

Session biomécanique 1

Conférence invitée

Equilibre et locomotion chez l'enfant avec paralysie cérébrale

Olivier Rémy-Néris, Mathieu Lempereur, Sylvain Brochard

CHRU de BREST

La gestion de l'équilibre chez l'enfant avec paralysie cérébrale a déjà été largement explorée. L'utilisation de manœuvres de déstabilisation semble toutefois nécessaire pour faire apparaître des différences avec les sujets sains lors de l'exploration des troubles statiques (Burtner *et al.*, 2007). La principale population explorée est constituée d'enfants diplégiques. Par ailleurs les différences observées à la marche ont été essentiellement mises en évidence par des anomalies du déplacement du centre de pression lors de la marche. Cette mesure très sensible ne semble pas forcément corrélée à la gêne clinique des patients et à un éventuel risque de chute. Un indice de performance de la marche explorant plus particulièrement l'équilibre a été décrit par Gouelle *et al.* en 2013 : le gait variability index (GVI). Cet indice est calculé à partir des paramètres spatiotemporels de la marche et semble varier significativement dans des populations chuteuses. Nous l'avons testé sur notre base de donnée de sujets hémiplésiques avec paralysie cérébrale en comparant à une population d'enfants témoins d'âge et de taille similaires. Pour une même vitesse de marche (1,2 versus 1,1 m/s chez les enfants hémiplésiques) des différences significatives sont observées sur la durée des phases d'appui et oscillante entre les sujets hémiplésiques et témoins. Aucune différence significative n'est par contre observée sur le GVI. Ce résultat semble s'accorder avec les bonnes performances de marche des enfants hémiplésiques dont la gestion de l'équilibre à la marche semble peu compromise.

Bibliographie

Burtner PA, Woollacott MH, Craft GL, Roncesvalles MN. The capacity to adapt to changing balance threats: a comparison of children with cerebral palsy and typically developing children. *Dev Neurorehabil* 2007; 10(3):249-60

Gouelle A, Mégrot F, Presedo A, Husson I, Yelnik A, Penneçot GF. The gait variability index: a new way to quantify fluctuation magnitude of spatiotemporal parameters during gait. *Gait Posture* 2013; 38(3):461-5.

Présentations orales

Activités du tibia antérieur et du soléaire et cinématique du pied selon le chaussage au cours de la marche chez l'enfant ayant une paralysie cérébrale

Christian Beyaert^{1,2}, Sébastien Caudron^{2,3}, Hadrien Ceyte^{2,3}, Marie-Agnès Haldric¹, Jean Paysant^{1,2}

¹Laboratoire d'analyse du mouvement, Centre de Réadaptation Pierquin, IRR Nancy

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

³UFR STAPS, Villers-lès-Nancy

Auteur correspondant : Christian Beyaert, christian.beyaert@univ-lorraine.fr

Mots clés : Locomotion ; Equin ; Motricité ; Activité musculaire ; Adaptation ; Paralysie cérébrale

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 méthode. Douze enfants avec PC (7 ±2 ans, 8 diplégiques et 4 hémiplegiques), ayant des triceps spastiques et une marche autonome, ont été observés pieds nus, avec CCN et avec CCP, ainsi que 10 témoins (7 ±1 ans) marchant pieds nus, à l'aide d'une analyse 3D de la marche.

Résultats. La dorsiflexion au contact initial était plus importante avec CCN (4,9°±5,5), que pieds nus (-7,3°±6,0) ou avec CCP (-4,0° ±7,0), et similaire aux témoins (3,8° ±3,7). Lors du MidSwing et du TerminalSwing, l'activité intégrée normalisée (%pic d'activité x %cycle de marche) du tibia antérieur était plus importante avec CCN (194 ±121) qu'avec CCP (62 ±47), et plus faible dans ces conditions et pieds nus (161 ±113) que chez les témoins (644 ±213). L'activité intégrée du soléaire ne variait pas significativement.

Discussion - conclusion. La dorsiflexion au contact initial lors du port de CCN, permettant la pose rapide de la chaussure à plat, était favorisée par une augmentation de l'activité du TA. L'adaptation de la cinématique du pied au type de chaussage évoque davantage une fonction adaptative de la pose du pied en équin que la conséquence d'une dysfonction du triceps.

Comparaison du pas protectif et du pas volontaire : étude préliminaire chez le jeune adulte sain

Thibaud Berthollet¹, Romain Tisserand¹, Thomas Robert¹

¹Université de Lyon, F-69622, Lyon, France ;

Université Claude Bernard Lyon 1, Villeurbanne ;

IFSTTAR, UMR_T9406, Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs (LBMC), F69675, Bron

Auteur correspondant : Thomas Robert, thomas.robert@ifsttar.fr

Mots clés : Equilibre ; Chute ; Pas volontaire ; Pas protectif

Introduction. Le risque de chute est corrélé à la capacité à effectuer un pas protectif, dont la performance dépend de la capacité à déplacer son pied vite et loin. Cette capacité est cependant plus simple à évaluer pour des pas volontaire que des pas protectifs, pour des populations fragiles. Ces deux tâches sont-elles comparables ? Les différences entre ces deux pas n'ont été documentées que pour les phases de préparation du pas, Temps de Réaction (TR) et Ajustements Posturaux (AP). Qu'en est-il pour la Phase d'Exécution (PE) ?

Matériel et méthodes. Douze jeunes adultes sains ont exécuté des pas à performance maximale dans le plan sagittal pour deux conditions : 1) des pas protectifs antérieurs obtenus après un déséquilibre provoqué par la traction d'un câble au niveau du bassin, 2) des pas volontaires sur des cibles larges situées à distances équivalentes au pas protectif. L'analyse porte sur le timing des différentes phases du pas, ainsi que les profils cinématiques (vitesse, accélération) du pied oscillant.

Résultats. Sans surprise, les phases de TR et d'AP sont réduites lors du pas protectif. La PE est aussi plus rapide. Les profils temporels du pied oscillant ont des formes similaires, mais les pics sont supérieurs lors du pas protectif.

Discussion - conclusion. Les deux tâches se ressemblent par leurs profils cinématiques. Toutefois, nous observons une meilleure performance lors du pas protectif. Il nous faut maintenant tester cette différence sur une population âgée et déterminer si les performances des pas volontaires sont corrélées à celles des pas protectifs.

Le système de contrôle postural influence l'état d'alerte attentionnel

Julien Barra¹, Laurent Auclair², Agnès Charvillat², Manuel Vidal³

1. *Laboratoire Vision Action Cognition, Université Paris Descartes, Sorbonne Paris Cité, Institut de Psychologie, Boulogne-Billancourt, France*

2. *Université Paris Descartes, Institut de Psychologie, Boulogne Billancourt, France*

3. *Institut des Neurosciences de la Timone, Marseille, France*

Auteur correspondant : Barra Julien, julien.barra@parisdescartes.fr

Mots clés : Posture ; Attention ; Double tâche

Introduction. De nombreuses études utilisant un paradigme de double tâche (posture-cognition) ont suggéré que le contrôle postural requiert des ressources attentionnelles. Les tâches cognitives utilisées dans ces études allaient d'un simple comptage à rebours à des tâches plus complexes (ex : tâche de Stroop modifiée). Cependant, l'influence du contrôle postural sur les capacités attentionnelles n'a jamais été testée directement. L'objectif de cette étude était d'investiguer l'impact du contrôle postural sur les différentes composantes attentionnelles en utilisant une tâche attentionnelle spécifique.

Matériel et méthode. Nous avons utilisé "l'Attention Network Test" (ANT) qui évalue, à l'aide d'un paradigme unique, les 3 composantes attentionnelles : l'alerte, l'orientation et le contrôle exécutif. Quarante-deux participants ont réalisé l'ANT dans trois conditions posturales : une position très stable (sujets allongés sur le dos) ; une position intermédiaire (assis sur une chaise) et une position très instable (debout, les pieds alignés l'un derrière l'autre).

Résultats. Les résultats ont révélé que la modulation de la difficulté du contrôle postural a graduellement influencé l'état d'alerte des participants. Concernant les composantes attentionnelles d'orientation et de contrôle exécutif, les résultats ont montré que les performances étaient similaires lorsque les participants étaient debout ou assis alors qu'en position couchée les performances étaient spécifiquement réduites.

Conclusion. Le fort impact du contrôle postural sur le système d'alerte suggère que ces deux processus pourraient partager des circuits neuronaux. De plus, les résultats observés sur les composantes d'orientation et de contrôle exécutif suggèrent que la position allongée a un effet intrinsèque et spécifique sur les activités cognitives.

Comment l'attention visuo-spatiale modifie-t-elle l'initiation du pas ?

Céline Tard^{1,2,3}, Kathy Dujardin^{1,2,3}, Amandine Girard, Marion Debaughrien, Philippe Derambure^{1,2,4}, Luc Defebvre^{1,2,3}, Arnaud Delval^{1,2,4}

¹ Université Lille Nord de France », UDSL

² Troubles cognitifs, dégénératifs et vasculaires, EA1046

³ Service de neurologie et de pathologie du mouvement, CHRU de Lille

⁴ Service de neurophysiologie Clinique, CHRU de Lille

Auteur correspondant : Céline Tard, celinetard@gmail.com

Mots clés : Attention, Marche, Posner, Effet d'alerte, Orientation

Introduction. L'initiation du pas est un programme moteur stéréotypé, précédé d'ajustements posturaux anticipés (APA) involontaires et inconscients. Elle peut ainsi constituer un modèle de choix pour étudier la manière dont l'attention peut moduler la préparation du mouvement.

Matériel et méthode. Une adaptation du paradigme de Posner a été utilisée lors de l'initiation de la marche : 12 sujets sains avaient pour consigne d'initier un pas le plus vite possible après un stimulus visuel qui leur indiquait le pied de départ. Une condition contrôle était d'abord réalisée. Ensuite, ils bénéficiaient d'un signal d'alerte (juste un indice temporel annonçant la survenue du signal), puis d'un signal d'orientation visuelle (indice indiquant le côté de survenue du stimulus visuel). L'indice d'orientation pouvait être soit valide (du même côté que le stimulus cible), soit invalide (du côté opposé au stimulus cible). Les paramètres cinétiques et cinématiques étaient enregistrés.

Résultats. Le délai d'initiation du pas était plus court en cas d'alerte, ce qui était associé à la survenue d'APA précoces. Un indice d'orientation valide était associé à une diminution supplémentaire de ce délai. Au contraire, un indice invalide augmentait le délai d'initiation du pas, avec la survenue d'APA erronés (recul latéralisé du mauvais côté). Les caractéristiques du pas ne différaient pas selon les conditions.

Discussion - conclusion. Les APA étaient modulés par un paradigme simple d'attention visuo-spatiale, sans conséquence sur l'exécution motrice. L'initiation de la marche semble être un bon modèle pour étudier les interactions attention-motricité. Les APA reflètent l'adaptation du programme moteur en fonction des indices visuels, donnant accès aux processus implicites de l'intégration visuo-motrice.

Session biomécanique 2 (présentation flashes)

Après s'être assis, combien de temps faut-il pour retrouver une capacité de maintien de la station debout performante?

Rémi Suchowierch, Patrice Rougier

Laboratoire de Physiologie de l'Exercice, EA4338, Université de Savoie, 73376 Le Bourget du Lac cedex.

Auteur correspondant: Patrice Rougier (patrice.rougier@univ-savoie.fr)

Mots clés : Centre des pressions, Centre de gravité, Station debout, Station assise, Contrôle postural,

Introduction : La réduction de la variabilité comportementale passe souvent par l'enregistrement de séries temporelles de longues durées pouvant conduire à des effets de fatigue physique ou attentionnelle. De ce fait, les protocoles de mesures sont souvent basés sur la répétition d'essais entrecoupés de périodes de repos assis. L'incidence de cette station assise prolongée est susceptible d'influer les capacités d'équilibration dès lors que le sujet se remet debout. Nous avons cherché à mettre en avant cet effet potentiel.

Matériel et méthode : Des sujets jeunes et en bonne santé ont été testés en station debout sans vision après être restés assis pendant 15 minutes (10 minutes yeux ouverts puis 5 minutes yeux fermés). L'enregistrement posturographique s'est déroulé pendant une période unique de 6min 24s. Le traitement des données a été effectué sur la base de 12 périodes successives de 32s.

