus naturels possibles, et les rapports cliniques produits ne garantissent pas que les données analysées soient vraiment représentatives des capacités réelles du patient. Pour pallier à ce problème, de nombreuses recherches se font afin de développer du matériel « embarqué » sur le patient pendant ses activités quotidiennes à son domicile. Ces solutions sont probablement promises à un bel avenir puisqu'elles permettent d'étendre la durée de l'analyse dans le temps et d'obtenir ainsi des données plus représentatives de l'état réel du patient (voir la présentation de K. Aminian dans ce même congrès). La prise de données est donc déplacée d'un cadre strict clinique vers le domicile du patient. Mais qu'en est-il des professionnels de la réhabilitation, ou réadaptation, physique travaillant dans des cabinets privés ou des petits centres cliniques sans accès à du matériel onéreux et sans capacités à accéder à des systèmes embarqués ? Ces thérapeutes sont pourtant ceux qui passeront le plus de temps avec les patients dans le cadre de la réhabilitation de ces derniers, et ces relations privilégiées devraient permettre à ces thérapeutes de produire des rapports fonctionnels quantifiés et réguliers sur l'état de leurs patients. Pourtant, aucune solution de quantification de mouvements aisée, c'est-à-dire respectant les contraintes rencontrées dans ce genre de pratique, n'existe actuellement. Cette présentation a pour but d'entamer une réflexion sur ce manque, et de proposer des pistes basées sur des recherches effectuées conjointement à l'Université Libre de Bruxelles (ULB) et à la Vrije Universiteit Brussel (VUB) afin d'exploiter des informations collectées directement pendant des activités de réhabilitation physique pour la création de rapport clinique. Cette recherche se concentre principalement sur l'utilisation et la validation de matériel facilement accessible et aisé d'utilisation, et le développement de nouveaux concepts au niveau de la représentation des résultats.

## Les biosensors pour le suivi des patients

---

**Katarzyna WAC**

Université de Genève (UNIGE), Genève, Suisse

### Résumé :

La disponibilité de capteurs miniaturisés, portables et personnalisés ainsi que de téléphones mobiles puissants (smartphones) permettent le développement d'un grand nombre de services pour la surveillance ubiquitaire des marqueurs comportementaux des individus dans leurs environnements quotidiens (en dehors d'un cadre strictement clinique). Un marqueur comportemental est défini comme un comportement spécifique dans les domaines physiques, psychologiques ou sociaux permettant d'indiquer / mesurer un changement dans l'état de l'individu (par exemple, à des fins de diagnostic), les effets d'activités de prévention, de traitement ou de réadaptation, ou encore une progression de la maladie.

Les technologies pour l'évaluation de marqueurs comportementaux sont prêtes – les éléments, aussi bien matériels que logiciels, sont disponibles à des prix abordables et des recherches sur des algorithmes avancés pour l'évaluation de l'état sont en cours. Dans cette présentation, nous présentons des exemples de technologies ubiquitaires pour l'évaluation ambulatoire de marqueurs comportementaux des individus liées à son / sa a) état physique (fréquence cardiaque, température corporelle, pression artérielle, respiration, etc.), activité physique, prise de médicaments, fatigue et douleur, qualité du sommeil; b) état psychologique en termes d'humeur, de sentiments, de mémoire et de concentration; c) état social en termes de relations et d'interactions sociales, y compris ses relations sociales avec les autres patients souffrant de la même maladie; d) et finalement nous présentons des exemples de technologies d'évaluation de l'état de l'environnement : bruit, pollution, utilisation des moyens de transport, influençant l'état et les comportements des individus dans les trois domaines mentionnés ci-dessus. Nous traitons ces technologies en termes de leur espace de conception et des fonctions fournies et discutons leurs points forts ou obstacles à l'adoption par les utilisateurs et à la mise à l'échelle.

Le défi réside dans les aspects méthodologiques de l'approche où les données recueillies dans l'environnement quotidien de l'individu doivent être d'une qualité particulière pour aviser les décisions cliniques prises. Enfin, Les questions suivantes sont soulevées : à quel endroit faire les mesures, quand et quoi mesurer, comment donner du sens aux données, comment extraire et fusionner les caractéristiques pertinentes; ainsi que : de quelle façon utiliser ces données dans des cas individuels («analyse personnalisés»), qu'est ce qui constitue la preuve de l'efficacité du traitement donné ou des activités de réhabilitation et enfin comment les liées aux résultats cliniques d'un patient donné.



# Table ronde : SOFAMEA – Société de Biomécanique

---

LES NOUVEAUX OUTILS D'ÉVALUATION DE LA CINÉMATIQUE 3D DU GENOU : POUR OU CONTRE DANS LA PRATIQUE CLINIQUE

*Laurence CHÈZE; Nicola HAGEMEISTER; Hermes MIOZZARI; Sébastien LUSTIG..... 18*

## Les nouveaux outils d'évaluation de la cinématique 3D du genou : Pour ou Contre dans la pratique clinique

---

**Laurence CHÈZE (1); Nicola HAGEMEISTER (2); Hermes MIOZZARI (3); Sébastien LUSTIG (4)**

1. Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs (Université Lyon 1 / IFSTTAR)
2. École de technologie supérieure de Montréal (Québec)
3. Hôpitaux Universitaires de Genève (Suisse)
4. Centre Albert Trillat, Service de chirurgie orthopédique, Sport et Arthrose. Hôpital de la Croix-Rousse

### Résumé :

L'évaluation de la cinématique tridimensionnelle du genou s'est démocratisée au cours de la dernière décennie, notamment grâce à l'apparition de nouveaux outils plus précis et répétables. En effet, la mesure des rotations fémoro-tibiales dans le plan frontal (varus-valgus) ou transverse (rotation tibiale interne-externe) ou encore de la translation antéro-postérieure n'est envisageable que si l'on peut s'affranchir, au moins partiellement, des artéfacts des tissus mous. Une des approches consiste à utiliser un harnais qui permet de fixer des capteurs de mouvement de manière quasi-rigide sur les os sous-jacents. Le mouvement tridimensionnel de ces capteurs est ensuite traduit en trois rotations dans les plans sagittal, frontal et transverse, selon une convention de systèmes d'axes définie au préalable à partir de points anatomiques palpables et d'axes fonctionnels. L'autre approche consiste à avoir accès directement aux os via un système d'imagerie dynamique (fluoroscope biplan) ou statique (radiographie biplane à plusieurs positions). Dans ce cas, le défi est de recalibrer des modèles tridimensionnels des os du patient sur ces images. En effet, l'absence d'information extrinsèque, telle que des billes de Tantale (interdites dans plusieurs pays) ou une prothèse (chez des patients arthrosiques par exemple) rend le recalage peu reproductible, surtout dans les plans hors champ. Malgré leurs limites, ces deux approches sont de plus en plus utilisées dans le contexte clinique qui est à la recherche de paramètres fonctionnels du genou. Les questions suivantes peuvent donc se poser : comment l'analyse de la cinématique tridimensionnelle du genou peut-elle être une plus-value à la prise en charge clinique de personnes souffrant de différentes affections aux genoux ? Peut-on concevoir que les résultats issus de ces techniques permettront d'améliorer la qualité de vie des personnes atteintes d'arthrose ? Est-ce que les patients ayant reçu une prothèse totale de genou bénéficieront d'une évaluation basée sur l'analyse cinématique 3D de leur genou ? Lors du débat organisé conjointement entre la SOFAMEA et la Société de Biomécanique, des chercheurs ingénieurs et cliniciens exposeront leurs arguments quant aux avantages et inconvénients de l'utilisation de ces méthodes avancées d'analyse du mouvement pour leur utilisation dans un contexte clinique.

# JOURNÉE COMMUNICATIONS LIBRES

## Mouvement non pathologique

---

EFFET D'UN TYPE DE SEMELLES ORTHOPÉDIQUES SUR L'ACTIVITÉ MUSCULAIRE DES MEMBRES INFÉRIEURS ET SUR LA POSTURE DES PIEDS PENDANT LA COURSE.

*Stéphane VERMAND; Sébastien DUC; William BERTUCCI; Frank-Jourdan FERRARI; Jean-Michel SAMPER ..... 20*

ANALYSE CINÉMATIQUE DU GENOU LORS D'UNE MANOEUVRE DE DÉBORDEMENT AU HANDBALL : INFLUENCE DU GENRE

*Edouard FALCOZ; Mathieu LEMPEREUR; Christophe GUEGUAN; Olivier REMY-NERIS..... 21*

DE LA VARIABILITÉ POUR DE LA STABILITÉ: UTILISATION D'UN MÉTRONOME AUDITIF FRACTAL POUR AMÉLIORER LA DYNAMIQUE DE LA MARCHÉ

*Vivien MARMELAT ..... 22*

COMPARAISON DE STRATÉGIES D'AUGMENTATION DE VITESSE SELON L'ÂGE CHEZ LE JEUNE ENFANT

*Angèle VAN HAMME; William SAMSON; Bruno DOHIN; Raphaël DUMAS; Laurence CHÈZE ..... 23*

INFLUENCE DE LA VITESSE DE MARCHÉ SUR LES STRATÉGIES DE STABILISATION DE LA TÊTE ET DES CEINTURES SCAPULAIRE ET PELVIENNE

*Céline SCHREIBER; Angélique REMACLE; Frédéric CHANTRAINE; Elizabeth KOLANOWSKI; Alexandre NAAIM; Florent MOISSENET ..... 24*

DONNÉES NORMATIVES DE STABILOMÉTRIE CHEZ LES SUJETS JEUNES – IMPACT DE PERTURBATIONS MÉCANIQUE, VISUELLE OU COGNITIVE

*Inke Marie ALBERTSEN; Mouna GHEDIRA; Jean-Michel GRACIES; Emilie HUTIN ..... 25*

## **Effet d'un type de semelles orthopédiques sur l'activité musculaire des membres inférieurs et sur la posture des pieds pendant la course.**

---

**Stéphane VERMAND (1,2); Sébastien DUC (1); William BERTUCCI (1); Frank-Jourdan FERRARI (1); Jean-Michel SAMPER (1)**

1. Groupe de recherche en sciences pour l'ingénieur, Université de Reims-Champagne-Ardenne, Reims, France

2. Cabinet de Podologie du sport et d'étude posturale - Amiens (80000), France

### **Résumé :**

Mots clés : Posture, course à pied, semelles orthopédiques, électromyographie

Introduction :

La structure des pieds est modifiée après un exercice de course à pied [1,2]. La limitation de ses changements par une semelle orthopédique, pourrait influencer les performances sportives et réduire le risque de blessure. L'objectif de notre étude est de déterminer les effets d'une semelle correctrice sur l'activité musculaire du membre inférieur et sur des paramètres du pied.

Méthode :

Vingt sujets sportifs (10 hommes et 10 femmes) ont couru 30 minutes en milieu naturel à 10 km/h. La hauteur et la chute de l'os naviculaire, la longueur et la largeur du pied, et la surface d'appui ont été mesurées avant et après l'exercice de course à l'aide d'une plateforme (Freemed, SensorMedica, It). Dix autres sujets sportifs masculins ont couru sur un tapis roulant à la même vitesse pendant 1 minute. L'activité EMG des muscles de la jambe (Tibialis anterior, Soleus et Vastis medialis) et de la voute plantaire (Abductor Hallucis) a été mesurée à l'aide d'électrodes de surface (Trigno wireless, Delsys,EU). Deux conditions sont testées et randomisées : semelles running classique (R) et semelles moulées avec correction neutre avec blocage de l'os Naviculaire (AC).

Résultat :

L'utilisation d'une semelle de correction entraîne une diminution significative de la longueur des 2 pieds, de la chute de l'os naviculaire du pied gauche (Wilcoxon;  $p=0,03$ ), et de la surface d'appui pour les 2 pieds (Wilcoxon;  $p<0,01$ ). L'Abducteur de l'hallux gauche augmente significativement son activité lors de la course avec semelles de correction (Wilcoxon;  $p=0,03$ )

Discussion :

Ces résultats montrent que les semelles correctrices jouent un rôle sur la structure du pied, notamment à gauche, et modifient l'activité des muscles du pied gauche lors d'un exercice de course à pied. Ces influences doivent donc être prises en compte par le podologue pour effectuer son analyse.

Références :

[1] E. Cowley & J. Marsden (2013) The effects of prolonged running on foot posture: a repeated measures study of half marathon runners using the foot posture index and navicular height. *Journal of Foot and Ankle Research*, 6: 20

[2] B. Vie, C. Brerro-Saby, J.P. Weber & Y. Jammes (2013) Decreased foot inversion force and increased plantar surface after maximal incremental running exercise. *Gait & Posture*, 38, 299–303

## Analyse cinématique du genou lors d'une manoeuvre de débordement au handball : influence du genre

---

**Edouard FALCOZ (1); Mathieu LEMPEREUR (3,4,5); Christophe GUEGUAN (2); Olivier REMY-NERIS (3,4,5)**

1. Service de Médecine Physique et Réadaptation, CH de Cornouaille, Quimper - Concarneau, France
2. Centre de Médecine du Sport, Brest, France
3. Laboratoire de Traitement de l'Information Médicale INSERM U1101, Brest, France
4. Université de Bretagne Occidentale, Brest, France
5. Service de Médecine Physique et Réadaptation, CHRU de Brest, Brest, France

### Résumé :

Introduction :

La rupture du ligament croisé antérieur (LCA) est une blessure fréquente au handball avec un risque 3 à 5 fois plus important chez les filles [1]. La principale circonstance de rupture du LCA apparaît lors de la manoeuvre de débordement (geste technique comportant un changement de direction). Pour mieux comprendre le mécanisme de rupture, les recherches biomécaniques doivent alors étudier les gestes sportifs au plus proche de la réalité. Le but de cette étude est comparer la cinématique du genou et du reste du corps entre les filles et les garçons exécutant la manoeuvre de débordement à droite sans contrainte.

Matériel et méthodes :

15 handballeuses et 14 handballeurs ont pris part aux expérimentations. La manoeuvre de débordement a été enregistrée grâce au système Vicon. Tous les sujets ont réalisés librement leur geste. Le temps d'appui, la vitesse d'approche au contact du pied gauche et la cinématique du genou pivot, de la hanche, du pied homolatéral ainsi que les rotations du bassin ont été comparées entre les 2 populations grâce au test de Mann-Whitney.

Résultats :

La vitesse d'approche est plus importante chez les handballeurs (2.60 m/s) que chez les handballeuses (2.37 m/s) alors que la durée de l'appui est comparable entre les 2 groupes. Lors de la pose du pied gauche au sol, les filles ont un genou moins fléchi (24.4° vs 29.7°) et plus en valgus (-1.7° vs 0.9°) comparativement aux garçons. Aucune différence significative n'a été mise en évidence concernant les rotations axiales du genou lors de la phase d'appui. La rotation du bassin est également plus importante chez les filles. Des différences de genre sont aussi retrouvées durant la première partie de la phase d'appui au niveau de la rotation interne/externe de la hanche.

Discussion et Conclusion :

Cette étude suggère un risque de rupture du LCA plus important chez les filles en particulier au début de la phase d'appui pivot.

Références :

- [1] Renstrom P. et al., (2008). Br J Sports Med.

# De la variabilité pour de la stabilité: utilisation d'un métronome auditif fractal pour améliorer la dynamique de la marche

---

**Vivien MARMELAT (1)**

1. Movement to Health, Euromov, Université Montpellier-1, Montpellier, France

## Résumé :

Introduction :

Les intervalles de pas (IP) de la marche saine sont caractérisés par des fluctuations fractales, devenant plus aléatoires avec l'âge et certaines pathologies telles que la maladie de Parkinson (Hausdorff et al., 2000). L'indication auditif est utilisé en physiothérapie car il permet de réduire la variabilité de la marche. Cependant les fluctuations des IP deviennent anti-persistantes en présence de métronomes périodiques. Les systèmes présentant des fluctuations fractales tendent à copier leurs structures respectives en se synchronisant (Hunt et al., 2014; Marmelat & Delignières, 2012). Nous avons examiné si des indices auditifs présentant des fluctuations fractales dans les intervalles sonores (IS) influençait les IP dans ce sens.

Matériel et méthodes :

12 volontaires (28.08 ans  $\pm$  5.82) ont marché sur un tapis roulant avec plate-forme de force intégrée. Ils ont réalisé cinq essais de six minutes à vitesse de marche préférentielle, dans les conditions randomisées : auto-cadencé, métronome périodique, ou métronome non-périodique présentant des fluctuations anti-persistantes, aléatoires ou fractales. La Detrended Fluctuations Analysis (DFA) a permis d'estimer les exposants fractals ( $\alpha$ ) des séries IP et IS.

Résultats :

L'ANOVA a révélé un effet significatif des conditions sur l'exposant  $\alpha$  ( $F(5, 66) = 33.33$ ;  $p < 0.001$ ).  $\alpha_{IS}$  en condition auto-cadencé était différent de  $\alpha_{IS}$  en conditions métronome périodique, anti-persistant et aléatoire, mais n'était pas différent de  $\alpha_{IS}$  en condition métronome fractal.

Discussion et Conclusion :

Nous avons montré que l'utilisation d'un métronome fractal préservait la dynamique fractale de la marche. Nos résultats ouvrent des perspectives pour optimiser l'indication auditif de la marche en intégrant des fluctuations fractales dans les IS.

Références :

Hausdorff JM, Lertratanakul A, Cudkowicz ME, Peterson AL, Kaliton D, et al. J Appl Physiol, 88: 2045–2053, 2000.

Hunt N, McGrath D, Stergiou N. Sci Rep, 4, 5879, DOI:10.1038, 2014.

Marmelat V, Delignières D. Exp Brain Res, 222, 137–148, 2012.

## Comparaison de stratégies d'augmentation de vitesse selon l'âge chez le jeune enfant

---

**Angèle VAN HAMME (1,2,3); William SAMSON (4); Bruno DOHIN (5); Raphaël DUMAS (2,3); Laurence CHÈZE (2,3)**

1. CTC - Comité Professionnel de Développement Economique Cuir Chaussure Maroquinerie, Lyon, France
2. Université de Lyon, F-69622, Lyon, France
3. IFSTTAR, LBMC, UMR\_T9406, Lyon, France
4. Laboratoire d'Anatomie Fonctionnelle (CP 619), Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgique
5. Université Jean Monnet, Hôpital Nord CHU de Saint Etienne, Service de chirurgie pédiatrique, Saint Etienne, France

### Résumé :

#### Introduction :

Les paramètres biomécaniques de la marche du jeune enfant varient en fonction de son âge [1] et de sa vitesse de marche [2]. Par ailleurs, différentes stratégies de propulsion existent entre les enfants sains et les enfants avec des troubles de la coordination [3]. Chez les enfants sains, on peut aussi se demander s'il existe différentes stratégies d'augmentation de vitesse selon l'âge.

#### Matériel et Méthodes :

106 enfants (âgés entre 1 et 7 ans) sont inclus dans l'étude. Pour chaque groupe d'âge (i.e., un par année), les essais de marche sont répartis en 3 groupes de vitesse : lente, moyenne, rapide. Afin d'étudier la propulsion, les travaux mécaniques ( $W$ , aire sous la courbe de la puissance) sont calculés pour la cheville, le genou et la hanche, et un ratio d'implication de chaque articulation en est déduit (e.g.,  $W_{cheville}/(W_{cheville}+W_{genou}+W_{hanche})$ ). Ce ratio est utilisé pour comparer les stratégies d'augmentation de vitesse.

#### Résultats :

La cheville est l'articulation la plus impliquée dans l'augmentation de vitesse, pour tous les âges. Avec l'avancée en âge, l'implication de la cheville diminue, alors que celle de la hanche augmente.

#### Discussion et Conclusion :

Le très jeune enfant utilisant principalement sa hanche pour se propulser [4], l'augmentation de vitesse est donc possible avec une stratégie de mobilisation accentuée de la cheville. Le phénomène est inversé pour les enfants plus âgés inclus dans cette étude.

#### Références :

- [1]W. Samson, et al. J. Biomech., vol. 46, no. 13, pp. 2258–2263, 2013.
- [2]M. H. Schwartz, et al. J. Biomech., vol. 41, no. 8, pp. 1639–50, 2008.
- [3]N. Diamond, et al. Gait Posture, vol. 39, no. 1, pp. 547–52, 2014.
- [4]W. Samson, et al. J. Biomech., vol. 42, pp. 2447–2453, 2009.

## **Influence de la vitesse de marche sur les stratégies de stabilisation de la tête et des ceintures scapulaire et pelvienne**

---

**Céline SCHREIBER (1); Angélique REMACLE (1); Frédéric CHANTRAINE (1); Elizabeth KOLANOWSKI (1); Alexandre NAAIM (1,2); Florent MOISSENET (1)**

1. Laboratoire d'Analyse du Mouvement et de la Posture, CNRFR - Rehazenter, 1 rue André Vésale, L-2674 Luxembourg, Luxembourg

2. Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs, UMR\_T9406, Université de Lyon, IFSTTAR, F-69622 Lyon, France

### **Résumé :**

Introduction :

En pratique clinique, il est courant de comparer les résultats d'une analyse quantifiée de la marche de patients présentant des troubles de la marche à une population asymptomatique. La vitesse de marche entre ces deux populations est cependant régulièrement différente, ce qui peut avoir des répercussions sur l'interprétation des paramètres cinématiques, cinétiques, spatio-temporaux et des patterns EMG [1]. On peut de la même manière se demander quelle est l'influence de cette vitesse sur les stratégies de stabilisation de la tête et des ceintures scapulaire et pelvienne au cours de la marche.

Méthode :

La cinématique des segments tête, ceintures scapulaire et pelvienne a été recueillie chez 20 sujets sains pour 5 gammes de vitesse de marche ([0,0.4]m/s, [0.4,0.8]m/s, [0.8,1.2]m/s, spontanée, maximale). Les dispersions angulaires, les indices d'ancrages et les fonctions d'inter-corrélations [2] ont été calculés pour chaque segment.

Résultats :

Les dispersions angulaires des mouvements relatifs des segments par rapport aux segments sous-jacents ainsi que les indices d'ancrage augmentent significativement avec la vitesse, sauf pour la ceinture scapulaire en sagittal. De plus, les indices d'ancrage indiquent un changement de stratégie pour les vitesses inférieures à 0.90m/s. Pour toutes les vitesses, les fonctions d'intercorrélation montrent une synchronisation des segments tête et ceinture scapulaire en frontal et en transversal (même direction), tandis que les ceintures scapulaire et pelvienne sont synchronisées dans les plans sagittal (même direction) et frontal (opposés) mais désynchronisées dans le plan transversal. Ce décalage augmente significativement avec la vitesse.

Conclusion :

Les stratégies de stabilisation de la tête et des ceintures scapulaire et pelvienne sont donc influencées par la vitesse de marche.

Références : [1] Schwartz et al., J Biomech 41, 2008 - [2] Assaiante et al., Exp Brain Res 93, 1993



## Données normatives de stabilométrie chez les sujets jeunes – Impact de perturbations mécanique, visuelle ou cognitive

---

**Inke Marie ALBERTSEN; Mouna GHEDIRA; Jean-Michel GRACIES; Emilie HUTIN**

1. Laboratoire Analyse et Restauration du Mouvement (ARM), Hôpitaux Universitaires Henri Mondor, Assistance Publique - Hôpitaux de Paris, Université Paris-Est Créteil, Créteil, France

### Résumé :

Introduction :

L'objectif était de collecter des données normatives stabilométriques chez de sujets jeunes asymptomatiques dans le cadre de perturbations utilisées pour évaluer les troubles de l'équilibre en pratique clinique.

Méthodes :

Quatre-vingt-seize sujets asymptomatiques (58 femmes, âge  $28 \pm 6$ ) étaient testés debout sur plateforme dynamométrique (enregistrements de 60 secondes). L'influence de 3 facteurs, seuls ou en interaction, sur le déplacement du centre de pression (COP) était mesurée : diminution du polygone de sustentation (F1, pieds écartés vs joints), privation visuelle (F2, yeux ouverts vs fermés) et ajout d'une tâche cognitive (F3, simple vs double tâche, impliquant de compter à rebours en soustrayant 7). Les amplitudes maximales antéro-postérieure (AP) et médio-latérale (ML) du COP, sa vitesse moyenne (V) et la surface de l'ellipse contenant 95% du statokinésigramme (S) étaient calculées.

Résultats :

Chaque facteur a un impact sur les paramètres stabilométriques (effets principaux, MANOVA, F1,  $p < 1E-6$ ; AP, +15%,  $p = 0,0001$ ; ML, +184%,  $p = 0,0001$ ; V, +49%,  $p = 0,0001$ ; S, +242%,  $p = 0,0001$ ; F2,  $p < 1E-6$ ; AP, +4%,  $p = 0,046$ ; ML, +6%,  $p = 0,002$ ; V, +22%,  $p = 0,0001$ ; S, ns; F3,  $p < 1E-6$ ; AP, -11%,  $p = 0,0001$ ; ML, -7%,  $p = 0,0007$ ; V, +8%,  $p = 0,0001$ ; S, -27%,  $p = 0,0001$ ). Des effets d'interactions incluent systématiquement F1 (F1\*F2,  $p < 1E-6$ ; F1\*F3,  $p < 1E-6$ ; F1\*F2\*F3,  $p = 2E-3$ ).

Conclusion :

En double tâche (F3), la diminution des ressources attentionnelles disponibles pour la tâche posturale entraînerait une rigidification des membres inférieurs réduisant les oscillations posturales chez les sujets jeunes<sup>1</sup>, à l'inverse de la perturbation posturale (F1) ou visuelle (F2) augmentant les oscillations. La réduction du polygone de sustentation (F1) semble être le seul facteur majorant l'impact des deux autres perturbations (F2, F3) sur les capacités d'équilibration.

Références :

1Dault MC, Geurts ACH, Mulder TW, Duysens J. Postural control and cognitive task performance in healthy participants while balancing on different support-surface configurations. *Gait Posture*. 2001;14:248-55.

# Paralysie cérébrale

---

ÉTUDE DE REPRODUCTIBILITÉ ET DE RÉPÉTABILITÉ D'UN NOUVEAU PROTOCOLE DE DYNAMOMÉTRIE MANUELLE ADAPTÉ À L'ENFANT PC

*Cécile ROUANET; Simon DUCROCQ; Gaétane CABON; Laurent TAING; Eric DESAILLY* ..... 27

AJUSTEMENT NEUROMUSCULAIRES DES FLÉCHISSEURS PLANTAIRES CHEZ LES JEUNES ADULTES ATTEINTS D'INFIRMITÉ MOTRICE CÉRÉBRALE

*Daria NEYROUD; Stéphane ARMAND; Geraldo DE COULON; Bengt KAYSER; Nicolas PLACE* ..... 28

CO-CONTRACTIONS SPASTIQUES DES GASTROCNEMIUS MEDIALIS ET PERONEUS LONGUS EN PHASE D'OSCILLATION CHEZ DES ENFANTS HÉMIPARÉTIQUES

*Maria VINTI, Jean Michel GRACIES, Andrea MERLO, Nicolas BAYLE, Elke VIEHWEGER, Guillaume AUTHIER, Brigitte CHABROL, Christophe BOULAY* ..... 29

INFLUENCE DE LA MARCHÉ GENOUX FLÉCHIS ET DE LA ROTATION INTERNE DE HANCHE SUR LA RAIDEUR DU GENOU : APPROCHE DYNAMIQUE 3D

*Alexandra P. SANTOS; Faiz BEN AMAR; Philippe BIDAUD; Eric DESAILLY* ..... 30

EXCÈS DE FLEXION DE HANCHE CHEZ L'ENFANT PARALYSÉ CÉRÉBRAL: VALIDATION EXTERNE D'UN ALGORITHME DE PRÉVISION DES RÉSULTATS CHIRURGICAUX

*Anne-Laure SIMON; Krista COLEMAN-WOOD; William SHAUGHNESSY; Kenton R. KAUFMAN* ..... 31

ÉTILOGIE DE LA MARCHÉ EN ROTATION INTERNE DE HANCHE CHEZ LES ENFANTS PARALYSÉS CÉRÉBRAUX: ANALYSE MUSCULOSQUELETTIQUE 3D

*Abir MASSAAD; Ayman ASSI; Christophe SAURET; Ziad BAKOUNY; Nour KHALIL; Wafa SKALLI; Ismat GHANEM* ..... 32

## Etude de reproductibilité et de répétabilité d'un nouveau protocole de dynamométrie manuelle adapté à l'enfant PC

---

Cécile ROUANET (1); Simon DUCROCQ (1); Gaétane CABON (1); Laurent TAING (1); Eric DESAILLY (1)

1. Fondation Ellen Poidatz, Saint-Fargeau-Ponthierry, France

### Résumé :

Introduction :

La dynamométrie manuelle est de plus en plus utilisée pour mesurer la « force musculaire » chez l'enfant présentant une paralysie cérébrale (PC). Pourtant, les positions de test de ces protocoles ne correspondent que rarement aux possibilités orthopédiques et motrices des enfants PC. Notre équipe propose un nouveau protocole d'évaluation des moments articulaires par dynamométrie manuelle. Celui-ci se veut applicable aux enfants CP tant en pré qu'en post opératoire par un positionnement plus adapté. Cette pré-étude évalue sa répétabilité et sa reproductibilité chez des sujets sains.

Matériel et méthodes :

11 femmes (19-31 ans; 48-70kg; 155-171cm) ont participé à cette étude. Chacune a été évaluée deux fois (2 jours d'intervalle) par deux examinateurs. Chaque mesure a été faite en « make test » à l'aide d'un dynamomètre manuel (CNR FT 500). Les moments articulaires ont été évalués pour les Fléchisseurs et les Extenseurs de Hanche et du Genou (FH, EH, FG, EG0°, EG60°) (1). Les reproductibilités et répétabilités ont été évaluées par Coefficient de Corrélation Intra-classe (ICC).

Résultats :

Les répétabilités en intra-évaluateur sont (FH: 0.93-0.98, EH: 0.87-0.93, FG: 0.96-0.98, EG0°: 0.9550-0.98, EG60°: 0.96-0.99). Les reproductibilités en inter-évaluateur sont (FH: 0.63-0.89, EH: 0.93-0.99, FG: 0.94-0.98, EG0°: 0.85-0.96, EG60°: 0.56-0.85).

Discussion et Conclusion :

Les répétabilités et les reproductibilités sont identiques ou supérieures à celles d'autres protocoles évalués chez les sujets sains (répétabilité: FH: 0,92-0,99, EH: 0,45-0,96, EG 0°: 0,65-0,97 (2) reproductibilité: FH: 0,71 (3)). Les résultats obtenus sont supérieurs à ceux publiés chez des sujets PC. La poursuite de ce travail consistera à évaluer la performance de ce protocole chez les enfants PC, d'autant que sa faisabilité est maintenant parfaitement établie au regard de notre expérience clinique.