Résultats : Ils montrent des déplacements plus importants du CP et de CP-CG sur les 2 axes ML et AP au cours de la 1^o période de 32 s. Un effet identique est trouvé pour le CG mais uniquement sur l'axe AP.

Discussion-conclusion : La fiabilité de la mesure chez un sujet jeune en bonne santé requiert d'attendre environ une demi-minute avant de recommencer l'enregistrement posturographique.

La durée d'un exercice fatiguant affecte davantage le contrôle postural que le nombre de muscles fatigués

Julien Maitre, Charlotte Lizin, Matthieu Rousseau, Manuel Cebellan, Thierry Paillard

Laboratoire Activité Physique, Performance et Santé, Université de Pau & Pays de l'Adour, Tarbes.

Auteur correspondant : Thierry Paillard, thierry.paillard@univ-pau.fr

Mots clés : Equilibre, fatigue musculaire, Contrôle postural, Systèmes sensoriels, Réponse motrice

Introduction : L'objectif de cette étude était de comparer les effets d'une fatigue musculaire unilatérale et bilatérale sur le contrôle postural monopodal.

Matériel et méthode : Dix-neuf sujets ont réalisé deux protocoles de fatigue musculaire du/des quadriceps femoris : un protocole de contractions musculaires unilatérales et un protocole de contractions musculaires bilatérales (contractions similaires : 5 s/2 s, 30% de la force maximale isométrique). Les protocoles de fatigue ont pris fin une fois que le niveau de force produit était inférieur à celui de l'intensité ciblée sur 3 contractions consécutives (la durée de réalisation de l'exercice a été mesurée). Le contrôle postural monopodal a été évalué avant et après la réalisation des deux protocoles de fatigue au moyen d'une plateforme de force. Les paramètres spatio-temporels de déplacement du centre de pression des pieds (CP) ont été utilisés pour évaluer le contrôle postural.

Résultats : Le protocole de contractions musculaires unilatérales affectait davantage le contrôle postural monopodal que le protocole de contractions musculaires bilatérales ($p < 0.05$). De plus, la durée d'exercice était significativement plus longue pour le protocole de contractions musculaires unilatérales que pour le protocole de contractions musculaires bilatérales ($p < 0.05$).

Discussion – conclusion : La plus grande altération du contrôle postural induite par le protocole de fatigue musculaire unilatérale, en comparaison avec le protocole de fatigue musculaire bilatérale, pourrait être liée à la durée

de maintien de l'exercice fatiguant. Un exercice plus long perturberait davantage les voies sensorielles et motrices du système postural.

Pose du pied en équin et marche avec chaussures à cambrure négative chez l'enfant ayant une paralysie cérébrale : une adaptation immédiate ?

Sébastien Caudron^{1,2}, Hadrien Ceyte^{1,2}, Marie-Agnès Haldric³, Jean Paysant^{2,3}, Christian Beyaert^{2,3}

¹UFR STAPS, Villers-lès-Nancy

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

³Laboratoire d'analyse du mouvement, Centre de Réadaptation Pierquin, IRR Nancy

Auteur correspondant : Christian Beyaert, christian.beyaert@univ-lorraine.fr

Mots clés : Locomotion, Equin, Motricité, Activité musculaire, Adaptation, Paralysie cérébrale

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 plutôt qu'être imposé par le dysfonctionnement de ce dernier. Dans cette hypothèse, l'adaptation motrice au port de chaussures à cambrure négative de 10° (CCN) a été étudiée.

Matériel et Méthode : Une analyse 3D de la marche (moyenne de 5 cycles) chez douze enfants avec PC (7±2 ans, 8 diploïques et 4 hémiploïques) ayant des triceps spastiques a été réalisée (1) pieds nus et (2) avec CCN dès les premiers cycles d'utilisation (CCN1) et après 5 minutes de marche (CCN2).

Résultats : Le cycle de marche était significativement raccourci en CCN1 par rapport aux conditions pieds nus et CCN2. 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 du MidSwing et du TerminalSwing, l'activité intégrée normalisée (%pic d'activité x %cycle de marche) du tibial antérieur était significativement plus importante en CCN1 (332±164) que pieds nus (161±113) ou en CCN2 (194±121) tandis que celle du soléaire ne variait pas significativement.

Discussion-conclusion : Aux conditions CCN1 et CCN2, la dorsiflexion au contact initial permettait une pose précoce de la chaussure à plat. Cette adaptation au port de CCN, dès son début, évoque davantage une fonction adaptative de la pose du pied en équin que la conséquence d'une spasticité du triceps.

Validation d'un dispositif ambulateur d'étude de la compensation visuelle chez les patients ataxiques

Ana Flavia Gomes Paiva¹, Dr Besma Missaoui², Dr Michele Mane², Pr Philippe Thoumie²

¹ Laboratoire CLAMS Université Paris-sud 11 Orsay,

² Laboratoire d'analyse du mouvement Pôle de MPR Hôpital Rothschild APHP, Paris

Auteur correspondant : Ana Flavia Gomes Paiva momopaiva@hotmail.com

Mots clés : Eye-tracker; Compensation visuelle, Neuropathie ataxiante

Introduction : Les sujets présentant une neuropathie ataxiante ont une atteinte sensitive prédominante des membres inférieurs qu'ils tendent à compenser en augmentant l'utilisation des entrées visuelles. Cette étude vise à étudier la compensation visuelle de ces patients en conditions dynamiques de marche en utilisant l'eye-tracker.

Matériel et méthode : Ce dispositif intègre une caméra fixée directement sur des lunettes qui permet d'analyser la direction du regard pendant la marche. Trois groupes ont été sélectionnés: 10 sujets témoins jeunes, 10 sujets témoins plus âgés et 10 sujets présentant une neuropathie ataxiante. Le protocole expérimental consiste à marcher dans 3 couloirs différents en portant l'eye-tracker. Pour cette première approche, en ce qui concerne la direction du regard nous avons étudié le temps passé par chaque patient en regardant le sol.

Résultats : La reproductibilité des trajets réalisés par les sujets a été calculée par ANOVA à mesure répétée confirmant la reproductibilité de l'évaluation dans les différents secteurs de marche. Nous avons observé une différence significative entre les deux groupes des sujets témoins et les patients ($p < 0,0001$).

Discussion-Conclusion : La technologie eye-tracking offre la possibilité d'une évaluation quantitative du processus visuel et attentionnel des sujets. Cela nous a permis de montrer une différence de compensation visuelle lors de la marche entre les groupes des témoins et les patients. L'eye-tracker s'avère un outil pertinent pour l'analyse de la compensation visuelle lors de la marche, à la fois reproductible et sensible à la pathologie testée dans cette étude.

Évaluation de la marche et de la posture chez des patients présentant un tremblement essentiel sévère.

Emmanuelle Boutin¹, Tatiana Witjas¹, Romain Carron², Jean Régis², Jean-Philippe Azulay¹, Marianne Vaugoyeau³

1. *Service de Pathologie du mouvement, hôpital adulte de la Timone, Marseille*
2. *Service de neurochirurgie fonctionnelle, hôpital adulte de la Timone, Marseille*
3. *CNRS-AMU, Laboratoire de neurosciences cognitives, Marseille*

Auteur correspondant : Marianne Vaugoyeau, marianne.vaugoyeau@univ-amu.fr

Mots clés : Locomotion Posture, tremblement essentiel, radiochirurgie par gamma Knife

Près de 300000 personnes sont atteintes de tremblement essentiel (TE) en France. Malgré cette importante prévalence, la physiopathologie du TE est à ce jour encore mal connue. Néanmoins, certaines pistes, aussi bien cliniques qu'expérimentales, laissent supposer l'existence d'un dysfonctionnement du cervelet dans le TE. Mais, de façon assez surprenante très peu de données sont disponibles dans la littérature quant à l'existence de troubles de la marche et de la posture dans le TE. L'objectif primaire de ce projet était de préciser les troubles posturo-locomoteurs dans le TE. L'objectif secondaire était d'évaluer l'impact de la thalamotomie unilatérale sur les performances motrices. Dans l'hypothèse qu'une dysfonction du cervelet expliquerait au moins partiellement ces symptômes nous avons choisi d'évaluer 2 sphères du contrôle moteur, connues pour être déficitaires dans les atteintes cérébelleuses : l'équilibre et la marche. 19 sujets atteints de TE sévère ont participé à cette étude. La marche et la posture de ces sujets ont été enregistrées avant et un après radiochirurgie par gamma knife à l'aide d'un système multiparamétrique d'analyse automatique du mouvement.

La comparaison des performances des sujets TE à celles de sujets contrôles révèle une dégradation des caractéristiques spatiotemporelle de la marche dans le groupe des TE. La comparaison des performances des patients avant et après traitement ne révèle aucun effet du GK sur la marche et la posture. La comparaison de deux sous-groupes de sujets, i.e avec tremblement du chef (TEC) et avec tremblement isolé des membres supérieur (TEMS) révèle des performances posturo-locomotrices amoindries dans le groupe TEC.

Cette étude met donc en évidence la présence de troubles posturo-locomoteur dans le TE et suggère que l'existence d'un tremblement du chef serait corrélée à une atteinte plus sévère de la marche. Une hypothèse serait que les mouvements surajoutés de la tête dégraderait les afférences visuelles et vestibulaires nécessaires au maintien de l'équilibre dynamique. La diminution de la vitesse de marche pourrait alors être une stratégie compensatrice de ce déficit sensoriel.

Session perception 1 (présentations orales)

Influence d'un référentiel sensoriel gravitaire sur l'intégration de l'information proprioceptive durant la préparation d'un pas en microgravité

Anahid H. Saradjian¹, Dany Paleressompoule², Didier Louber¹, Thelma Coyle³, Jean Blouin¹, Laurence Mouchnino¹

¹*Laboratoire de Neurosciences Cognitives Aix Marseille Université-CNRS, Marseille*

²*Fédération de Recherche 3C Comportement-Cerveau-Cognition, CNRS- Aix-Marseille Université, Marseille*

³*Institut des Sciences du Mouvement Aix-Marseille Université, Marseille*

Auteur correspondant : Anahid Saradjian, anahid.saradjian@univ-amu.fr

Mots-clés : Proprioception, Planification du pas, Microgravité, Intégration multisensorielle, Potentiels évoqués somatosensoriels.

Introduction : Durant la planification du pas, nous avons observé un phénomène de facilitation proprioceptive corticale (Saradjian 2013). Ce phénomène, absent en microgravité permettrait de calibrer les ajustements posturaux anticipés à venir et s'expliquerait par la non-pertinence des afférences proprioceptives lorsque les contraintes d'équilibre sont supprimées. Une autre possibilité serait une altération du cadre de référence sensoriel de l'ensemble du corps en l'absence d'informations vestibulaires et cutanées générées par la gravité, permettant aux informations proprioceptives de s'exprimer. Le but de cette étude est de tester si le rétablissement d'un référentiel stimulant ces récepteurs déprimés en microgravité restaurerait une facilitation de la proprioception.

Matériel et méthode : La stimulation sensorielle consistait en une translation latérale du support appliquée avant que les sujets n'initient leur pas, lors de vols paraboliques. Nous avons utilisé la vibration musculo-tendineuse des chevilles pour stimuler la proprioception. La facilitation proprioceptive était quantifiée en mesurant l'amplitude des potentiels évoqués somatosensoriels (SEPs) relatifs à la vibration durant la planification du pas.

Résultats : L'amplitude des SEPs fut augmentée de façon significative lorsque la stimulation vestibulo-cutanée était appliquée comparativement à une condition sans pré-stimulation. Cependant, cette augmentation était similaire lorsque les sujets initiaient un pas ou demeuraient statiques.

Discussion-conclusion : Ceci suggère que cette stimulation vestibulo-cutanée permet une meilleure intégration des informations proprioceptives, certainement en restaurant un cadre de référence relatif aux informations du corps, amoindries en microgravité. Nous proposons que l'absence de facilitation lors de l'initiation du pas résulterait d'une importance moindre de la proprioception en l'absence de contraintes gravitaires.

Les informations vestibulaires influencent la prise de perspective d'autrui : études chez des volontaires sains et implications pour la réhabilitation vestibulaire

Diane Deroualle¹, Liliane Borel¹, Arnaud Devèze², Christophe Lopez¹

¹*Aix-Marseille Université, CNRS, NIA UMR 7260, 13331, Marseille, France*

²*Service ORL et chirurgie cervico-faciale (Nord). Assistance publique – Hôpitaux de Marseille, Marseille*

Auteur correspondant : Diane Deroualle, diane.deroualle@univ-amu.fr

Mots clés : Prise de perspective, Imagerie mentale, Stimulation vestibulaire, Fauteuil rotatoire, Représentations spatiales

Introduction : Notre capacité à s'abstraire de notre propre point de vue pour adopter celui d'autrui, ou « prise de perspective visuo-spatiale », joue un rôle important dans la cognition sociale (1). Cette étude a pour objectif de

mesurer l'influence des informations vestibulaires sur la prise de perspective en combinant des stimulations rotatoires naturelles du système vestibulaire à des tâches d'imagerie mentale.

Méthodes : Vingt participants réalisaient une tâche virtuelle de lancer de ballons nécessitant d'adopter la perspective visuo-spatiale d'avatars. Dans une tâche contrôle, quatorze participants réalisaient des rotations mentales d'objets tridimensionnels, sans changement de perspective. Les participants réalisaient ces deux tâches alors qu'ils étaient déplacés passivement sur un fauteuil en rotation horaire ou antihoraire, et dans une direction congruente/incongruente de celle de la rotation mentale.

Résultats : Nos résultats indiquent un effet de congruence entre le sens de rotation du fauteuil et le sens de la rotation mentale utilisée pour adopter la perspective visuo-spatiale des avatars. En effet les participants sont plus rapides pour effectuer la tâche lorsque les deux sens de rotation sont congruents. En revanche, pour la rotation mentale d'objets tridimensionnels aucun effet de congruence n'est observé.

Discussion: La prise de perspective semble reposer entre autres sur des mécanismes vestibulaires. Des données préliminaires chez des patients testés après une neurotomie vestibulaire unilatérale suggèrent un déficit de cette prise de perspective lorsque la rotation mentale est effectuée du côté de la lésion. Ces tâches de prise de perspective seraient donc une piste intéressante pour la rééducation des patients vestibulaires.

Perception du mouvement humain réalisé en microgravité : Etude des corrélats cérébraux en IRMf

Christine Assaiante^{1,2}, Fabien Cignetti^{1,2}, Marianne Vaugoyeau^{1,2}

¹ Aix-Marseille Université, CNRS, LNC UMR 7291, Marseille, France

² Aix-Marseille Université, CNRS, FR 3512, Marseille, France

Auteur correspondant : Christine Assaiante, christine.assaiante@univ-amu.fr

Mots clés : Mouvement humain; gravité ; Perception ; Résonance motrice; IRMf

Introduction : La gravité est une constante qui joue un rôle capital dans l'exécution et la perception du mouvement humain. Sur Terre, les informations gravito-inertielles nourrissent l'ensemble des représentations internes de l'action et du corps, sur lesquelles le SNC s'appuie pour contrôler et percevoir le mouvement. En microgravité, l'ensemble des informations graviceptives sont transitoirement supprimées ou perturbées. Afin de préciser les capacités du SNC à extraire les informations gravito-inertielles pertinentes contenues dans la cinématique d'un mouvement humain, nous avons mis au point un ensemble de stimuli enregistrés en normo et microgravité, modélisés sous la forme de points lumineux.

Matériel et méthode : Nous avons examiné les réseaux cérébraux en charge de la perception visuelle du mouvement humain réalisé en normo- et microgravité, chez 20 jeunes adultes, naïfs à la microgravité, lors d'une étude en imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf).

Résultats /Discussion : La perception du mouvement humain dans les deux conditions s'appuie sur un réseau cérébral identique impliquant des régions frontale, pariétale et temporo-occipitale, caractéristiques de la perception des mouvements biologiques. En revanche, il existe des gradients d'activation au niveau de certaines régions motrices, qui appartiennent au système des neurones miroirs, en particulier le cortex moteur primaire, dont l'activation est plus importante dans la condition normogravité. Ainsi, la perception du mouvement humain, en normo comme en microgravité, s'effectue au travers d'un processus de résonance motrice dans lequel les mouvements observés sont simulés par le sujet observateur sur la base de propre son répertoire moteur; les mouvements jamais exécutés en microgravité conduisant à une moindre activation de ses régions motrices

Neuro-anatomie fonctionnelle de la perception de la verticalité

Arnaud Saij^{1,2}, Jacques Honoré³, Liliane Borel⁴, Patrik Vuilleumier²

¹Hôpitaux Universitaires de Genève, Suisse

²Université de Genève, Faculté de Médecine, LabNic, Suisse

³Université Nord de France et CNRS, Lille, France

⁴Aix-Marseille Université et CNRS, France

Auteur correspondant: Arnaud Saj, arnaud.saj@unige.ch

Mots clés : IRMf ; Verticale visuelle ;

Introduction : La neuroanatomie fonctionnelle de l'élaboration de la verticale subjective (VS) reste peu étudiée en neuroimagerie. Un unique travail en électroencéphalographie chez le sujet sain met en évidence le rôle des régions temporo-occipitale and pariéto-occipitale bilatérales. Notre objectif était de déterminer en IRM fonctionnelle les structures cérébrales impliquées dans la représentation de la verticale visuelle.

Matériel et méthode : Seize participants sains ont réalisé deux tâches séparées : aligner une barre par rapport à la gravité (tâche de verticale) ; nommer la couleur de cette barre (vert ou rouge ; tâche contrôle), soit durant (position couchée) soit en dehors (position assise) de l'IRMf.

Résultats : Les résultats comportementaux ne différaient pas entre les positions assise et couchée. Le contraste (verticale > contrôle) a révélé des activations corticales localisées principalement au niveau temporo-occipital, bilatéralement avec dominance droite. Des activations bilatérales ont également été observées dans les régions occipitales supérieures, temporelles moyennes et supérieures, les lobes pariétaux et les aires motrices supplémentaires. Le contraste (verticale > 0 ; baseline) a montré une activité à droite dans le lobe pariétal inférieur, le thalamus, le lobe antérieur du cervelet et le mésencéphale, et à gauche dans le gyrus parahippocampique et le tronc cérébral.

Discussion et conclusion : Ce travail montre, pour la première fois en IRMf, les régions cérébrales impliquées dans la perception de la verticale visuelle. Les données sont en accord avec les déficits observés lorsque ces régions sont lésées et avec leur rôle supposé dans la perception de la verticale.

Maintenir le corps droit optimise la mesure de la verticale visuelle après AVC

Céline Piscicelli^{1,2}, Julien Barra³, Brice Sibille¹, Charlotte Bourdillon¹, Michel Guerraz², Dominic Pérennou^{1,2}

¹ Clinique MPR-CHU, Grenoble, France

² Laboratoire de Psychologie et Neurocognition CNRS UMR 5105, Grenoble Université, France

³ Laboratoire Vision Action Cognition, Université Paris Descartes, France

Auteur correspondant : Céline Piscicelli, CPiscicelli@chu-grenoble.fr

Mots clés : Verticale visuelle, AVC, Posture, Standardisation

Introduction : L'évaluation de la verticale visuelle (VV) devient une évaluation courante chez les patients ayant fait un Accident vasculaire cérébral (AVC). Elle manque pourtant de standardisation avec des procédures différentes notamment pour l'installation des patients, qui souvent présentent des difficultés à tenir assis et une inclinaison latérale du tronc et de la tête. Cette étude évalue l'intérêt de contrôler l'orientation posturale pour mesurer VV après AVC.

Méthode : Trente-six patients (62,9±12,3ans) appariés à 20contrôles étaient évalués après un premier AVC hémisphérique (2,5±2,6mois,13 gauches/23 droits). Les patients étaient classés en 2 groupes selon le score d'équilibre assis au PASS : posture assise indépendante (ISP, n=25) vs non-indépendante (Non-ISP, n=11).La VV était évaluée selon 3 installations: Tronc-Tête libres (TfHf), Tronc maintenu (TmHf), Tronc-Tête maintenus (TmHm). VV orientation (moyenne) et VV variabilité (écart-type) étaient calculées sur 10essais.

Résultats: L'ANOVA sur VV orientation montraient un effet du groupe ($P<0,001$), de l'installation ($P=0,01$) et une interaction ($P=0,007$). Les analyses post hoc montraient que VV n'était pas différente entre les conditions d'installation chez les contrôles et les ISP ($P_s>0,06$). Chez les Non-ISP, VV était plus contralésionnellement biaisée dans les conditions tronc maintenu ($TmHm=-7,8^\circ$; $TmHf=-8,4^\circ$) que dans la condition TffHf ($-3,6^\circ$) ($P<0,05$), avec dans cette condition des estimations variées et aberrantes. Sur VV variabilité, l'ANOVA montrait un effet du groupe ($P<0,001$), de l'installation ($P<0,001$) et une interaction ($P<0,001$). La variabilité était basse chez les contrôles ($\leq 1^\circ \pm 0,17^\circ$) et les ISP ($1,5^\circ \pm 0,16^\circ$), quelle que soit l'installation ($P_s>0,24$). Chez les Non-ISP, la variabilité extrême dans les conditions TffHf ($3,7^\circ \pm 0,4^\circ$) et TmHf ($3,6^\circ \pm 0,2^\circ$) diminuait dans la condition TmHm ($1,5^\circ \pm 0,2^\circ$).

Conclusion: L'installation posturale impacte la perception de la VV chez les patients AVC, particulièrement ceux avec troubles posturaux. L'installation posturale optimale est celle qui maintient le tronc et la tête.

Perception 2 (présentation flashes)

La posture influence de façon préconsciente la perception visuo-spatiale

Christophe Lopez¹, Amandine Parlanti¹, Diane Deroualle¹

¹*Aix Marseille Université, CNRS, NIA UMR 7260, 13331, Marseille, France*

Auteur correspondant : Christophe Lopez, christophe.lopez@univ-amu.fr

Mots clés : Posture corporelle, Proprioception, Intégration multisensorielle, Prise de perspective, Cognition spatiale

Introduction : La posture de notre corps influence de façon préconsciente la perception émotionnelle que nous avons de nos congénères. Peu de données sont en revanche disponibles sur l'utilisation des informations proprioceptives liées au corps entier pour la perception visuo-spatiale. Cette étude décrit (Tâche1) comment ces informations proprioceptives sont utilisées pour adopter la perspective d'un avatar et (Tâche2) comment l'observation d'un avatar influence nos perceptions visuo-spatiales.

Méthodes : Les participants réalisaient les Tâches 1&2 en décubitus ventral et observaient des avatars présentés dans un environnement virtuel dans une posture congruente ou incongruente (décubitus dorsal). Tâche1 : Treize participants adoptaient le point de vue d'un avatar pour juger la position d'objets situés dans son espace extrapersonnel. Tâche2 : Vingt-six participants évaluaient le nombre de ballons présents dans un environnement virtuel. Ce nombre était congruent/incongruent avec le nombre de ballons vus par un avatar présent dans l'environnement.

Résultats : Tâche1 : Les participants déterminent plus rapidement la position d'objets dans l'espace extrapersonnel d'un avatar si ce dernier a la même posture que les participants. Tâche2 : Les participants adoptent inconsciemment la perspective de l'avatar ce qui augmente leur temps de comptage des ballons (essais incongruents). Toutefois, lorsque l'avatar est dans la même posture que les participants, cet effet d'interférence diminue.

Discussion : La posture corporelle est prise en compte pour moduler de façon automatique et préconsciente la perception spatiale. Nos données soulignent l'importance de la cognition incarnée et motivent les rééducations posturales dont l'influence sur la perception spatiale est sans doute sous-estimée.

Maturation du réseau d'intégration proprioceptive lors d'une vibration musculo-tendineuse en IRMf : une nouvelle façon d'étudier la construction du schéma corporel.