Références :

1. Fosang et al. Gait Posture. 2006
2. Hébert et al. Pediatr Phys Ther. 2011
3. Fulcher et al. J Sci Med Sport. 2010

# Ajustement neuromusculaires des fléchisseurs plantaires chez les jeunes adultes atteints d'infirmité motrice cérébrale



**Daria NEYROUD (1,2); Stéphane ARMAND (3); Geraldo DE COULON (3); Bengt KAYSER (1,2) & Nicolas PLACE (1)**

1. Institute of Sport Sciences and Dept of Physiology, Faculty of Biology and Medicine, University of Lausanne

2. Faculty of Medicine, University of Geneva

3. Willy Taillard Laboratory of Kinesiology, Geneva University Hospitals and University of Geneva

## Résumé :

### Introduction :

L'infirmité motrice cérébrale (IMC) est causée par une lésion cérébrale non-progressive induisant des pathologies musculaires. La fatigue chronique est le symptôme le plus rapporté au sein des adultes atteints (1) et est associée à une faiblesse musculaire (2) causant une réduction des capacités fonctionnelles. De manière surprenante, les patients IMC pourraient montrer une résistance à la fatigue musculaire plus élevée que les sujets sains (3). Le but de cette étude est donc d'évaluer la fonction neuromusculaire en condition de repos et de fatigue dans une population de jeunes adultes IMC.

### Méthodes :

Douze sujets IMC (6 femmes, 20.5 ± 4.3 ans) et 12 sujets sains de même âge et sexe (6 femmes, 20.4 ± 4.1 ans) ont effectué une contraction maximale volontaire (CMV) des fléchisseurs plantaires avant et après une tâche fatigante (i.e. CMV isométrique soutenue de 2-min). La perte de CMV après la tâche fatigante a été considérée comme indice de fatigue musculaire. Le niveau d'activation volontaire (NAV, "twitch interpolation technique") et la secousse potentialisée ont été utilisés comme indices de fatigue centrale et périphérique respectivement.

### Résultats :

Les patients IMC sont plus faibles que les sujets sains (CMV: 340.9 ± 133.6 N vs. 864.0 ± 150.6 N, p<0.001; secousse potentialisée: 97.4 ± 28.4 N vs. 201.4 ± 43.9 N p<0.001) et présentent un NAV plus faible (73.0 ± 19.1% chez les IMC vs. 88.6 ± 10.9% chez les sujets sains, p<0.05).

Après la tâche fatigante, les sujets sains présentaient une CMV et un NAV réduit (CMV: -28.4 ± 12.5% et NAV: -18.6 ± 15.3 %, p<0.01) contrairement aux patients (CMV: -9.9 ± 23.3% et NAV: 0.9 ± 21.2 %, p>0.05). Les forces évoquées étaient réduites de manière similaires entre les 2 groupes (-12.3 ± 16.8% pour les sujets sains et -5.0 ± 13.1% pour les IMC, p<0.05).

### Discussion & Conclusions :

Les jeunes adultes IMC semblent plus faible que leurs paires mais sont plus résistants à la fatigue suggérant que la fatigue quotidienne perçue par cette population peut être le résultat de la nécessité de développer une force relative plus importante pour les activités quotidiennes.

### Références :

1. Brouwer, B., et al. (1998). Dev Med Child Neurol 40: 168-175.
2. Elder, G., et al. (2003). Dev Med Child Neurol 45: 542-550.
3. Moreau, N. G., et al. (2008). Arch Phys Med Rehabil 89(10): 2011-2016.

## Co-Contractions spastiques des Gastrocnemius Medialis et Peroneus Longus en phase d'oscillation chez des enfants hémiparétiques

**Maria VINTI (1,2), Jean Michel GRACIES (1,2), Andrea MERLO (3), Nicolas BAYLE (1,2), Elke VIEHWEGER (4,6), Guillaume AUTHIER (4,6), Brigitte CHABROL (5), Christophe BOULAY (4,5,6)**

1. Université Paris Est Créteil (UPEC), France

2. AP-HP, Service de Rééducation Neurolocomotrice, Hôpitaux Universitaires Henri Mondor, Créteil, France

3. Movement Analysis Laboratory, Rehabilitation Department, Reggio Emilia Local Health Unit Correggio, Italy

4. Gait Lab, Pediatric Orthopaedic Surgery Department, CHU Timone Enfants, F-13385 Marseille, France

5. Pediatric Neurology Department, CHU Timone Enfants, F-13385 Marseille, France

6. Institut des Sciences du mouvement, Aix Marseille Université, UMR CNRS 6233, F-13385 Marseille, France

### **Résumé :**

Introduction :

La cocontraction spastique[1] est une des composantes de l'hyperactivité musculaire[1,2] dans la paralysie cérébrale. Une quantification électromyographique(EMG) du Gastrocnemius Medialis(GM) et du Peroneus Longus(PL) est réalisée pendant la phase d'oscillation(PO) chez des enfants hémiparétiques en équin-valgus lors du contact initial[3]. Pour chaque enfant, le côté sain est comparé au côté hémiparétique.

Matériel et Méthodes :

Dix enfants hémiparétiques(3ans±1) ont eu un EMG de la marche au niveau des GM et PL. La PO est divisée par tiers(initiale-T1,milieu-T2,finale-T3). Dans chaque période, l'indice de cocontraction(ICC)[2] a été obtenu en calculant le rapport de la RMS (Root Mean Square) de chaque muscle pendant cette période et la valeur RMS observée lors des 500ms autour du pic de recrutement obtenu lors de la flexion plantaire dans la condition d'effort submaximal(debout sur la pointes des pieds).

Résultats :

Les ICC des GM et PL pendant la PO sont plus élevés du côté parétique que du côté sain (Wilcoxon:CCIGM, $p<0.01$ ;CCIPL, $p<0.01$ ). En subdivisant la PO : du côté parétique, les ICC du GM augmentaient significativement au milieu et à la fin de PO (Wilcoxon:CCIGMT2, $p<0.01$ ;CCIGMT3, $p<0.001$ ); pour le PL, ils augmentaient significativement dès T1 pour se majorer en T2 et T3 (Wilcoxon:CCIPLT1, $p=0.03$ ; CCIPLT2, $p=0.014$ ;CCIPLT3, $p<0.001$ ).

Discussion et Conclusion :

L'augmentation des cocontractions des GM et PL contribue à l'équin du côté parétique. L'augmentation des cocontractions du PL provoquerait en T3 le valgus de l'arrière-pied, l'abaissement du 1er métatarsien et la pronation de l'avant-pied expliquant l'équin valgus lors du contact initial. La quantification de la cocontraction du PL apporte un élément physiopathologique de son action délétère afin de cibler des actions thérapeutiques, notamment des injections de toxine botulique.

Références :

[1]Gracies.Pathophysiology of spastic paresis.II:Emergence of muscle overactivity.Muscle Nerve2005;31:552-71.

[2]Vinti.Influence of effort intensity and gastrocnemius stretch on co-contraction and torque production in the healthy and paretic ankle.Clin Neurophysiol.2013;124:528-35.

[3]Boulay.Dynamic equinus with hindfoot valgus in children with hemiplegia.Gait Posture.2012;36:108-12.

# Influence de la marche genoux fléchis et de la rotation interne de hanche sur la raideur du genou : approche dynamique 3D



**Alexandra P. SANTOS (1,2,3); Faiz BEN AMAR (2,3); Philippe BIDAUD (2,3); Eric DESAILLY (1)**

1. Unité d'Analyse du Mouvement, Fondation Ellen Poidatz, Saint-Fargeau-Ponthierry, France
2. Sorbonne Universités, UPMC Univ Paris 06, UMR 7222, ISIR, F-75005, Paris, France
3. CNRS, UMR 7222, ISIR, F-75005, Paris, France

## Résumé :

### Introduction :

Le déficit de flexion du genou en phase d'oscillation est un des troubles de marche les plus fréquents chez les enfants atteints de paralysie cérébrale. Souvent associé à une marche genoux fléchis et à une rotation interne de hanche, l'influence de celles-ci sur cette anomalie cinématique demeure peu connue [1].

### Matériel et Méthodes :

Un simulateur de marche 3D corps complet constitué de 38 degrés de liberté, a été conçu sur la base de celui du robot ICUB. La marche est synthétisée sous XDE-ISIR, en ayant recours à un LIPM (Linear Inverted Pendulum Model) [2,3]. Plusieurs allures de marche sont simulées avec des minimums de flexion de genou et de rotation interne de hanche variant respectivement de 33° à 65° et de 0° à 30°, en unilatéral comme en bilatéral. Les résultats numériques des allures simulées sont comparés à des données expérimentales prises sur des patients.

### Résultats :

L'amplitude crête à crête de l'angle de flexion du genou diminue de 12° avec l'accroissement de la flexion du genou minimal. La rotation interne de hanche n'a pas d'effet significatif sur ce paramètre.

### Discussion et Conclusion :

Malgré quelques disparités retrouvées entre la marche simulée et celle des patients étudiés, des similitudes ont été identifiées. Cela ouvre des perspectives d'application à la simulation de la marche humaine, notamment dans la marche pathologique. Un modèle géométrique «plus» anthropomorphe et l'implémentation d'un générateur de marche plus avancé sont en cours de développement. Pour la première fois en 3D il est démontré que la marche genoux fléchis majore intrinsèquement le déficit de flexion du genou en phase d'oscillation.

### Références :

- [1] Van der Krogt et al – Annals of Biomedical Engineering (2010)
- [2] Salini – PhD Thesis, Université Pierre et Marie Curie (2013)
- [3] Kajita et al – ICRA (2003)

## Excès de flexion de hanche chez l'enfant paralysé cérébral: validation externe d'un algorithme de prévision des résultats chirurgicaux

---

Anne-Laure SIMON (1); Krista COLEMAN-WOOD (2); William SHAUGHNESSY (3); Kenton R. KAUFMAN (2)

1. Département de chirurgie orthopédique infantile, Hôpital Robert Debré, Paris, France
2. Laboratoire d'analyse du mouvement, Mayo Clinic, Rochester, Minnesota, USA
3. Département de chirurgie orthopédique infantile, Mayo Clinic, Rochester, Minnesota, USA

### Résumé :

Introduction :

Les critères d'indications de chirurgie d'allongement du psoas manquent. Schwartz et coll. ont décrit le Random Forest Algorithm (RFA), outil de prévision de la fonction de hanche après intervention multisite avec ou sans allongement du psoas (1). Le but était d'évaluer la validité de leur algorithme.

Matériels et Méthodes :

Les critères d'inclusion de cette étude rétrospective étaient 1) un flessum clinique de hanche et 2) une évaluation 3D pré et post-opératoire. Les données comprenaient le test de Thomas et les mesures 3D nécessaires au calcul de l'index de fonction de hanche (HFI), de l'index de déviation hanche-bassin (PHiDI) et du RFA. Une amélioration <5 points du PHiDI était considérée comme un mauvais résultat et tout patient avec un RFA >58% avait les critères de sélection pour réaliser l'allongement.

Résultats :

L'étude comprenait 25 patients (âge moyen 7.2 ans). Aucun n'a été opéré d'un allongement du psoas. Les données préopératoires montraient une fonction de hanche faible (PHiDi moyen 71.3, HFI 4.9) et 71% présentaient les critères pour l'allongement (RFA moyen 69.2). La comparaison postopératoire ne révélait pas d'amélioration sur la fonction de hanche (PHiDI 68.3,  $p=0.3$ ; HFI 4.7,  $p=0.72$ ; RFA 68.5,  $p=0.85$ ). Seul le test de Thomas était significativement amélioré ( $-7.5^\circ$  vs.  $-2.5^\circ$ ,  $p=0.04$ ).

Discussion :

Cette étude confirme que le RFA est spécifique aux dysfonctions de hanche chez l'enfant paralysé cérébral.

Conclusion :

Cette étude valide l'utilisation du RFA pour la prévision des résultats de la chirurgie multisite au niveau de l'unité hanche-bassin. La chirurgie multisite sans allongement du psoas ne permet pas d'améliorer la fonction de hanche. Reste à démontrer que l'allongement du psoas dans les mêmes conditions peut l'améliorer.

Références :

1. Schwartz MH et al. Predicting the outcome of intramuscular psoas lengthening in children with cerebral palsy using preoperative gait data and the random forest algorithm. *Gait Posture*. Avr 2013; 37(4): 473-9.

## Etiologie de la Marche en Rotation Interne de Hanche chez les Enfants Paralysés Cérébraux: Analyse Musculosquelettique 3D



**Abir MASSAAD (1,2); Ayman ASSI (1,2,3); Christophe SAURET (3); Ziad BAKOUNY (2); Nour KHALIL (2); Wafa SKALLI (3); Ismat GHANEM (1,2,4)**

1. Laboratoire de Biomécanique et d'Imagerie Médicale, Faculté de Médecine, Université Saint Joseph, Beyrouth, Liban
2. Gait lab, SESOBEL, Beyrouth, Liban
3. Laboratoire de Biomécanique, Arts et Métiers ParisTech, Paris, France
4. Hôpital Hôtel-Dieu de France, Beyrouth, Liban

### Résumé :

#### Introduction :

L'étiologie de la marche en rotation interne des hanches (RIH) chez les enfants paralysés cérébraux (PC) est multifactorielle [1]. L'objectif de cette étude est d'étudier les causes de la marche en RIH en se basant sur des paramètres musculosquelettiques calculées en 3D.

#### Matériels et Méthodes :

Vingt-deux enfants PC (âge  $11.6 \pm 3$ ) ont effectué une AQM. La RIH a été évaluée par les paramètres suivants: la rotation de la hanche au contact initial (P1), le pic (P2) et la moyenne (P3) de la rotation de la hanche en PA. Un examen EOS® a été effectué aux enfants : l'antéversion fémorale (AF), les paramètres acétabulaires et les paramètres pelviens sagittaux ont été calculés en 3D. Une IRM axiale a été effectuée afin de calculer les longueurs musculaires dans les membres inférieurs (MI). Tous les paramètres ont été appariés à ceux de 9 sujets asymptomatiques du même âge.

#### Résultats :

Quinze MI présentaient une RIH excessive comparée aux valeurs normales. L'AF était significativement élevée pour ces 15 MI comparée à celle des enfants asymptomatiques ( $p < 0.001$ ) et était corrélée à P3 ( $R = 0.54$ ). L'abduction et l'antéversion acétabulaire ont été corrélées à P1 ( $R = 0.64$ ) et P2 ( $R = -0.5$ ) respectivement. Les longueurs du gracile, court et long adducteurs étaient significativement réduites chez ces sujets PC comparées aux sujets asymptomatiques ( $p < 0.001$ ), sans noter une corrélation avec P1, P2 et P3. Par contre, la longueur du grand adducteur était corrélée à P2 ( $R = -0.86$ ).

#### Discussion :

Ces résultats ont montré que l'AF, calculée en 3D, pourrait contribuer à la RIH durant la marche, ce qui n'est pas en concordance avec les résultats précédents obtenus sur des modèles génériques [2,3]. Les paramètres acétabulaires, étudiés pour la première fois, pourraient influencer la RIH. D'autres études devraient explorer davantage l'effet des paramètres acétabulaires et pelviens sur les profils de la marche.



# Developpements Techniques & Modèles biomécaniques

---

ESTIMATION DU CENTRE DE MASSE À PARTIR D'UN NOMBRE RÉDUIT DE MARQUEURS AU COURS DU MOUVEMENT : APPLICATIONS À LA MARCHÉ ET AU RATTRAPAGE DE L'ÉQUILIBRE  
*Romain TISSERAND; Thomas ROBERT; Laurence CHÈZE ..... 34*

VARIABILITÉ CINÉMATIQUE ET DYNAMIQUE DE L'ANALYSE QUANTIFIÉE DE LA MARCHÉ :  
APPLICATION CLINIQUE EN PODOLOGIE  
*Sébastien DELACROIX; Alain LAVIGNE; Yves LESCURE; Dominique NUYTENS;  
Laurence CHEZE ..... 35*

CONTRIBUTIONS DES FORCES MUSCULO-TENDINEUSES AUX FORCES OSTÉO-ARTICULAIRES  
PENDANT LA MARCHÉ  
*Florent MOISSENET; Laurence CHEZE; Raphaël DUMAS ..... 36*

ANALYSE CINÉMATIQUE DES CARACTÉRISTIQUES DE PLANIFICATIONS MOTRICES CHEZ LES  
PERSONNES ÂGÉES FRAGILES.  
*Julien BOURRELIÉ; Asma HASSANI; France MOUREY; Vincent BROST; Fan  
YANG; Alexandre KUBICKI ..... 37*

AMÉLIORATION DE LA RÉPÉTABILITÉ DU MODÈLE DE DAVIS PAR UN POSITIONNEMENT EN  
TEMPS RÉEL DES MARQUEURS ANCILLAIRES.  
*Fabien LEBOEUF; Arnaud DECATOIRE; Raphael GROSS; Laetitia FRADET 38*

CONCEPTION ET ÉVALUATION D'UN MODÈLE MUSCULO-SQUELETTIQUE ET ÉLÉMENTS FINIS DU  
PIED  
*Antoine PERRIER; Vincent LUBOZ; Marek BUCKI; Francis CANNARD; Nicolas  
VUILLERME; Yohan PAYAN;..... 39*

ANALYSE CINÉMATIQUE DU RACHIS CERVICAL À L'AIDE DE CAPTEURS INERTIELS. DE LA  
VALIDATION AUX APPLICATIONS CLINIQUES.  
*Raphaël PORTERO; Jean-Pierre BLETON; Dominique GARRIC; Ingrid MASSON;  
Serge MESURE; Pierre PORTERO ..... 40*

# Estimation du Centre de Masse à partir d'un nombre réduit de marqueurs au cours du mouvement : applications à la marche et au rattrapage de l'équilibre



**Romain TISSERAND (1); Thomas ROBERT (1); Laurence CHÈZE (1)**

1. Université de Lyon, F-69622, Lyon; LBMC, UMR\_T 9406, IFSTTAR Bron – Université Lyon 1, Villeurbanne, France

## Résumé :

Introduction :

Le Centre de Masse (CM) global est un point souvent utilisé pour caractériser le mouvement global du corps. Notamment, sa position et sa vitesse sont essentielles pour le contrôle de l'équilibre<sup>1</sup>. Il est généralement estimé par des modèles complexes<sup>2</sup>, nécessitant de poser beaucoup de marqueurs sur le sujet. Cependant, ceci entraîne des contraintes importantes (identification de repères anatomiques, temps de pose et de tracking allongés). Aussi, nous cherchons à réduire ce nombre pour gagner du temps lors du protocole d'analyse du mouvement, tout en prédisant correctement le CM.

Matériel et méthodes :

11 hommes sains (6 jeunes 24,3 ans et 5 séniors 78,4 ans), équipés de 48 marqueurs, ont réalisé 3 tâches d'équilibre : une posture statique, un cycle de marche et un rattrapage d'équilibre. Le CM est reconstruit en 3D à l'aide : a) d'un modèle de référence nécessitant 42 marqueurs<sup>2</sup>, b) d'un modèle simplifié nécessitant 14 marqueurs, et c) directement à partir d'un marqueur posé sur le sacrum. Avec ces modèles nous calculons, dans les 3 tâches, la position absolue à chaque instant et le déplacement relatif du CM par rapport à la première image du mouvement.

Résultats :

La différence de position entre a) et b) est faible (norme moyenne du vecteur d'erreur inférieure à 15 mm) et de l'ordre de grandeur de la précision du modèle de référence<sup>3</sup>. Le déplacement du CM obtenu par le modèle b) est plus proche de a) que ne l'est le modèle c). Ces résultats ne sont affectés ni par l'âge ni par la condition de mouvement.

Discussion – conclusion :

Le modèle b) apparaît donc comme un bon compromis : il est plus facile d'utilisation mais presque aussi précis que le modèle de référence, et plus précis que le modèle c), même pour l'estimation du déplacement relatif du CM.

## Variabilité cinématique et dynamique de l'analyse quantifiée de la marche : application clinique en podologie

---

**Sébastien DELACROIX (1,2); Alain LAVIGNE (2); Yves LESCURE (2); Dominique NUYTENS (2); Laurence CHEZE (1);**

1. Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs (LBMC UMR\_T9406), Université de Lyon - IFSTTAR, Lyon, France

2. Laboratoire d'Analyse du Mouvement, Institut National de Podologie, Paris, France

### Résumé :

Introduction :

L'une des questions clés de l'analyse de la marche est de savoir si les mesures sont suffisamment reproductibles. Certaines études montrent que la variabilité cinématique et dynamique peut être importante et que la principale source d'erreurs est le placement des capteurs (1). Cette étude vise à évaluer la variabilité des données biomécaniques et proposer une méthodologie adaptée afin d'assurer un suivi rigoureux des patients sur le long terme.

Matériel et méthodes :

Dix sujets sains ont été sélectionnés, pour lesquels deux sessions de marche pied nus ont été réalisées et espacées d'une à deux semaines.

Lors de chaque session, une position statique imposée ainsi que 5 cycles de marche sont enregistrés à l'aide d'un système tridimensionnel d'analyse de la marche. La cinématique et les moments articulaires sont d'abord calculés sans tenir compte de la position statique imposée puis ils sont recalculés en utilisant une méthode de correction segmentaire à partir de cette position statique.

La variabilité inter-essais et inter-sessions des données biomécaniques est évaluée par le calcul de l'écart-type correspondant (2).

Résultats :

La variabilité cinématique inter-sessions du membre inférieur est comprise entre 0.6 et 4.8 degrés, les données les plus variables étant les rotations du membre inférieur et la pronation de la cheville. L'utilisation d'une méthodologie de correction segmentaire permet de réduire la variabilité des données cinématiques et dynamiques, notamment de la cheville.

Discussion et Conclusion :

Les données biomécaniques de la marche, notamment de la cheville, peuvent présenter une variabilité importante. Cependant, une méthode de correction segmentaire, basée sur une position statique imposée, réduit cette variabilité, permettant une interprétation clinique rigoureuse. Ceci présente un réel intérêt pour une application clinique en podologie pour laquelle la fiabilité des données biomécaniques de la cheville est capitale.

Références :

1. McGinley. *Gait & Posture*. 2009;29(3):360-9.

2. Gorton. *Gait & Posture*. 2009;29(3):398-402.

# Contributions des forces musculo-tendineuses aux forces ostéo-articulaires pendant la marche

---

**Florent MOISSENET (1); Laurence CHEZE (2); Raphaël DUMAS (2)**

1. Laboratoire d'Analyse du Mouvement et de la Posture, CNRFR - Rehazenter, 1 rue André Vésale, L-2674 Luxembourg, Luxembourg

2. Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs, UMR\_T9406, Université de Lyon, IFSTTAR, F-69622 Lyon, France

## **Résumé :**

Introduction :

L'utilisation de modèles musculo-squelettiques (MMS) permet aujourd'hui l'étude des contributions des forces musculo-tendineuses (FMT) sur les chargements osseux et articulaires [1]. En effet, en plus de leur rôle quant à la progression et support du centre de masse, les muscles sont les principaux contributeurs de ces chargements [2]. L'objectif de cette étude était de fournir une vision d'ensemble des contributions des FMT pendant la marche.

Méthode :

Un MMS du membre inférieur [3] comportant 5 segments, 8 degrés de liberté et 43 lignes d'action musculaire a été employé pour cette étude. Ce modèle a la particularité d'être composé de liaisons mécaniques représentant l'anatomie des articulations. La contribution des FMT aux différentes forces ostéo-articulaires a alors été calculée suivant la méthode de Lin et al. [4].

Résultats :

Les contributions aux forces de réaction au sol [4] et aux forces de contact de la liaison tibio-fémorale [5] coïncident avec la littérature (e.g., certains muscles ne croisant par l'articulation tibio-fémorale contribuent au chargement du compartiment médial). En complément, le modèle permet le calcul de l'ensemble des contributions des FMT aux chargements osseux et articulaires pour l'ensemble des segments et articulations modélisés (e.g., contributions des muscles bi-articulaires à la compression axiale des segments osseux).

Conclusion :

Le modèle proposé offre de nouvelles perspectives quant à l'exploration des interactions entre les différentes structures intervenant au cours d'un mouvement. A terme, ce type de modèle pourra permettre une meilleure compréhension des mécanismes survenant au cours d'une marche pathologique ou de la progression d'une affection articulaire (e.g., arthrose).

Références :

[1] Pandy and Andriacchi, Annu Rev Biomed Eng(12) 2010, [2] Herzog et al., Langenbecks Arch Surg(388) 2003, [3] Moissenet et al., J Biomech(47) 2014, [4] Lin et al., Int. J. Numer Meth Biomed Engng(27) 2011, [5] Shritaran et al., J Orthop Res(30) 2012

## Analyse cinématique des caractéristiques de planifications motrices chez les personnes âgées fragiles



**Julien BOURRELIER (1); Asma HASSANI (1); France MOUREY (2,3); Vincent BROST (1); Fan YANG (1); Alexandre KUBICKI (2, 4)**

1. Laboratoire LE2I CNRS 6306, université de Bourgogne, Dijon, France

2. Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (INSERM), unité 1093, cognition action et plasticité sensori-motrice, campus universitaire, université de Bourgogne, BP 27877, Dijon, France

3. Faculté de médecine, université de Bourgogne, Dijon, France

4. Centre Hospitalier Universitaire de Dijon, Hôpital de Champmaillot, Dijon, France

### Résumé :

#### Introduction :

Les transferts Assis-Debout (TAD) et Debout-Assis (TDA) sont très intéressants pour évaluer les perturbations motrices chez les personnes âgées (PA) (Mourey et al, 1998; Manckoundia 2006). Cette étude analyse la cinématique des mouvements de TAD et TDA chez les PA fragiles lors du test Timed Up and Go (TUG) afin de déterminer la relation entre les changements cinématiques et les capacités fonctionnelles chez les PA fragiles, et d'effectuer une classification pour assigner une note sur la réalisation du TUG.

#### Matériels et méthodes :

Des expériences préliminaires ont permis l'analyse des TUG de dix PA et dix personnes jeunes, en utilisant le capteur Kinect implémenté avec un algorithme spécifique capable d'extraire sept paramètres spatio-temporels de l'analyse cinématique. Nous avons mesuré l'influence de la fragilité motrice liée à l'âge (mesure de la taille d'effet entre les groupes), pour pondérer les différents paramètres et ainsi attribuer une note de contrôle moteur lors de l'analyse automatisé du TUG. Une étude en cours permettra de comparer les notes obtenues par 40 patients fragiles avec les scores cliniques habituellement utilisés (Tinetti et Test Moteur Minimum).

#### Résultats :

Les résultats préliminaires montraient une différence significative entre les groupes au niveau de la durée de TUG et des angles du tronc, notamment lors de TAD: l'angle du tronc des sujets jeunes est deux fois plus grand que celui des PA.

#### Discussion et conclusion :

La fragilité motrice semble avoir un impact prédominant sur l'angle du tronc, laissant supposer des modifications lors de la planification motrice chez ces patients. L'inclinaison du tronc semble être un bon indicateur d'une décompensation motrice. L'analyse automatisée pourrait, si les résultats de l'étude en cours le confirment, se révéler intéressante pour mesurer une fragilisation des capacités motrices des personnes âgées et ainsi permettre une détection précoce pour optimiser la démarche de rééducation.

## **Amélioration de la répétabilité du modèle de Davis par un positionnement en temps réel des marqueurs ancillaires.**

---

**Fabien LEBOEUF (1); Arnaud DECATOIRE (2); Raphael GROSS (1); Laetitia FRADET (2)**

1. CHU de Nantes, Nantes, France

2. CNRS - Université de Poitiers – ISAE-ENSMA - UPR 3346, Poitiers, France

### **Résumé :**

Introduction :

Le modèle de Davis [1], appelé Plugin-Gait par les utilisateurs Vicon est très populaire en analyse quantifiée de marche. Il s'applique à la majorité des marches pathologiques et fait appel à un faible nombre de marqueurs. Cependant, sa répétabilité est problématique. En effet, parmi le jeu de marqueurs, 4 marqueurs répartis sur la face latérale de la cuisse et de la jambe s'appuient sur la projection de points anatomiques non palpables, ce qui rend la pose et donc l'analyse fortement dépendante de l'opérateur.

Pour contrer cette difficulté, nous avons développé une méthode de positionnement optimal de ces marqueurs. Le but de cette étude est d'examiner la répercussion de cette méthode sur la qualité et la répétabilité des données cinématiques.

Méthode :

La méthode utilise la librairie DataStream SDK fournie par Vicon (Vicon Ltd, Oxford Metrics), permettant d'accéder en temps réel aux positions des marqueurs. Une application Matlab (Mathworks), permet de visualiser les centres articulaires et de repositionner les marqueurs latéraux conformément aux recommandations de Davis [1].

Notre design expérimental implique pour 10 sujets : 2 opérateurs (un expert et un novice) et 4 sessions d'analyse : deux réalisées avec et deux autres sans aide du temps réel.

Résultats-discussion :

D'après les résultats, le repositionnement optimal améliore la qualité des données cinématiques. La valeur maximale de l'angle d'abduction du genou en phase oscillante est en effet réduite. De plus, la variabilité intersession est significativement diminuée chez l'opérateur novice jusqu'à devenir équivalente à celle de l'expert.

Le positionnement en temps réel des marqueurs latéraux du modèle de Davis constitue donc une méthode efficace, peu coûteuse en temps, et donc idéale pour mener à bien une analyse longitudinale.

Reference :

[1] Davis R et al, 1991, Human Movement Science, 10, 575-587

# Conception et évaluation d'un modèle musculo-squelettique et éléments finis du pied



**Antoine PERRIER (1)(2)(4); Vincent LUBOZ (1); Marek BUCKI (4); Francis CANNARD (4); Nicolas VUILLERME (2)(3); Yohan PAYAN (1);**

1. TIMC-IMAG Laboratory, CNRS-UJF, La Tronche. France
2. AGIM Laboratory, CNRS-UJF-UPMF-EPHE, La Tronche, France
3. Institut Universitaire de France, Paris, France
4. TexiSense, Montceau-les-Mines, France

## Résumé :

Introduction :

Un modèle musculo squelettique associé à un modèle par éléments finis du pied humain patient spécifique a été conçu afin de correspondre aux réalités anatomiques par l'intermédiaire des structures osseuses, ligamentaires et musculaires reconstruites à partir de l'imagerie CT-Scan et I.R.M.

Matériel et méthodes :

Ce modèle comprend 30 os, modélisés en corps rigides. Les articulations sont contraintes par les contacts surfaciques et les ligaments représentés par des câbles. L'aponévrose plantaire est modélisée par 5 faisceaux de câbles multipoints parallèles. 15 muscles, 9 extrinsèques et 6 intrinsèques ont été modélisés suivant les modèles de Hill et présentent un trajet anatomique réaliste permettant des mouvements naturels du pied.

Un maillage éléments finis des tissus mous a été créé à partir d'un générateur automatique de maillage{1}. Ce maillage possède 78161 éléments et présente 3 couches de tissu mou de type hyper-élastique en Neo-Hook (module de Young, Coef de poisson). Une couche de peau d'1mm (200, 0.495), le gras (30, 0.49) et le muscle (60, 0.495).