Aurelie Fontan¹, Fabien Cignetti¹, Marianne Vaugoyeau¹, Christine Assaiante¹

¹*Laboratoire de Neurosciences Cognitives, Aix-Marseille Université, CNRS, LNC UMR 7291, 13331 Marseille.*

Auteur correspondant : Aurelie Fontan, aurelie.fontan@etu.univ-amu.fr

Mots clés : Développement ; Enfants ; Schéma corporel ; Proprioception ; IRMf

Introduction : Agir avec son environnement nécessite d'être conscient de son propre corps. Cette conscience corporelle est basée sur le schéma corporel qui correspond à la représentation interne du corps en action. La construction du schéma corporel au cours de l'ontogénèse repose grandement sur la proprioception. La maturation des bases cérébrales sous-jacentes à l'intégration proprioceptive reste encore peu connue. C'est autour de 8 ans que l'intégration d'informations proprioceptives au service du contrôle en ligne du mouvement devient plus opérationnelle, signant une maturation progressive des afférences proprioceptives (Contreras-Vidal et al. 2006). De plus, une immaturité du réseau proprioceptif a été observée chez les adolescents, qui se caractérise par une moindre différenciation en comparaison des adultes (Cignetti et al. 2014 ; Assaiante et al. 2014).

Matériel et méthode : 20 enfants de 8 à 10 ans, ont été placés dans un scanner IRMf. Des illusions de mouvement de flexion plantaire ont été induites grâce à des vibreurs. Les vibrations délivrées étaient soit de faible fréquence (30Hz), soit de plus haute fréquence (100Hz) pouvant provoquer une illusion de mouvement.

Résultats/Discussion : Les analyses préliminaires des cartes d'activation et de connectivité fonctionnelle et structurelle suggèrent une moindre maturité des régions fronto-pariétales sous-jacentes à l'intégration proprioceptive chez l'enfant, à l'inverse des régions sensorimotrices dont les propriétés sont comparables à celles de l'adulte. La construction du schéma corporel, qui s'appuie sur ces régions associatives, est donc un processus qui mature lentement au cours de l'ontogénèse.

Psychophysique et neuro-anatomie des verticales subjectives

Arnaud Saj^{1,2}, Bérenger Braem^{3,4}, Jacques Honoré,⁵ Marc Rousseaux^{3,4}

¹ Neurologie, Hôpitaux Universitaires de Genève, Suisse

² LabNic, Faculté de Médecine, Université de Genève, Suisse

³ EA 2691, Université Nord de France, Lille, France

⁴ Rééducation Neurologique, CHU Lille, France

⁵ CNRS et LNFP, Université Nord de France, Lille, France

Auteur correspondant : Arnaud Saj, arnaud.saj@unige.ch

Mots clés : Verticales subjectives, AVC, VLSM, Neuroanatomie, Psychophysique

Introduction : Après une lésion cérébrale, la verticale subjective (VS) est souvent inclinée vers le côté controlésionnel. Ce biais est influencé par la présence d'une négligence spatiale et de trouble posturaux. Différents systèmes perceptifs peuvent être impliqués dans l'évaluation de la VS. Cette étude psychophysique et neuro-anatomique compare, chez des patients ayant subi un AVC de l'hémisphère droit, les déviations des VS visuelle (VSV), haptique (VSH) et visuo-haptique (VSVH) et leurs substrats lésionnels.

Méthodes : La trois VS ont été mesurées chez 8 participants sains et 46 patients, 25 avec et 21 sans négligence spatiale. Les lésions ont été comparées avec la méthode VLSM (*voxel-based lesion-symptom mapping*).

Résultats : Les patients ont montré des déviations antihoraires. L'erreur moyenne était plus ample pour la VSH que pour les VSV et VSVH. Les VSV et VSVH étaient corrélées avec la présence d'une négligence spatiale gauche et d'une hémianopsie. La variabilité intra-individuelle, plus importante en modalité haptique qu'en modalité visuelle, était la plus faible en modalité visuo-haptique. Les lésions responsables des déviations des VSV et VSVH étaient situées dans la partie postérieure du cortex temporal, et s'étendaient vers le cortex pariétal postérieur et la substance blanche sous-corticale. Les lésions liées au biais de la VSH, plus antérieures, s'étendaient dans le lobe temporal inférieur.

Conclusion : Comparées à la VS haptique, les VS visuelle et plus encore visuo-haptique, ont une meilleure reproductibilité, ce qui peut être avantageux en clinique. D'un point de vue neuro-anatomique, ces deux verticales impliquent des régions cérébrales postérieures relativement similaires.

Analyse temporelle et spatiale du contrôle postural chez l'enfant et l'adolescent atteints de trouble appartenant au spectre autistique

Maria Pia Bucci¹, Nathalie Goulème¹, Magali Seassau³ Hugo Peyre², Anne Maruani², Julia Clarke², Richard Delorme²

¹UMR 1141 Inserm - Université Paris Diderot. Hôpital Robert Debré, 48 Boulevard Sérurier, 75019 Paris, France.

²Service de Psychiatrie de l'enfant et de l'adolescent. 48 Boulevard Sérurier Hôpital Robert Debré, 75019, Paris, France.

³e(ye)BRAIN, 1 bis rue Jean le Gallen, 94200 Ivry-sur-Seine, France www.eye-brain.com

Auteur correspondant : mariapia.bucci@gmail.com

Mots clés : Autisme, Enfant, Contrôle postural, Décomposition en ondelettes, Stratégies sensorielles, Cervelet.

Introduction : L'objectif de cette étude est d'explorer les capacités posturales des enfants et adolescents atteints de troubles du spectre autistique (TSA). La nouveauté ici, est l'utilisation à la fois de l'analyse spatiale et de l'analyse temporelle avec la décomposition en ondelettes.

Matériel et méthodes : Vingt-quatre sujets avec TSA d'âge moyen 12 ± 3 ans et vingt-quatre sujets contrôles appariés selon l'âge et le QI ont participé à l'étude. Les performances posturales ont été évaluées avec le Multitest Equilibre de la société Framiral®. Le contrôle postural a été enregistré selon six conditions: yeux ouverts fixant une cible, yeux fermés et yeux ouverts en vision perturbée, avec une stimulation optocinétique sur plateforme stable et instable.

Résultats : L'analyse spatiale et temporelle révèle un déficit dans le contrôle postural des sujets TSA testés par rapport aux sujets contrôles. En effet, la décomposition en ondelettes montre que les sujets TSA présentent un indice de puissance spectrale significativement plus élevé et un temps d'annulation significativement plus court que les sujets contrôles. De plus, indépendamment de la condition testée, le traitement des informations visuelles, vestibulaires et l'intégration cérébelleuse semblent être moins performants chez les sujets TSA que les sujets contrôles pour assurer un bon contrôle postural.

Discussion - conclusion : Les faibles performances du contrôle postural chez le sujet TSA seraient dues à un déficit dans l'utilisation et le traitement des informations sensorielles visuelles et vestibulaires, et dans l'activité d'intégration cérébelleuse.

Développement de la synergie vergence accommodation et posture chez l'enfant

Zoi Kapoula¹, Lucrezia Olivier¹, Chrystal Gaertner¹

¹ *Équipe IRIS, Physiopathologie de la motricité binoculaire et de la vision, FR3636 CNRS-Université Paris Descartes, Paris, France.*

Auteur correspondant : Zoi Kapoula, zoi.kapoula@gmail.com

Mots clés : Développement, Contrôle postural, Vergence active, Accommodation, Vergence.

Introduction : La vergence oculaire active améliore la stabilité posturale ; la vergence fonctionne en synergie avec l'accommodation. Ici, nous étudions le développement chez l'enfant de la synergie vergence-accommodation et du contrôle postural.

Matériel et méthode : Cinquante-sept enfants sains (de 6 à 17 ans, âge moyen 10.53 ± 3.44 ans) ont effectué en position orthostatique une tâche de vergence active entre deux cibles placées à 20 cm (18° de vergence requise, 5 dioptries d'accommodation) et 70 cm (5° de vergence requise, 1.33 dioptries d'accommodation). La vergence et l'accommodation ont été enregistrées avec l'accommodomètre PowerRefractor II (PlusOptix). En même temps, la posture a été enregistrée avec la plateforme PosturoWin.

Résultats : La durée de la réponse vergence-accommodation diminue avec l'âge de façon quasi-linéaire (de 800 à 400ms). De la même façon, la surface d'oscillation posturale diminue avec l'âge de 411mm^2 à 55mm^2 . Toutefois vergence et accommodation présentent des comportements différents en termes de précision et variabilité: la réponse accommodative de chaque œil reste très variable tout au long des âges étudiés (variation de 6 dioptries). En revanche, la vergence (stimulé principalement par la disparité) s'amplifie progressivement avec l'âge, devient plus précise et sa variabilité diminue. Ainsi la synergie vergence accommodation est instable au cours de développement.

Discussion : L'amélioration de la stabilité posturale accompagnant les mouvements actifs vergence-accommodation vient surtout de la vergence qui s'améliore avec l'âge alors que l'accommodation reste très variable. L'amélioration de la posture opère en dépit de l'instabilité développementale dans la synergie vergence-accommodation.

Session biomécanique 3

Conférence invitée

Les synchronisations locomotrices: Quand la vision et l'audition modulent notre façon de marcher

Benoît Bardy

EuroMov, Université de MONTPELLIER 1

Marcher, courir, éviter un obstacle ou freiner à son approche, sont quelques exemples prosaïques de nos comportements dirigés qui imposent de résoudre un double problème, celui de la coordination et celui de la régulation. Sur le versant moteur, les 10^3 muscles et les 10^2 articulations qui composent approximativement le corps humain forment un système biologique dont la dimension est immense. Sur le versant sensoriel, une multitude de récepteurs cutanés, articulaires, musculaires, vestibulaires ou visuels, transmettent au cours du mouvement une multitude de signaux à une multitude de sites nerveux, conduisant également à un ensemble à très haute dimension. En dépit de ce grand nombre de degrés de liberté, moteurs et perceptifs (ou peut-être grâce à celui-ci), nos actions locomotrices sont la plupart du temps performantes, fluides, et efficaces. Les nombreux constituants du niveau microscopique (i.e., celui des muscles, des articulations, des neurones, des récepteurs sensoriels) sont contraints de s'assembler afin de produire au niveau macroscopique un comportement adapté.

C'est ce processus *d'assemblage* des degrés de liberté moteurs et perceptifs en *synergies fonctionnelles* qui est analysé dans cet exposé, à partir de l'exemple de la marche et de la course. Une attention particulière est portée aux *synchronisations* visuo-motrices et audio-motrices. Au cours de la marche et de la course, les conséquences visuelles (le flux optique), auditives (le flux acoustique), et physiologiques (le flux respiratoire) résultant du déplacement modulent en effet les coordinations motrices (les allures) et leurs composants (la longueur, la fréquence, et la durée du pas). Les résultats d'expériences récentes dans lesquelles ces synchronisations ont été manipulées par la réalité virtuelle ou l'indiciage musical sont rapportés, indiquant la stabilité intrinsèque de ces synchronisations naturelles, ainsi que leur perte (ou leur gain) de stabilité accompagnant la déficience (ou l'expertise). Les conséquences de ces résultats pour le développement d'applications technologiques orientées santé sont décrites.

Présentations orales

Effet d'un siège avec assise inclinée en avant sur les contraintes subies par la chaîne posturale

Alain Hamaoui^{1,2}, Myriam Hassaine^{1,2}, Pier-Giorgio Zanone²

¹Laboratoire de Physiologie de la Posture et du Mouvement, Université Champollion, Albi

²EA-4561 PRISSMH, Université de Toulouse, UPS

Auteur correspondant : Alain Hamaoui alain.hamaoui@univ-jfc.fr

Mots clés : Assise inclinée en avant ; Posture ; Muscles posturaux ; Ergonomie.

Introduction : Le but de cette étude a été de déterminer si les sièges avec assise inclinée en avant, classiquement décrits comme ergonomiques, permettent de réduire les contraintes biomécaniques subies par la chaîne posturale.

Matériel et méthode. Douze sujets asymptomatiques de sexe masculin (22 ± 3 ans, 179 ± 5 cm, $68,5 \pm 5$ kg) ont effectué un test de 5 min dans 6 conditions croisant l'inclinaison (15° en avant, horizontale) et la hauteur (supérieure, moyenne, basse) de l'assise. La posture de la tête, de la colonne vertébrale et du bassin a été analysée à l'aide d'une centrale inertielle, et l'activité de 11 muscles posturaux du tronc et des membres inférieurs estimée à partir de l'EMG de surface.

Résultats : En condition d'assise inclinée en avant (comparativement à horizontale), il n'apparaît pas de variation significative de la posture du tronc et du bassin, bien que la flexion de la hanche soit significativement réduite ($p < 0,01$). Toujours dans cette condition, il existe une augmentation significative de l'activité des deux vastes quadriceps ($p < 0,05$) et du soléaire ($p < 0,01$).

Discussion – conclusion : Contrairement au point de vue défendu par certains auteurs, le siège avec assise inclinée en avant ne paraît pas atténuer systématiquement la délordose lombaire qui se produit naturellement en station assise. En revanche, il augmente de manière significative le niveau d'activité des muscles extenseurs du genou et de la cheville, majorant les contraintes subies par ces articulations. En conséquence, son usage en tant que siège " ergonomique " paraît discutable.

Evaluation de l'asymétrie de la marche chez une population hémiplegique

Cordillet Sébastien, Auvinet Edouard¹, Leblong Emilie³, Multon Franck²

¹ Ph. D Post Doc. Hôpital Saint Justine Montréal

² Laboratoire Mouvement Santé et Sport Rennes France

³ Service de Médecine Physique et de Réadaptation, CHU Rennes, France

Mots clés : Asymétrie ; Marche ; Hémiplegie ; Continuous relative phase ; Kinect ; Lateral/longitudinal Asymmetry Indicator

Introduction : Les indicateurs d'asymétrie au cours de la marche comme la continuous relative phase (CRP), nécessitent du matériel onéreux et un traitement des données fastidieux. Un nouvel indicateur de l'asymétrie (LAI) qui utilise la Kinect de Microsoft a été développé par Auvinet et al. (2014).

Matériel et méthode. Trois sujets hémiplegiques ont réalisé une tâche de marche sur tapis roulant pendant deux minutes. Afin de valider l'indicateur LAI, nous l'avons comparé à un indicateur largement utilisé dans la littérature : la continuous relative phase.

Résultats : La comparaison des indicateurs intra-individuels ne permet pas de dire si un indicateur détecte plus ou moins les asymétries au cours du cycle. Le CRP détecte plus d'asymétrie que le LAI pour deux sujets et inversement pour le troisième.

Discussion : La différence entre les indicateurs peut s'expliquer de deux manières. Premièrement, le CRP est un indicateur spatio-temporel alors que le LAI est un indicateur spatial. Deuxièmement, le CRP étudie l'asymétrie d'un segment alors que le LAI étudie le membre inférieur.

Insuffisance des mécanismes posturaux et déficiences des capacités d'extension des patients parkinsoniens

Cédric Bonnet, Arnaud Delval, Luc Defebvre

Laboratoire de Neurosciences Fonctionnelles et Pathologies, Université Lille 2

Auteur correspondant : Cédric Bonnet, cedrick.bonnet@chru-lille.fr

Mots clés : Parkinson, Extensions corporelles ; Plan frontal ; Oscillations posturales ; Mécanismes posturaux

Introduction : La maladie de Parkinson engendre des troubles de la stabilité posturale. Notre but a été d'analyser et de comprendre les causes de la dégradation des possibilités d'extension dynamique du corps dans l'axe médiolatéral.

Matériel et méthode : Dix-huit patients parkinsoniens, 18 personnes témoins et 19 jeunes adultes ont participé à l'étude. Le groupe de jeunes servait à analyser les dégradations liées à l'âge. Les participants devaient soit réaliser une tâche statique contrôle, soit pencher leur corps d'un côté (droit ou gauche), soit osciller de droite à gauche le plus loin et le plus vite possible.

Résultats. : Les patients parkinsoniens et les témoins oscillaient de façon similaire dans la tâche contrôle (*ns*). Dans les deux tâches actives, ils étendaient leur corps moins loin et moins vite que les témoins sans toutefois montrer d'instabilité dans l'exécution de ces tâches. La contribution, en amplitude, du mécanisme postural de hanche (modèle de Winter et al., 1993, 1996) était significativement plus faible chez les patients que chez les témoins en condition

d'oscillations continues. En complément, les témoins étaient plus lents que les jeunes adultes sans toutefois montrer de déficience des mécanismes posturaux.

Discussion – conclusion : A un stade précoce de leur maladie (stade 2), les patients ne montraient aucun signe d'instabilité posturale. Cependant, leur performance d'extension était limitée, probablement à cause d'une déficience du mécanisme fondamental du contrôle postural médiolatéral. L'approfondissement de ces connaissances pourrait permettre de mieux comprendre et d'anticiper les chutes médiolatérales, relativement fréquentes et souvent dramatiques, des patients parkinsoniens.

Session pathologie 1 (présentations flashes)

Effet de la vergence active sur le contrôle postural chez l'enfant et adolescent avec vertige avant et après rééducation

Chrystal Gaertner¹, Sylvette Wiener-Vacher², Zoi Kapoula¹

¹ *Equipe IRIS, Physiopathologie de la motricité binoculaire et de la vision, FR3636 CNRS-Université Paris Descartes, Paris, France.*

² *Service ORL, Hôpital Robert Debré, Paris, France.*

Auteur correspondant : Chrystal Gaertner, gaertner.chrystal@gmail.com

Mots clés : Développement, Contrôle postural, Vergence active, Trouble de vergence.

Introduction : Chez l'enfant dyslexique (Kapoula & Bucci 2007), ainsi que chez l'enfant strabique (Gaertner et al. 2013), l'exécution de mouvements actifs de vergence entre une cible proche et une lointaine améliore la stabilité posturale. Cette étude développementale explore l'effet de la vergence sur la stabilité posturale chez des enfants de 6 à 17 ans présentant un trouble de vergence.

Matériel et Méthode : 37 enfants (11 ± 3 ans) se plaignant de vertiges mais sans troubles vestibulaire ont réalisé trois conditions expérimentales: fixation proche à 40cm (angle de vergence 9°) fixation lointaine à 150cm (angle de vergence 2°), et mouvements actifs de vergence entre deux diodes à 20cm (18° de convergence) et 70cm (5°). La posturographie en position orthostatique a été enregistrée avec la plateforme Techno Concept (25.6s). Les tests ont été réalisés avant et après rééducation orthoptique de la vergence (12 séances).

Résultats : La surface est significativement plus faible en condition vergence active comparé à la fixation lointaine après rééducation seulement ($p < 0.009$). La surface d'oscillation est significativement plus faible dans la condition de fixation proche ($179 \pm 173 \text{ mm}^2$) après la rééducation orthoptique qu'avant ($211 \pm 122 \text{ mm}^2$). De plus, la variance de la vitesse est plus faible après la rééducation qu'avant en fixation lointaine.

Discussion-conclusion : Ces résultats confirment que la vergence, même dysfonctionnant, joue un rôle important dans la posture. La rééducation a un effet bénéfique sur la stabilité posturale, surtout en condition de fixation proche ou l'angle de vergence requis est fortement convergent.

Effets de l'âge sur les capacités de compensation d'une ataxie proprioceptive

Besma Missaoui et Philippe Thoumie. Service de rééducation neuro-orthopédique, Hôpital Rothschild, APHP Université Pierre et Marie Curie Paris 6, Paris et Équipe Rime, laboratoire CLAM, UFR Staps, Université Paris Sud, Orsay.

Auteur correspondant : Philippe Thoumie email : philippe.thoumie@rth.aphp.fr

Mots clés : Proprioception, Compensation, Age, Neuropathies, Rééducation

Introduction Le maintien de l'équilibre sollicite des afférences périphériques dont la disparition en pathologie peut être compensée de façon variable suivant un processus de vicariance. Le but de cette étude est de préciser le rôle délétère ou non de l'âge sur ce processus de substitution

Matériel et Méthode Un programme de rééducation incluant stimulation sensorielle du pied et travail de l'équilibre et de la marche avec une vision limitée a été suivi par 20 patients atteints de neuropathie ataxique afin de stimuler une compensation multi-sensorielle. Les patients ont été divisés en deux sous-groupes correspondant à un groupe d'âge moyen (âge moyen = 55 ans) et un groupe plus âgé ($m =$ de 75 ans). Tous les patients présentaient une altération des paramètres de l'équilibre et de la marche par rapport au groupe contrôle.

Résultats A la fin du programme d'entraînement, une amélioration des scores a été observée au niveau du Berg Balance Test , Timed Up and Go et du FRT de façon similaire dans les deux groupes, sans effet de l'âge. Une réduction significative du signe de Romberg a été remarquée, mais seulement dans le groupe d'âge moyen.

Discussion Ces résultats montrent que les patients ataxiques peuvent améliorer leurs paramètres d'équilibre et de marche en suivant une approche multi-sensorielle. Alors que les gains en équilibre dynamique et la marche sont observés dans l'ensemble du groupe, les résultats concernant de l'équilibre statique sont plus limités en particulier l'équilibration les yeux fermés qui ne s'observent que dans la population la plus jeune.

Effet du travail proprioceptif sur les paramètres isocinétiques, posturaux et spatio-temporaux du cycle de marche chez des sportifs victimes d'entorse de la cheville

Amira Ben Moussa Zouita^{1,3}, Meriam Bousselmi^{1,3}, Manel Darragi ^{1,3}, Catherine Dziri ^{2,3}, Fatma Zohra Ben Salah ^{2,3}

1-Institut Supérieur du Sport et de l'Education Physique, Ksar-said, Tunisie

2 -Service de Médecine Physique et Réadaptation Fonctionnelle, Institut National d'Orthopédie M,T, Kassab»

3- Laboratoire de Recherche en Biomécanique, Institut national d'orthopédie « M,T, Kassab »

Auteur correspondant : Amira Ben Moussa Zouita, adresse.mail : amira_zouita@yahoo.fr

Mots clés : Entorse, Cheville, AQM, Rééducation proprioceptive)

Introduction : L'objectif de cette étude est de déceler les répercussions de l'entorse moyenne, et de tester l'effet de huit semaines de rééducation proprioceptive

Matériel et méthode Vingt-quatre sportifs ont participé à cette étude ; 8 sujets (Groupe témoin) et 16 sujets avec séquelles d'entorse, 8 (groupe expérimental) ont suivi durant 24 séances de 30 mn pendant deux mois un programme d'entraînement proprioceptif, et 8 (groupe control) un programme classique (simple repos pendant 2 semaines, glace, compression puis reprise rapide de l'activité physique); Quantification isocinétique des fléchisseurs plantaires et dorsaux par système « Biodex 3 » et exploration de l'équilibre en appui unipodal et de la marche sur plate forme « Balance Master® », en pré et post programme pour les 16 sujets rééduqués.

Résultats : avant rééducation : diminution des performances en isocinétisme; le ÷ de répartition du poids du corps sur le membre et les vitesses d'oscillations de CG en appui unipodal plus élevés au niveau du membre lésé ; diminution de la vitesse de marche, réduction de la longueur de l'enjambée et de la longueur du pas et augmentation de la durée du cycle de marche.

A l'issue de 8 semaines de travail proprioceptif, amélioration significative en isocinétisme ; amélioration de la répartition du pourcentage de poids et diminution significative de la vitesse d'oscillation du CG en appui unipodal. Les résultats de deux membres deviennent comparables. Au contraire, les résultats du groupe control restent stables sur le plan isocinétique et postural et persistance de l'altération des patterns du cycle de marche.

Discussion - conclusion : Un programme proprioceptif semble être efficace pour améliorer les performances isocinétiques, la stabilité posturale et le pattern de marche.

Effet de la décompression neuro-vasculaire cochléo-vestibulaire sur le contrôle postural chez une patiente âgée

Laurence Bernard-Demanze^{1,2}, Maya Elziere¹, Pierre-Antoine Oddon¹, Marion Montava^{1,3}, Jean-Pierre Lavielle^{1,3}

1 Service ORL et Chirurgie cervico-faciale Hôpital Nord Marseille, chemin des Bourrely 13015 Marseille.

2 Laboratoire de Neurosciences Intégratives et Adaptatives UMR 7260, 3 place Victor Hugo, Site Saint Charles 13331 Marseille Cedex 20.