Ce modèle a été dans un premier temps évalué en comparant les pressions plantaires réelles du patient avec les pressions plantaires simulées par mise en charge du modèle sur une plateforme éléments finis. Une seconde évaluation a comparé la réponse cinématique du modèle aux activations musculaires recueillies en EMG piqué et protocole d'AQM avec le marker-set de Leardini{2}.

Résultats :

Le modèle musculo-squelettique éléments finis patient spécifique du pied permet des simulations réalistes autant en statique qu'en dynamique.

Discussion et Conclusion :

Une validation plus avancée permettra une utilisation du modèle pour de la planification en neuro-orthopédie, de l'analyse d'appareillage ou encore comme outil pédagogique d'anatomie fonctionnelle du pied.

Références:

1. Lobos, C., Payan, Y., and Hirschfeld, N., 2010. Techniques for the generation of 3D Finite Element Meshes of human organs. Informatics in Oral Medicine: Advanced Techniques in Clinical and Diagnostic Technologies. Hershey, PA: Medical Information Science Reference, 126-158
2. Leardini A, Benedetti MG, Catani F, Simoncini L, Giannini S. An anatomically based protocol for the description of foot segment kinematics during gait. Clin Biomech 14(8):528-36.

## Analyse cinématique du rachis cervical à l'aide de capteurs inertiels. De la validation aux applications cliniques.

---

**Raphaël PORTERO (1); Jean-Pierre BLETON (2,3); Dominique GARRIC (1); Ingrid MASSON (1);  
Serge MESURE (3); Pierre PORTERO (1)**

1. EA "Bioingénierie, Tissus et Neuroplasticité", Université Paris-Est Créteil, France

2. Unité James Parkinson, Service de Neurologie, Fondation OPH Rothschild, Paris, France

3. UMR 7287 CNRS, Institut des Sciences du Mouvement, Aix-Marseille Université, Marseille, France

### Résumé :

Introduction :

Le but de cette étude était d'évaluer la fiabilité des mouvements rachis cervical, primaires et couplés par test-retest, dans les 3D au moyen de capteurs inertiels i4Motion® (Techno Concept, France).

Matériels et méthodes :

Vingt-deux sujets sains (âge 21-46 ans) ont été évalués deux fois (intervalles 3-7 jours). Deux capteurs (i4Motion®), placés sur le front et sur l'appendice xiphoïde, ont mesuré les accélérations linéaires 3D, les vitesses angulaires et le champ magnétique local (fréquence d'acquisition : 100Hz) lors des mouvements de la tête. Trois cycles continus de mouvements complets dans les 3D ont été réalisés de manière aléatoire. L'amplitude des mouvements cervicaux a été enregistrée pour évaluer le mouvement primaire et les mouvements couplés. Les coefficients de corrélation intraclass (ICC) et les erreurs standards de mesures (SEM) ont été calculés pour estimer la reproductibilité des mesures test-retest. Les graphiques de Bland-Altman ont été construits pour analyser la correspondance entre les mesures.

Résultats :

Pour les mouvements primaires, la fiabilité test-retest des amplitudes était bonne en flexion-extension (ICC=0.86, SEM=6.6°), en inclinaison bilatérale (ICC=0.77, SEM=5.8°), et en rotation bilatérale (ICC=0.77, SEM=10.9°). Les représentations graphiques de Bland-Altman ont montré une bonne correspondance entre les amplitudes test-retest. Concernant les mouvements couplés, les valeurs statistiques ont démontré une bonne fiabilité pour la rotation couplée avec le mouvement primaire d'inclinaison (ICC=0.92, SEM=3.9°). La fiabilité était correcte pour les mouvements d'inclinaison et de flexion-extension couplés au mouvement primaire de rotation, et bonne pour les mouvements de flexion-extension couplés au mouvement primaire d'inclinaison ( $0.61 < ICCs < 0.77$ ,  $2.7^\circ < SEM < 5.3^\circ$ ).

Conclusion et perspectives :

Ces résultats sont essentiels pour l'utilisation des capteurs i4Motion® comme outil d'évaluation objective et quantitative des mouvements cervicaux. Cette étude est prometteuse en terme d'applications cliniques pour l'aide au diagnostic et au suivi (i.e. avant/après rééducation) des pathologies cervicales comme la dystonie cervicale et les cervicalgies aiguës et/ou chroniques.



# Chirurgie & Orthopédie

---

## ACTIVITÉS SEXUELLES APRÈS ARTHROPLASTIE TOTALE DE HANCHE (PTH)

*Caecilia CHARBONNIER; Sylvain CHAGUÉ; Massimiliano BERNARDONI; Pierre HOFFMEYER; Panayiotis CHRISTOFILOPOULOS..... 42*

## ANALYSE DE LA MARCHE APRÈS CHIRURGIE DE RECONSTRUCTION DU GENOU CHEZ UNE POPULATION PÉDIATRIQUE OPÉRÉE POUR TUMEUR OSSEUSE

*Emilie PELTIER; Alberto BATTISTA; Sébastien PESENTI; Benjamin BLONDEL; Guillaume AUTHIER; Jean Luc JOUVE; Elke VIEHWEGER ..... 43*

## MODIFICATION DE MARCHE SUITE À ALLONGEMENT DE MEMBRE INFÉRIEUR PAR UN DISPOSITIF MOTORISÉ INTRAMÉDULLAIRE

*Marie FRESLIER; Erich Rutz; Bernhard SPETH; Sebastian KRAPF; Andreas KRIEG; Reinald BRUNNER..... 44*

## EVOLUTION DE LA CINÉMATIQUE DU GENOU PENDANT LA MARCHE TROIS MOIS APRÈS UNE PROTHÈSE TOTALE DE GENOU

*Alice BONNEFOY-MAZURE ; Stéphane ARMAND; Yoshisama SAGAWA JR; Pierre HOFFMEYER; Hermes MOZZIARI; Domizio SUVÀ; Katia TURCOT ..... 45*

## EFFET PROSPECTIF SUR LA CINÉMATIQUE 3D DE L'ARTHROPLASTIE TOTALE DU GENOU

*Gabriel LAROSE; Frédéric LAVOIE; Jacques de GUISE; Nicola HAGEMEISTER ..... 46*

## Activités sexuelles après arthroplastie totale de hanche (PTH)

---

**Caecilia CHARBONNIER (1); Sylvain CHAGUÉ (1); Massimiliano BERNARDONI (2); Pierre HOFFMEYER (3); Panayiotis CHRISTOFILOPOULOS (3)**

1. Medical Research Department, Artanim Foundation, Geneva, Switzerland

2. Medacta International SA, Lugano, Switzerland

3. Orthopedics and Trauma Service, University Hospitals of Geneva, Geneva, Switzerland

### Résumé :

Introduction :

De nombreux patients s'interrogent sur les risques liés à l'activité sexuelle après PTH, mais cette question demeure rarement abordée entre les patients et les chirurgiens. À ce jour, le risque de conflit et d'instabilité articulaire lors des activités sexuelles n'a jamais été évalué objectivement. De plus, nous ne connaissons pas quelles sont les amplitudes de mouvement de hanche nécessaires à l'exécution de ces positions. Notre objectif était de combler ce manque en utilisant la capture de mouvement et des simulations dynamiques de prothèses.

Matériel et méthodes :

Deux volontaires sains (1 homme et 1 femme) ont participé à une analyse par capture de mouvement et à une acquisition IRM. Les mouvements des sujets ont été enregistrés lors de 12 positions sexuelles courantes. La cinématique articulaire et son amplitude de mouvement ont été calculées à partir des trajectoires des marqueurs en utilisant un algorithme d'optimisation (précision: 0,5mm d'erreur en rotation et <math>3^\circ</math> en translation) qui tient compte de l'anatomie du patient reconstruite en 3D à partir des images IRM.

Neuf modèles 3D de prothèse (bassin, fémur et implants) ont été créés en variant l'inclinaison (40°, 45°, 60°) et l'antéversion (0°, 15°, 30°) du cotyle. La tige fémorale a été implantée en respectant l'antéversion naturelle du fémur, parallèlement au cortex postérieur du col du fémur. Les données de mouvement ont ensuite été appliquées à toutes les configurations.

Pendant la simulation, un algorithme de détection de collisions a été utilisé pour localiser les conflits entre les composants prothétiques et entre les structures osseuses. Les subluxations de la tête fémorale ont également été calculées pour évaluer la congruence de l'articulation.

Résultats :

Les positions sexuelles pour les femmes requièrent une flexion (4 positions avec >math>95^\circ</math>) et une abduction (4 positions avec >math>32^\circ</math>) importante. Pour les hommes, la rotation externe était dominante pour tous les mouvements. Des conflits entre les composants prothétiques ont été détectés au cours d'une ou plusieurs positions sexuelles pour les femmes à 6 orientations de cupule (pas de collision pour celles à 45°/30°, 60°/15° et 60°/30°). Ces conflits ont été observés dans la zone antéro-supérieure de l'acétabulum dans les 4 positions sexuelles nécessitant des flexions maximales. Pour les hommes, les conflits sont restés occasionnels sauf pour 1 position où des collisions entre les structures osseuses ont été observées pour toutes les orientations de cupule. Les subluxations étaient postérieures pour les femmes et antérieures pour les hommes.

Conclusion :

L'activité sexuelle pourrait exposer les patients après PTH à des conflits associés à une instabilité articulaire. Cette étude indique objectivement que 4 positions pour les femmes et 1 position pour les hommes pourraient être potentiellement à risque après PTH. Cette information pourrait être utile aux chirurgiens afin de fournir des instructions spécifiques aux demandes des patients.

## **Analyse de la marche après chirurgie de reconstruction du genou chez une population pédiatrique opérée pour tumeur osseuse**

---

**Emilie PELTIER; Alberto BATTISTA; Sébastien PESENTI; Benjamin BLONDEL; Guillaume AUTHIER; Jean Luc JOUVE; Elke VIEHWEGER**

Service orthopédie pédiatrique, Timone Enfant, Service Pr JOUVE, MARSEILLE, FRANCE

### **Résumé :**

Introduction :

Les techniques chirurgicales pour tumeur osseuse dans la population pédiatrique ont évolué au cours de ces dix dernières années . L' analyse de la marche est un atout pour analyser et évaluer les patients avant et / ou après la chirurgie. Il permet aux chirurgiens de comprendre les mécanismes de marche pathologique et aussi des mécanismes compensatoires .

Objectif :

Le but de cette étude était d'analyser les données cinétiques et cinématiques des patients après une chirurgie de reconstruction massive de membre .

Méthodes :

Dans notre étude rétrospective , 15 patients traités par résection de la tumeur et chirurgie de reconstruction de membre pour tumeur osseuse ont subi une analyse de la marche en post-opératoire .

Nous avons analysé deux types de techniques chirurgicales : le premier groupe a subi une chirurgie non conservatrice et une arthroplastie totale de genou (PTG) , le second a subi une chirurgie conservatrice avec résection de la tumeur et reconstruction du fémur distal à l'aide d'un péroné vascularisé.

Les données cinétiques et cinématiques ont été recueillies à l'aide d'un système de mouvement 3D d'analyse ( VICON ) et des plates-formes de force 3D .

Résultats :

A la mise en charge la flexion du genou semble être meilleure dans le groupe PTG. La cinématique du genou est plus physiologique pour le groupe PTG. Mais les paramètres cinétiques du genou sont plus efficaces dans le groupe conservateur par rapport au groupe PTG.

Conclusion :

En résumé, les résultats ont montré que la chirurgie conservatrice pour tumeur osseuse est plus efficace et que le schéma de marche de ces patients tend vers une marche physiologique.

## Modification de marche suite à allongement de membre inférieur par un dispositif motorisé intramédullaire

---

**Marie FRESLIER (1); Erich Rutz (2); Bernhard SPETH (2); Sebastian KRAPF (1); Andreas KRIEG (2); Reinald BRUNNER (2)**

1. Laboratory for Movement Analysis, University Children's Hospital Basel, Suisse

2. Orthopaedy, University Children's Hospital Basel, Suisse

### Résumé :

Introduction :

Dans le cas d'une différence de longueur de membre inférieur (dlmi), l'allongement du membre court est une solution élégante pour, entre autres, améliorer la marche. Nous cherchons ici à analyser cette amélioration suite à un allongement intramédullaire par clou motorisé.

Matériel et Méthode :

15 patients (moyenne 15.4ans) avec une dlmi de 2.0 à 6.5cm ont subi un allongement de membre inférieur (Fitbone, Allemagne) [1] et une analyse quantifiée de la marche (Plug-in-Gait) préopératoire et 1.9ans (moyenne) postopératoire. 20 sujets sains sélectionnés dans notre base de données forment un groupe contrôle.

Des paramètres de marches caractéristiques sont comparés (avant/après et patients/contrôles): vitesse de marche, inclinaison du bassin, différences entre côtés long et court de longueur du pas, durée de phase d'appui et puissance nette développée par les membres inférieurs. Vitesse et longueur du pas sont normalisés par rapport à la longueur du membre long [2].

Résultats :

Après allongement, les patients et les sujets sains ont une dlmi semblable ( $p=0.93$ ).

On trouve une diminution des différences de longueur du pas (de 0.04 à 0.01,  $p<0.01$ ) et de durée de phase d'appui (de 2.2% à 0.7% du cycle de marche,  $p<0.01$ ). L'inclinaison du bassin et la puissance nette sont améliorées (respectivement de  $9.6^\circ$  à  $2.6^\circ$  ( $p<0.01$ ) et de 11.7Ws/kg à 8.6Ws/kg ( $p=0.048$ )), mais restent supérieures à la normale.

Discussion et Conclusion :

Au contraire de la littérature [3], la vitesse de marche des patients n'est pas différente de celle des sujets contrôles.

La symétrie des paramètres spatiotemporels est améliorée suite à l'égalisation des membres inférieurs. L'inclinaison du bassin et la puissance nette du membre initialement le plus long restent supérieures à la normale, bien que significativement améliorées.

Références :

[1] Krieg et al. (2011). Acta Orthopaedica 82:344-350

[2] Hof (1996). Gait&Posture 4:222-223

[3] Bhave et al. (1999). J Bone and Joint Surg 81-A:529-534

## Evolution de la cinématique du genou pendant la marche trois mois après une prothèse totale de genou

---

**Alice BONNEFOY-MAZURE (1); Stéphane ARMAND (1); Yoshisama SAGAWA JR (2); Pierre HOFFMEYER (1); Hermes MOZZIARI (1); Domizio SUVÀ (1); Katia TURCOT (3)**

1. Geneva University Hospitals and Geneva University, Geneva, Switzerland
2. Laboratoire d'Exploration Fonctionnelle Clinique du Mouvement, CHRU de Besançon, France
3. Department of Kinesiology, Laval University, Quebec, Canada

### Résumé :

Introduction :

La prothèse totale de genou (PTG) est la procédure chirurgicale la plus utilisée [1] chez les patients souffrant d'arthrose du genou (OA). De nombreuses études ont montré que la cinématique du genou un an après PTG est encore altérée par rapport à celle des sujets sains [2,3]. Cependant, on connaît peu de choses sur les limites fonctionnelles des patients quelques mois après l'opération [4,5]. Le but de cette étude était donc d'étudier l'évolution de la cinématique du genou lors de la marche chez les patients atteints d'arthrose du genou avant et trois mois après une PTG.

Matériel et méthodes :

Quatre vingt-dix patients (54 femmes et 36 hommes) devant subir une PTG et 23 sujets (10 femmes et 13 hommes) contrôle ont été inclus dans cette étude. Une analyse quantifiée de la marche a été réalisée avant (V1) et trois mois après la chirurgie (V2). Les paramètres spatio-temporels et la cinématique du genou pour le membre opéré ont été comparés avant et après la chirurgie et avec le groupe contrôle. Le groupe contrôle marchait à leur vitesse confortable et à une vitesse appariée à celle des patients. Des tests de Student apparié et non-apparié ont été utilisés pour comparer les données à V1 et V2 et avec celles du groupe contrôle.

Résultats :

Trois mois après la chirurgie, les patients marchaient avec une vitesse plus lente par rapport au groupe contrôle à vitesse confortable et avec une flexion de genou plus petite par rapport au groupe contrôle à vitesse appariée. Cependant, certaines améliorations ont été observées en termes de vitesse de marche et d'alignement du genou dans le plan frontal.

Discussion et conclusion :

Ainsi, le handicap est important pour la plupart des patients trois mois après PTG. Une meilleure compréhension des limitations fonctionnelles après la chirurgie aiderait à la mise en place des programmes de réadaptation.

Références :

- [1] Ethgen et al., JBJSA, 86-A, 963-74.2004. [2] Leffler et al., Gait Posture, 36, 454-60; 2012. [3] McClelland et al., Knee, 18, 151-5; 2011. [4] Parent and Moffet., AR, 49,36-50; 2003. [5] Turcot et al., JA, 28,1297-1300; 2013.

## Effet prospectif sur la cinématique 3D de l'arthroplastie totale du genou

---

**Gabriel LAROSE(1,2); Frédéric LAVOIE (3); Jacques de GUISE (1,4); Nicola HAGEMEISTER (1,4)**

1. Laboratoire de recherche en imagerie et orthopédie, Centre de recherche du Centre Hospitalier de l'Université de Montréal, Montréal, Canada
2. Université de Montréal, Montréal, Canada
3. Servie d'orthopédie, Centre Hospitalier de l'Université de Montréal, Hôpital Notre-Dame, Montréal, Canada
4. École de technologie supérieure, Montréal, Canada

### Résumé :

#### Introduction:

Plusieurs études s'intéressent à la biomécanique de sujets post-prothèse totale du genou en mesurant notamment les moments de force ou la cinématique dans le plan sagittal. Peu d'études prospectives ont par contre évalué l'effet de cette chirurgie sur la cinématique articulaire tridimensionnelle. Cette étude vise à évaluer prospectivement l'effet de la chirurgie, puis de la comparer avec la cinématique de sujets sains.

#### Matériels et méthodes:

15 participants ayant été évalués pré-chirurgie et 12 mois post-prothèse totale du genou et un groupe contrôle (n=17) constitué de sujets avec des genoux asymptomatiques ont participé l'étude. Chaque évaluation consistait en une évaluation médicale, une analyse cinématique tridimensionnelle du genou à la marche (KneeKGTM) et une analyse par rayon-x.

#### Résultats:

On remarque à l'évaluation pré et post-chirurgicale une perte de l'excursion de la flexion au chargement (PRE 2,6° POST 2,6° Contrôle 6,8° p 0,002). De plus, l'adduction moyenne durant la phase d'appui est corrigée suite à la chirurgie (PRE 6,3° POST 1,7° Contrôle 1,0° p 0,0005). Par contre, l'amplitude totale d'adduction/abduction est réduite quand on compare les patients post-opératoires au groupe contrôle (PRE 6,4° POST 5,9° Contrôle 8,7° p 0,01). Enfin, durant la phase d'appui, l'amplitude de la rotation axiale du tibia par rapport au fémur en post-chirurgie se rapproche de celle du groupe contrôle (PRE 4,7 ° POST 5,6° Contrôle 6,6° p 0,03).

#### Discussion et Conclusion:

Pour la flexion-extension, on note que les patients présentent toujours un mécanisme de protection durant le chargement. Ensuite, il a été démontré que la cinématique dans le plan coronal à la marche des sujets arthrosiques est différente des sujets sains, mais qu'elle a été corrigée 1 an post-chirurgie et est semblable à celle des sujets sains. Néanmoins, il apparaît aussi que la prothèse contraint légèrement le mouvement d'adduction/abduction tout au long du cycle de marche, comparé au genou asymptomatique. Finalement, la chirurgie permet de redonner une amplitude de rotation tibiale plus physiologique durant la phase d'appui.

# Réhabilitation & Neurologie

---

MODULATION VOLONTAIRE DE LA RÉSISTANCE MUSCULAIRE DU MEMBRE INFÉRIEUR PENDANT L'ÉVALUATION MOTRICE AVEC UN ROBOT

*Juan M. CASTELLOTE; Markus KOFLER; Andreas MAYR; Leopold SALTUARI*  
..... 48

AMÉLIORATION DE LA PRÉHENSION PAR IMAGERIE MOTRICE APRÈS TÉTRAPLÉGIE C6-C7: UNE ÉTUDE CINÉMATIQUE ET MEG PILOTE

*Sébastien MATEO; Franck DI RIENZO; Karen T. REILLY; Claude DELPUECH; Sébastien DALIGAULT; Patrice REVOL; Aymeric GUILLOT; Sophie COURTOIS; Jacques LUAUTE; Yves ROSSETTI; Christian COLLET; Gilles RODE.....* 49

ETUDE MULTICENTRIQUE DES EFFETS CINÉMATIQUES D'UNE ORTHÈSE DE STIMULATION DU NERF FIBULAIRE (OSNF) : RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES

*Lisette ARSENAULT; Yannick DELPIERRE; Rémi REBOUR; Amélie STUIT; Ludovic DELPORTE; Denis COLIN; Françoise CAILLET; Anne-Laure FERRAPIE; Sébastien MATEO; Patrice REVOL; Flavie FREMONDIÈRE; Yves ROSSETTI; Isabelle RICHARD; Gilles RODE*  
..... 50

APPORTS DE LA RÉALITÉ VIRTUELLE DANS LA RÉÉDUCATION À LA MARCHÉ : INTÉRÊTS D'UN AVATAR PARAMÉTRÉ ET PERSONNALISÉ.

*Hovannes AGOPYAN; Thomas POIRIER; Cyrielle GINON; Jean Pierre FLAMBART; Jacques GRIFFET; Jonathan BREDIN* ..... 51

ÉVALUATION DE LA COCONTRACTION SPASTIQUE APRÈS CONTRAT D'AUTORÉÉDUCATION GUIDÉE VS KINÉSITHÉRAPIE CLASSIQUE DANS L'HÉMIPLÉGIE

*Mouna GHEDIRA; Sylvia MANDZAKA; Nathalie KHALIL; Sandrine JOUDOUX; Thara SANTIAGO; Jean-Michel GRACIES; Émilie HUTIN* ..... 52

STIMULATION ÉLECTRIQUE FONCTIONNELLE IMPLANTÉE DU NERF FIBULAIRE VS ORTHÈSE PASSIVE DE CHEVILLE DANS LA PARÉSIE SPASTIQUE

*Émilie HUTIN; Mouna GHÉDIRA; Inke Marie ALBERTSEN; Jean-Michel GRACIES; Philippe DECQ* ..... 53

## Modulation volontaire de la résistance musculaire du membre inférieur pendant l'évaluation motrice avec un robot

---

**Juan M. CASTELLOTE(1); Markus KOFLER(2); Andreas MAYR(2); Leopold SALTUARI (2)**

1. École Nationale de Médecine du Travail, Institut de la Santé Carlos III, Madrid, Espagne

2. Département de Neurologie, Hôpital Hochzirl, Zirl, Autriche

### **Résumé :**

Introduction :

Les composants de la réaction du membre inférieur à l'étirage évaluative musculaire incluent des réflexes posturaux et des réponses volontaires (Castellote et al, 2014, A; B). Pour examiner de plus près la période volontaire, nous avons examiné l'effet pendant le temps d'un changement dans la préparation motrice du sujet (expectation) sur les réponses de réaction musculaire chez des sujets sains, quand ils réalisent une activité évaluative du mouvement appliquée par le système Lokomat.

Matériel et methods :

Les sujets ont été placés au système de suspension du Lokomat. Trois conditions ont été établies, en faisant modulation de l'expectative motrice des sujets -variations de la vitesse, et de l'activité volontaire demandée -.

A chaque test des forces de flexion sur le genou ont été appliquées à la jambe par le Lokomat. L'EMG du chef médial du quadriceps a été enregistrée, ainsi que les paramètres de la force réactive aux mouvements obtenus.

Résultats :

Les enregistrements musculaires examinés dans le vaste médial montrent les réflexes de mobilité et pendant la période composée les réponses ont été significativement différentes selon les trois conditions établies. La différence a été marquée à cette période pour les courbes de la force du sujet, qui ont montré le changement avec le temps en modulation fonctionnelle.

Discussion et Conclusion :

Les résultats montrent l'existence d'un effet de modulation des réponses selon la préparation de la tâche, ce qui permet de conclure que l'information de la voie cortico-spinale peut être modifiée par l'expectation du sujet.

Références :

Castellote JM, & Kofler M, Mayr A, Saltuari L. (2014). Motor set modulates leg stiffness: analysis with an exoskeleton. In Workshop Proceedings of IAS-13 (pp. 448–453). Padova: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Castellote JM, Kofler M, Mayr A, Saltuari L. How anticipation modulates programmed responses to kinematic stimuli. Journal of Neurology 2014; 261(Suppl. 1):S324



## **Amélioration de la préhension par imagerie motrice après tétraplégie C6-C7: une étude cinématique et MEG pilote**

---

**Sébastien MATEO (1, 2, 3); Franck DI RIENZO (3); Karen T. REILLY (1); Claude DELPUECH (4); Sébastien DALIGAULT (4); Patrice REVOL (1, 2); Aymeric GUILLOT (3, 5); Sophie COURTOIS (1,2); Jacques LUAUTE (1,2); Yves ROSSETTI (1,2); Christian COLLET (3); Gilles RODE (1, 2)**

1. Université de Lyon, Université Lyon 1, INSERM U1028; CNRS UMR5292; Lyon Neuroscience Research Center, ImpAct Team, F-69000 Lyon

2. Hospices Civils de Lyon, Hôpital Henry Gabrielle, Mouvement et Handicap, F-69000 Lyon, France

3. Université de Lyon, Université Lyon 1, Centre de Recherche et d'Innovation sur le Sport, Equipe d'Accueil 647, Laboratoire de la Performance Motrice, Mentale et du Matériel, Villeurbanne Cedex

4. CERMEP – imagerie du vivant, 69677 Bron, France

5. Institut Universitaire de France, Paris, France

### **Résumé :**

Introduction :

La récupération de la préhension après tétraplégie C6-C7 nécessite l'apprentissage de la prise par ténodèse où l'extension du poignet entraîne une flexion passive des doigts. Les preuves que l'imagerie motrice (IM) favorise la récupération de la fonction du membre supérieur s'accumulent. Cependant l'utilisation de l'IM pour potentialiser la récupération de la préhension chez des sujets tétraplégiques C6-C7 ayant appris la prise par ténodèse reste à étudier.

Méthode :

Le groupe expérimental (GE) se composait de 6 sujets tétraplégiques C6-C7 cliniquement stables et inclus à un stade chronique. Le groupe contrôle (GC) comptait six sujets sains. L'intervention consistait en une pratique pendant 45 minutes, 3 fois par semaine sur 5 semaines d'imagerie motrice (GE) et d'imagerie mentale (GC). Les sujets tétraplégiques imaginaient des mouvements de préhension et les contrôles visualisaient des formes géométriques. La ligne de base était réalisée sur 5 semaines au cours desquels 3 mesures étaient répétées. L'effet de l'intervention était évalué immédiatement après l'intervention et 8 semaines plus tard. Chaque session d'évaluation comportait un enregistrement cinématique d'un mouvement de préhension et un enregistrement magnétoencéphalographique (MEG) de l'extension du poignet.

Résultats :

Les paramètres cinématiques et MEG étaient stables pendant la ligne de base précédant l'intervention avec un plus grand nombre de voxels activés dans le cortex sensorimoteur controlatéral (cSMC) chez les sujets tétraplégiques comparés au contrôles. Après l'IM l'angle d'extension augmentait pour réaliser la prise par ténodèse et le nombre de voxels activés dans le cSMC lors de l'extension de poignet se réduisait pour devenir similaire aux contrôles.

Discussion :

Ces résultats renforcent l'intérêt d'utiliser une approche « top-down » comme l'IM pour renforcer un mouvement de préhension compensatoire (ténodèse) et induire une plasticité cérébrale.

## Etude multicentrique des effets cinématiques d'une orthèse de stimulation du nerf fibulaire (OSNF) : Résultats préliminaires

Lisette ARSENAULT (1, 2); Yannick DELPIERRE (3); Rémi REBOUR (1, 4); Amélie STUIT (3); Ludovic DELPORTE (1, 2); Denis COLIN (3); Françoise CAILLET (2); Anne-Laure FERRAPIE (5); Sébastien MATEO (2); Patrice REVOL (1, 2, 4); Flavie FREMONDIERE (5); Yves ROSSETTI (1,2) ; Christian COLLET (3); Gilles RODE (1, 2).

1. Plateforme « Mouvement et Handicap », HCL, Hôpital Pierre Wertheimer (Bron 69), Hôpital Henry Gabrielle (Saint Genis Laval 69)
2. Pôle de Rééducation et de Réadaptation Fonctionnelles, Hôpital Henry Gabrielle, HCL (Saint Genis Laval 69)
3. Centre de l'Arche (Saint Saturnin 72)
4. Service de Neurorééducation, Hôpital Pierre Wertheimer, HCL (Bron 69)
5. C3RF - Centre Régional de Rééducation et Réadaptation Fonctionnelles (Angers 49)
6. ImpAct, Centre de Recherche en Neurosciences de Lyon, Inserm, CNRS, Université de Lyon 1 (Bron 69)

### **Résumé :**

Introduction :

L'OSNF agit sur la cheville en induisant une contraction des muscles fléchisseurs dorsaux. La littérature scientifique montre l'intérêt de l'OSNF sur la vitesse de marche de patients atteints d'un déficit de releveur de pied ([1],[3]). Peu d'études ont exploré les incidences d'une telle orthèse sur la cinématique de cheville et du genou [4].

Objectif :

Quantifier les effets cinématiques distaux de l'OSNF à l'oscillation chez des patients atteints d'un déficit de flexion dorsale (FD).

Méthode :

9 sujets atteints d'un déficit de FD suite à un AVC ou un traumatisme crânien ont bénéficié de deux Analyses Quantifiées de la Marche (AQM) réalisées à l'aide d'un système optoélectronique VICON®, la première effectuée sans orthèse et la seconde avec OSNF (orthèse Walkaide®) après un mois d'utilisation. La vitesse de marche, les pics de flexion dorsale de cheville et de flexion de genou en phase oscillante et le pic de flexion plantaire du troisième pivot de cheville sont calculés.

Résultats :

Entre les deux examens, la vitesse de marche est inchangée. Une augmentation de l'angle de flexion dorsale maximale à l'oscillation est notée (différences moyennes  $-4.4^\circ$ ,  $t(8)=-4.4$ ,  $p=0.002$ ), associée à un angle maximal de flexion plantaire au 3e pivot significativement réduit (différences moyennes  $-9.5^\circ$ ,  $t(8)=-3.8$ ,  $p=0.005$ ). En revanche, l'angle de flexion maximal du genou n'est pas modifié.