Auteur correspondant : laurence.demanze@univ-amu.fr

Introduction : Dans le spasme hémifacial et la névralgie du trijumeau, l'efficacité de la décompression neuro-vasculaire dans l'angle ponto-cérébelleux est bien reconnue à ce jour. Nous rapportons ici le cas d'une femme de 84 ans présentant un conflit neuro-vasculaire du nerf cochléo-vestibulaire gauche. La patiente a consulté pour des crises de vertige et des instabilités posturales invalidantes, accompagnées d'une hypoacousie gauche et d'un acouphène gauche. La chirurgie de décompression neuro-vasculaire a été réalisée par voie rétro-sigmoïdienne assistée par endoscopie.

Matériel et Méthode: La patiente a été examinée avant et après chirurgie (7 jours et 2 mois) en conditions statique et dynamique d'équilibration (plateforme stable versus instable), avec et sans vision, et avec stimulation optocinétique. Une évaluation de la verticale visuelle subjective (VVS) et un examen de la fonction cochléo-vestibulaire ont été aussi réalisés avant et après chirurgie.

Résultats : Avant décompression, l'examen posturographique mettait en évidence des instabilités posturales en conditions statique et dynamique, majorées en absence de vision et avec stimulation optocinétique, conditions conduisant à la chute de la patiente. En post-opératoire immédiat (7 jours) et à plus long terme (2 mois), l'équilibre postural était possible en condition dynamique ainsi qu'en absence de vision. L'analyse des paramètres posturographiques (énergie, puissance spectrale) ne montrait plus de différences significatives par rapport aux normes de sujets de même âge. La VVS n'était pas affectée par la décompression. Les vertiges et l'acouphène gauche avaient totalement disparu. L'intelligibilité était améliorée à gauche, et le déficit vestibulaire gauche était fortement réduit (54% versus 18 %).

Discussion-Conclusion : Ce travail est le premier à montrer que les déficits posturaux résultant d'un conflit neuro-vasculaire du nerf cochléo-vestibulaire chez une personne âgée sont améliorés après chirurgie de décompression.

L'analyse spatiale et temporelle du contrôle postural chez l'enfant dyslexique.

Nathalie Gouleme¹, Christophe Loic Gerard², Emmanuel Bui-Quoc³, Maria Pia Bucci¹

¹UMR 1141 Inserm - Université Paris Diderot. Hôpital Robert Debré, 48 Boulevard Sérurier, 75019 Paris, France.

²Service de Psychopathologie de l'enfant et de l'adolescent. 48 Boulevard Sérurier Hôpital Robert Debré, 75019, Paris, France.

³Service d'Ophthalmologie, Hôpital Robert Debré. 48 Boulevard Sérurier, 75019 Paris, France

Auteur correspondant : gouleme.nathalie@gmail.com

Mots clés : Dyslexie, enfant, Contrôle postural, Décomposition en ondelettes, Stratégies Sensorielles, Cervelet.

Introduction : L'objectif de cette étude est d'explorer les capacités posturales des enfants dyslexiques. La nouveauté ici, est l'utilisation à la fois de l'analyse spatiale et de l'analyse temporelle avec la décomposition en ondelettes.

Matériel et méthodes : Trente-sept enfants dyslexiques d'âge moyen 9.7 ± 1.7 ans et trente-sept enfants non-dyslexiques appariés selon l'âge ont participé à l'étude. Les performances posturales ont été évaluées avec le Multitest Equilibre de la société Framiral®. Le contrôle postural a été enregistré selon quatre conditions: yeux ouverts fixant une cible (YO), yeux fermés (YF) sur support stable (-S) et instable (-I).

Résultats : L'analyse spatiale et temporelle révèle un déficit dans le contrôle postural des enfants dyslexiques par rapport aux enfants non-dyslexiques. En effet, la décomposition en ondelettes montre que les enfants dyslexiques présentent un indice de puissance spectrale plus élevé et un temps d'annulation plus court que les enfants non-dyslexiques. De plus, indépendamment du groupe d'enfants, le contrôle postural dépend de la nature de la condition, les performances posturales sont meilleures en condition yeux ouverts sur support stable (YO-S).

Discussion – conclusion : Les faibles performances du contrôle postural chez l'enfant dyslexique seraient dues à un déficit dans l'utilisation et le traitement des informations sensorielles mais également dans l'activité d'intégration

cérébelleuse. L'analyse des réseaux neuronaux dans l'utilisation de l'information sensorielle et l'intégration cérébelleuse est pertinente pour l'étude du déficit postural chez l'enfant dyslexique.

Session parkinson

Conférence invitée

Le freezing de la marche chez le parkinsonien est-il un trouble paroxystique de la marche lié au dépassement des ressources corticales ou un trouble de régulation de la rythmicité et de l'amplitude du pas ?

Arnaud Delval

Université Lille Nord de France, EA 1046, Lille, France

Auteur correspondant : arnaud.delval@chru-lille.fr

Le freezing de la marche chez le patient parkinsonien concerne plus de 50% des patients atteints de la maladie. Il est défini comme une incapacité paroxystique à marcher (interruption de la locomotion en cours ou défaut d'initiation du pas). Sa relative résistance aux traitements dopaminergiques, le rôle parfois aggravant de la stimulation cérébrale profonde, les effets contradictoires de l'indigage externe (déclenchant ou améliorant le phénomène) rendent sa prise en charge complexe. Si la phénoménologie du freezing est bien décrite avec, souvent, une accélération brutale de la cadence et une diminution de la longueur du pas menant à l'arrêt et au développement d'un pseudo-tremblement sur place à haute fréquence, la description d'anomalies de la marche stabilisée chez les patients freezers suggère que la physiopathologie affecte l'ensemble de la locomotion. Des anomalies « périphériques » sont en effet présentes, à la fois de la rythmicité (variabilité, asymétrie, défaut coordination quadrupédale...), mais aussi de la génération d'une longueur de pas adaptée en dehors de tout phénomène de freezing. Toutefois, certaines circonstances de déclenchement (situations de dépassement des capacités attentionnelles, changement environnementaux, stress) et le lien avec certains troubles exécutifs semblent en faire un 'higher level disorder'. De fait, les études récentes en imagerie démontrent l'implication des boucles locomotrices classiques (mésencéphale, système des ganglions de la base, cervelet), mais aussi de régions corticales impliquées dans les interactions avec l'environnement.

Comparaison des substrats cérébraux des troubles de l'équilibre et de la marche dans la maladie de Parkinson

Murielle U. Ferraye¹, Bastiaan. R. Bloem², Mahur Hashemi¹, Fedde Sappelli¹, Bettina Debû³, Ivan Toni¹

¹ *Donders Institute for Brain, Cognition and Behaviour, Centre for Cognitive Neuroimaging, Radboud University Nijmegen, Nijmegen, the Netherlands*

² *Department of Neurology, Donders Institute for Brain, Cognition and Behaviour, Radboud University Nijmegen Medical Center, Nijmegen, The Netherlands*

³ *Université J. Fourier Grenoble I, Grenoble Institut des Neurosciences, INSERM U838, Grenoble, France*

Auteur correspondant : Murielle U. Ferraye, murielle.ferraye@fcdonders.ru.nl

Mots clés : Maladie de Parkinson ; Troubles de la marche et de l'équilibre ; Imagerie motrice ; Imagerie par résonance magnétique fonctionnelle

Introduction : On considère généralement que les troubles de la marche et de l'équilibre de la maladie de Parkinson dépendent du même processus physiopathologique, à savoir l'extension du processus pathologique à des structures mésencéphaliques et du tronc cérébral non dopaminergiques. Néanmoins, les substrats spécifiques de ces deux symptômes restent relativement mystérieux. Cette étude en imagerie cérébrale se propose de les comparer.

Matériel et méthode : Neuf patients parkinsoniens présentant un freezing et/ou des troubles de l'équilibre, et dix-sept sujets sains contrôles ont effectué une tâche d'équilibre dynamique et une tâche de marche, ainsi que deux tâches d'imagerie, motrice (IM) et visuelle (IV). Le protocole manipulait la difficulté de la tâche motrice (et non visuelle), permettant ainsi de vérifier la bonne réalisation des tâches d'imagerie (Bakker et al., 2008 ; Ferraye et al., 2014). L'activité cérébrale des sujets a été enregistrée (scanner IRM-3Tesla) pendant les tâches d'imagerie.

Résultats : Tous les patients ont réussi à réaliser la tâche d'équilibre dynamique. L'interaction entre difficulté de la tâche et type d'imagerie est significative pour les deux groupes de sujet dans le cas de la marche, et pour le groupe contrôle seulement dans le cas de la tâche d'équilibre.

Discussion : Chez les patients, l'absence d'interaction entre difficulté de la tâche d'équilibre et type d'imagerie souligne la complexité de la tâche d'équilibre dynamique sans remettre en cause l'engagement des patients dans les tâches d'imagerie. Les analyses cérébrales sont en cours et bénéficieront d'une augmentation de la taille de l'échantillon du groupe de patients.

Rôle du Noyau sous-thalamique dans l'initiation de la marche chez l'homme.

Adèle Demain, Carine Karachi, Jean-Eudes Le Douget, Kevin Da Silva, Véronique Marchal, Xavier Drevelle, Sara Fernandez-Vidal, Eric Bardinnet, Marie-Laure Welter

CR-ICM UMRS1127 Inserm, Groupe Hospitalier Pitié-Salpêtrière, Paris, France

Introduction : Avant l'initiation de la marche, plusieurs étapes successives et coordonnées sont nécessaires comprenant l'intention d'agir, la préparation, la sélection, l'initiation et l'exécution du mouvement, conjointement aux ajustements posturaux anticipatoires. Le rôle du noyau sous-thalamique (NST), structure clef des ganglions de la base (GB), dans les différentes étapes du mouvement, n'est pas clairement établi. Une de ses fonctions serait d'inhiber les mouvements non désirés en agissant comme un signal de retenue sur les structures de sortie des GB. Dans la maladie de Parkinson (MP), l'activité du NST est modifiée et agirait alors comme un frein excessif à l'initiation du mouvement, i.e. l'akinésie. La stimulation électrique à haute fréquence améliore l'akinésie mais une aggravation de l'akinésie axiale, se manifestant par une dysarthrie ou un freezing de la marche, peut apparaître chez certains patients. L'objectif de ce programme de recherche était de mieux comprendre le rôle du NST dans l'initiation de la marche chez l'homme.

Méthodes : L'activité neuronale du NST par enregistrement en champ de potentiels a été enregistrée chez 10 patients avec MP (âge : 61 ± 6 ans) opérés pour une stimulation bilatérale du NST lors d'une tâche d'initiation de la marche. Les paramètres biomécaniques et EMG ont été mesurés. Quatre conditions ont été testées : Sans (OFF) et Avec (ON) traitement dopaminergique et en marche Spontanée et Rapide, avec 15 à 20 essais par condition.

Résultats : Lors de l'initiation de la marche, il existe une modulation de l'activité oscillatoire dans la bande de fréquence alpha qui précède le décolllement du pied et devient maximale au moment du poser du pied. Cette hypersynchronisation augmente avec la difficulté de la tâche (Rapide vs Spontanée). En l'absence de traitement dopaminergique (OFF), il existe aussi une désynchronisation dans la bande de fréquence bêta qui débute avant la mise en jeu des ajustements posturaux anticipatoires. Après la prise du traitement antiparkinsonien (ON), il existe une réduction des oscillations dans la bande de fréquence bêta avec la persistance d'une hypersynchronisation dans les basses fréquences.

Conclusion : Ces données suggèrent que le NST est impliqué dans l'initiation de la marche avec une synchronisation préférentielle pour les activités oscillatoires dans les basses fréquences, possiblement en cohérence avec le noyau pédonculopontin.

Etude prospective de la rythmicité chez 30 patients parkinsoniens débutants.