Discussion-Conclusion :

Les résultats montrent l'efficacité distale de l'OSNF pendant la phase oscillante. L'OSNF altère le troisième pivot de cheville, cette modification pourrait être à l'origine d'un « stiff-knee » [2]. Cependant, dans la présente étude, l'amplitude de flexion de genou à l'oscillation n'est pas modifiée.

Référence :

- [1] Bethoux F et al. Neurorehabil Neural Repair 2014.
- [2] Campanini I. et al. Gait and Posture 2012.
- [3] Everaert DG et al. Neurorehabil Neural Repair 2013.
- [4] Scott SM et al. J Rehabil Med 2013.

## **Apports de la réalité virtuelle dans la rééducation à la marche : Intérêts d'un AVATAR paramétré et personnalisé.**

---

**Hovannes AGOPYAN (1); Thomas POIRRIER (2); Cyrielle GINNON (1); Jean Pierre FLAMBART (1);  
Jacques GRIFFET (1); Jonathan BREDIN (1)**

1. Centre de Santé ROSSETTI, PEP06, Nice, France

2. Biometrics France, Paris, France

### **Résumé :**

Introduction :

Rizzolatti & Craighero (2004) ont montré que l'apprentissage par empathie était possible grâce aux neurones miroirs. D'après, Walker et al. (2000), le retour visuel du patient pendant sa rééducation est bénéfique. L'utilisation des réalités virtuelles en rééducation permet de combiner ces paradigmes. Cette étude préliminaire envisage de vérifier si l'apport d'un AVATAR personnalisé à paramètres augmentés permet une modification de la marche du patient.

Matériel et Méthodes :

18 adultes atteints d'une hémiplegie chronique et présentant un « genou raide » ont bénéficié d'une rééducation à la marche sur le « Gait Real-time-Analysis Interactive Laboratory », constitué d'un système de capture du mouvement Vicon, d'un tapis roulant, d'un écran panoramique et d'un logiciel gérant l'interactivité. Les patients étaient équipés de marqueurs (Lower-Limb PluginGait) permettant l'acquisition et l'interaction avec leur AVATAR. 3 groupes furent créés. Le 1er réalisa la rééducation sans AVATAR. Le 2nd bénéficia d'un AVATAR reproduisant la cinématique exacte du patient et le 3ème d'un AVATAR dont la flexion du genou était augmentée. Une AQM fut réalisée pré et post rééducation et les 10 dernières minutes des séances furent enregistrées. Le pic de flexion du genou fut mesuré et le « Gait-Profile-Score », calculé.

Résultats :

Nous avons observé une amélioration significative du GPS après la rééducation (groupes 2,3), ainsi qu'une augmentation significative pendant la phase oscillante du pic de flexion pendant la rééducation (groupe 3).

Discussion et conclusion :

Il semble que l'utilisation des réalités virtuelles apporte un bénéfice à la rééducation. De plus, une réflexion sur l'optimisation du décalage entre la production du patient et le retour de l'AVATAR est envisagée.

Références :

RIZZOLATTI, Giacomo and CRAIGHERO, Laila. The mirror-neuron system. Annu. Rev.Neurosci., 2004, vol. 27, p.169-192.

WALKER, Catherine, BROUWER, Brenda J and CULHAM, Elsie G. Use of Visual Feedback in Retraining Balance Following Acute Stroke. PHYS THER., 2000, vol. 80, p.886-895.

# Évaluation de la cocontraction spastique après contrat d'autorééducation guidée vs kinésithérapie classique dans l'hémiplégie

**Mouna GHEDIRA (1); Sylvia MANDZAKA (1,2); Nathalie KHALIL (1,3); Sandrine JOUDOUX (1); Thara SANTIAGO (1); Jean-Michel GRACIES (1); Émilie HUTIN (1)**

1. Laboratoire ARM, Hôpitaux Universitaires Henri Mondor, AP-HP, Université Paris-Est Créteil, France
2. Institut Supérieur des BioSciences de Paris, Université Paris-Est Créteil, France
3. Institut Régional de Réadaptation de Nancy, Centre de Lay-Saint-Christophe, France

## **Résumé :**

Introduction :

La cocontraction spastique, ie. contraction d'un antagoniste lors du recrutement volontaire d'un agoniste majorée avec l'étirement de l'antagoniste, est l'un des troubles moteurs les plus invalidants dans la parésie spastique. L'objectif est de quantifier les effets du Contrat d'Autorééducation Guidée (CAG) ou de la kinésithérapie conventionnelle (KCO) sur la cocontraction spastique des fléchisseurs plantaires de cheville.

Méthodes :

Douze patients hémiplégiques (50±14ans, délai post-lésion 6±4ans) étaient évalués avant et après 8 semaines de rééducation (CAG vs KCO) sur un test de déambulation (10m, départ/arrivée assis, chaussé) à vitesse spontanée et maximale, et sur un test dynamométrique de la cheville parétique (assis, genou fléchi) avec enregistrement électromyographique du tibial antérieur, du gastrocnémien médial (GM) et du soléaire (SO). Le couple maximal de flexion dorsale active (CFD) et l'indice de cocontraction (ICC) du GM et du SO (ICC= RMS500ms en flexion dorsale maximale /RMS500ms en flexion plantaire maximale) étaient calculés.

Résultats :

Neuf patients ont participé aux deux tests de déambulation (CAG, N=4; KCO, N=5) et 7 à l'ensemble des évaluations (CAG, N=3; KCO, N=4). Après traitement, la vitesse de déambulation augmentait uniquement dans le groupe CAG (spontanée, +14%, p=0,007; maximale, +21%, p=0,048). CFD, ICCGM et ICCSO ne changeaient pas significativement. Des différences intergroupes observées graphiquement sont en faveur du CAG (CFD, CAG +33%, KCO +6%; ICCGM, CAG -33%, KCO +25%).

Conclusions :

Dans l'hémiplégie chronique, 8 semaines de CAG augmentent la vitesse de déambulation. Une étude avec un plus grand nombre de sujets est nécessaire pour conclure sur la supériorité d'un programme dans le traitement de la cocontraction spastique.

Références :

Vinti M, Couillandre A, Hausselle J, Bayle N, Primerano A, Merlo A, Hutin E, Gracies JM. Influence of effort intensity and gastrocnemius stretch on co-contraction and torque production in the healthy and paretic ankle. Clin Neurophysiol. 2013;124:528-35.

## Stimulation Électrique Fonctionnelle Implantée du Nerf Fibulaire vs Orthèse Passive de Cheville dans la Parésie Spastique

---

Émilie HUTIN; Mouna GHÉDIRA; Inke Marie ALBERTSEN; Jean-Michel GRACIES; Philippe DECQ

Laboratoire Analyse et Restauration du Mouvement (ARM), Hôpitaux Universitaires Henri Mondor, Assistance Publique - Hôpitaux de Paris, Université Paris-Est Créteil, France

### Résumé :

Introduction :

Essai prospectif contrôlé randomisé comparant la stimulation électrique fonctionnelle (SEF)<sup>1</sup> sélective du nerf fibulaire et l'orthèse passive de cheville sur le déficit de flexion dorsale (FD) active pendant la marche dans la parésie spastique.

Méthodes :

Vingt-quatre sujets cérébrolésés (46±15ans, délai post-lésion, 8±11ans) étaient randomisés en 2 groupes : orthèse passive de cheville (ORTH) ou implantation chirurgicale de 2 électrodes de stimulation au contact des collatérales motrices des nerfs fibulaires superficiel et profond (STIM, dispositif StimuStep<sup>TM</sup>, stimulation en phase oscillante grâce au contacteur plantaire). Une analyse tridimensionnelle de la marche spontanée chaussée, sans et avec assistance après 6 mois d'utilisation (OFF vs ON), évaluait : vitesse, cadence, longueur de pas, durée des phases oscillantes, FD et varus maximaux en phase oscillante et vitesse moyenne de FD en début de phase oscillante.

Résultats :

Pour les 2 groupes réunis, le dispositif améliorait : vitesse (+10%, p=0,0039), cadence (+4%, p=0,0086), longueur du pas parétique (+6%, p=0,0079), durée de phase oscillante parétique (+5%, p=0,0047) et non parétique (+4%, p=0,022), FD (OFF, -8±7°, ON, 0±7°, p=0,0047) et varus (-31%, p=0,00032). La seule différence intergroupe est sur la vitesse de FD (p=0,033) qui diminue uniquement dans ORTH (ORTH, OFF, 10±9°/s, ON, 4±3°/s, p=0,023; STIM, OFF, 13±9°/s, ON, 13±7°/s, ns).

Conclusion :

La SEF implantée et l'orthèse passive de cheville ont des effets positifs similaires sur les paramètres spatio-temporels, la FD active et le varus de cheville en marche spontanée, tandis que la vitesse de relevé du pied en phase oscillante est dégradée avec l'orthèse passive. Les effets thérapeutiques sur la dynamique de cheville et l'électromyographie du tibial antérieur sont en cours d'exploration.

Référence :

1Liberson WT, Holmquest HJ, Scott D, Dow M. Functional electrotherapy in stimulation of the peroneal nerve synchronized with the swing phase of gait in hemiparetic patients. Arch Phys Med Rehabil. 1961;42:101-5.

## Membres supérieurs & Tronc

---

COTATION DU RISQUE DE TROUBLES MUSCULOSQUELETTIQUES DU MEMBRE SUPÉRIEUR PAR LOGIQUE FLOUE CAS PARTICULIER DE LA PROPULSION EN FAUTEUIL ROULANT MANUEL

*Claire MARCHIORI; Guillaume DESROCHES; Dany GAGNON; Djamel BENSMAIL; Didier PRADON ..... 55*

MODÉLISATION GÉOMÉTRIQUE ET CINÉMATIQUE 3D DU THORAX DURANT LE MOUVEMENT RESPIRATOIRE DE PATIENTS ATTEINTS DE MUCOVISCIDOSE

*Benoît BEYER; Véronique FEIPEL; Didier ROCHAT; Victor SHOLUKHA; Patrick SALVIA; Marcel ROOZE; Laurence CHEZE; Serge VAN SINT JAN... 56*

COMPARAISON DU « ARM PROFILE SCORE » CHEZ L'ENFANT ENTRE DEUX GROUPES DE PATIENTS : LÉSION OBSTÉTRICALE DU PLEXUS BRACHIAL ET HÉMIPLÉGIE

*Patrick SALVIA; Claire QUESTIENNE; Rahma BENSLIMAN; Victor SHOLUKHA; Aly ARM; Véronique FEIPEL; Jorg BAHM; Patrick VAN BOGAERT; Frédéric SCHUIND; Serge VAN SINT JAN ..... 57*

EVOLUTION CINÉMATIQUE ET CINÉTIQUE DU RACHIS AU COURS DE LA PÉRIODE DE CROISSANCE

*Sébastien PESENTI; Vincent POMERO; Benjamin BLONDEL; Emilie PELTIER; Elke VIEHWEGER; Jean-Luc JOUVE ..... 58*

ENTRÉES SENSORIELLES, RACHIS ET CONTRÔLE DE LA POSTURE CHEZ LES PERSONNES VIEILLISSANTES

*Sophie LONGUET; Florina JEZEQUEL; Aryana HAIDARI; Camille GOSSARD; Sylvie VERNAZZA-MARTIN..... 59*

# Cotation du risque de troubles musculosquelettiques du membre supérieur par logique floue cas particulier de la propulsion en fauteuil roulant manuel



**Claire MARCHIORI (1,2); Guillaume DESROCHES (2); Dany GAGNON (2); Djamel BENSMAIL (1); Didier PRADON (1)**

1. GRCTH EA 4497, UVSQ, CIC-IT 805, CHU Raymond Poincaré, Garches, France

2. Pathokinesiology Laboratory, Centre for Interdisciplinary Research in Rehabilitation of Greater Montreal, Institut de réadaptation Gingras-Lindsay-de-Montréal, Montreal, Canada

## Résumé :

Introduction :

L'augmentation du nombre de troubles musculo-squelettiques (TMS) nécessite d'identifier les facteurs de risque responsable de leur apparition afin de les prévenir. Ils sont principalement d'origine biomécanique (effort, répétition et postures extrêmes). Chez les utilisateurs de fauteuil roulant manuel la sur utilisation du membre supérieur (MS) peut provoquer des TMS-MS pouvant conduire à une perte d'autonomie. Propulser en montée met notamment une demande supplémentaire sur MS, augmentant le risque de TMS. L'objectif principal de cette étude est de quantifier le niveau de risque de TMS pendant la propulsion et selon la pente selon une cotation par logique floue.

Matériel et Méthode :

17 blessés médullaires (>6 mois) ont été recrutées. Une modélisation du membre supérieur (Dumas 2007) a été utilisée. Un système de MoCap associé à une instrumentation des roues du FRM a été utilisé. Chaque sujet réalise 6 passages : inclinaison (0° ou 4,8 °) avec 2min d'effort et 2min de repos.

Résultats :

La cotation des paramètres cinématiques montre une diminution significative du risque moyen à l'épaule et au coude en flexion / extension avec respectivement une baisse de 11% et 33%. Pour le poignet, le niveau moyen d'augmentation du risque en flexion / extension est de 16%. La cotation des paramètres cinétiques a montré une augmentation significative pour chaque articulation.

Discussion et conclusion :

La pente augmente légèrement le risque, mais si la pente est longue, la personne maintient le risque plus longtemps. Ce résultat confirme la réglementation française de l'accessibilité qui indique que les pentes ne doivent pas être supérieures à 5%. En conclusion, il est important de réduire le risque en limitant l'inclinaison de la pente, ou le temps d'exposition. Cette cotation finale devrait aider le thérapeute.

Références :

Louis, N., Desroches, G., Dumas, R., & Vaslin, P. (n.d.). Ergonomic indexes for upper limb musculoskeletal disorders risk quantification according to manual wheelchair kinematics, 1–3.

# Modélisation géométrique et cinématique 3D du thorax durant le mouvement respiratoire de patients atteints de mucoviscidose



**Benoît BEYER (1,2); Véronique FEIPEL (1,2); Didier ROCHAT (2); Victor SHOLUKHA (1); Patrick SALVIA (1); Marcel ROOZE (1); Laurence CHEZE (3); Serge VAN SINT JAN (1)**

1. Laboratoire d'Anatomie, Biomécanique et Organogénèse, Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgique

2. Laboratoire d'anatomie fonctionnelle, Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgique

3. Laboratoire de biomécanique et mécanique des chocs, Université Lyon 1/IFSTTAR, LBMC, UMR\_T 9406, Lyon, France

## **Résumé :**

### Introduction :

La modélisation 3D du thorax lors du mouvement respiratoire a été analysée précédemment dans le but de quantifier et qualifier la cinématique segmentaire des articulations costo-vertébrales (2). Les caractéristiques géométriques du thorax, décrites dans diverses études, permettent éventuellement de quantifier les volumes pulmonaires et leurs variations dans le cadre de pathologies respiratoires (1). La méthodologie utilisée dans de précédents travaux (2) a été appliquée à l'analyse d'un échantillon de patients atteints de mucoviscidose.

### Matériel et méthodes :

Des images tomodensitométriques in vivo ont été obtenues à trois volumes pulmonaires différents (à la capacité pulmonaire totale (CPT), la moitié de la capacité inspiratoire (CIM) et à la capacité résiduelle fonctionnelle (CRF)) chez 9 patients atteints de mucoviscidose. La méthode de fusion de données 3D osseuses et cinématiques a été utilisée afin de caractériser la cinématique articulaire et plusieurs diamètres thoraciques. La procédure a été réalisée à partir de palpation virtuelle de points anatomiques à l'aide d'un logiciel spécifiquement adapté appelé lhpFusionBox (3). Les paramètres cinématiques et géométriques ont été calculés à partir des transformations de corps rigides et des variations de diamètres thoraciques.

### Résultats :

Un modèle 3D du mouvement respiratoire permettant la visualisation et la quantification de la cinématique segmentaire des articulations costo-vertébrales ainsi que des variations géométriques a été obtenu. L'amplitude de mouvement des côtes 1 à 9 ainsi que des vertèbres associées a été quantifiée. Il existe des différences significatives entre les résultats obtenus chez des sujets sains et chez les patients atteints de mucoviscidose.

### Discussion-Conclusion :

La mise en œuvre de notre modèle 3D lors du mouvement respiratoire chez les patients atteints de mucoviscidose permet d'entrevoir l'impact d'une situation pathologique autant sur les variations de diamètres thoraciques que sur la cinématique costo-vertébrale segmentaire.



## Comparaison du « Arm Profile Score » chez l'enfant entre deux groupes de patients : lésion obstétricale du plexus brachial et hémiplégie

---

Patrick SALVIA (1); Claire QUESTIENNE (1); Rahma BENSLIMAN (4); Victor.SHOLUKHA (1); Aly ARM(3); Véronique FEIPEL (2); Jorg BAHM (3); Patrick VAN BOGAERT (4); Frédéric SCHUIND (3); Serge VAN SINT JAN (1)

1. Laboratoire d'Anatomie, Biomécanique et Organogénèse. Faculté de Médecine
  2. Laboratoire d'Anatomie Fonctionnelle, Faculté des Sciences de la Motricité
  3. Laboratoire de Recherche en Orthopédie Traumatologie, Hôpital Erasme
  4. Service de Neuro Pédiatrie, Hôpital Erasme
- Université Libre de Bruxelles, Belgique

### Résumé :

Introduction :

Pour donner des indications sur les patterns de mouvement lors d'une analyse quantifiée du membre supérieur par stéréophotogrammétrie optoélectronique (AQM\_MS), des scores de variabilité ont été proposés [1,2]. Des propositions visant à réduire la quantité d'information dues aux nombres de tâches fonctionnelles demandées à l'enfant (mettre la main à la bouche, se peigner...) ont été émises pour globaliser ces scores [3]. La notion de degrés de liberté principaux et secondaires à une tâche a été préalablement estimée sur un groupe de patients présentant une lésion obstétricale du plexus brachial (LOPB). L'objet de notre présentation sera de comparer un « Global Arm Profile Score » développé pour des patients LOBP à celui estimé dans le cas d'enfants hémiplégiques.

Méthode :

Dix enfants LOPB et dix enfants hémiplégiques ont été évalués par une AQM\_MS utilisant une technique originale de palpation des marqueurs anatomiques [3] pour quantifier les 37 ddl des deux membres supérieurs (MS) et du tronc. Des tâches fonctionnelles et analytiques reprises des échelles fonctionnelles comme l'échelle de Mallet ou le SHUEE ont été évaluées selon deux modalités de vitesse d'exécution. Les amplitudes de mouvements, les angles en fin de tâche ainsi que les courbes du mouvement, sont comparées à un groupe contrôle de 24 enfants sains (TDC) âgés de 6 et 17 ans. En utilisant les ddl principaux et secondaires préalablement estimés sur le groupe TDC, les « Arm Variable Score » (AVS) et les « Arm Profile Scores » (APS) sont construits.

Résultats :

Les AVS et APS des deux groupes sont présentés, comparés et discutés selon leur pertinence clinique.

Conclusion :

Les « Arm Profile Scores » globaux aident à l'interprétation clinique des résultats des patients en proposant un regard sur les composantes principales aux tâches et leurs stratégies de compensations.

## Evolution cinématique et cinétique du rachis au cours de la période de croissance

---

Sébastien PESENTI (1); Vincent POMERO (2); Benjamin BLONDEL (3); Emilie PELTIER (4); Elke VIEHWEGER (5); Jean-Luc JOUVE (6)

Service d'Orthopédie pédiatrique, Hôpital de la Timone Enfants, Marseille, France

### Résumé :

#### Introduction :

Parmi les nombreuses modifications anatomiques et posturales se produisant dans l'enfance, l'adaptation du rachis semble être essentielle dans l'acquisition de la bipédie. Le but de notre étude était de décrire l'évolution de l'équilibre rachidien lors de l'acquisition de la marche pendant l'enfance à l'aide des outils d'analyse du mouvement.

#### Matériel et méthodes :

Trente-six enfants sains âgés de 3 à 16 ans ont été inclus dans cette étude. L'analyse du mouvement était effectuée sur un essai de marche de 9m. Différents paramètres cinématiques étaient enregistrés et analysés comme l'Angle Thoracique (AT), l'Angle Lombaire (AL) et le Sagittal Vertical Axis (SVA). Les paramètres cinétiques étudiés étaient les moments (Nm/kg) aux charnières thoracolombaire et lombosacrée.

#### Résultats :

L'AT et l'AL n'étaient pas statistiquement corrélés à l'âge ( $p=0,32$  et  $p=0,41$ ). Le SVA augmentait significativement avec l'âge ( $p<0,001$ ). Il existait une corrélation positive significative entre les moments de flexion-extension à la charnière lombosacrée et l'âge ( $p=0,003$ ), signifiant que les contraintes mécaniques dans le plan sagittal augmentaient avec l'âge. Il existait une corrélation négative significative entre les moments de torsion aux charnières thoracolombaire et lombosacrée et l'âge ( $p=0,0002$  et  $p=0,0006$ ), signifiant que les contraintes mécaniques dans le plan transversal aux charnières thoracolombaire et lombosacrée diminuent avec l'âge.

#### Discussion :

Peu d'auteurs ont étudié l'évolution dynamique du rachis pendant la croissance en analyse du mouvement. Ces résultats montrent que l'acquisition des courbures rachidiennes est une caractéristique morphologique très précoce, apparaissant avant l'âge de 3 ans. L'analyse cinétique montre qu'avec l'âge, il existe une diminution des contraintes en torsion alors que les contraintes dans le plan sagittal augmentent. Ces changements de la biomécanique rachidienne s'expliquent par le rôle majeur du tronc dans l'acquisition de la bipédie, permettant la stabilisation de la posture malgré l'immaturité des membres inférieurs. Secondairement, ces contraintes vont changer et s'appliquer dans le plan sagittal.

## Entrées sensorielles, rachis et contrôle de la posture chez les personnes vieillissantes

---

**Sophie LONGUET (1); Florina JEZEQUEL (1); Aryana HAIDARI (1); Camille GOSSARD (1); Sylvie VERNAZZA-MARTIN (2)**

1. Ostéobio, Ecole de biomécanique appliquée à l'ostéopathie, Cachan
2. Laboratoire CeRSM (EA 2931), Université Paris Ouest Nanterre La Défense, Nanterre

### Résumé :

#### Introduction :

Le vieillissement se caractérise notamment par une modification du morphotype rachidien [1] et une altération des systèmes sensoriels et neuromusculaires. Plus précisément, les systèmes visuels et proprioceptifs, impliqués dans le contrôle de la posture et du mouvement, déclinent avec l'âge [2,3]. L'objectif est de comprendre les mécanismes utilisés par les personnes vieillissantes pour contrôler l'équilibre lors de perturbations sensorielles par rapport à de jeunes adultes.

#### Matériel et méthodes :

6 jeunes adultes (23 ans $\pm$ 2) et 6 personnes vieillissantes (58 ans $\pm$ 5) ont dû effectuer une flexion maximale de tronc à vitesse spontanée, dans six conditions expérimentales :

- Jour avec / sans vibrateurs
- Noir avec / sans vibrateurs
- Stroboscope avec / vibrateurs

Sur les 12 sujets, 6 présentaient un morphotype I/II, et 6 avaient un morphotype III/IV (3 dans chaque groupe).

Le déplacement du centre des pressions, les caractéristiques du mouvement, les charnières anatomiques rachidiennes et l'intervention des articulations des membres inférieurs ont été analysés en fonction de l'âge et du morphotype rachidien.

#### Résultats :

Quelle que soit la condition, si l'amplitude de mouvement ne varie pas entre les sujets jeunes et vieillissants ( $p=0,99$ ), les sujets de morphotype I/II présentent une amplitude de flexion de tronc plus importante que les sujets de morphotype III/IV, ( $p<0,001$ ), malgré une délordose plus faible ( $p<0,05$ ).

Les personnes vieillissantes utilisent davantage les articulations du membre inférieur pour maintenir leur équilibre ( $p<0,05$ ), et le déplacement de leur centre des pressions est plus important chez les sujets jeunes ( $p<0,05$ ).

#### Discussion et Conclusion :

Si le contrôle de l'équilibre est modifié avec le vieillissement [4], il n'est pas détérioré par l'ajout d'une perturbation sensorielle : l'ensemble des sujets serait capable de pondérer ses informations sensorielles en fonction de la situation. L'amplitude du mouvement serait sous la dépendance du morphotype rachidien, et ne serait pas modifiée avec l'âge.

#### Références :

- [1] Roussouly.P, Pinheiro-Franco.JL. (2011). Biomechanical analysis of the spino-pelvic organization and adaptation in pathology. *Eur Spine*, 20 (5):S609-S618.
- [2] Lord, S.R., & Menz, H.B. (2000). Visual contributions to postural stability in older adults. *Gerontology*, 46(6), 306-310.
- [3] You, S.H. (2005). Joint position sense in elderly fallers: a preliminary investigation of the validity and reliability of the SENSERite measure. *Arch Phys Med Rehabil* 86(2):346-352.
- [4] Vernazza-Martin, S., Tricon, V., Martin, N., Mesure, S., Azulay, J.P., & Le Pellec-Muller, A. (2008). Effect of aging on the coordination between equilibrium and movement: what changes? *Exp Brain Res*, 187, 255-265.

# Posters

---

- Poster n°1- Comparaison d'enfants sains et d'enfants porteurs d'un pied plat pendant la marche volontaire sur la pointe des pieds.** 63  
Guillaume AUTHIER; Vincent POMERO; Elisabeth CASTANIER; Claude POTHROT; Guillaume RAO; Elke VIEHWEGER
- Poster n°2 - Tip toe Walker Idiopathique : comparaison de l'analyse cinématique et cinétique avec un groupe d'enfants sains marchant en équin.** 64  
Naima LOUCHEUR; Guillaume AUTHIER; Vincent POMERO; Elisabeth CASTANIER Claude POTHROT; Jean Luc JOUVE; Elke VIEHWEGER
- Poster n°3 - Effets de l'immobilisation de la cheville sur le pattern d'activation musculaire à la marche.** 65  
Justine POULAIN; Marine GAUDY; Robin ENGELMANN; Philippe DEDIEU
- Poster n°4 - Intérêt de l'analyse de marche de l'enfant paralysé cérébral diplégique, avec et sans port d'orthèses des membres inférieurs.** 66  
Eric MEYER
- Poster n°5- Est-ce que la fatigue des abducteurs de hanche influencent l'atterrissage lors d'un saut sur une jambe et lors d'un pas latéral ?** 67  
Simone GAFNER; Ilona M. PUNT; Stéphane ARMAND; Jean-Luc ZILTENER; Nicolas PLACE; Lara ALLET
- Poster n°6 - Les chaussures minimalistes améliorent l'équilibre posturale spécialement après une tâche de fatigue des membres inférieurs.** 68  
Frank-Jourdan FERRARI; Sebastien DUC; William BERTUCI; Stephane VERMAND
- Poster n°7 - Facteurs biomécaniques prédictifs du succès du tir de poignet en unihockey.** 69  
Matteo LAZZERI; Bengt KAYSER; Stéphane ARMAND
- Poster n°8 - Prévention proprioceptive et propédeutique responsable à l'entraînement chez le footballeur.** 70  
Philippe CAMPILLO
- Poster n°9- Adaptations posturales pendant une activité de tandem ski chez des enfants atteints de polydéficiences.** 71  
Francis DEGACHE; Diane SCHMIED; Christopher NEWMAN
- Poster n°10 - Effet du renforcement du soléaire sur la dynamique de marche chez une adolescente hémiplégique. Cas clinique.** 72  
Valérie ACHACHE; Myriam SAUNER; Francisca MEURIN; Florence PRODHOMME; Anne AVALE; Véronique QUENTIN; Michel THETIO
- Poster n°11 - Activités du tibia antérieur et du soléaire à l'oscillation selon le chaussage chez l'enfant ayant une paralysie cérébrale.** 73  
Christian BEYAERT; Sébastien CAUDRON; Hadrien CEYTE; Marie-Agnès HALDRIC; Jean PAYSANT
- Poster n°12 - Adaptation immédiate à l'utilisation de chaussures à cambrure négative chez l'enfant ayant une paralysie cérébrale.** 74  
Sébastien CAUDRON; Hadrien CEYTE; Marie-Agnès HALDRIC; Jean PAYSANT; Christian BEYAERT
- Poster n°13 - Cout énergétique du franchissement d'obstacle chez des patients hémiplégiques.** 75  
Jean SLAWINSKI; Raphaël ZORY; Djamel BENSMAIL; Nicolas ROCHE; Didier PRADON
- Poster n°14 - Compréhension des relations de causes à effet entre les paramètres musculosquelettiques et la cinématique de marche chez les PC.** 76  
Ayman ASSI; Abir MASSAAD; Ziad BAKOUNY; Christophe SAURET; Wafa SKALLI; Ismat GHANEM

<b>Poster n°15 - Prédiction de la flexion du genou et de l'antéversion du bassin postopératoires au contact initial chez des enfants PC.</b>	<b>77</b>
<i>Omar A. GALARRAGA C.; Vincent VIGNERON; Bernadette DORIZZI; Néjib KHOURI; Eric DESAILLY</i>	
<b>Poster n°16 - L'abaissement de rotule contribue efficacement au traitement de la marche genou fléchi dans la paralysie cérébrale.</b>	<b>78</b>
<i>Eric DESAILLY; Camille THEVENIN-LEMOINE; Néjib KHOURI</i>	
<b>Poster n°17 - Analyse descriptive du mouvement des membres supérieurs pendant la marche chez les personnes atteintes de paralysie cérébrale.</b>	<b>79</b>
<i>Alice BONNEFOY-MAZURE; Yoshisama SAGAWA JR; Geraldo DE COULON; Pierre LASCOMBES; Stéphane ARMAND</i>	
<b>Poster n°18 - Prédiction de la marche de la paralysie cérébrale depuis les paramètres clinique en utilisant des techniques de machine learning.</b>	<b>80</b>
<i>Pablo STRASSER; Alice BONNEFOY-MAZURE; Jun WANG; Stéphane ARMAND; Alexandros KALOUSIS</i>	
<b>Poster n°19 - Faisabilité et reproductibilité d'un exosquelette capable de répliquer des contractures musculaires à la marche : application sur les gastrocnémiens et soléaires.</b>	<b>81</b>
<i>Michael ATTIAS; Alice BONNEFOY-MAZURE; Anne TABARD; Lena CARCREFF; Pierre HOFFMEYER; Geraldo DECOULON; Stéphane ARMAND</i>	
<b>Poster n°20 - Evaluation inter et intra observateur d'une interface graphique de cotation de la marche.</b>	<b>82</b>
<i>Lionel LEJEUNE; Pierre Manuel BLANC; Daniel YEPREMIAN; Farid HAREB; Eric DESAILLY</i>	
<b>Poster n°21 - Angles 3D de Bryant et angles projetés lors de l'analyse du mouvement.</b>	<b>83</b>
<i>François LAVASTE; Coralie VILLA; Hélène PILLET</i>	
<b>Poster n°22 - Evaluation d'un algorithme de détection des événements de contact du pied pour six types de marches pathologiques.</b>	<b>84</b>
<i>Florent MOISSENET; Alexandre NAAIM; Céline SCHREIBER; Elisabeth KOLANOWSKI; Frédéric CHANTRAINE</i>	
<b>Poster n°23 - Evaluation de l'effet d'un appareillage de dérotation de hanche à l'aide d'un nouveau modèle cinématique.</b>	<b>85</b>
<i>Eric DESAILLY; Farid HAREB; Michel JARRIGE; Elisabeth KEROULE; Lionel LEJEUNE; Djilali BOUCHAKOUR; Néjib KHOURI</i>	
<b>Poster n°24 - Modélisation de l'activité métabolique musculaire par imagerie TEP.</b>	<b>86</b>
<i>Sara TROMBELLA; David GARCIA JUAN; Didier COLIN; Stéphane GERMAIN; Yann SEIMBILLE; Osman RATIB</i>	
<b>Poster n°25 - Modèle informatique multimodal et multidimensionnel des muscles de la jambe.</b>	<b>87</b>
<i>David GARCIA; Sara TROMBELLA; Osman RATIB</i>	
<b>Poster n°26 - Fiabilité et sensibilité au changement des paramètres de l'analyse postural chez des patients présentant une arthrose de hanche.</b>	<b>88</b>
<i>Davy LAROCHE; Alexandre KUBICKI; Paul J. STAPLEY; Vincent GREMEAUX; Claire MORISSET; Jean-Francis MAILLEFERT; Paul ORNETTI</i>	
<b>Poster n°27 - Variabilité et cohérence des activités sEMG du membre inférieur avant et après pose de prothèse totale de hanche.</b>	<b>89</b>
<i>Delphine BESSON; Audrey BAUDET; Maxime POINT; Vincent GREMEAUX; Sébastien DUC; Paul ORNETTI; Davy LAROCHE</i>	
<b>Poster n°28 - Effet prospectif sur la cinématique dans le plan frontal de l'arthroplastie totale du genou.</b>	<b>90</b>
<i>Gabriel LAROSE; Frédéric LAVOIE; Jacques de GUISE; Nicola HAGEMEISTER</i>	
<b>Poster n°29 - Effet de deux designs d'implants de prothèse totale du genou sur la cinématique 3D: préservant les croisés et postero-stabilisés.</b>	<b>91</b>

<i>Gabriel LAROSE; Frédéric LAVOIE; Jacques de GUISE; Nicola HAGEMEISTER</i>	
<b>Poster n°30 - Bien-fondé d'un programme de prise en charge multimodale dans le traitement de l'arthrose du genou.</b>	<b>92</b>
<i>Marc THERRIEN; Robert PONTBRIAND; Philippe LANDRY; Céline EL-HACHEM; Alexandre FUENTES</i>	
<b>Poster n°31 - Elaboration d'un parcours d'obstacles visant à évaluer le niveau d'indépendance locomotrice de patients post-AVC.</b>	<b>93</b>
<i>Gilles ARENO; Xavier MASSON; Elisabeth KOLANOWSKI; Frédéric CHANTRAINE; Florent MOISSENET</i>	
<b>Poster n°32 - Le tétraplégique sans Latissimus Dorsi :Quelle stratégie musculaire pour le transfert assis-assis à 90°?</b>	<b>94</b>
<i>Alexandre NAAIM; Florent MOISSENET; Laurence CHEZE; Paul FILIPETTI</i>	
<b>Poster n°33 - Modifications de la marche en condition de double tâche après ponction lombaire : un nouveau moyen d'identifier l'Hydrocéphalie.</b>	<b>95</b>
<i>Magali LAIDET; Olivier BEAUCHET; Francois R HERRMANN; Frédéric ASSAL; Stephane ARMAND; Gilles ALLALI</i>	
<b>Poster n°34 - La réponse musculaire volontaire a la stimulation thermique et sa relation temporelle avec la perception et cognition.</b>	<b>96</b>
<i>Juan M. CASTELLOTE; J VALLS-SOLÉ</i>	
<b>Poster n°35 - Effets du traitement d'hémodialyse sur l'équilibre orthostatique de patients âgés insuffisants rénaux chroniques.</b>	<b>97</b>
<i>Justine MAGNARD; Thibault DESCHAMPS</i>	
<b>Poster n°36 - Cinématiques du membre supérieur après tétraplégie : une revue de littérature.</b>	<b>98</b>
<i>Sébastien MATEO; Agnès ROBY-BRAMI; Karen T REILLY; Yves ROSSETTI; Christian COLLET; Gilles RODE</i>	
<b>Poster n°37 - Arthrodèse des trois os du carpe (lunatum – hamatum – capitatum) : Résultats cliniques et évaluation tridimensionnelle de la cinématique du poignet par stéréophotogrammétrie optoélectronique</b>	<b>99</b>
<i>Mathias COLMAN; Wissam EL KAZZI; Véronique FEIPEL; Serge VAN SINT JAN; Frédéric SCHUIND; Patrick SALVIA; Laurence CHEZE; Serge VAN SINT JAN</i>	
<b>Poster n°38- Stratégies biomécaniques du rachis, du bassin et des membres inférieurs pour réaliser le mouvement debout-assis en AQM.</b>	<b>100</b>
<i>Agnès TRONCY; Marion MONTANÉ; Eric BERTHONNAUD; Emmanuelle CHALEAT- VALAYER</i>	
<b>Poster n°39 - Résultats pilotes de reproductibilité du système Formetric-4D sur des patients atteints de scoliose adolescente idiopathique.</b>	<b>101</b>
<i>Anne TABARD; Alice BONNEFOY-MAZURE; Pierre LASCOMBES; Stéphane ARMAND; Romain DAYER</i>	
<b>Poster n°40 - Effet de la modification de la masse de la prothèse de d'avant bras d'un sauteur en longueur paralympique sur sa performance.</b>	<b>102</b>
<i>Didier PRADON; Alice MAZURE-BONNEFOY; Giuseppe RABITA; Emilie HUTIN; Raphael ZORY; Jean SLAWINSKI</i>	
<b>Poster n°41 - Pré-étude des mouvements du rachis chez les patients myopathes au cours de la marche.</b>	<b>103</b>
<i>Xavier DERIES; Yannick DELPIERRE; Denis COLIN</i>	
<b>Poster n°42 - Evaluation de l'équilibre dynamique de la marche des patients atteints de déformations du rachis.</b>	<b>104</b>
<i>Anne-Laure SIMON; Vipul LUGADE; Meegan VAN STRAATEN; Noelle LARSON; Kenton R. KAUFMAN</i>	
<b>Poster n°43 - Évaluation biomécanique des déséquilibres posturaux des scolioses idiopathiques en statique et à la marche.</b>	<b>105</b>
<i>Vincent POMERO; Eva POLIRSZTOK; Sébastien PESENTI; Guillaume AUTHIER; Elisabeth CASTANIER; Gérard BOLLINI; Jean-Luc JOUVE; Elke VIEHWEGER.</i>	
<b>Poster n°44 - Rééducation robotisée et intégration du schéma corporel : Étude préliminaire.</b>	<b>106</b>
<i>Cyrielle GINON; Hovannes AGOPYAN; Isabelle JANNIN; Claude CAPPADORO; Jean-Pierre FLAMBART; Jonathan BREDIN</i>	

## Comparaison d'enfants sains et d'enfants porteurs d'un pied plat pendant la marche volontaire sur la pointe des pieds

---

**Guillaume AUTHIER (1); Vincent POMERO (1); Elisabeth CASTANIER (1); Claude POTHROT (2); Guillaume RAO (2); Elke VIEHWEGER (1)**

1. Plateforme d'analyse du mouvement, hôpital de la Timone, Marseille, France
2. Institut des sciences du mouvement, faculté des sports luminy, Marseille, France

### Résumé :

Introduction :

Nous avons démontré précédemment que les pieds plats idiopathiques étaient structurellement différents des pieds "normaux" [1]. Nous souhaitons étudier comment cette différence structurelle influe sur les paramètres lors de la marche en équin.

Matériel et méthodes :

Une évaluation d'enfants consultant pour un pied plat idiopathique a été réalisée (7 sujets de  $8\pm 3$  ans) comportant des mesures de la cinématique du pied détaillé (Oxford Foot Model) ainsi que l'enregistrement des forces de réaction au sol et des moments. Un deuxième groupe d'enfants sains de contrôle (10 sujets de  $8\pm 2$  ans) a été évalué par le même protocole. Des variables pertinentes pour différencier les deux groupes ont été comparées (test de Student,  $p < 0,05$ ).

Résultats :

Dans le groupe pied plat par rapport au groupe sain, on observe une hauteur de l'arche et une adduction d'avant pied moins importantes, une flexion moyenne du genou plus importante et le pic minimum de l'angle du pas (en phase d'oscillation) moins en dehors. Les moments de rotation interne de hanche et de cheville sont moins importants dans le groupe pied plat.

Discussion :

Nous avons constaté une correction du valgus d'arrière pied et de la supination de l'avant pied, habituellement présente dans le pied plat idiopathique à la marche normale [2]. Cependant la hauteur de l'arche et l'abduction d'avant pied persiste, alors que cliniquement le pied est corrigé lorsque les sujets montent sur la pointe des pieds en statique [3]. Ces données seront comparées avec d'autres populations marchant en équin (pathologique).

Références :

- [1] G. Authier, C. Pothrat, V. Pomeroy, E. Castanier, C. Boulay, G. Rao, E. Viehweger : Analyse détaillée de la déformation en pied plat chez l'enfant. Sofamea 2013.
- [2] V. Mosca : J. Child. Orthop. 4, 107–121 (2010).
- [3] G. Fabry : Eur. J. Pediatr. 169, 529–534 (2010).

## Tip toe Walker Idiopathique: Comparaison de l'analyse cinématique et cinétique avec un groupe d'enfants sains marchant en équin

**Naima LOUCHEUR (1); Guillaume AUTHIER (2); Vincent POMERO (3); Elisabeth CASTANIER (4); Claude POTHROT(5); Jean Luc JOUVE(6); Elke VIEHWEGER (7)**

1-6-7 : Service d'orthopédie pédiatrique, Hôpital d'Enfant de la TIMONE, APHM, Marseille, France

2-3-4-5: Laboratoire d'analyse du mouvement, Hôpital d'Enfant de la TIMONE, APHM, Marseille, France

7 : Service d'orthopédie pédiatrique, Hôpital d'Enfant de la TIMONE, APHM, Marseille, France

2-3-4-5: Laboratoire d'analyse du mouvement, Hôpital d'Enfant de la TIMONE, APHM, Marseille, France

### Résumé :

#### Introduction :

La différenciation entre la marche normale, la marche sur la pointe des pieds idiopathique et une cause neurologique est au centre de l'évaluation d'une marche en équin. Dans cette étude nous comparons la marche d'une population de tip toe Walker (TTW) idiopathiques à une population marchant volontairement en équin.

#### Matériel et Méthodes :

17 enfants TTW (âge moyen 8,5 ans) et 10 enfants sains marchant volontairement (VEW) en équin (âge moyen 8,3 ans) ont bénéficié d'une analyse quantifiée de la marche (AQM) selon le même protocole. Les données cinématique et cinétique du plan sagittal à des instants significatifs du cycle de la marche ont été comparées (Test de Student ou Wilcoxon, ( $p < 0,05$ )).

#### Résultats :

Les deux populations différaient de façon significative : un pic de flexion de genou lors de la mise en charge (LR) plus important chez les VEW et en phase oscillante plus important chez les TTW; les VEW attaquent avec une flexion de hanche supérieure suivie d'un pic maximum d'extension inférieur à celui des TTW, traduisant une antéversion du bassin marquée chez les VEW; il existe dans les deux groupes un aspect en double bosse des moments en flexion dorsale de cheville, mais le premier pic lors de la mise en charge est augmenté chez les TTW; un pic d'absorption de puissance plus important chez les sujets sains.

#### Discussion :

La marche des TTW est adaptée au défaut d'extensibilité de la cheville avec une absence de modification sur les articulations sus-jacentes, contrairement aux enfants VEW. Au vue des données de la littérature, dans le cas contraire, une étiologie sous-jacente doit être recherchée (1)(2)

#### Conclusion :

L'analyse de la marche des enfants VEW ne peut pas constituer une référence diagnostic pour affirmer ou infirmer le caractère idiopathique de la marche en équin d'un enfant.

#### Références:

(1) Hicks, R., N. Durinick, and J. R. Gage. 1988. "Differentiation of idiopathic toe-walking and cerebral palsy." *J Pediatr Orthop* 8 (2):160-3.

(2) Kelly, IP, K Barry, A Jenkinson, M Stephens, and T O'Brien. "Gait Analysis in Children Who Toe-Walk." *Gait & Posture* 5, no. 1 (February 1997). doi:10.1016/S0966-6362(97)87697-7.



# Effets de l'immobilisation de la cheville sur le pattern d'activation musculaire à la marche

---

**Justine POULAIN; Marine GAUDY; Robin ENGELMANN; Philippe DEDIEU**

EEPP - Bruxelles, Belgique

IRFSSL Croix-Rouge - PREFASS, Limoges, FranceEEPP - Bruxelles, Belgique

IRFSSL Croix-Rouge - PREFASS, Limoges, France

## **Résumé :**

Introduction :

L'immobilisation articulaire est fréquemment utilisée dans le traitement de pathologies de l'appareil locomoteur. Si les effets cinématiques ont souvent été étudiés, les conséquences sur le pattern d'activation musculaire restent à préciser.

Ce travail consiste à envisager les conséquences de l'immobilisation de la cheville sur le début et la durée de l'activité musculaire.

Matériel et méthodes :

L'activité EMG de 14 sujets a été mesurée à la marche dans trois conditions : sans immobilisation, avec immobilisation d'une cheville et avec immobilisation de la cheville controlatérale.

Résultats :

Comparativement à la situation contrôle, l'immobilisation entraîne une anticipation et un allongement de l'activité des muscles agissant sur la cheville. L'immobilisation de la cheville controlatérale ne modifie pas le pattern des muscles agissant sur la cheville alors que le pattern des muscles agissant sur le genou est plus variable. Les résultats indiquent aussi une stabilité du pattern d'activité des muscles mono-articulaires vs. muscles polyarticulaires.

Discussion et Conclusion :

Cette étude permet d'identifier les conséquences de l'immobilisation d'une articulation sur l'activité neuromusculaire et de préciser l'activité des muscles mono-articulaires vs. polyarticulaires.

Mots clés :

Locomotion, adaptabilité, activité musculaire

# **Intérêt de l'analyse de marche de l'enfant paralysé cérébral (PC) diplégique, avec et sans port d'orthèses des membres inférieurs (MI), dans son milieu de vie thérapeutico-scolaire: etude randomisée**

---

**Eric MEYER**

Service de Kinésithérapie, Centre Arnaud Fraiteur - FSM Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgique

## **Résumé :**

Introduction :

L'analyse de marche du PC (1) dans son milieu permettrait, pour concevoir une orthèse, d'avoir une objectivité de terrain et non, comme habituellement, de laboratoire (2).

Matériel et Méthodes :

12 enfants PC diplégiques spastiques orthésés aux MI ont été filmés – et refilmés après 2 semaines – de face et de profil dans la salle de kinésithérapie de leur Centre; des amplitudes articulaires ont été mesurées grâce au système Aktisys.

Résultats :

De profil, l'amplitude de hanche des enfants orthésés augmente significativement ( $p > 0,01$  et  $< 0,05$ ) et hautement significativement ( $p > 0,001$  et  $< 0,01$ )

lors du retest. Les amplitudes du genou et de la cheville ne montrent pas de différence significative ( $p > 0,1$ ).

Le pourcentage d'appui diminue chez 8 sujets au test et 7 au retest, de 5% et 3,6%; résultats cependant non significatifs.

De face, les résultats (tronc, bassin, genou) ne montrent aucune différence significative avec ou sans orthèses, retest compris.

Discussion et Conclusions :

Cette étude montre la possibilité de visualiser des amplitudes articulaires d'enfants PC lors de la marche dans leur milieu connu. Nos résultats (Wilcoxon) de profil révèlent une action de l'orthèse au niveau de la hanche en améliorant l'amplitude. La hanche tend vers la stabilité, avec un appui proche des 60%. De face, pour les 3 angles analysés, il n'y a pas de différence significative. Cependant, nous constatons un changement de «stratégie» de marche: tendance à moins de «mouvements» du tronc et du bassin qui traduirait plus de stabilité avec orthèses.

Notre analyse montre une bonne reproductibilité (Spearman) de face et de profil, ce qui permettrait de visualiser la situation plus précisément pour réaliser l'orthèse suivante.

Nos résultats de terrain attestent l'action «distale» de l'orthèse sur le «proximal», c'est-à-dire hanche et bassin; cela ébaucherait l'intérêt de notre «système d'analyse» vers l'étude personnalisée de l'enfant orthésé.

Références :

1. BERARD, C, LA PARALYSIE CEREBRALE DE L'ENFANT - GUIDE DE LA CONSULTATION - EXAMEN NEURO-ORTHOPEDIQUE DU TRONC ET DES MEMBRES INFERIEURS, Montpellier, 2ème édition augmentée, Sauramps Médical, 2010
2. PENNECOT, G.F, MARCHE PATHOLOGIQUE DE L'ENFANT PARALYSE CEREBRAL, Montpellier, Sauramps Médical, 2009

## **Est-ce que la fatigue des abducteurs de hanche influencent l'atterrissage lors d'un saut sur une jambe et lors d'un pas latéral ?**

---

**Simone GAFNER (1,2); Ilona M. PUNT (2); Stéphane ARMAND (3); Jean-Luc ZILTENER (3); Nicolas PLACE (4); Lara ALLET (2,3)**

1. Zurich University of Applied Sciences, School of Health Professions, Institute of Physiotherapy, Winterthur, Switzerland

2. University of Applied Sciences of Western Switzerland (HES-SO), Geneva, Switzerland

3. University Hospitals and University of Geneva, Geneva, Switzerland

4. University of Lausanne, Lausanne, Switzerland

### **Résumé :**

Introduction :

Différentes blessures des membres inférieurs (ex. ruptures du ligament croisé antérieur, instabilité chronique de la cheville) sont attribuées à une augmentation de l'angle en valgus du genou [1, 2, 3]. Cette augmentation pourrait être causée par une faiblesse des abducteurs de la hanche. Notre objectif est donc d'investiguer l'influence d'une faiblesse des abducteurs sur la cinématique du genou et du tronc dans le plan frontal, ainsi que sur l'activité musculaire.

Méthode :

20 volontaires sains (9 femmes, 11 hommes, âge moyen  $30.3 \pm 4.0$  ans) ont effectué un saut sur une jambe et un saut sur une jambe suivi d'un pas latéral. Ces sauts ont été réalisés avant et après un protocole de fatigue des abducteurs de la hanche. Les données cinématiques du genou et tronc et l'activité de l'EMG des muscles m. gluteus medius (GM), m. tensor fasciae latae (TF), m. vastus medialis (VM) et m. erector spinae (ES) ont été enregistrés.

Résultats :

Lors l'atterrissage du saut, la fatigue des abducteurs a induit une augmentation de l'angle en varus du genou (avant fatigue: médiane  $5.9^\circ$  (IQR:  $11.2^\circ$ ), post-fatigue:  $9.8^\circ$  ( $11.6^\circ$ ),  $p= 0.02$ ), et une modification de l'activité des muscles GM, ES, VM et TF. Pour le pas latéral, l'apparition de l'inclinaison maximale du tronc a été retardé après la fatigue (pre-fatigue:  $5\text{ms} \pm 395\text{ms}$ , post-fatigue:  $160\text{ms} \pm 492\text{ms}$ ,  $p= 0.01$ ). A nouveau, l'activation du GM, ES et TF a été modifiée après fatigue.

Conclusion :

Nos hypothèses n'ont pas été confirmées. Après fatigue des abducteurs, nous avons trouvé un angle plus accentué en varus du genou et l'angle du tronc n'était pas accentué dans la direction ipsilatérale. Nous avons mis en évidence que les gens réagissent avec des différentes stratégies au niveau du genou et du tronc.

Références :

[1] Hewett TE. Am J Sports Med. 2005;33(4), [2] Friel K et al., J Athl Train. 2006;41(1)

## Les chaussures minimalistes améliorent l'équilibre posturale spécialement après une tâche de fatigue des membres inférieurs

**Frank-Jourdan FERRARI (1-2); Sebastien DUC (1); William BERTUCI (1); Stephane VERMAND (1)**

1. Groupe de recherche en sciences pour l'ingénieur, Université de Reims Champagne-Ardenne, Reims, France.

2. Cabinet de Podologie du sport et d'Etude posturale, Divonne les Bains, France (01220)

### Résumé :

Mots clefs : Posture, Minimaliste, Running, fatigue

### Introduction :

La course minimaliste est en plein expansion et peut se caractériser par une chaussure présentant un dénivelé avant pied / arrière pied, appelé Drop, n'excédant pas 4 millimètres. Ces chaussures modifient la cinématique de la course à pied (1) mais aucune étude ne s'est intéressée à l'effet du drop sur l'équilibre postural. L'objectif de cette étude est de déterminer via une analyse stabilographique (40 Hz) l'effet de la hauteur du drop sur l'équilibre postural avant (PRE) et après (POST) fatigue des membres inférieurs (2).

### Materiel et méthode :

13 sujets ont participé à notre étude ( $23.5 \pm 3.33$ ,  $177.3 \pm 5.62$ ,  $71.5 \pm 8.02$ ,  $42.4 \pm 1.50$ ) dans trois conditions différentes randomisées : pieds nus (BF), chaussures minimalistes (Min) et "running classiques" (RC), PRE / POST. Les positions moyennes du centre de pression sur X et Y, la vitesse d'oscillation sur Y (vY) et la longueur de la trace (l) ont été enregistrés (3x30sd) PRE et POST fatigue des membres inférieurs avec charge additionnelle correspondant à 20% du poids du corps.

### Résultats :

L'analyse statistique montre que la hauteur du drop est corrélée à la position moyenne du CoP sur Y PRE et POST (test de Spearman,  $r=0.97$  et  $r=0.99$  respectivement). On note un effet significatif de la hauteur du drop POST pour Cop Moy sur Y uniquement en RC ( $p<0.05$ ). La vY et l augmentent avec la fatigue dans toutes les conditions ( BF PRE / POST :  $p<0.05$ , Min PRE / POST :  $p<0.003$ , RC PRE/ POST :  $p<0.0006$ . et BF PRE / POST :  $p<0.05$ , Min PRE / POST :  $p<0.05$ , RC PRE/ POST :  $p<0.0001$ , respectivement). Aucun effet sur X Moy.

### Conclusion / Discussion :

Les RC, présentant une hauteur de drop égale à 10mm, semblent perturber le système postural PRE et surtout POST fatigue. Augmentant le déséquilibre antérieur, il contraint le corps à osciller davantage dans le plan sagittal, ce qui se traduit par une augmentation de la longueur de la trace donc une dépense énergétique plus importante (3) et témoigne d'une modification de stratégie mise en place par le sujet pour conserver son équilibre.

### Références :

(1) Squadrone R, Gallozzi c, Biomechanical and physiological comparison of barefoot and two shod conditions in experienced barefoot runners, J Sports Med Phys Fitness. 2009 Mar;49(1):6-13.

(2) Fabio Augusto Barbieri et al, Effect of muscle fatigue and physical activity level in motor control of the gait of young adults, Gait and Posture. 2013, mar;38:702-707

(3) Bazert C, Influence de l'avancement de la mandibule sur la posture générale. Etude stabilométrique et compléments électromyographiques, thèse de doctorat, Université Bordeaux 1,2008, Bordeaux, France.

# Facteurs biomécaniques prédictifs du succès du tir de poignet en unihockey

---

**Matteo LAZZERI (1); Bengt KAYSER (1); Stéphane ARMAND (2)**

1. Institut des Sciences du Sport, Université de Lausanne, Lausanne, Suisse

2. Laboratoire de Cinésiologie, Hôpitaux Universitaires de Genève, Genève, Suisse

## Résumé :

Introduction :

Le but de cette étude était d'identifier les facteurs biomécaniques prédictifs de la précision et de la vitesse du tir de poignet en unihockey, en comparant deux différentes positions de départ des pieds.

Matériel et méthodes :

Dix joueurs (neuf amateurs et un joueur d'élite) ont effectué 2 séries de 10 tirs de poignet stationnaires dans deux positions différentes (FB : pieds avec un angle droit par rapport à l'extrémité de la canne, orientée vers la cible; LB: pieds parallèles à l'extrémité de la canne et de la cible). Un système optoélectronique à 12 caméras avec des marqueurs réfléchissants a été utilisé pour la capture des cinématiques des participants et de la canne. La précision du tir a été définie en considérant la distance de l'impact au centre de la cible. Le regard du joueur a été déterminé à partir de la position de la tête.

Résultats :

Seulement la précision a été significativement meilleure en position FB par rapport à la position LB. Les joueurs qui ont regardé la cible pendant le tir ont été plus précis. Les coefficients de corrélation suggèrent que la vitesse de la balle, dans les deux positions, a été influencée principalement par la flexion de la jambe de support (cheville, genou et hanche) et par la rotation du tronc. La comparaison entre les joueurs a montré des différences importantes dans le geste technique analysé.

Discussion et conclusion :

Comme la position choisie spontanément par le joueur ne s'est pas révélée meilleure par rapport à celle imposée, les résultats suggèrent que les entraîneurs et les joueurs devraient préférer la position FB. Du fait que garder la tête stable et orientée vers la cible a été associé à une meilleure précision, il faudrait fixer le but au lieu de regarder la balle.

# Prévention proprioceptive et propédeutique responsable à l'entraînement chez le footballeur

---

**Philippe CAMPILLO**

ER3S, EA4110, FSSEP, Université de Lille, France

## Résumé :

### Introduction :

Les programmes proprioceptifs de prévention ont prouvé leur efficacité. Cependant peu de moyens existent pour évaluer si les sportifs présentent des instabilités synonymes de futures blessures et incapacités. L'objectif de ce travail est d'établir une évaluation posturale fiable et reproductible qui permettrait de recenser des sujets potentiellement victime de blessures à moyen terme.

### Matériel :

11 joueurs de football semi professionnel ont réalisé 4 tests posturologiques : un test assis-debout (Tad), un test debout-accroupi-debout (Tdad), un test en position monopodale réglée (Tpmr) enfin un test de limite de stabilité de cheville (Tlsc), yeux ouverts (yo) et fermés (yf) sur plateforme DP40 Biorescue (Fréquence d'acquisition de 40 Hz) avant (i) et après (f) un cycle de 15 séances de 20' de proprioception.

### Résultats :

Les résultats montrent sur les caractéristiques cinématiques du centre de pression notamment la vitesse moyenne (V), la longueur (L) et la surface elliptique (S) entre les tests initiaux et finaux (i)/(f) des différences significatives avec une amélioration de l'ordre de 36% à  $p < 0,01$  au test non paramétrique de Wilcoxon. On constate entre autres (yo) au Tad (V :  $2,06 \pm 0,47 / 1,30 \pm 0,21$  cm/s; L :  $16,45 \pm 3,68 / 10,35 \pm 1,62$  cm), au Tdad (V :  $2,15 \pm 0,40 / 2,03 \pm 0,21$  cm/s; L :  $46,90 \pm 8,69 / 44,55 \pm 4,70$  cm) au Tpmr pied droit (S :  $213,0 \pm 165,84 / 108,9 \pm 58,03$  mm<sup>2</sup>; V :  $1,44 \pm 0,23 / 1,21 \pm 0,15$  cm/s) et Tpmr gauche (S :  $154,60 \pm 168,78 / 91,50 \pm 27,42$  mm<sup>2</sup>; V :  $1,62 \pm 0,53 / 1,35 \pm 0,22$  cm/s) des progrès dans la stabilisation.

### Discussion :

Ce travail démontre qu'il est possible d'améliorer la stabilité des sujets en déterminant d'une part les faiblesses posturales lors de tests rapides adaptés et reproductibles et d'autre part en élaborant avant la séance d'entraînement technique ou physique des situations proprioceptives et des jeux d'équilibre/déséquilibre. Ces exercices améliorent la coordination et l'anticipation des contractions musculaires péri-articulaires, réduisant ainsi les mouvements parasites de compensation qui servent habituellement à favoriser la stabilisation posturale.

# Adaptations posturales pendant une activité de tandem ski chez des enfants atteints de polydéficiences

---

**Francis DEGACHE (1); Diane SCHMIED (1); Christopher NEWMAN (2)**

1. University of Health Sciences, University of Applied Sciences and Arts, Western Switzerland, Lausanne, Switzerland

2. Paediatric Neurology and Neurorehabilitation Unit, Department of Pediatrics, Lausanne University Hospital, Lausanne, Switzerland.

## **Résumé :**

### Introduction :

En situation de polyhandicap, les capacités sensori-motrices et intellectuelles sont extrêmement réduites. La mise en mouvement du corps amène de manière automatique des corrections posturales dynamiques (en particulier au travers des systèmes cérébelleux et vestibulo-spinaux) dont on peut attendre des effets bénéfiques en termes de redressement axial et d'activation musculo-squelettique, qui sont d'ailleurs utilisés dans certains contextes thérapeutiques (hippothérapie). L'objectif de cette étude est donc de quantifier les mouvements et les adaptations posturales de sujets avec polyhandicap lors de la pratique du tandem-ski

### Matériel et méthode :

Un groupe contrôle (GC) composé de 10 enfants sains ( $15.1 \pm 3.4$  ans) et un groupe composé de 17 enfants atteints de polyhandicap (Gpo) ( $14.7 \pm 2.8$  ans) ont été inclus. Chaque sujet, équipé d'un ensemble de 8 capteurs inertiels positionnés au niveau de différents segments corporels, réalisait un slalom composé de 5 virages à gauche et 5 virages à droite sur la portion d'une piste délimitée. Chaque sujet, piloté par le même moniteur de tandem ski, a réalisé 2 fois ce parcours. Les paramètres étudiés sont les vitesses angulaires ( $^{\circ}.s^{-1}$ ) dans les différents axes (antéropostérieur, médiolatéral et vertical) permettant de quantifier le mouvement de chaque segment corporel.

### Résultats :

Les résultats ne montrent aucune différence significative entre les 2 groupes en termes de quantité de mouvement au niveau du tronc. Par contre des différences significatives entre les 2 groupes sont relevées au niveau de la tête ( $p < 0.001$ ) uniquement dans le plan médiolatéral.

### Discussion/conclusion :

Les résultats semblent montrer un maintien optimal et volontaire de la posture axiale du tronc lors d'accélération dans les virages pour les enfants atteints de polydéficiences. Cependant, la tête semble réagir de manière passive dans les virages pour ces enfants alors que le groupe contrôle semble posséder les capacités musculaires suffisantes pour lutter contre les accélérations de chaque virage.