Mélanie Rambour¹, Caroline Moreau¹, Céline Tard¹, Séverine Bleuse¹, Luc Defebvre¹, Arnaud Delval¹

¹ EA1046 - Unité d'analyse du mouvement, Université Lille Nord de France

Auteur correspondant : Mélanie Rambour, melanie.rambour86@gmail.com

Mots clés : Maladie de Parkinson ; Rythmicité ; Freezing ; Festination

Introduction : Lors de la maladie de Parkinson, des troubles du rythme similaires à ceux de la marche ont été mis en évidence au niveau d'autres effecteurs chez des patients évolués. L'objectif principal était d'évaluer si les anomalies de rythmicité des effecteurs segmentaires ou oro-facial pouvaient précéder l'apparition des troubles de la marche.

Matériel et méthode : Trente patients parkinsoniens débutants ont été enregistrés en « off drug » à t0 et à 2 ans lors de tâches de tapping des membres supérieurs et inférieurs et lors de répétition de syllabe, à des fréquences imposées de 1 à 7 Hz. La marche à vitesse spontanée était enregistrée avec la réalisation de tours. La variabilité était définie par les statistiques circulaires pour la fréquence et par le coefficient de variation de l'amplitude.

Résultats : 63% des patients ont présenté un freezing et 77% une festination sur au moins un des trois effecteurs avec une moyenne de survenue à $4,98 \pm 1,74$ Hz. Aucun patient n'a présenté de trouble paroxystique lors de la marche. Des épisodes de freezing ont été relevés lors des tours en session 2 chez 2 patients. La variabilité augmentait avec la fréquence imposée, sans évolution significative en 2 ans. Le nombre d'épisodes de freezing et de festination était corrélé au phénotype akinéto-rigide et axial alors que la variabilité était liée au phénotype trémulant.

Conclusion : La présence de troubles du rythme paroxystiques à un stade débutant de la maladie en fait des biomarqueurs précoces de l'atteinte axiale, qui semblent évoluer de manière indépendante de la variabilité.

Session pathologie 2

Retour à l'équilibre de la posture debout après perturbation sensorielle Post accident vasculaire cérébral

Sophie Tasseel-Ponche 1,2,3, Clément PROVOST 3, Isabelle Bonan 3,4,5, Alain Yelnik 3,5

1Service de Médecine Physique et de Réadaptation, CHU d'Amiens, avenue René Laënnec - SALOUEL 80054 Amiens Cedex 1, France

2Université Picardie Jules Verne Pôle santé 3 rue des Louvels 80036 Amiens Cedex 1, France

3Service de Médecine Physique et de Réadaptation, G.H. Saint Louis Lariboisière-F.Widal, AP-HP, Université Paris Diderot, 200 rue du Faubourg Saint Denis, 75010 Paris, France

4Service de Médecine Physique et de Réadaptation, Université de Rennes, 1, 2 rue Henri le Guilloux, 35000 Rennes, France

5CESeM (Centre d'Etude de la Sensorimotricité), Université Paris Descartes - CNRS - UMR 8194, 45 Rue des Saints Pères 75270 Paris Cedex 06, France

Auteur correspondant: Sophie Tasseel-Ponche, stasseel@gmail.com

Mots clés : équilibre, posture debout, stimulations sensorielles

Introduction : L'étude de retour à l'équilibre de la posture debout après stimulation sensorielle permet de mieux comprendre les stratégies posturales après un Accident Vasculaire Cérébral (AVC).

Matériel et méthodes : Etude prospective 20 sujets sains, 40 AVC (20 droits et 20 gauches). La différence entre la position moyenne du centre de pression (mm) avant et 10s après stimulation sur une durée de 10s a été étudiée par stabilométrie. La proprioception était stimulée par vibrations tendineuses des triceps suraux (TS) et tibiaux antérieurs (TA). La vision était stimulée par flux optocinétique dans 4 directions (haut, bas, droite, gauche).

Résultats : Population d'âge moyen 55 ± 11 ans, sexe ratio 1/1, délai post AVC de $1,8 \pm 1,1$ mois. L'analyse porte sur 83% des tests chez les AVC et 97,5% des tests chez les sujets sains en raison de la survenue de chutes. Après vibrations tendineuses, la posture des AVC gauches était plus antériorisée que celle des sujets sains quels que soient les tendons vibrés (TS : $+11,4 / +2,5$ mm, $p=0,01$ et TA : $-2,8 / -8,4$ mm, $p=0,03$). Après optocinétique, les AVC gauches présentaient une relatéralisation sur leur membre parétique : après stimulation vers le haut ($6,3 / -2,7$ mm, $p=0,0001$), vers le bas ($1,9 / -2,5$ mm, $p=0,02$) et vers la droite ($13,6 / 2,4$ mm, $p=0,03$). Les AVC droits ne présentaient pas de différences significatives de leur posture par rapport aux sujets sains.

Discussion – conclusion : A l'arrêt des stimulations sensorielles, la posture debout était modifiée par rapport à l'état de base uniquement chez les AVC gauches par rapport aux sujets sains.

Effets des vibrations sur l'asymétrie d'appui à la marche chez l'hémiplégique vasculaire chronique : résultats préliminaires

Emilie Leblong-Lecharpentier 1, Sébastien Cordillet 2, Stéphanie Challos-Le plaideur 1-3, Arnel Cretual 2, Isabelle Bonan 1-2

1 Service de médecine physique et de réadaptation, CHU Pontchaillou, 2, rue Henri-Leguilloux, 35033 Rennes cedex, France

2 Laboratoire Mouvement, Sport, Santé, avenue Robert Schuman, 35270 Bruz, France

3 Service MPR neurologique, CMRRF Kerpape, 56275 Ploemeur, France

Auteur correspondant : Emilie Leblong, emilie.leblong@hotmail.fr

Mots clés

Hémiplégie, posture, proprioception, marche, vibrations

Introduction : L'asymétrie des appuis lors de la marche, fréquente après un AVC, est un facteur de risque de chute connu. L'objectif de cette étude est d'évaluer les effets de vibrations musculaires sur différents sites sur la correction de cette asymétrie.

Matériel et méthode : 5 patients (60 ± 15 ans) hémiplégiques (2 droits, 3 gauches) vasculaires chroniques (délai moyen post AVC 31 ± 23 mois) ont reçus des stimulations vibratoires transcutanées 70Hz au niveau des muscles cervicaux postérieurs contra-lésionnels (NMV), du gluteus medius côté lésionnel (GMV) et du biceps brachial contra-lésionnel (sham). Une analyse du pourcentage de simple appui sur tapis GAITRite a été réalisée avant, pendant puis 2 et 10 minutes après chaque stimulation.

Résultats : Avant stimulation, on constatait une asymétrie d'appui avec un pourcentage de simple appui côté hémiplégique en moyenne de 32.8% (+/-7.3%, min=20%, max=37 %). Sous GMV on constate que ce pourcentage passe à 38.4%(+/-5.8%, min=28.8%, max=41.2%) contre 31.9%(+/-9.6%, min=20%, max=42%) sous NMV et 35.5% (+/-4.4%, min=28.6%, max=39.4%) sous sham. A 2 minutes, l'effet persiste pour la stimulation GMV avec 38.8% (+/-2.6%, min=35%, max=42.4%) soit 6% d'amélioration puis disparaît à 10 minutes mais on observe l'apparition d'un post-effet pour la stimulation NMV avec un pourcentage de simple appui côté hémiplégique de 36.1% (+/-5.3%, min=28.9%, max=41.7%) soit 4.6% d'amélioration.

Discussion – conclusion : Les stimulations vibratoires semblent donc pouvoir améliorer l'asymétrie d'appui à la marche de patients hémiplégiques. Ces résultats préliminaires encourageants doivent être confirmés par la poursuite de cette étude sur un plus grand effectif avant de pouvoir proposer ce moyen rééducatif en pratique courante.

Intérêt de combiner les stimulations optocinétiques et vibratoires

Pierre-Yves Libois¹, Adrien De Beer², Véronique Genot² et Denis Zanchetta¹

¹Grand Hôpital de Charleroi, Service de Neuro-Réadaptation, B-6280 Loverval, Belgique

²HEPH Condorcet kinésithérapie, site Montignies Sur Sambre (B-6061) – Belgique

Pierre-Yves Libois, py.libois@gmail.com

Mots clés : posture, optocinétisme, vibration, rééducation.

Introduction : Nous évaluons dans une population saine l'influence de stimulations visuelles (optocinétiques) et de stimulations tendineuses (vibrations) sur le système postural dans le plan sagittal.

Matériel et méthode : 80 sujets sains (47 hommes et 33 femmes de 18 à 75 ans) ont été soumis à 12 acquisitions sur plateforme de forces Satel en modalités statiques sans, puis avec stimulations. Des stimulations optocinétiques (axes antéro-postérieur ou postéro-antérieur à 40°/sec) et/ou vibratoires (tendons d'Achille ou jambiers antérieurs à 85 Hz) ont été appliquées, seules puis en combinaisons soit concordantes soit discordantes.

Résultats : Dans tous les cas, nous observons un impact statistiquement significatif du déplacement du Y moyen : rapide pour les vibrations, plus lent mais plus puissant pour l'optocinétisme. Sans différence entre les sexes, nous observons après 50 ans une dégradation des capacités d'équilibre. Enfin, les effets se sont montrés additifs en modalités concordantes. En modalités discordantes, les vibrations se sont montrées partiellement inhibitrices sur l'effet de l'optocinétisme.

Discussion – conclusion : Ces résultats nous encouragent à proposer ces stimulations en modalités simples, ou combinées dans l'approche rééducative des patients ayant un trouble postural dans l'axe antéro-postérieur. Leur combinaison permettrait de moduler progressivement leurs effets en fonction du degré de sévérité d'« ante- ou de retro-pulsion ».

Analyse temporelle et spatiale du déplacement du centre des pressions chez l'enfant strabique

Cynthia Lions¹, Marie-Désirée Ezane¹, Emmanuel Bui Quoc², Chantal Milleret³, Maria Pia Bucci¹

¹UMR 1141 Inserm - Université Paris Diderot. Hôpital Robert Debré, 48 Boulevard Sérurier, 75019 Paris, France.

²Service d'ophtalmologie, Hôpital Robert Debré. 48 Boulevard Sérurier Hôpital Robert Debré, 75019, Paris, France.

³Laboratoire de Physiologie de la Perception et de l'Action, Collège de France, CNRS UMR 7152, 11 place Marcelin Berthelot, 75005 Paris, France

Auteur correspondant : cynthia.lions.giraud@gmail.com

Mots clés : Enfants, Strabisme, Contrôle postural, Analyse temporelle

Introduction : L'objectif de cette étude est d'examiner les rôles de la vision, de la proprioception et du vestibule sur l'équilibre postural chez 26 enfants strabiques (âgés de 4 à 9 ans) et de le comparer à 26 enfants non strabiques du même âge. Pour la première fois, nous avons effectué aussi bien une analyse spatiale (classique) du déplacement du centre des pressions (CdP) qu'une analyse temporelle avec la nouvelle méthode de décomposition en ondelettes.

Matériel et méthodes : Les enregistrements posturaux chez les deux groupes d'enfants (avec et sans strabisme) ont été réalisés avec une plateforme développée par la société Framiral®; nous avons testé deux conditions posturales (statique et dynamique) et deux conditions visuelles (yeux ouverts et yeux fermés). La durée de chaque enregistrement postural a été de 30 secondes, chaque essai espacé de 15 secondes dans un ordre randomisé.

Résultats : L'analyse spatiale montre que les enfants strabiques sont plus instables que les enfants non strabiques (surface et vitesse du CdP augmentée). L'analyse temporelle montre que les enfants strabiques engagent plus d'énergie pour assurer un bon contrôle postural que les enfants non strabiques du même âge.

Discussion – conclusion : Ces résultats suggèrent que les enfants strabiques compensent leur entrée visuelle anormale (vision binoculaire anormale) par la présence d'un strabisme en utilisant d'avantage les informations vestibulaires et cérébelleuses pour assurer une bonne stabilité posturale.