## Effet du renforcement du soléaire sur la dynamique de marche chez une adolescente hémiparétique. Cas clinique

---

**Valérie ACHACHE (1); Myriam SAUNER (1,2); Francisca MEURIN (1,2); Florence PRODHOMME (1,2); Anne AVALE (1); Véronique QUENTIN (1,2); Michel THETIO (1,2)**

1. Unité Fonctionnelle d'Analyse du Mouvement / Hôpitaux de Saint-Maurice, Saint-Maurice, France  
2. Service de rééducation infantile des pathologies neurologiques congénitales / Hôpitaux de Saint-Maurice, Saint-Maurice, France

### **Résumé :**

Introduction :

Les troubles moteurs primaires existants dans la paralysie cérébrale associent des excès de contraction à une faiblesse et/ou un défaut de commande musculaire (1). De façon paradoxale, le soléaire est un muscle qui présente ces deux caractéristiques à la fois (2). Le but de cette étude a été d'observer l'effet d'un renforcement musculaire sur la dynamique de la marche chez une adolescente présentant une hémiparésie congénitale infantile avec un soléaire déficitaire.

Matériel et méthodes :

Une adolescente de 13 ans présentant une hémiparésie de type I a bénéficié d'un programme de renforcement progressif du soléaire sur 2 mois, à l'aide d'un appareil de stimulation électrique. Le renforcement musculaire a débuté en décharge, s'est poursuivi en charge puis lors de la marche et a été associé à des étirements musculaires. Trois Analyses Quantifiées de la Marche (Système VICON, plateformes AMTI) ont été réalisées : avant le programme de renforcement musculaire (A), à l'arrêt du programme de renforcement musculaire (P1) et 2 mois après (P2).

Résultats :

Le pic de puissance de cheville en pré-oscillation s'est fortement amélioré (A : 1,87 W; P1 : 2,88 W). L'amélioration a été conservée 2 mois après (P2 : 2,68 W).

Discussion et conclusions :

Le renforcement du soléaire améliore la dynamique de la marche chez l'enfant présentant une paralysie cérébrale. Le renforcement musculaire par stimulation électrique est un moyen d'améliorer la contraction d'un muscle lorsque la commande de celui-ci est déficitaire.

Références

1. Dobson F. Assessing selective motor control in children with cerebral palsy. *Dev Med & child Neurol* 2010.52:409-410
2. Fowler E.G, Staudt L.A & Greenberg M.B. Lower-extremity selective voluntary motor control in patients with spastic cerebral palsy: increased distal motor impairment. *Dev Med & child Neurol* 2010.52:264-269



## Activités du tibial antérieur et du soléaire à l'oscillation selon le chaussage chez l'enfant ayant une paralysie cérébrale

---

Christian BEYAERT (1,2); Sébastien CAUDRON (2,3); Hadrien CEYTE (2,3); Marie-Agnès HALDRIC (1); Jean PAYSANT (1,2)

1. Laboratoire d'analyse du mouvement, Institut Régional de Réadaptation, Nancy, France

2. EA3450 Développement Adaptation et Handicap, Université de Lorraine, Nancy, France

3. UFR STAPS, Université de Lorraine, Villers-lès-Nancy, France

### Résumé :

Introduction :

L'enfant avec paralysie cérébrale (PC) marche habituellement en posant le pied en équin. Ce comportement pourrait avoir une fonction adaptative permettant la pose rapide du pied à plat pour un freinage précoce de la dorsiflexion par le triceps sural. Dans cette hypothèse, l'adaptation motrice à l'utilisation de chaussures standards à cambrure positive de 4° (CCP) et de chaussures à cambrure négative de 10° (CCN) a été étudiée.

Matériel et méthodes :

Douze enfants avec PC ( $7 \pm 2$  ans, 8 diplégiques et 4 hémiplegiques), ayant des triceps spastiques et une marche autonome (GMFCS I et II), ont été observés pieds nus, avec CCN et avec CCP ainsi que 10 témoins ( $7 \pm 1$  ans) marchant pieds nus, à l'aide d'une analyse 3D de la marche. Chez les enfants diplégiques, le membre avec le soléaire le plus spastique était analysé. L'activité du tibial antérieur et du soléaire était normalisée par rapport au pic d'activité parmi les 3 conditions et par rapport au cycle de marche et moyennée sur 5 cycles.

Résultats :

La dorsiflexion au contact initial était plus importante avec CCN ( $4.9^\circ \pm 5.5$ ), que pieds nus ( $-7.3^\circ \pm 6.0$ ) ou avec CCP ( $-4.0^\circ \pm 7.0$ ), et similaire aux témoins ( $3.8^\circ \pm 3.7$ ). Lors de la période MidSwing+TerminalSwing, l'activité intégrée normalisée (%pic d'activité x %cycle de marche) du tibial antérieur était plus importante avec CCN ( $194 \pm 121$ ) qu'avec CCP ( $62 \pm 47$ ) et plus faible dans ces conditions et pieds nus ( $161 \pm 113$ ) que chez les témoins ( $644 \pm 213$ ). L'activité intégrée du soléaire ne variait pas significativement.

Discussion et Conclusion :

La dorsiflexion au contact initial lors du port de CCN, favorisée par une augmentation de l'activité du TA, permet la pose rapide de la chaussure à plat. Cette adaptation à la CCN suggère que, pieds nus, l'équin est une adaptation pour une pose rapide du pied à plat et n'est pas imposé par une dysfonction du triceps.

## Adaptation immédiate à l'utilisation de chaussures à cambrure négative chez l'enfant ayant une paralysie cérébrale

---

Sébastien CAUDRON (1,2); Hadrien CEYTE (1,2); Marie-Agnès HALDRIC (3); Jean PAYSANT (2,3); Christian BEYAERT (2,3)

1. UFR STAPS, Université de Lorraine, Villers-lès-Nancy, France

2. EA3450 Développement Adaptation et Handicap, Université de Lorraine, Nancy, France

3. Laboratoire d'analyse du mouvement, Institut Régional de Réadaptation, Nancy, France

### Résumé :

Introduction :

L'enfant avec paralysie cérébrale (PC) marche habituellement en posant le pied en équin avec contact au sol à plat ou par l'avant-pied. Ce comportement pourrait avoir une fonction adaptative permettant un freinage précoce de la dorsiflexion par le triceps sural. Dans cette hypothèse, l'adaptation motrice au port de chaussures à cambrure négative de 10° (CCN) a été étudiée.

Matériel et méthodes :

Une analyse 3D de la marche (moyenne de 5 cycles) chez douze enfants avec PC (7±2 ans, 8 diplégiques et 4 hémiplégiques, 2 GMFCS I et 10 GMFCS II) a été réalisée (1) pieds nus et (2) avec CCN dès les premiers cycles d'utilisation (CCN1) et après 5 minutes de marche (CCN2). Chez les enfants diplégiques, le membre avec le soléaire le plus spastique était analysé. L'activité du tibial antérieur et du soléaire était normalisée par rapport au pic d'activité parmi les 3 conditions et par rapport au cycle de marche.

Résultats :

La longueur du cycle de marche adimensionnelle était significativement abaissée en CCN1 (1,1±0,4) par rapport aux conditions pieds nus et CCN2 (1,5±0,2 et 1,7±0,3, respectivement). La dorsiflexion au contact initial augmentait significativement en CCN1 (6.2°±5.4) et en CCN2 (4.9°±5.5) par rapport à la condition pieds nus (-7.3°±6.0). Lors de la période MidSwing+TerminalSwing, l'activité intégrée du tibial antérieur (%pic x %cycle) était significativement plus importante en CCN1 (332±164) que pieds nus et en CCN2 (161±113 et 194±121, respectivement) tandis que celle du soléaire ne variait pas significativement.

Discussion et Conclusion :

Lors du port de CCN, la dorsiflexion au contact initial, survenant dès le début de la marche par l'effet du tibial antérieur, permet une pose précoce de la chaussure à plat. Ceci suggère que, pieds nus, l'équin soit aussi une adaptation pour poser rapidement le pied à plat et non la conséquence d'un dysfonctionnement primaire du triceps sural.

## Cout énergétique du franchissement d'obstacle chez des patients hémiplésiques

---

**Jean SLAWINSKI (1); Raphaël ZORY (2); Djamel BENSMAIL (3); Nicolas ROCHE (3); Didier PRADON (3)**

1. Centre de recherche sur le sport et le mouvement – EA 2931. Université de Paris Ouest Nanterre la Défense, 200 avenue de la république 92000 Nanterre, France.

2. Laboratoire Motricité Humaine Education Sport Santé - EA6309 Université de Nice Sophia Antipolis, Nice, France

3. Groupement de Recherche Clinique et Technologique sur le Handicap (EA 449), CIC-IT 805, CHU Raymond Poincaré, Garches, France.

### **Résumé :**

#### **Objectif :**

L'objectif de cette étude est de tester les effets de l'ajout d'obstacles lors d'un test de marche de 6 minutes (6TMM) sur les paramètres fonctionnels et les réponses cardio-respiratoires de patients hémiplésiques.

#### **Méthode :**

Quinze sujets sains et dix-sept patients atteints d'un accident vasculaire cérébral ont participé à cette étude. Ces patients ont réalisé un 6TMM sans obstacle (6TMM\_SO) et un 6TMM avec obstacles (6TMM\_AO). Durant chacun des tests les patients étaient équipés d'un analyseur de gaz portable permettant de mesurer la consommation d'oxygène (VO<sub>2</sub>). La vitesse de marche (m.s<sup>-1</sup>) et le coût énergétique (CE) ont été calculés.

#### **Résultats :**

Dans les deux groupes la vitesse de marche était plus faible dans le 6TMM\_AO et le CE significativement plus élevé. VO<sub>2</sub> était plus élevée pour les sujets sains alors qu'il restait inchangé chez les hémiplésiques.

#### **Conclusion :**

Les présents résultats montrent que chez les hémiplésiques, le franchissement d'obstacles n'augmente pas la consommation d'oxygène. Seul le coût énergétique est augmenté. Cette augmentation est expliquée par la réduction de la vitesse de déplacement. L'ensemble des résultats suggère que les tâches complexes telles que le franchissement d'obstacles, les changements de direction ou la marche sur sol instable ne sont pas limitées par des facteurs cardio-vasculaire mais par des capacités locomotrices.

## Compréhension des relations de causes à effet entre les paramètres musculosquelettiques et la cinématique de marche chez les PC

**Ayman ASSI (1,2,3); Abir MASSAAD (1,2); Ziad BAKOUNY (1); Christophe SAURET (3); Wafa SKALLI (3); Ismat GHANEM (1,2,4)**

1. Laboratoire de Biomécanique et d'Imagerie Médicale, Faculté de Médecine, Université Saint Joseph, Beyrouth, Liban
2. Gait lab, SESOBEL, Beyrouth, Liban
3. Laboratoire de Biomécanique, Arts et Métiers ParisTech, Paris, France
4. Hôpital Hôtel-Dieu de France, Beyrouth, Liban

### **Résumé :**

Introduction :

L'altération de la marche chez les enfants paralysés cérébraux (PC) est liée essentiellement à des troubles musculosquelettiques. L'objectif de cette étude est d'étudier les corrélations entre la cinématique de marche et les paramètres musculosquelettiques.

Matériels et Méthodes :

Seize enfants PC (âge  $11.6 \pm 3$ ) ont effectué un examen clinique et une AQM. Un examen EOS® a été réalisé, permettant le calcul de l'antéversion fémorale (AF), l'angle cervico-diaphysaire (ACD), la torsion tibiale et les paramètres pelviens et acétabulaires. Des acquisitions IRM ont été effectuées afin de calculer la longueur et le volume musculaire des membres inférieurs. Les corrélations entre les paramètres cliniques, musculosquelettiques en 3D et cinématiques de la marche et ont été évaluées. Les régressions linéaires multiples ont été effectuées entre les variables significativement corrélées ( $p < 0,05$ ).

Résultats :

Des corrélations significatives ont été trouvées entre la longueur du grand adducteur et l'AF ( $r = -0,72$ ) ainsi qu'avec l'incidence pelvienne ( $r = 0,84$ ). La version pelvienne était significativement corrélée avec les longueurs du rectus femoris ( $r = -0,59$ ), semi-membraneux ( $r = -0,75$ ) et semi-tendineux ( $r = -0,84$ ). Le GDI a été significativement corrélée avec l'AF ( $r = -0,62$ ) et l'ACD ( $r = -0,63$ ). En outre, les longueurs musculaires étaient significativement corrélées avec les paramètres de l'examen clinique. Les modèles de régression linéaire multiple ont été utilisés pour estimer les longueurs de différents muscles en fonction des paramètres de l'examen clinique. A titre d'exemple, le modèle de régression estimant la longueur du gracile ( $R^2$  ajusté = 0,7):

Longueur normalisée gracile =  $0,218 + 3,962 \cdot 10^{-02} \cdot \text{rotation externe hanche} / \text{Rotation interne hanche} + 2,571 \cdot 10^{-03} \cdot \text{abd hanche-genou étendu}$ .

Discussion :

De fortes corrélations ont été observées entre les paramètres pelviens et les longueurs musculaires. Les formules de régression pourraient aider à évaluer les paramètres musculosquelettiques en 3D en se basant sur des paramètres cliniques.

## Prédiction de la flexion du genou et de l'antéversion du bassin postopératoires au contact initial chez des enfants PC

---

Omar A. GALARRAGA (1,2); Vincent VIGNERON (2); Bernadette DORIZZI (3); Néjib KHOURI (1,4); Eric DESAILLY (1);

1. Unité d'Analyse du Mouvement, Fondation Ellen Poidatz, Saint-Fargeau-Ponthierry, France.
2. Laboratoire IBISC, Université d'Evry Val d'Essonne, Evry, France.
3. Laboratoire SAMOVAR, Institut Télécom SudParis, Evry, France.
4. Hôpital Necker Enfants Malades, Paris, France.

### Résumé :

Introduction :

La paralysie cérébrale (PC) entraîne des troubles de la marche pouvant être caractérisés par une flexion excessive du genou. La chirurgie d'allongement des ischio-jambiers (AIJ) diminue la flexion du genou au contact initial (FGCI), mais peut avoir des effets sur l'antéversion du bassin. L'objectif de ce travail est de simuler l'effet de l'AIJ sur la FGCI et sur l'antéversion du bassin au contact initial (ABCI). Les FGCI et ABCI postopératoires sont estimées en fonction de la cinématique et de l'examen clinique préopératoires ainsi que du type de chirurgie réalisé, en utilisant des méthodes d'apprentissage supervisé.

Matériel et méthodes :

Les variables d'entrée sont sélectionnées parmi les données cinématiques et cliniques de 191 membres inférieurs (MI) correspondants à 99 enfants atteints de PC avec la méthode de la variable de sonde [1]. Ensuite, des régressions non-linéaires sont réalisées, par perceptrons multicouches [2], pour prédire les FGCI et ABCI postopératoires.

Résultats :

En test, la RMSE (root-mean squared error) moyenne par MI est de 9,25° pour la FGCI, avec 63,21% des MI ayant une RMSE  $\leq 10^\circ$ . Pour l'ABCI, la RMSE moyenne est de 5,00° et 89,53% des MI sont prédits avec une RMSE  $\leq 10^\circ$ . 57,59% des MI ont une RMSE  $\leq 10^\circ$  à la fois sur la FGCI et l'ABCI.

Discussion et conclusion :

Pour la première fois la FGCI et l'ABCI postopératoires sont prédites en fonction de la cinématique et des données cliniques préopératoires, ainsi que du type de chirurgie. L'erreur de prédiction est indépendante des paramètres préopératoires étudiés. La FGCI est plus compliquée à estimer que l'ABCI. Des multiples perspectives de développement et d'optimisation du système sont en cours.

Références :

- [1] Guyon et Elisseff. The Journal of Machine Learning Research. 2003.
- [2] Bishop. Pattern Recognition and Machine Learning. 2006.

## L'abaissement de rotule contribue efficacement au traitement de la marche genou fléchi dans la paralysie cérébrale

---

**Eric DESAILLY (1); Camille THEVENIN-LEMOINE (2); Néjib KHOURI (1,3)**

1. Unité d'Analyse du Mouvement, Fondation Ellen Poidatz, Saint-Fargeau-Ponthierry, France

2. Hôpital des Enfants, Toulouse, France

3. Hôpital Necker Enfants Malades, AP-HP, Paris, France

### Résumé :

#### Introduction :

L'abaissement de rotule (AR) vise à améliorer la fonction quadricipitale pour corriger la marche genou fléchis chez les patients atteints de paralysie cérébrale (PC). A ce jour aucune étude n'a montré son effet dans le cadre de la chirurgie multi étagée (CME). L'objectif de cette étude est d'étudier si l'AR associé à une CME augmente l'amélioration, du minimum de flexion du genou durant le mi appui, du flexum du genou, de l'angle mort et de la qualité de marche et si l'AR diminue le pic de flexion du genou durant l'oscillation.

#### Matériel et méthodes :

Parmi 41 patients, 12 membres inférieurs ont eu un AR sans ostéotomie distale d'extension fémorale et sans libération des fléchisseurs de la hanche. L'indication d'AR était posée pour un index de Caton-Deschamps > 1.4. Un groupe «contrôle» sans AR, mais avec des gestes chirurgicaux équivalents (allongement des ischio-jambiers, transfert des droits fémoraux ...), a été rétrospectivement sélectionné par un appariement sur la base des scores de propension à être opéré d'un AR calculé à partir des valeurs préopératoire de flexum de genou, d'angle mort et de flexion minimum du genou à la mi- appui. Les données cliniques et les paramètres cinématiques 3D sont comparés.

#### Résultats :

L'amélioration de la flexion minimum du genou a été significativement supérieur dans le groupe avec AR:  $-24 \pm 12^\circ$  (95%CI:  $16^\circ$ - $32^\circ$ ) vs  $-12 \pm 7^\circ$  (95%CI:  $8^\circ$ - $16^\circ$ ) ( $F=7.38$ ;  $p=0,01$ ). Dans les deux groupes l'amélioration du GDI a été équivalente. Le flexum du genou a été uniquement amélioré dans le groupe avec AR et l'angle mort n'a été amélioré dans aucun des groupes. Le pic de flexion du genou pendant l'oscillation n'a été modifiée dans aucun groupe.

#### Discussion/conclusion :

Il y a un bénéfice à pratiquer un AR lors d'une CME quand la rotule est haute chez les enfant et adolescents PC marchant genou fléchis.

# Analyse descriptive du mouvement des membres supérieurs pendant la marche chez les personnes atteintes de paralysie cérébrale

---

Alice BONNEFOY-MAZURE (1); Yoshisama SAGAWA JR (2); Geraldo DECOULON (1); Pierre LASCOMBES (1); Stéphane ARMAND (1)

1. Hôpitaux Universitaires de Genève et Université de Genève, Genève, Suisse.

2. CHRU de Besançon, France.

## Résumé :

Introduction :

Le mouvement des membres inférieurs pendant la marche des patients atteints de paralysie cérébrale (PC) a été largement analysé dans la littérature [1]. Cependant, la question des mouvements des membres supérieurs pendant la marche a reçu moins d'attention [2]. Le but de cette étude était donc d'étudier les mouvements des membres supérieurs chez les patients PC.

Matériel et méthodes :

Une étude rétrospective a été réalisée incluant 92 patients PC (42 femmes et 50 hommes) dont 48 hémiplésiques (HE) et 44 diplégies (DI). Un groupe de contrôle (GC) de 15 sujets a été ajouté (7 femmes et 8 hommes). Pour les patients DI et le GC, 88 et 30 bras ont été respectivement analysés. Pour les patients HE, 48 bras dits affectés (HE-A) et 48 bras dits non-affectés (HE-NA) ont été analysés. Les paramètres cinématiques analysés étaient : élévation de l'épaule, flexion du coude, inclinaison et obliquité du tronc, positions verticale et antéro-postérieure des mains et angle du bras [3, 4]. Les analyses statistiques ont été effectuées pour comparer les paramètres du GC avec celle des HE-A et HE-NA ainsi qu'avec celle des DI.

Résultats :

Les résultats ont montré que les patients DI ont un angle des bras, coudes et épaules plus grands comparé aux patients HE. Les patients HE adoptent des mouvements d'épaule différents entre leur côté affecté et non-affecté.

Discussion et conclusion :

Le mouvement des bras permet aux patients CP de stabiliser leur marche, de compenser les altérations des membres inférieurs et de mettre en place des stratégies pour optimiser et contrôler leurs mouvements. Ces observations confirment que les membres supérieurs doivent être intégrés dans les programmes de réadaptation pour améliorer la coordination entre ses membres, réduire les dépenses d'énergie et enfin améliorer la vitesse de marche [5].

Références :

[1] Perry and Burnfield., (2nd ed.). Thorofare N.J.: Slack, 2010. [2] Meyns et al., EJP, 16, 528-535; 2012. [3] Meyns et al., RDD,32, 1957-64; 2011. [4] Bonnefoy-Mazure et al., RDD, 34,2684-93; 2013. [5] Collins et al., PBS, 276,3679-3688; 2009.

# Prédiction de la marche de la paralysie cérébral depuis les paramètres cliniques en utilisant des techniques de machine learning

---

**Pablo STRASSER (1,2), Alice BONNEFOY-MAZURE (3), Jun WANG(2), Stéphane ARMAND (3), Alexandros KALOUSIS (1,2)**

1. Department of Business Informatics, University of Applied Sciences, Western Switzerland, Geneva, Switzerland

2. Computer Science Department, University of Geneva, Geneva, Switzerland

3. Hôpitaux Universitaires de Genève et Université de Genève, Genève, Suisse.

## Résumé :

Introduction :

La locomotion humaine implique des motifs spatio temporelles complexe qui sont gouvernés par des contraintes biomécanique, neurologique et fonctionnel.

Dans la marche pathologique, beaucoup de paramètre clinique influence les motifs de la marche [1].

La question de comment les motifs de marche de la paralysie cérébral (CP) sont encodés dans les données cliniques et comment cette information peut être récupérée est complexe et pose un réel défi. Donc, le but de cette étude a été d'évaluer si les mesures cliniques sont suffisantes pour reproduire les angles sagittal de la marche CP. Pour cela, quatre différents modèle de l'extraction automatique de connaissance ont été utilisé pour prédire les angles des membres inférieurs et ont été comparés.

Matériel et méthodes :

145 patients CP ont été inclut dans cette étude. Trente six paramètre clinique (amplitude articulaire, force musculaire et spasticité des membres inférieurs) ont été utilisés comme un vecteur d'entrée de dimension 36. Depuis l'analyse clinique de la marche, les angles de la hanche, du genou, et de la cheville du plan sagittal ont été sélectionné (série temporelle de 101 points pour chaque angle d'articulation).

Depuis les données expérimentaux, quatre algorithmes standard ont été testés: Médiane, Régression linéaire, SVM, Réseaux de Neurone.

Résultats :

Toutes les méthodes ont été comparée entre elle en utilisant un t-test des moindres carré pour tout les patients ainsi que le nombre de fois qu'une méthode est meilleur que l'autre.

SVM et les réseaux de neurones sont presque toujours meilleur que la médiane de façon significative contrairement à la méthode linéaire qui a une performance similaire que la médiane.

Discussion et conclusions :

En conclusion, l'étude de méthode plus avancée que linéaire sont nécessaire pour faire des prédictions de marche pathologique. En effet les cliniciens sont capable de déterminer la relation entre les donnée clinique et l'AQM pour interpréter la déviation de la marche et choisir des stratégie thérapeutique; mais, nos résultats mettent en évidence la difficulté de trouver ses liens avec une approche mathématique.



## **Faisabilité et reproductibilité d'un exosquelette capable de répliquer des contractures musculaires à la marche : application sur les gastrocnémiens et soléaires**

---

**Michael ATTIAS (1,2,3); Alice BONNEFOY-MAZURE (1); Anne TABARD (1); Lena CARCREFF (1); Pierre HOFFMEYER (4); Geraldo DECOULON (2); Stéphane ARMAND (1)**

1. Hôpitaux Universitaires de Genève et Université de Genève, Genève, Suisse
2. Haute école de Santé de Genève (HES-SO), Genève, Suisse
3. Université Claude Bernard, Lyon1, France

### **Résumé :**

#### **Introduction :**

La contracture correspond à un raccourcissement permanent du complexe musculo-ligamentaire-tendineux limitant la mobilité des articulations. Elle est impliquée dans de nombreuses pathologies (paralysie cérébrale, hémiplégie, etc.) L'objectif de cette étude est de concevoir et de valider un exosquelette capable d'émuler des contractures.

#### **Méthode :**

Un exosquelette a été réalisé suivant les règles suivantes : ajustable à différentes morphologies; respect des principales lignes d'actions musculaires; placement des marqueurs réfléchissants sur les repères anatomiques; capable de répliquer des contractures sur 8 muscles des membres inférieurs bilatéralement.

Quatre combinaisons de contracture ont été émulées sur 6 participants « sains » : unilatérales et bilatérales sur les gastrocnémiens (-20° de flexion dorsale de cheville, genou en extension) et soléaires (-10° de flexion dorsale de cheville). Deux sessions d'analyse de la marche (Vicon, Plug-in-Gait) ont été effectuées à une semaine d'intervalle afin d'évaluer la reproductibilité des contractures émulées. Quatre variables ont été choisies pour analyser la cinématique de la cheville : l'angle de flexion plantaire au contact initial, l'angle de flexion dorsale maximale, la position moyenne de flexion de cheville lors de la phase d'appui et l'amplitude de cheville (flexion/extension) durant un cycle de marche. Le coefficient de corrélation interclasse (ICC) a été calculé afin de vérifier la reproductibilité des contractures émulées.

#### **Résultats :**

Sur les quatre combinaisons de contractures émulées, l'ICC a montré : une reproductibilité excellente (ICC>0.75) pour le gastrocnémien unilatéral; une reproductibilité excellente à acceptable (ICC entre 0.4-0.75) pour les gastrocnémiens bilatéraux, les soléaires bilatéraux, et soléaire unilatérale.

#### **Conclusion :**

Cette nouvelle approche permettra de mieux comprendre les altérations de marche en lien avec les contractures en différenciant altérations et compensations. Les aboutissements de ce projet contribueront à améliorer la prise en charge des altérations de la marche pour les personnes atteintes de contractures.

## Evaluation Inter et intra observateur d'une interface graphique de cotation de la marche

---

Lionel LEJEUNE (1); Pierre Manuel BLANC (2); Daniel YEPREMIAN (3); Farid HAREB (4); Eric DESAILLY (5)

1. Unité d'Analyse du Mouvement, Fondation Ellen Poidatz, Saint-Fargeau-Ponthierry, France

### Résumé :

Introduction :

Bien plus fréquente que l'AQM, l'analyse observationnelle de la marche nécessite néanmoins rigueur et expertise. Développée à partir d'éléments pertinents provenant de différentes échelles déjà existantes, une interface graphique de cotation de la marche a été proposée (1). Ce travail vise à en évaluer la reproductibilité et la répétabilité ainsi qu'à évaluer l'effet de l'expertise de l'évaluateur.

Matériel et méthode :

20 vidéos de patients présentant une paralysie cérébrale (GMFCS 1 ou 2) sont évaluées par 2 groupes d'utilisateurs (professionnels de l'analyse du mouvement vs étudiants Masseur kinésithérapeute 3ème année) à 15 jours d'intervalle. Chaque évaluateur a eu la même présentation des différents items de passation. Les performances sont évaluées par score de kappa pondéré.

Résultats :

Pour 80% des items (12/15) les reproductibilités et les répétabilités sont supérieures ou égales à celles de la littérature (2,3). 20% sont en revanche inférieures (arrière pied à l'appui, rotation de hanche, flexion de hanche). Les valeurs de répétabilité et de reproductibilité du score global de l'échelle sont équivalentes chez les experts et chez les novices (expert: intra wk=0.84 et inter wk=0.76, novice: intra wk=0.84 et inter wk=0.77).

Discussion/conclusion:

Cette nouvelle interface graphique de cotation de la marche élaborée de façon composite à partir des items de différentes échelles améliore la fiabilité de ces items. De plus l'assistance fournie par l'interface graphique semble compenser le déficit d'expertise des novices. Des améliorations pour trois items sont en cours de développement.

Références:

1 [http://www.sofamea.org/index.php?option=com\\_docman&task=cat\\_view&gid=19&Itemid=38&lang=fr](http://www.sofamea.org/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=19&Itemid=38&lang=fr)

2 Rathinam et al. , Gait & Posture, 2014

3 Mackey et al. , Developmental Medicine & child Neurology, 2003

## Angles 3d de Bryant et angles projetés lors de l'analyse du mouvement

**François LAVASTE (1,2); Coralie VILLA (1); Hélène PILLET (2)**

1. INI, Centre d'Etude et de Recherche sur l'Appareillage des Handicapés, Woippy, France.
2. Arts et Metiers ParisTech, LBM, Paris, France;

### Résumé :

Introduction :

En biomécanique, les positions angulaires 3D d'un segment ou d'une articulation sont obtenues classiquement par le calcul de trois angles avec la méthode des axes mobiles. Cependant, en clinique, il est intéressant de connaître les angles projetés correspondant aux angles visibles sur les radiographies face / profil. En clinique par abus de langage ces angles 3D sont appelés, angle dans le plan frontal pour l'angle  $\alpha$  mesuré sur  $OX_0$ , angle dans le plan sagittal pour l'angle  $\gamma$  mesuré sur  $OZ''_0=OZ_1$ , angle dans le plan transverse pour l'angle  $\beta$  mesuré sur  $OY'_0$ , dans la séquence  $X_0, Y'_0, Z''_0 = Z_1$  avec  $Y_0OZ_0$  plan frontal,  $X_0OY_0$  plan sagittal. L'objectif est de comparer les angles 3D avec les angles projetés dans les plans anatomiques.

Matériel Méthodes :

Trois positions du segment tête  $(R_1)=O X_1, Y_1, Z_1$  par rapport au repère de mesure  $(R_0)=O X_0, Y_0, Z_0$  sont envisagées. Les angles 3D associés à ces positions, pour une séquence  $X_0, Y'_0, Z''_0=Z_1$ , sont :

Position 1  $\alpha=30^\circ \beta=60^\circ \gamma=45^\circ$  / Position 2  $\alpha=15^\circ \beta=45^\circ \gamma=30^\circ$  / Position 3  $\alpha=10^\circ \beta=15^\circ \gamma=6^\circ$

Les angles projetés du segment tête sont calculés par :

- $\alpha_2$  = projection de  $(Y_0, Y_1)$  dans le plan frontal obtenu par  $A(\alpha_2)C(\gamma)B(\beta)=P(R_0R_1)$
- $\beta_1$  = projection de  $(X_0, X_1)$  dans le plan transverse obtenu par  $B(\beta_1)C(\gamma)A(\alpha)=P(R_0R_1)$
- $\gamma_2$  = projection de  $(Y_0, Y_1)$  dans le plan sagittal obtenu par  $C(\gamma_2)A(\alpha)B(\beta)=P(R_0R_1)$

A, B, C, sont les matrices de rotation autour de  $OX, OY, OZ$ .

Résultats :

Le tableau présente les valeurs des angles 3D obtenus par la séquence d'axes mobiles  $X_0, Y'_0, Z''_0=Z_1$  et des angles projetés.

Angles 3D / Séquence  $X_0, Y'_0, Z''_0=Z_1$

Position 1  $\alpha=30^\circ \beta=60^\circ \gamma=45^\circ$  / Position 2  $\alpha=15^\circ \beta=45^\circ \gamma=30^\circ$  / Position 3  $\alpha=10^\circ \beta=15^\circ \gamma=6^\circ$

Angles projetés

Position 1  $\alpha_2=71^\circ \beta_1=27^\circ \gamma_2=49^\circ$  / Position 2  $\alpha_2=37^\circ \beta_1=37^\circ \gamma_2=25^\circ$  / Position 3  $\alpha_2=12^\circ \beta_1=14^\circ \gamma_2=6^\circ$

Discussion :

Pour un segment corporel, les angles 3D sont différents des angles projetés lorsque les trois angles 3D sont supérieurs à  $15^\circ$  (positions 1 et 2). Les angles 3D sont équivalents aux angles projetés si les trois angles 3D sont inférieurs à  $15^\circ$  (position 3), dans ce cas interpréter les angles 3D comme angles projetés reste acceptable. Les mêmes résultats sont obtenus pour les angles articulaires

Références :

Skalli, W., Lavaste, F. & Descrimes, J. L., 1995. Quantification of three-dimensional vertebral rotations in scoliosis: what are the true values?. Spine (Phila Pa 1976), Mar, 20(5), pp. 546-553.

## Evaluation d'un algorithme de détection des événements de contact du pied pour six types de marches pathologiques

---

Florent MOISSENET (1); Alexandre NAAIM (1,2); Céline SCHREIBER (1); Elisabeth KOLANOWSKI (1); Frédéric CHANTRAINE (1)

1. Laboratoire d'Analyse du Mouvement et de la Posture, CNRFR - Rehazenter, 1 rue André Vésale, L-2674 Luxembourg, Luxembourg

2. Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs, UMR\_T9406, Université de Lyon, IFSTTAR, F-69622 Lyon, France

### Résumé :

Introduction :

La détection des événements de contact du pied pendant la marche (contact initial et contact final) demeure difficile à automatiser avec un algorithme unique pour couvrir la majorité des marches pathologiques. La détection manuelle, éventuellement assistée des forces de réaction au sol, est ainsi souvent privilégiée en pratique clinique, allongeant le temps de traitement des données de manière significative. Cependant, un nouvel algorithme [1], basé sur la vitesse d'avancement du pied dans le repère bassin, a été validé pour des sujets asymptomatiques, des patients atteints de sclérose en plaque et des patients post-AVC.

Objectif :

L'objectif de notre étude était d'évaluer le décalage temporel entre les événements calculés par cet algorithme et une détection manuelle pour six types de marches pathologiques (équin, pied-plat, varus, valgus, rotation interne et externe), indépendamment de la pathologie.

Méthode :

Vingt-cinq patients ont été sélectionnés et un cycle de marche représentatif a été retenu pour chaque patient. Toutes les mesures ont été obtenues à l'aide d'un système de 10 caméras optoélectriques (Oqus, Qualisys, Suède) échantillonnées à 100Hz et les événements ont été définis manuellement par un utilisateur expert. L'algorithme de détection [1] a alors été appliqué et le décalage temporel de ces événements par rapport à la détection manuelle a été calculé.

Résultats :

Pour l'ensemble des cycles, l'écart moyen entre les événements calculés et définis manuellement est inférieur à 3 images. L'écart est similaire pour l'ensemble des marches évaluées avec un écart sensiblement plus important sur le contact initial que sur le contact final. Cependant, la valeur maximale de cet écart peut dépasser 10 images lorsque le pied recule avant le contact initial.

Conclusion :

L'algorithme proposé semble être en mesure de remplacer une détection manuelle pour les cas testés.

Références :

[1] Zeni et al., Gait and Posture 27, 2008

## Evaluation de l'effet d'un appareillage de dérotation de hanche à l'aide d'un nouveau modèle cinématique

---

Eric DESAILLY (1); Farid HAREB (1); Michel JARRIGE(1); Elisabeth KEROULE (1); Lionel LEJEUNE (1); Djilali BOUCHAKOUR (1); Néjib KHOURI (1,2)

1. Unité d'Analyse du Mouvement, Fondation Ellen Poidatz, Saint-Fargeau-Ponthierry, France

2. Hôpital Necker Enfants Malades, AP-HP, Paris, France

### Résumé :

Introduction :

La patiente, prématurée, présente une hémiplégie par AVC temporo-pariétal gauche anténatal. Une attitude de marche en rotation externe de hanche avec raideur du genou apparait et est confirmée par AQM à 5 ans, un Appareillage de Dérotation de hanche unilatéral par câble (AD) est prescrit pour apprécier l'intérêt d'un traitement chirurgical précoce. Ses effets sont étudiés par une modélisation biomécanique avancée.

Matériel et méthode :

L'enfant présente un IMC de 21. L'AD rend le placement des marqueurs anatomiques impossibles sur le bassin, le genou et la jambe. Compte tenu de ces contraintes, un modèle à 52 de marqueurs a été utilisé pour déterminer des repères techniques. Après identification fonctionnelle des centres et axes articulaires (1,2), et définition de repères cinématiques originaux, la cinématique de la marche est calculée par cinématique inverse (3). Trois essais de marche sont enregistrés avec puis sans la partie pelvienne et le câble de torsion.

Résultats :

La performance des identifications fonctionnelles est évaluée par le calcul des variations de longueurs segmentaires entre les conditions (max  $\Delta L=9,7\text{mm}$ ) et par le calcul des résidus SCORE (max  $r=0.0305$ ). La progression externe du pied droit est corrigée ( $-22^\circ$ ) par diminution de la rotation externe de hanche ( $-12^\circ$ ) et correction de la rétroposition du bassin ( $-10^\circ$ ). La flexion du genou droit est améliorée ( $+15^\circ$ ). La progression du pied gauche passe de  $0^\circ$  à  $15^\circ$ .

Discussion et conclusion :

Les indicateurs de la qualité sont bons. L'effet de correction de l'AD est validé. Des améliorations inattendues sur le genou et le pied controlatéral sont mesurés. Paradoxalement, la rotation externe droite du bassin est corrigée malgré le couple de rotation externe transmis par l'AD. La meilleure présentation du pied permettrait une compensation de ce couple potentiellement perturbateur. Ces effets sont intégrés dans la prise de décision d'une possible ostéotomie fémorale.

Références :

1 Ehrig.J\_Biomech.2006

2 Ehrig.J\_Biomech.2007

3 Lu.J\_Biomech.1999

## Modélisation de l'activité métabolique musculaire par imagerie TEP

---

Sara TROMBELLA (1); David GARCIA JUAN (2); Didier COLIN (3); Stéphane GERMAIN (4); Yann SEIMBILLE (5); Osman RATIB (6)

1. Faculté des Sciences, Université de Genève, Genève, Suisse

2. Service de Médecine Nucléaire, Hôpitaux Universitaires de Genève, Genève, Suisse

### Résumé :

#### Introduction :

Notre but est de développer et valider par une étude animale un model cinétique métabolique de l'activité musculaire à partir des images micro-TEP/CT avec acétate-11C.

#### Matériels et méthodes :

Un model animal a été développé à partir des contractions musculaires physiologiques induites par électrostimulation de la patte postérieure du rat anesthésié ayant pour but de mesurer l'activité métabolique musculaire avec un scanner TEP/IRM et acétate-11C. La concentration dynamique d'activité sanguine et la concentration d'activité moyenne obtenue des régions d'intérêt définies pour le muscle sur les images TEP/CT, ont été utilisées pour obtenir une mesure semi-quantitative de l'activité musculaire et pour construire un model compartimental de la cinétique du traceur. Au but de quantifier la différence d'activité à l'effort, la patte stimulée a été comparée avec la patte à repos.

#### Résultats :

L'étude a inclus 18 rats (Wistar), selon un protocole approuvé par la commission éthique vétérinaire locale. Une analyse préliminaire est en cours sur un premier groupe de cas. Les Standardised Uptake Values (SUV) ont été comparés avec l'activité métabolique musculaire estimée à partir d'un model compartimenté du traceur. Un programme d'analyse a été développé dans le but d'extraire les données quantitatives utilisées pour évaluer l'activité métabolique musculaire au repos et pendant l'effort.

#### Discussion et Conclusion :

Nos expériences ont démontré la faisabilité de mesurer par TEP/CT avec acétate-11C une activité métabolique augmentée dans le muscle pendant exercice. Ce model pourrait être appliqué à l'humain pour une l'évaluation quantitative de l'activité musculaire à partir des images acquises des scanners TEP/IRM.

#### Références :

[1] Kanchiku T et al: Development of less invasive neuromuscular electrical stimulation model for motor therapy in rodents. *The Journal of Spinal Cord Medicine* 35 (2012) 162–169

[2] Buck A et al.: Effect of carbon-11-acetate recirculation on estimates of myocardial oxygen consumption by PET. *J Nucl Med* 32 (1991) 1950–1957

# Modèle informatique multimodal et multidimensionnel des muscles de la jambe

---

**David GARCIA (1); Sara TROMBELLA (1); Osman RATIB (1)**

1. Service de Médecine Nucléaire, Hôpitaux Universitaires de Genève, Genève, Suisse.

## Résumé :

Introduction :

Troubles musculo-squelettiques représentent une majorité des maladies professionnelles et la principale raison d'absentéisme dans l'Union européenne (UE) [1]. Nous proposons un modèle informatique multimodal et multidimensionnel adapté à chaque individu pour l'étude de l'activité des muscles des membres inférieurs à partir d'images anatomiques et métaboliques acquises avec un scanner PET/IRM hybride. La partie présentée ici est le modèle 4D de la fonction musculaire à partir d'images IRM dynamiques.

Matériel et méthodes :

Des images 3D statiques et 2D dynamiques sont acquises lors d'exercice du membre inférieur. Les contours des muscles sont extraits à partir des images 3D statiques et appliqués aux images dynamiques 2D, des points de référence des contours à un temps donné sont calculés et reliés entre eux, offrant ainsi un modèle 4D par interpolation 3D de la forme du muscle à chaque point dans le temps.

Résultats :

Des séquences spécifiques d'imagerie IRM ont été développées et testées dans un premier groupe de cinq bénévoles. L'ensemble de données 2D et 3D ont été utilisées pour l'extraction et la segmentation des muscles du membre inférieur et pour l'interpolation dans les différentes phases de l'activité musculaire. Notre algorithme d'interpolation a été appliqué pour générer un modèle 4D de l'activité du muscle.

Conclusion :

La technique développée permet de créer un modèle 4D spécifique à chaque patient à partir d'images d'IRM statiques et dynamiques acquises pendant le mouvement. Ce modèle sera étendu par l'ajout de données métaboliques PET acquises dans la même session avec le scanner hybride PET/IRM qui peuvent être affichés sous forme d'images multiparamétriques. Cet outil permettra l'évaluation objective de la récupération musculaire des patients après une chirurgie ou de blessures traumatiques.

References :

[1] Parent-Thirion, et al, "5th European Working Conditions Survey," Publications Office of the European Union, Luxembourg (2012).

## **Fiabilité et sensibilité au changement des paramètres de l'analyse postural chez des patients présentant une arthrose de hanche.**

---

**Davy LAROCHE(1-2); Alexandre KUBICKI(2); Paul J. STAPLEY(3); Vincent GREMEAUX(1-2-4); Claire MORISSET(1-2); Jean-Francis MAILLEFERT (2-5); Paul ORNETTI (2-5)**

1. CIC INSERM 1432, Plateforme d'Investigation Technologique, Dijon University Hospital, Dijon – France
2. INSERM U1093, University of Burgundy, Dijon, France
3. Neural Control of Movement Laboratory, School of Medicine, Illawarra Health and Medical Research Institute, University of Wollongong , Wollongong, Australia
4. Department of physical medicine and rehabilitation, Dijon University Hospital, Dijon, France
5. Department of rheumatology, Dijon University Hospital, Dijon, France

### **Résumé :**

#### Introduction :

La mesure de la fonction est essentielle dans la recherche et la pratique clinique chez les patients avec une arthrose de hanche car elle entraîne le choix de la thérapie prescrite. En plus de la douleur, une faiblesse musculaire et la raideur articulaire, des capacités posturales affaiblies ont été rapportées. Le but de cette étude était de déterminer un ensemble de mesures fiables et sensibles au changement pour l'évaluation de l'équilibre chez les patients souffrant d'arthrose de hanche.

#### Matériel et méthodes :

Trois groupes de sujets ont été inclus dans cette étude: sujets sains, sujets avec arthrose de hanche sans indication de chirurgie, et avec indication de chirurgie (évaluation pré et post-opératoire). Les sujets devaient effectuer des tests d'équilibre dans deux positions: standard et pieds joints. La fiabilité et la sensibilité au changement ont été évaluées pour 19 paramètres calculés à partir du centre de pression.

#### Résultats :

Les valeurs des coefficients de corrélation intraclasse allaient de -0,03 à 0,9 avec cinq des dix-neuf paramètres (longueur, la vitesse moyenne et écart-type, et la Root Mean Square antéro-postérieure (RMSAP)) avec ICC>0,7. Ces paramètres étaient sensibles au changement (sain vs. non-chirurgie; chirurgie vs. non-chirurgie; pré vs post chirurgie). Le paramètre RMSAP présentait une bonne la sensibilité (0,75) et spécificité (0,81) pour distinguer le groupe chirurgie pré du groupe sans chirurgie.

#### Discussion et Conclusion :

Nos résultats montrent une bonne fiabilité et sensibilité au changement de plusieurs paramètres posturaux chez les patients présentant une arthrose de hanche. Ces paramètres nous ont permis de discriminer entre les degrés de sévérité de l'arthrose et mis en évidence des déficits d'équilibre potentiels, même 6 mois après arthroplastie. Les paramètres sélectionnés lors de l'évaluation posturale peuvent être utilisés pour compléter l'ensemble des mesures évaluant les déficiences des patient arthrosiques.



## Variabilité et cohérence des activités sEMG du membre inférieur avant et après pose de prothèse totale de hanche

---

**Delphine BESSON (1); Audrey BAUDET (1); Maxime POINT (2); Vincent GREMEAUX (3-4); Sébastien DUC (2); Paul ORNETTI (3-5); Davy LAROCHE (1-3)**

1. INSERM CIC 1432, Plateforme d'Investigation Technologique, Dijon University Hospital, Dijon, F-21078, France

2. University of Reims Champagne-Ardenne, Reims Cedex 2, France

3. INSERM U1093, Dijon, F-21079, France

4. Department of physical medicine, Dijon University Hospital, Dijon, F-21078, France

5. Department of rheumatology, Dijon University Hospital, Dijon, F-21078, France

### Résumé :

#### Introduction :

L'Arthroplastie totale de hanche (PTH) est une intervention chirurgicale indiquée pour les patients ayant une arthrose de la hanche sévère. Leur fonction est modifiée ainsi que leur patron de marche et en particulier l'activité musculaire. Le but de cet article était d'examiner la cohérence et la variabilité de l'activité sEMG pendant la marche chez des patients, pré et post-THA, par rapport à des témoins sains.

#### Matériel et méthodes :

72 patients et 36 sujets sains ont été inclus dans cette étude. Lors d'une marche de 10m à allure confortable, 14 muscles du membre inférieur et du dos ont été enregistrés les recommandations du SENIAM1. Les activités musculaires ont été groupées par nombre d'activations, la consistance et la variabilité intra/inter-sujet des signaux sEMG ont été évalués pour chaque muscle à l'aide du coefficient de variation (CV), du coefficient de corrélations multiples (CMC), du ratio de variance (VR). Ces coefficients ont été comparés avant-après, THA et vis-à-vis des contrôles.

#### Résultats :

La cohérence pour les contrôles était excellente ( $CMC > 0,75$ ). Pour le groupe de patients avant THA, la cohérence était de modérée à bonne ( $0,6 < CMC < 0,75$ ) alors qu'après elle était excellente ( $CMC > 0,75$ ). Aucune différence de CV a été trouvée entre contrôles et patients pré-post-opératoire.

#### Discussion et Conclusion :

Ces résultats suggèrent que l'analyse sEMG des patients arthrosiques a besoin de recommandations: (1) le groupement des signaux sEMG dans les modalités les plus représentatives, (2) l'examen de la variabilité des signaux dans le domaine temporel, (3) l'acquisition d'un grand nombre d'essais.

#### Références :

1. Hermens HJ et al J. Electromyogr. Kinesiol. 2000;10(5):361-374.

## Effet prospectif sur la cinématique dans le plan frontal de l'arthroplastie totale du genou

**Gabriel LAROSE (1,2); Frédéric LAVOIE (3); Jacques de GUISE (1,4); Nicola HAGEMEISTER (1,4)**

1. Laboratoire de recherche en imagerie et orthopédie, Centre de recherche du Centre Hospitalier de l'Université de Montréal, Montréal, Canada
2. Université de Montréal, Montréal, Canada
3. Service d'orthopédie, Centre Hospitalier de l'Université de Montréal, Hôpital Notre-Dame, Montréal, Canada
4. École de technologie supérieure, Montréal, Canada

### Résumé :

#### Introduction :

Un objectif de l'arthroplastie totale du genou est de repositionner l'axe mécanique du genou dans un alignement neutre ( $0^\circ \pm 3^\circ$ ). Une corrélation entre cet axe mesuré par rayon-x et analyse dynamique a été démontrée chez des sujets arthrosiques [1]. Cependant, la capacité de la chirurgie à rétablir une cinématique neutre dans le plan coronal, semblable à celle de sujets sains, n'a pas été clairement démontrée[2].

#### Méthodes :

15 participants en attente d'une arthroplastie totale du genou ont été recrutés. Ils ont été évalués avant et 12 mois après la chirurgie. Chaque évaluation consistait en une évaluation médicale, une analyse de la cinématique tridimensionnelle du genou à la marche (KneeKGTM) et un rayon-x. 17 participants asymptomatiques ont été recrutés (groupe contrôle).

#### Résultats :

L'alignement statique, mesuré par rayon-x, est corrigé en postopératoire (PRE  $5,3^\circ$  POST  $-0,4^\circ$  p 0,002). Pour la cinématique dans le plan frontal, on remarque une diminution de l'adduction moyenne durant la phase d'appui post-chirurgie (PRE  $6,3^\circ$  POST  $1,7^\circ$  Contrôle  $1,0^\circ$  p 0,0005). De plus, il y a une corrélation linéaire entre l'axe mécanique au rayon-x et l'adduction mesurée durant le cycle de marche (Pearson : 0,69 p 0,0001). Néanmoins, l'amplitude totale d'adduction/abduction est réduite quand on compare les patients post-op et le groupe contrôle (PRE  $6,4^\circ$  POST  $5,9^\circ$  Contrôle  $8,7^\circ$  p 0,01).

#### Discussion :

Cette étude nous permet d'avoir une meilleure compréhension des mouvements dans le plan frontal suite à une prothèse totale du genou. Ces résultats tendent à montrer une correction à la fois de l'axe mécanique et de la cinématique dans le plan coronal suite à la chirurgie. Il a ensuite été possible de confirmer la corrélation entre l'alignement statique et l'alignement dynamique, et ce aux différentes sous phases du cycle de marche. Il est aussi intéressant de noter que la chirurgie contraint légèrement le mouvement dans le plan frontal tout au long du cycle de marche, comparé au genou asymptomatique.

#### Références :

1. Mundermann, A., et al., A comparison of measuring mechanical axis alignment using three-dimensional position capture with skin markers and radiographic measurements in patients with bilateral medial compartment knee osteoarthritis. *Knee*, 2008. 15(6): p. 480-5.
2. Orishimo, K.F., et al., Does total knee arthroplasty change frontal plane knee biomechanics during gait? *Clin Orthop Relat Res*, 2012. 470(4): p. 1171-6.

## Effet de deux designs d'implants de prothèse totale du genou sur la cinématique 3D: préservant les croisés et postero-stabilisés

**Gabriel LAROSE(1,2); Frédéric LAVOIE (3); Jacques de GUISE (1,4); Nicola HAGEMEISTER (1,4)**

1. Laboratoire de recherche en imagerie et orthopédie, Centre de recherche du Centre Hospitalier de l'Université de Montréal, Montréal, Canada
2. Université de Montréal, Montréal, Canada
3. Service d'orthopédie, Centre Hospitalier de l'Université de Montréal, Hôpital Notre-Dame, Montréal, Canada
4. École de technologie supérieure, Montréal, Canada

### Résumé :

#### Introduction :

Les techniques chirurgicales d'arthroplastie du genou conservant les ligaments croisés (2C) ont pour objectif d'améliorer la stabilité et la biomécanique du genou. Des études fluoroscopiques ont d'ailleurs décrit des points de contact fémur/tibia plus près du mouvement de genoux sains [1]. Certaines études rapportent finalement de meilleurs résultats cliniques comparativement aux implants postéro-stabilisés (PS) [2,3]. L'impact de ces différents implants sur la cinématique 3D du genou est toutefois encore peu connu.

#### Méthodes :

15 candidats pour une arthroplastie du genou ont été randomisés pour recevoir soit un implant 2C (n=7) ou un implant PS (n=8). Chaque groupe a été évalué pré-chirurgie et 12 mois post-chirurgie par un examen médical, une analyse cinématique 3D à la marche (KneeKGM) et un rayon x. 17 participants asymptomatiques ont été recrutés( groupe contrôle).

#### Résultats :

On remarque une correction significative dans le plan coronal postopératoire vers un alignement neutre qui est similaire pour les 2 types d'implants (p 0,005). On note chez le groupe PS postopératoire une plus grande excursion en adduction que le groupe contrôle durant le chargement (PS-POST 2,5° Contrôle 0,9° p 0,02). On remarque une diminution de l'excursion en rotation interne lors du chargement pour les sujets post prothèse 2C par rapport au groupe contrôle (p 0,04). Une augmentation de la rotation tibiale externe, de pré à post-chirurgie, était significative seulement dans le groupe 2C (p 0.004)

#### Discussion :

Malgré un nombre limité de sujets par groupe, cette étude propose des pistes pour comprendre l'impact de la conservation des ligaments croisés sur la cinématique du genou. Chez un sujet sain, le ligament croisé antérieur limite la rotation tibiale interne ainsi que le varus. La résection des ligaments croisés pour la prothèse PS pourrait expliquer pourquoi les sujets avec l'implant PS semblent avoir moins de contrôle en rotation axiale et en adduction/varus lors du chargement.

#### Références :

1. Komistek, R.D., et al., In vivo kinematics for subjects with and without an anterior cruciate ligament. Clin Orthop Relat Res, 2002(404): p. 315-25.
2. Cherian, J.J., et al., Bicruciate-retaining total knee arthroplasty: a review. J Knee Surg, 2014. 27(3): p. 199-205.
3. Pritchett, J.W., Patients prefer a bicruciate-retaining or the medial pivot total knee prosthesis. J Arthroplasty, 2011. 26(2): p. 224-8.

## Bien-fondé d'un programme de prise en charge multimodale dans le traitement de l'arthrose du genou

---

**Marc THERRIEN (1); Robert Pontbriand (2); Philippe LANDRY (1); Celine EL-HACHEM (1); Alexandre FUENTES (1)**

1. Centre du genou Emovi, Laval, Canada
2. Centre de médecine sportive de Laval, Laval, Canada

### Résumé :

Introduction :

La prise en charge actuelle de l'arthrose du genou s'attarde principalement à réduire la douleur et non à intervenir sur les causes multifactorielles de celle-ci. Cette étude vise à évaluer l'impact d'un programme multimodal visant à personnaliser le plan de traitement selon les caractéristiques cliniques de chaque patient.

Matériels et méthodes :

Une série consécutive de 68 personnes atteintes d'arthrose inscrites dans le programme Mon Arthrose, je m'en occupe (MonArthrose.ca) a été sélectionnée lors de la réévaluation à 6 mois. Ce programme met l'accent sur l'éducation, l'activité physique, la gestion du poids et la correction des facteurs mécaniques en lien avec l'arthrose. Suivant l'anamnèse du patient, l'évaluation musculosquettique et des facteurs biomécaniques (KneeKG) et différents questionnaires algofonctionnels, l'équipe multidisciplinaire propose un programme personnalisé d'interventions à la situation du patient.

Résultats :

47 femmes et 21 hommes (âge moyen: 59 ans, BMI: 28.0) ont été inclus dans l'analyse. L'ensemble des sous-scores du KOOS (douleur, qualité de vie, symptômes, fonction vie quotidienne et activités/loisirs) ainsi que de l'échelle de catastrophisation de la douleur se sont améliorés après 6 mois ( $p < 0.01$ ). Le pourcentage de patient ayant recours à des analgésiques et anti-inflammatoires a diminué respectivement de 35% à 31% et de 49% à 37%. Entre 73% et 93% des patients ont amélioré au moins un facteur de risque mécanique selon le compartiment du genou atteint. On note enfin une diminution du poids, une amélioration dans les tests cliniques et même le report de l'arthroplastie chez 6 des 10 patients initialement en attente pour cette chirurgie.

Discussion et Conclusion :

À la lumière des résultats, les patients du programme MonArthrose.ca améliorent non seulement leur qualité de vie, mais corrige aussi différents facteurs en lien avec la progression de leur arthrose. Une étude sur 2000 patients est présentement en cours pour démontrer la valeur clinico-économique de ce programme prometteur.

## **Elaboration d'un parcours d'obstacles visant à évaluer le niveau d'indépendance locomotrice de patients post-AVC**

---

**Gilles ARENO (1); Xavier MASSON (1); Elisabeth KOLANOWSKI (1); Frédéric CHANTRAINE (1); Florent MOISSENET (1)**

1. Laboratoire d'Analyse du Mouvement et de la Posture, CNRFR - Rehazenter, 1 rue André Vésale, L-2674 Luxembourg, Luxembourg

### **Résumé :**

Introduction :

Les paramètres tels que la longueur du pas, la cadence, la vitesse et le périmètre de marche sont fréquemment employés pour évaluer la capacité de marche des patients sans pour autant permettre d'évaluer le niveau fonctionnel de ceux-ci en situation « écologique ».

Objectif :

L'objectif de ce projet est donc de développer et de valider un parcours de marche « écologique », qui servira à catégoriser les patients post-AVC en fonction de leur capacité à franchir des obstacles représentatifs de différents niveaux d'indépendance (environnement aménagé, environnement non-aménagé, marche en extérieur).

Méthodologie :

Le parcours proposé est constitué de 4 tests de marche sur 10 mètres (tests t1 à t4), comportant des obstacles différents, et d'un test de marche de 6 minutes (test t5). Les obstacles permettent de simuler les différents niveaux d'indépendance évalués. Une première validation du parcours a été réalisée à l'aide d'un test de reproductibilité inter- et intra-opérateur. Pour cela, 14 patients ont été évalués sur le parcours à 3 reprises : 2 fois par un premier opérateur, 1 fois par un second opérateur.

Résultats :

Les tests {t2, t3, t4} et {t1, t2, t4, t5} présentent respectivement une reproductibilité significative inter- et intra- examinateur (test de Wilcoxon :  $p < 0.05$ ).

Conclusion :

Les résultats sont encourageants et mettent en avant une bonne reproductibilité de la majorité des tests composant le parcours. Cette validation demeure néanmoins partielle, le nombre de sujet devant être augmenté et d'autres tests étant prévus avant un déploiement clinique de l'outil (e.g., évaluation de la sensibilité). Cependant, ces premières mesures ont permis de montrer que le parcours est adapté pour tester le degré d'indépendance locomotrice des patients. En effet, les patients ayant un niveau fonctionnel équivalent sont pour la plupart gênés à des niveaux similaires du parcours.

## **Le tétraplégique sans Latissimus Dorsi : Quelle stratégie musculaire pour le transfert assis-assis à 90° ?**

---

**Alexandre NAAIM (1,2); Florent MOISSENET (2); Laurence CHEZE (1); Paul FILIPETTI (2)**

1. Université de Lyon, IFSTTAR, UMR\_T9406, LBMC, Université Lyon 1, Lyon, France

2. Laboratoire d'Analyse du Mouvement et de la Posture, CNRFR - Rehazenter, 1 rue André Vésale, L-2674 Luxembourg, Luxembourg

### **Résumé :**

#### Introduction :

Le transfert assis-assis à 90° représente pour les tétraplégiques un élément essentiel de leur indépendance. Ce mouvement a été étudié par Desroche et al.[1] pour des patients tétraplégiques possédant encore leurs muscles Latissimus-Dorsi(LD), essentiels dans le maintien de la position et permettant l'élévation du bassin. Qu'en est-il des patients ne possédant plus de LD ?

#### Objectif :

L'objectif est de déterminer la stratégie adoptée pour les transferts corporels en identifiant l'action des muscles impliqués et d'orienter ainsi la rééducation.

#### Méthode :

Une analyse cinématique du membre supérieur a été réalisée à partir d'un système de 10 caméras optoélectroniques (Oqus, Qualisys, Suède) sur un sujet présentant une lésion C7 incomplète et C8 complète motrice, incomplète sensitive. L'activité musculaire a été recueillie à l'aide d'électrodes de surface (Biceps Brachii(BB), Triceps Brachii(TB)) et intramusculaires (Deltoidus-Acromialis(DA), Deltoidus-Clavicularis(DC), Deltoidus-Scapularis(DS), Pectoralis-Major-Clavicularis(PMC), Trapezius-Cervicalis(TC), Teres-Major(TM), Subscapularis(SS) et Serratus-Anterior(SA)). Le protocole expérimental décrit par Desroches et al.[1] a alors été employé pour la réalisation du transfert assis-assis à 90°.

#### Résultats Discussion :

La stratégie retenue consiste notamment en une pré-élévation du bassin par une bascule du tronc vers l'avant et l'optimisation de boucles sensori-motrices. Cette stratégie repose sur l'emploi de trois groupes de muscles : les muscles stabilisant la bascule du tronc (PMC,TB); les muscles réalisant une élévation-décharge du bassin (BB,TM,DC,SA), avec une action de BB, TM et DC permettant la mise en tension de SA par un pré-positionnement de la scapula en tilt antérieur autorisant ainsi SA à soulever le bassin; et les muscles actifs à l'atterrissage, faisant office de frein.

#### Conclusion :

Une stratégie de transfert assis-assis à 90° pour un patient sans LD a été identifiée et permettra la définition d'un protocole de rééducation spécifique.

#### Référence :

[1] Desroches et al, J Electromyogr Kines 23, 2013

## Modifications de la marche en condition de double tâche après ponction lombaire : un nouveau moyen d'identifier l'Hydrocéphalie

**Magali LAIDET (1); Olivier BEAUCHET (3); Francois R HERRMANN (4); Frédéric ASSAL (1); Stéphane ARMAND (2); Gilles ALLALI (1)**

1. Département des Neurosciences Cliniques, Service de Neurologie, Hôpitaux Universitaires de Genève et Université de Genève, Genève, Suisse.

2. Laboratoire de Cinésiologie Willy Taillard, Hôpitaux Universitaires de Genève et Université de Genève, Genève, Suisse.

3. Département des Neurosciences, Gériatrie, Hôpital et Université d'Angers, Angers, France.

4. Département de Médecine Interne, Réhabilitation et Gériatrie, Hôpitaux Universitaires de Genève et Université de Genève, Genève, Suisse.

### Résumé :

Introduction :

Les troubles de la marche observés chez les patients avec une hydrocéphalie à pression normale idiopathique (HPNi) sont non spécifiques et fréquemment retrouvés dans d'autres maladies neurodégénératives ou vasculaires<sup>1</sup>. Cette étude rétrospective<sup>2</sup> avait pour objectif de déterminer si les modifications des paramètres quantitatifs de la marche en condition de double tâche<sup>3</sup> étaient différentes entre un groupe de patients avec HPNi et un groupe de patients avec un diagnostic alternatif pour lequel une HPNi avait initialement été suspectée.

Matériel et méthodes :

49 patients ont été inclus dans cette étude (27 avec HPNi et 22 avec un diagnostic alternatif). L'analyse de la marche en condition de simple et de double tâche (marcher et compter à l'envers) a été effectuée avant et après une ponction lombaire de 40 ml. Les paramètres de marche ont été comparés entre le groupe d'HPNi et le groupe ayant un diagnostic alternatif.

Résultats :

Une amélioration de la largeur du pas (-9.03 (20.75)% pour le groupe HPNi; +0.28 (21.76)% pour le groupe avec diagnostic alternatif), de la longueur du cycle (+7.82 (20.71)% pour le groupe HPNi; -0.62 (19.22)% pour le groupe avec diagnostic alternatif), de la vitesse de marche (+12.20 (29.79)% pour le groupe HPNi; +2.38 (32.50)% pour le groupe avec diagnostic alternatif) et de la phase d'appuie (-1.23 (4.03)% pour le groupe HPNi; +0.49 (5.12)% pour le groupe avec diagnostic alternatif) pendant la double tâche, après ponction lombaire soustractive, était significative entre le groupe avec HPNi et le groupe avec un diagnostic alternatif. Une régression logistique multiple a révélé que parmi ces quatre paramètres, seulement l'amélioration de la largeur du pas était associée avec le diagnostic d'HPNi.

Discussion et Conclusion :

L'évaluation des changements des paramètres spatio-temporels de la marche en condition de double tâche avant et après une ponction lombaire soustractive pourrait être un moyen novateur d'améliorer l'identification des patients avec suspicion d'HPNi.

Références:

1- M. Laidet, et al. Posture et Equilibre 2012; 2-G. Allali, et al. J Neuroeng Rehabil 2013;10:117; 3-S. Armand, et al. Eur J Neurol 2010; 8 : 1081-1084.

## La réponse musculaire volontaire a la stimulation thermique et sa relation temporelle avec la perception et cognition

---

**Juan M. CASTELLOTE (1); J VALLS-SOLÉ (2)**

1. École Nationale de Médecine du Travail, Institut de la Santé Carlos III, Madrid, Espagne.

2. Departament de Neurologie, Hôpital Clinic de Barcelonne, Barcelonne, Espagne.

### Résumé :

Introduction :

Dans certaines situations cliniques, avec le système afférente endommagé- syndrome du canal carpien, crampe des écrivains-, il peut être nécessaire d'établir la relation temporelle entre la perception et la cognition d'un stimulus et la réponse requise. Le but de cette étude c'est de décrire une méthode pour déterminer la relation temporelle entre ces réponses.

Matériel et méthodes :

Huit sujets sains ont montré le temps de réaction (TR) par l'extension du poignet devant un stimulus de chaleur à contact (signal impératif). Les sujets devaient déterminer la prise de conscience (C) au moment où ils sentaient le stimulus. Nous avons également recueilli des potentiels évoqués (latence du N2). Nous avons combiné la durée du stimulus et la température pic (TP) dans des conditions différentes à partir de 32°C: élévation thermique de 70oC/s à une TP de 52°C (condition Rapide-Haute), élévation thermique de 35oC/s à une TP de 42°C (condition Lente-Faible), et élévation thermique de 70oC/s à une TP de 42°C (condition Brève-Faible).

Résultats :

Globalement TR a apparu en premier, suivi par N2 et C. La condition Rapide-Haute a montré TR significativement plus courtes, et N2 plus précoces. C a eu lieu plus tôt dans Rapide-Haute (différences pas significatives). Dans les conditions Lent-Faible et Brève-Faible, TR a été un 126% et un 123% plus long, respectivement, N2 a été un 157% et un 151% plus retardée et C a apparu seulement un 15% et un 13% plus tard.

Discussion et Conclusion :

Les différences observées montrent la séparation des processus causés par l'arrivée de l'entrée sensorielle au système nerveux central: la réponse motrice rapide est provoquée par des processus précoces qui peuvent avoir lieu avant la génération des potentiels évoqués tandis que la prise de conscience reflète un processus tardif.

Références :

Awareness of temperature and pain sensation. Valls-Solé J, et al. J Pain. 2012;13(7):620-7.



# Effets du traitement d'hémodialyse sur l'équilibre orthostatique de patients âgés insuffisants rénaux chroniques

---

**Justine MAGNARD; Thibault DESCHAMPS**

1. Laboratoire "Motricité, Interactions, Performance" (UPRES EA 4334), Université de Nantes, Nantes, France

## Résumé :

Introduction :

L'impact du traitement d'hémodialyse sur l'équilibre orthostatique de patients insuffisant rénaux chroniques terminaux (IRCT) est encore mal connu, malgré leur faiblesse musculaire importante et un risque accru de chute (1.20-1.60 chute/IRCT-patient-an vs. 0.32-0.70 chute/an pour des populations âgées) (Soangra et al. 2013). Aussi cette étude avait pour objectif d'évaluer les effets d'une séance d'hémodialyse, reconnue pour induire une fatigue significative, des changements de concentration calcique ainsi que des variations de tension et de poids, sur l'équilibre orthostatique de ces patients.

Matériel et Méthodes :

L'équilibre orthostatique de douze patients hémodialysés ( $63,3 \pm 11$  ans) était évalué avant et après une séance d'hémodialyse via une plateforme de force, selon deux conditions sensorielles : les yeux ouverts vs. fermés. Les principales variables extraites de la trajectoire du centre de pression (COP) étaient liées à sa position ou sa vitesse, dans les axes antéropostérieur et médio-latéral.

Résultats :

Les analyses de variance ont révélé une dégradation significative de l'équilibre entre l'évaluation pre- et post-hémodialyse, tant au travers des variables liées à la position qu'à la vitesse du COP [tous  $F_s > 7.7$ ,  $p < 0.02$ ,  $\eta^2 = 0.53$ ]. Une diminution significative du poids a également été observée [ $F(1,11) = 67.91$ ,  $p < 0.0001$ ,  $\eta^2 = 0.86$ ].

Discussion-Conclusion :

Cette altération de l'équilibre orthostatique est discutée au travers de la diminution de poids observée, mais serait aussi liée à l'immobilisation et la redistribution des fluides corporels induits par l'hémodialyse (Shulman et al. 2001). Ces résultats confirment l'intérêt clinique de l'évaluation de l'équilibre postural chez les patients IRCT âgés (Magnard et al. 2014), en considérant la sortie d'hémodialyse comme une période à risques significative.

Références :

Magnard, J. et al. (2014). *Gait & Posture*, 40, 723-726.

Shulman T. et al. (2001). *ASAIO Journal*, 47, 615-8.

Soangra R. et al. (2013). *Annals Biomedical Engineering*, 41, 795-805.

## Cinématiques du membre supérieur après tétraplégie : une revue de littérature

---

**Sébastien MATEO (1,2,3); Agnès ROBY-BRAMI (4); Karen T REILLY (1); Yves ROSSETTI (1,2); Christian COLLET (3); Gilles RODE (1,2).**

1. Université de Lyon, Université Lyon 1, INSERM U1028; CNRS UMR5292; Lyon Neuroscience Research Center, ImpAct Team, F-69676 Lyon, France.
2. Hospices Civils de Lyon, Hôpital Henry Gabrielle, Mouvement et Handicap, F-69000 Lyon, France.
3. Université de Lyon, Université Lyon 1, Centre de Recherche et d'Innovation sur le Sport, EA 647, Performance Motrice, Mentale et du Matériel, 69621 Villeurbanne Cedex.
4. Université de Paris, Université Paris 6, UPMC, Institut des systèmes intelligents et de robotique, F-75006 Paris, France.

### Résumé :

Introduction :

Le but de cette étude est d'apporter une synthèse des changements cinématiques après tétraplégie lors de mouvement du membre supérieur (MS) en chaîne cinétique ouverte.

Méthode :

Les études cinématiques du MS après tétraplégie ont été recherchées sur Medline sur une période entre 1996 et août 2014.

Résultats :

Quatorze études cas-contrôle et trois séries de cas ont été inclus avec un total de 161 sujets tétraplégiques et 126 contrôles sains. Les sujets tétraplégiques réalisent efficacement un large panel de tâches avec leurs MS révélant des compensations scapulo-thoraciques et gléno-humérale efficaces. Le couplage dynamique entre l'épaule et le coude restaure l'extension du coude palliant la paralysie du muscle triceps brachial. Cette compensation reste cependant incomplète : la flexion maximale de l'épaule diminue après tétraplégie C5-C6 pour conserver l'extension du coude et ne pas dépasser le couplage épaule-coude. Le ralentissement des mouvements après tétraplégie s'explique par (i) la réduction de force musculaire, (ii) la paralysie du triceps empêchant une co-contraction agoniste antagoniste normale au coude, (iii) la nécessité de précision à la fin du mouvement, (iv) la préhension. La phase de transport de la préhension est allongée pour assurer un placement correct de la main par rapport à l'objet. Lors de la saisie l'extension du poignet entraîne une prise passive latérale ou palmaire. Inversement au sujet sain préparant la prise lors du transport, le sujet tétraplégique réalise le transport puis la saisie successivement ce qui indique que les deux phases sont indépendantes. La restauration de l'extension du coude réduit la nécessité de compensation glénohumérale et augmente la vitesse du mouvement par amélioration du freinage par l'antagoniste en fin du mouvement.

Conclusion :

La rééducation et les restaurations chirurgicales devraient prendre en compte ces caractéristiques cinématiques pour favoriser la plus grande autonomie des sujets tétraplégiques.

## **Arthrodèse des trois os du carpe (lunatum – hamatum – capitatum) : Résultats cliniques et évaluation tridimensionnelle de la cinématique du poignet par stéréophotogrammétrie optoélectronique**

---

**Mathias COLMAN (1;3); Wissam EL KAZZI(3;4); Véronique FEIPEL(2); Serge VAN SINT JAN(1); Frédéric SCHUIND (3); Patrick SALVIA (1); Laurence CHEZE (3); Serge VAN SINT JAN (1)**

1. Laboratoire d'Anatomie, Biomécanique et Organogénèse. Faculté de Médecine, Université Libre de Bruxelles

2. Laboratoire d'Anatomie Fonctionnelle, Faculté des Sciences de la Motricité, Université Libre de Bruxelles

3. Laboratoire de Recherche en Orthopédie Traumatologie, Hôpital Erasme, Université Libre de Bruxelles

4. Chirurgie de la main - Hôpitaux Iris Sud, Belgique

### **Résumé :**

Introduction :

L'arthrodèse raccourcissante de trois os du carpe (lunatum–Capitatum–hamatum) avec résection du scaphoïde et du triquetrum a été décrite par Delattre [1] et reprise par El Kazzi<sup>2</sup> dans le cas de lésions avancées du poignet. L'objet de cette étude est d'analyser, après chirurgie, l'évolution clinique des patients et leur mobilité par une analyse quantifiée des mouvements (AQM) du poignet en termes d'angles articulaires et d'enveloppes estimées lors mouvements de flexion dorsopalmaire (FDP), de déviation radioulnaire (DRU) et de circumduction.

Méthodes :

Les données cliniques de force, mobilité et douleur ont été évalués chez 8 patients (âgés de 32 à 79 ans; avec un recul postopératoire de 10 à 54 mois) ainsi que l'indice de hauteur carpienne. Le degré de satisfaction postopératoire est évalué par les questionnaires DASH, le PRWE et « MAYO Wrist Score ». Une analyse quantifiée de la mobilité globale du poignet et de l'avant-bras a été réalisée en utilisant un système optoélectronique. Huit sujets sans pathologie connue du poignet (âgé entre 31 et 59 ans) sont également testés. Le modèle biomécanique permet de calculer les amplitudes et vitesses articulaires ainsi que l'enveloppe de circumduction du poignet opéré et non opéré.[3]

Résultats :

Sur les huit patients, sept ont atteint la consolidation avec un indice de hauteur du carpe de 0.39. Les valeurs moyennes du DASH étaient de 46%, du PRWE de 50% et du MAYO Wrist Score de 56%. Les amplitudes articulaires calculées par l'AQM, étaient de 54° en FDP et 29° en DRU.

Pour ces poignets opérés, lors de la circumduction, le rayon polaire moyen (R) était de 14,5° et le coefficient de forme de l'enveloppe de 1,6.

Conclusions :

Ces résultats permettent d'envisager cette technique chirurgicale comme une alternative au traitement de patients souffrants d'arthrose de type SNAC ou SLAC de stade II et III.

## Stratégies biomécaniques du rachis, du bassin et des membres inférieurs pour réaliser le mouvement debout-assis en AQM

---

**Agnès TRONCY (1); Marion MONTANÉ (1); Eric BERTHONNAUD (2); Emmanuelle CHALEAT-VALAYER (1)**

1. Service MPR, Centre Médico- Chirurgical des Massues, Croix- Rouge française, 69005 Lyon, France
2. L'Hôpital Nord-Ouest Villefranche/Saône, 69655 Villefranche-sur-Saône, France

### Résumé :

Introduction :

L'objectif de cette étude préliminaire est d'analyser en AQM les stratégies biomécaniques du rachis, du bassin et des membres inférieurs (MI) utilisées lors du passage debout-assis, mouvement peu étudié dans la littérature, pourtant source de questionnement en pratique clinique.

Matériel et méthodes :

Deux participants sains sans antécédents, avec des incidences pelviennes dans la norme sont inclus, une femme et un homme, âgés respectivement de 28 et 48 ans. A partir d'une position debout, les participants s'assoient sans utiliser leurs mains sur un tabouret, cuisses parallèles au sol. Les capteurs sont placés sur les repères osseux des MI et le long des processus épineux du milieu du sacrum jusqu'à C7 [1]. Les sept caméras du dispositif Vicon® enregistrent trois essais. Les paramètres étudiés sont l'évolution des courbes cinématiques du rachis, du bassin et des MI dans les différents plans au cours du mouvement.

Résultats :

Les différences significatives entre les deux sujets sont notamment au niveau des amplitudes de variation des courbures rachidiennes et de la distance inter-condylienne. Les courbures lombaires des sujets diminuent au cours du mouvement :  $-39^\circ$  pour la femme,  $-16^\circ$  pour l'homme. Les courbures thoraciques évoluent dans le même sens :  $-36^\circ$  pour la femme,  $-13^\circ$  pour l'homme. La distance inter-condylienne du participant féminin augmente de 4 cm, celle de l'homme de 15 cm.

Discussion et conclusion :

Ces résultats mettent en évidence deux stratégies biomécaniques différentes pour une même tâche. Le passage en position assise solliciterait préférentiellement soit le rachis (ici la femme), soit les MI (ici l'homme). Qu'en est-il de la stratégie utilisée par des patients souffrant de lombalgie chronique ? Ces données préliminaires apportent de nouvelles perspectives dans la compréhension de l'interaction entre le rachis, le bassin et les MI et doivent être confirmés par une étude de cohorte.

## Résultats pilotes de reproductibilité du système Formetric-4D sur des patients atteints de scoliose adolescente idiopathique

---

Anne TABARD (1); Alice BONNEFOY-MAZURE (1); Pierre LASCOMBES (2); Stéphane ARMAND (1); Romain DAYER (2)

1. Laboratoire de Cinésiologie, Hôpitaux Universitaires de Genève, Genève, Suisse

2. Service de pédiatrie orthopédique, Hôpitaux Universitaires de Genève, Genève, Suisse

### Résumé :

Introduction :

La scoliose idiopathique de l'adolescent (SIA) est une déformation 3-D du rachis nécessitant des mesures radiologiques fréquentes de patients en croissance. Des systèmes non-irradiants ont été développés comme le système Formetric-4D (Diers, Allemagne) mesurant les déformations du rachis par topographie surfacique. Ce système n'est actuellement pas validé. L'objectif de cette étude est d'évaluer la reproductibilité de ce système sur des patients présentant un angle de Cobb entre 10 et 40°.

Méthode :

Dans cette étude 18 adolescents âgés de 11-16 ans présentant une SIA ont été inclus. Pour évaluer la reproductibilité intra-opérateur trois mesures répétées ont été enregistrées en position orthostatique par le même opérateur. Pour évaluer la reproductibilité inter-session ces mesures ont été de nouveau enregistrées une semaine plus tard par le même opérateur. Pour évaluer la reproductibilité inter-opérateur ces mesures répétées additionnellement par un second opérateur. Les coefficients de corrélation intra-classe (ICCs) ont été calculés dans l'analyse statistique. Les variables d'intérêt sont la rotation maximale du rachis (Amplitude, RMS), la longueur du tronc, la cyphose thoracique, la lordose lombaire et l'angle de scoliose calculée par le système Formetric-4D.

Résultats :

La reproductibilité intra-opérateur (ICC(1,1), n=17, 1 patient exclu pour problème de reconstruction) ainsi que la reproductibilité inter-session (ICC(1,3), n=11) sont excellentes (ICC > 0,75) pour toutes les variables sauf l'angle de scoliose qui est acceptable (ICC < 0,7). La reproductibilité inter-opérateur (ICC (3,3), n=5) est excellente (ICC > 0,75) pour toutes les variables étudiées.

Discussion/Conclusion :

Les résultats pilotes de cette étude mettent en évidence une excellente reproductibilité des variables d'intérêt excepté l'angle de scoliose montrant une reproductibilité intra-opérateur acceptable. Ces résultats sont cohérents avec la littérature. Il est essentiel de compléter cette étude en augmentant le nombre de participants pour valider ces résultats. Le système Formetric-4D est un outil non-irradiant qui nécessite une validation dans le but de permettre un suivi régulier de l'évolution des SIA.

## Effet de la modification de la masse de la prothèse de d'avant bras d'un sauteur en longueur paralympique sur sa performance

---

**Didier PRADON (1); Alice MAZURE-BONNEFOY (2); Giuseppe RABITA (3); Emilie HUTIN (4); Raphael ZORY (5); Jean SLAWINSKI (6)**

1. EA 4497 GRCTH, CIC-IT 805, AP-HP, CHU Raymond Poincaré, Garches, France
2. Hôpital cantonal de Genève, Laboratoire de cinésiologie Willy Taillard, Geneva, Switzerland
3. Laboratoire sport expertise et performance, département recherche, Service Recherche, INSEP, Paris, France
4. Laboratoire d'Analyse et de Restauration du Mouvement, CHU Henri Mondor, Créteil, France
5. Laboratoire Motricité Humaine Education Sport Santé EA 6309, Université de Nice Sophia Antipolis, Nice
6. Centre de recherche sur le sport et le mouvement - EA 2931, Université de Paris X, Nanterre, France

### **Résumé :**

#### Objectif :

L'objectif de ce travail était de quantifier l'effet de la modification de la masse de l'avant bras sur l'impulsion et la cinématique de la phase de vol chez un sauteur en longueur amputé.

#### Méthode :

Le recordman du monde paralympique de saut en longueur (Catégorie F46) a réalisé différents saut dans trois conditions différentes : avec sa prothèse d'avant bras habituelle et avec une masse additionnelle sur sa prothèse de 0,3 et 0,4kg. Lors de chaque saut l'impulsion a été quantifiée à l'aide d'une plate-forme de force intégrée dans le sol (60 cm × 120 cm; 500 Hz; Kistler) et 14 caméras infra-rouge (Motion Analysis Corporation, Santa Rosa, CA, USA; 100 Hz) ont enregistré la trajectoire de 63 marqueurs rétro-réfléchissants.

#### Resultats :

Lors du décollage, l'ajout de 0,4 kg à la prothèse diminue la vitesse verticale du centre de masse mais augmente sa vitesse horizontale. Ces modifications sont associées à une amélioration du ramené des jambes lors de la phase de réception dans le sable ainsi qu'à une amélioration de la synchronisation des bras.

#### Conclusion :

L'augmentation de la masse de la prothèse d'avant bras semble améliorer la performance en saut en longueur. D'autres études sont nécessaires pour évaluer la masse de la prothèse qui permettra d'optimiser l'entraînement et la compétition.

## Pré-étude des mouvements du rachis chez les patients myopathes au cours de la marche

---

**Xavier DERIES (1); Yannick DELPIERRE (2); Denis COLIN (2)**

1. Centre Hospitalier, service de rééducation, ANNECY-GENEVOIS (74)

2. Centre de l'Arche, PRH, SAINT-SATURNIN (72)

### Résumé :

Introduction :

Dans la myopathie de Duchenne (D.M.D.), l'atteinte musculaire est générale et évolutive. L'enfant prend une attitude caractéristique avec hyperlordose et boiterie latérale par compensation [1], générant des anomalies locomotrices dynamiques et morphologiques du rachis.

Objectifs :

Proposer une technique fiable pour quantifier ces anomalies, apprécier leur évolution avec le temps, et mieux comprendre la biomécanique de la marche dans la D.M.D..

Matériels et méthodes :

La dynamique rachidienne de 5 patients a été analysée lors de la marche à partir des variations de deux angles ([C7-L3-S2] et [T12-L3-S2]) dans les plans frontaux et sagittaux au cours de cinq cycles de marche. Les déplacements des vertèbres C7, T12, L3 et S2 ont été étudiés dans le plan transversal après normalisation spatiale. Les maximas et minimas ont été calculés et comparés.

Résultats :

Dans le plan sagittal, les courbes montrent un double-bump marqué à environ mi-appui et début d'oscillation, accentuant l'hyperlordose. Les maximas et minimas des angles évoluent entre 156° et 108° pour [C7-L3-S2] et entre 149° et 107° pour [T12-L3-S2]. Dans le plan frontal, une bascule du tronc se réalise à l'appui du côté homolatéral, signant la boiterie latérale. Les maximas et minimas des angles évoluent entre 19° et -22° pour [C7-L3-S2]) et entre 16° et -16° pour [T12-L3-S2]. Les déplacements dans le plan transversal révèlent des trajectoires plus ou moins amples selon le niveau, avec une allure de papillon plus ou moins marquée pour C7.

Discussion :

Les résultats de cette étude préliminaire montrent une cohérence avec l'état clinique du patient. Ils restent à confirmer (normes) et à affiner en termes de coordination entre les plans, les segments du tronc et ceux des membres inférieurs, en relation avec les données cliniques.

Références :

[1] Martini J et al. 2014. Arq Neuropsiquiatr.

## Evaluation de l'équilibre dynamique de la marche des patients atteints de déformations du rachis

---

Anne-Laure SIMON (1); Vipul LUGADE (2); Meegan VAN STRAATEN (3); Noelle LARSON (4);  
Kenton R. KAUFMAN (3)

1. Département de chirurgie orthopédique infantile, Hôpital Robert Debré, Paris, France
2. Laboratoire d'analyse du mouvement, Université de Chiang Mai, Chiang Mai, Thailand
3. Laboratoire d'analyse du mouvement, Mayo Clinic, Rochester, Minnesota, USA
4. Département de chirurgie orthopédique infantile, Mayo Clinic, Rochester, Minnesota, USA

### Résumé :

Introduction :

Les déformations rachidiennes (DR) se répercutent sur les activités quotidiennes mais leurs conséquences sur la marche ne sont pas connues. Pour être stable, un corps en mouvement maintient son centre extrapolé de mass (xCoM) dans les limites de la base de support (BoS) (1). La marge de stabilité dynamique (DSM) est une nouvelle mesure qui quantifie la distance entre ces deux paramètres. Le but était de comparer la DSM de patients avec des déformations rachidiennes (SDG) à celui de patients normaux (CG).

Matériels et méthodes :

Les deux groupes ont eu une analyse 3D de la marche. La DSM, la symétrie entre coté droit et gauche et la consistance du pas entre chaque enjambées, ont été évaluées. La précision de chacun de ces paramètres a été validée par une analyse discriminante.

Résultats :

Douze sujets contrôles (CG) et 17 cas (SDG) ont participé. Les patients SDG étaient moins stables ( $0.25\text{m} \pm 0.02$  vs.  $0.31\text{m} \pm 0.01$ ,  $p=0.04$ ) avec une diminution de la vitesse ( $1.1 \text{ m.s}^{-1} \pm 0.1$  vs.  $1.3 \text{ m.s}^{-1} \pm 0.04$ ,  $p=0.02$ ) et de la longueur de pas ( $0.32\text{m} \pm 0.02$  vs.  $0.38\text{m} \pm 0.010$ ,  $p=0.002$ ). La DSM était plus précise (Aire sous la courbe  $\text{AUC}=0.98$ ,  $p<0.001$ ) que la symétrie et la consistance ( $\text{AUC}=0.82$ ,  $p=0.07$  et  $\text{AUC}=0.69$ ,  $p=0.32$ ).

Discussion :

Les patients atteints de DR sont moins stables, symétriques et consistent avec une diminution de longueur et de vitesse du pas. Une évaluation prospective avec stratification sur le type de déformation et de chirurgie est nécessaire pour démontrer l'utilité de la DSM dans la prise en charge des DR.

Conclusion :

La DSM est une nouvelle mesure pour quantifier l'équilibre dynamique de la marche dans les déformations rachidiennes.

Références :

1. Hof AL, Gazendam MGJ, Sinke WE. The condition for dynamic stability. J Biomech. janv 2005;38(1):1-8.



## Évaluation biomécanique des déséquilibres posturaux des scolioses idiopathiques en statique et à la marche

---

Vincent POMERO; Eva POLIRSZTOK; Sébastien PESENTI; Guillaume AUTHIER; Elisabeth CASTANIER; Gérard BOLLINI; Jean-Luc JOUVE; Elke VIEHWEGER

Service de Chirurgie Orthopédique Pédiatrique, CHU Timone Enfants, AP-HM Marseille

### Résumé :

Introduction :

L'équilibre rachidien est habituellement évalué à partir de radiographies, environnement contraint altérant l'équilibre naturel du sujet. Il est caractérisé par des descripteurs géométriques qui donnent une représentation parcellaire de l'équilibre postural en condition statique. De plus, les conditions dynamiques comme la marche ne sont pas évaluées en clinique courante.

Cette étude caractérise la dynamique rachidienne à la marche d'une population de scolioses idiopathiques comparée aux enfants sains, en exprimant les efforts au niveau de la charnière lombo-sacrée.

Matériels :

15 sujets âgés de 13 à 19 ans atteints de scolioses idiopathiques (Classification de Lenke : 10 types 1, 5 type 2) non-opérés ont participé à cette étude. Les patients sont enregistrés en préopératoire par un système d'analyse du mouvement équipé de plateforme de forces.

Méthodes :

Un protocole d'analyse du mouvement permet de calculer les moments externes en L5-S1. Une acquisition statique puis la marche sont analysés.

Les résultats du groupe scoliotique sont comparés à une population asymptomatique de 35 enfants.

Résultats :

Statique - Pas de différences entre les deux groupes pour les moments, alors que certains paramètres posturaux sont différents ( $p < 0.05$ ).

Marche - Les moments en L5-S1 sont modifiés ( $p < 0.05$ ) dans les trois plans anatomiques pour le groupe scoliotique. Ainsi, le pic de moment maximum pendant la marche est supérieure de 41% (resp. 32%) dans le plan axial (resp. sagittal).

Discussion :

Les moments externes expriment le déséquilibre de la totalité du corps au dessus de l'articulation considérée, ce qui en font des descripteurs globaux.

Conclusion :

Complémentaires aux paramètres posturaux classiques, les moments externes permettent de caractériser des populations pathologiques par rapport aux sujets asymptomatiques dans un environnement non-contraint et sans irradiation. A terme, ils pourraient être utilisé dans le suivi des scolioses, par l'évaluation biomécanique de leur surveillance et des résultats de la chirurgie.

# Rééducation robotisée et intégration du schéma corporel : Étude préliminaire

---

**Cyrielle GINON; Hovannes AGOPYAN; Isabelle JANNIN; Claude CAPPADORO; Jean-Pierre FLAMBART; Jonathan BREDIN.**

Service MPR/ 06, Centre de santé Rossetti, Nice, France

## **Résumé :**

Introduction :

Les nouvelles méthodes de rééducation utilisant des orthèses robotisées de marche permettent un entraînement intensif basé sur la répétition du mouvement et l'optimisation de la motricité active du patient. Considérant la place centrale de l'enfant paralysé cérébral (PC) dans cette thérapie et constatant ses améliorations fonctionnelles, nous nous sommes demandés si l'utilisation de ces outils agit sur l'image du corps (IC) et le schéma corporel (SC).

Matériels et Méthodes :

On utilise un Lokomat<sup>®</sup> pédiatrique sur 16 séances (30 min de marche effective chacune) durant 4 semaines (aucune autre thérapie suivie en parallèle). Avant et après la rééducation robotisée, 6 enfants ont dessiné leur corps avec une contrainte spatiale et temporelle et la liberté d'utiliser des couleurs ou non. Les dessins sont à posteriori analysés par un pédopsychiatre ne connaissant pas les enfants.

Résultats :

Les dessins post lokomat (comparativement aux pré) présentent une meilleure symétrie du corps et un allongement des membres inférieurs. L'identité est plus affirmée. Le pedo-psychiatre témoigne de la rapidité des évolutions.

Discussion :

Les enfants PC ont un SC perturbé. Néanmoins le SC n'est pas inné ni fixé, il se construit avec la maturation et l'expérience (Vandermeeren, Y. 2003). La motricité active aurait une importance dans sa genèse (Rousseaux, M. 2013). Également une meilleure représentation dans le SC des membres plégiques participera aux gains fonctionnels observés.

Conclusion :

La rééducation intensive robotisée, par la quantité d'informations proprioceptives et sensorielles auxquelles l'enfant PC est confronté et par la participation active de celui-ci influencerait sur son SC et son IC.

Références :

-Rousseaux, M. (2013). Body représentation and brain damage. Clinical neurophysiology.

-Vandermeeren, Y and all. (2003). Plasticité des aires motrices corticales: progrès récents et perspectives thérapeutiques. Rev Neurol.





Remercie ses partenaires :