Session Vieillessement (présentations orales)

Vieillessement du système proprioceptif et contrôle du centre de gravité

Sophie Longuet¹, Flora Jousset¹, Marie Sédillot¹, Camille Gossard¹, Sylvie Vernazza-Martin²

¹ *Ostéobio, Ecole de biomécanique appliquée à l'ostéopathie, Cachan*

² *Laboratoire CeRSM (EA 2931), Université Paris Ouest Nanterre La Défense, Nanterre*

Auteur correspondant : Sophie Longuet, sophie.longuet@osteobio.net

Mots clés : vieillessement, proprioception, centre de gravité, contrôle

Introduction : L'objectif est de comprendre les mécanismes utilisés par les personnes vieillissantes pour contrôler leur centre de gravité par rapport à de jeunes adultes. Le vieillissement se caractérise notamment par une modification du morphotype et une altération des systèmes proprioceptifs et neuromusculaires, impliqués dans le contrôle du CG. En particulier, le vieillissement entraîne une augmentation de la raideur de la cheville associée à une diminution de son amplitude. Quelles sont donc les conséquences du vieillissement du système proprioceptif sur le contrôle du CG ?

Matériel et méthode : Dix jeunes adultes 18 à 30 ans (23 ± 3 ans) et dix sujets vieillissants de 50 à 70 ans (58 ± 6 ans), debouts, devaient réaliser une flexion du corps entier à départ cheville, sans intervention des genoux et des hanches, selon 4 conditions :

- Vitesse spontanée sans/avec vibration des tendons d'Achille (VSSV/VSAV)
- Vitesse maximale sans/avec vibration (VMSV/VMAV)

La flexion passive et active de la cheville, la flèche lordotique, les caractéristiques du mouvement et la participation des hanches et des genoux ont été analysées grâce au système VICON.

Résultats Les sujets vieillissants présentent une flèche lordotique plus petite et une flexion des hanches/genoux plus importante que les jeunes. En condition VSAV, les sujets vieillissants réalisent un mouvement plus lent avec une flexion de cheville d'amplitude plus faible que les jeunes.

Discussion – Conclusion : La dégénérescence du morphotype et la dégradation du système proprioceptif au cours du vieillissement modifient la réalisation du mouvement et le contrôle du centre de gravité. La peur de la chute pourrait également participer à ces modifications.

Influence de la chronobiologie sur les activités posturo-cinétiques chez les sujets atteints de la maladie d'Alzheimer

Lola Debove¹, Noëlle Bru², Thierry Paillard¹

¹ *Laboratoire Activité Physique, Performance et Santé (EA 4445), Université de Pau et des Pays de l'Adour, Tarbes*

² *Laboratoire de Mathématiques et de leurs Applications (UMR CNRS 5142)*

Auteur correspondant : thierry.paillard@univ-pau.fr

Mots clés : Posture, équilibre, locomotion, Alzheimer, chronobiologie, sundowning

Introduction : Le syndrome du « sundowning » (couché de soleil) est spécifique à la démence, notamment chez les sujets atteints de la maladie d'Alzheimer. Il représente une hyperactivité du sujet en fin de journée induisant une exacerbation des symptômes comportementaux. Nous postulons que le « sundowning » influe sur les paramètres

posturo-cinétiques et la force musculaire du sujet atteint de cette maladie. Pour vérifier ce postulat, l'objectif était de comparer ces paramètres à différents moments de la journée.

Matériel et méthode : Vingt-quatre sujets diagnostiqués atteints de la maladie d'Alzheimer ont réalisé des tests posturaux (plate-forme de force ; surface et vitesse de déplacement du centre de pression ou CP), de marche (locomètre ; durée du cycle et vitesse de marche, temps d'appui mono et bipodal, temps de balancement, longueur du pas et de l'enjambée) et de force musculaire (dynamomètre de préhension ; en kilogramme) à différents moments de la journée (11h, 14h et 18h).

Résultats: La surface et la vitesse de déplacement du CP sont plus importantes à 18h qu'à 11h et 14h. Par ailleurs, la vitesse de marche augmente et le temps d'appui monopodal ainsi que la durée du cycle de marche diminuent en fin de journée. On remarque également une légère diminution de la force musculaire à 18h.

Discussion : Le « sundowning » induit une régression des capacités à générer et contrôler le mouvement. Ainsi, il pourrait contribuer à augmenter le risque de chute dans la mesure où la vitesse de marche augmente également.

Contrôle postural et vieillissement : effets de la pratique régulière du yoga.

Thierry Lelard¹, Abdou Temfemo¹, Pierre-Louis Doutrelot^{1,2}, Said Ahmaidi¹

1 EA-3300 : Adaptations Physiologiques à l'Exercice et Réadaptation à l'Effort », Faculté des Sciences du Sport, Université de Picardie Jules Verne, F- 80025 Amiens Cedex, France.

2 Service d'Explorations Fonctionnelles de l'Appareil Locomoteur, Centre Hospitalier Universitaire, F-80054 Amiens, France.

Auteur correspondant : Thierry Lelard, Thierry.lelard@u-picardie.fr

Mots clés : Posture, Equilibre, Vieillesse, Activité physique.

Introduction : Des augmentations des oscillations posturales et de l'activité EMG sont reportées avec le vieillissement. L'objectif de cette étude était d'étudier les effets à long terme de la pratique régulière du yoga et de la marche sur le contrôle postural statique des personnes âgées.

Matériel et méthode : 13 pratiquants de yoga et 12 randonneurs réguliers âgés entre 70 et 78 ans ont réalisés une évaluation posturographique combinée à l'enregistrement des électromyogrammes (EMG) des muscles de la jambe. Les tests ont été réalisés dans la condition yeux ouverts (YO) et yeux fermés (YF).

Résultats : La surface en condition YF et le Quotient de Romberg (rapport YF / YO) étaient significativement plus faibles dans le groupe de yoga par rapport au groupe de marcheurs. L'activation musculaire, sans être significative, est plus faible dans le groupe yoga. Contrairement au groupe yoga, dans le groupe de marcheurs, l'activation du TA et le rapport TA / SO étaient supérieurs dans la condition YF par rapport à la condition

Discussion – conclusion : Les performances du test posturographique ne diffèrent pas selon le groupe de pratique dans la condition YO. La fermeture des yeux affecte différemment les pratiquants de yoga et les marcheurs à la fois dans les réponses posturographiques et électromyographiques. Cette étude suggère que l'entraînement régulier de yoga peut permettre de limiter la dégradation de la performance posturale lors de la fermeture des yeux. L'étude de l'activation musculaire peut permettre de différencier 2 groupes de pratique.

Vers un déambulateur "intelligent" détectant des situations à risque

Guido Bologna¹ Viviana Weiss¹, Séverine Cloix^{1,2}, Catherine Bernier³, David Hasler², Thierry Pun¹

¹Département d'Informatique, Université de Genève, Genève, Suisse

²Centre Suisse d'Electronique de Microtechnique, CSEM, Neuchâtel, Suisse

³Institution Genevoise de Maintien à Domicile, IMAD, Genève, Suisse

Auteur correspondant : Guido Bologna, Guido.Bologna@unige.ch

Mots clés : Aide à la mobilité ; Risque de chute ; Emotions ; Escaliers.

Introduction : "EyeWalker" est un projet qui a pour but de développer un appareil léger et compact s'adaptant facilement à n'importe quel déambulateur et alertant un/e utilisateur/trice avant qu'il/elle se trouve dans une situation dangereuse pouvant entraîner sa chute. Dans ce travail nous traitons la détection de deux types de situations présentant un risque. Le premier est lié à l'état affectif de la personne et le deuxième est défini par la présence d'escaliers descendants.

Matériel et méthodes : L'anxiété et la peur sont les émotions qui contribuent le plus à la chute d'une personne âgée. En utilisant un accéléromètre installé sur un déambulateur, nous proposons un détecteur de démarche. Spécifiquement, grâce à un algorithme d'apprentissage statistique la démarche "normale" et "anormale" de six personnes ont été apprises avec des exemples représentatifs. Pour la détection d'escaliers descendants nous avons mis en place une caméra stéréoscopique et appliqué un algorithme de détection basé sur la densité de points à différentes profondeurs.

Résultats : Pour la détection d'une démarche normale/anormale, nous avons obtenu un taux de reconnaissances correctes de 80.9%, alors que pour la détection d'escaliers ce taux est égal à 99.8%.

Discussion – conclusion : Ces premiers résultats nous permettent d'être très optimistes pour l'intégration du détecteur d'escaliers dans un système embarqué de faibles dimensions. Le détecteur de démarche devra être amélioré, surtout pour les faux positifs.

Session posturologie

Conférence invitée

Modèles biomécaniques de la posture debout

Armel Créteil

Laboratoire M2S, INRIA (RENNES)

L'un des moyens usuels permettant l'étude d'un phénomène complexe est de le représenter de manière simplifiée par un modèle. L'étude des stratégies de maintien de la posture verticale chez l'être humain n'échappe pas à cette règle. Les modèles biomécaniques utilisés dans la littérature scientifique varient selon trois principaux facteurs : le nombre de segments par lesquels le corps est représenté, le ou les plan(s) anatomique(s) pris en compte, le point d'intérêt (centre de pression, centre de masse, tête). Le modèle le plus ancien et le plus simple est celui d'un simple pendule dans le plan sagittal grâce auquel on observe le déplacement du centre de masse.

Dans notre exposé, nous tenterons de comprendre ce qui, dans la littérature scientifique guide vers le choix d'un modèle plutôt qu'un autre. Parmi les facteurs qui influencent ce choix la pathologie concernées est un élément majeur. Par exemple, pour des pathologies présentant une asymétrie droite/gauche, il semble évident que l'étude posturale devrait aussi être effectuée dans le plan frontal. Dans un cadre applicatif clinique, les travaux de recherche à finalité de développement méthodologique se donnent souvent la contrainte de l'utilisation d'un certain type outil de mesure. Cette contrainte s'explique par la nécessité de la portabilité de la solution proposée vers la routine clinique. Ainsi, une question usuelle est de savoir comment il est possible de déterminer la stratégie de maintien de l'équilibre quasi-statique par une simple mesure sur plateforme de forces.

Présentation flashes

Une nouvelle méthode de posturographie dynamique pour quantifier la qualité de l'équilibre

Haissam KHARBOUTLY¹, Ana FLAVIA GOMES PAIVA², Philippe THOUMIE³, Jianting MA¹, Mourad BOUZIT⁴, Viviane PASQUI¹

¹ISIR, Université Pierre et Marie Curie Paris 6, Paris

²Paris Sud 11 STAPS, Orsay

³Pôle de MPR Hôpital Rothschild APHP, Paris

⁴ASSISTMOV SAS, Evry

Auteur correspondant : Haissam Kharboutly, eng_kharboutly@hotmail.com

Mots clés: Posturographie dynamique, Equilibre

Introduction: La posturographie dynamique devient de plus en plus un besoin, puisqu'elle nous apporte des informations plus précises sur l'évaluation de l'équilibre. Notre objectif est de quantifier la qualité de l'équilibre chez les patients présentant des atteintes sensorielles ou motrices en utilisant une nouvelle méthode de posturographie dynamique.

Matériel et méthode: On a comparé les mesures de posturographie de 3 groupes : 8 sujets neuropathie sensitive, 8 sujets myopathie et 8 sujets sains. La mesure de posturographie a été réalisée avec la plateforme IsiMove.

Le protocole consiste en 5 exercices qui se répètent pour 5 fréquences (de 0.1Hz à 0.5Hz). Les exercices sont appliqués d'une façon successive: une inclinaison antéropostérieure, une inclinaison médio-latérale, une translation antéropostérieure, une rotation verticale et une translation médio-latérale.

Un intervalle de normalité a été élaboré avec les mesures des surfaces des sujets sains. Un sujet a une note 5 si la valeur de la surface mesurée est dans l'intervalle ; 2 si la valeur est à l'extérieur et 0 s'il ne réalise pas l'exercice. Chaque sujet a donc un score final de quantification (la somme de notes attribuées à chaque exercice).

Résultats et Discussion: Les neuropathes ont obtenu des scores entre 0 et 107 et les myopathes entre 0 et 95. Nous avons choisi une représentation schématique en étoile qui permet d'analyser la qualité d'équilibre en comparant les trois groupes.

Double balancelle versus simple balancelle: avantage ou inconvénient?

Edouard Tuloup, Patrice Rougier

Laboratoire de Physiologie de l'Exercice, EA4338, Université de Savoie, 73376 Le Bourget du Lac cedex.

Auteur correspondant: Patrice Rougier (patrice.rougier@univ-savoie.fr)

Mots clés : Centre des pressions, Contrôle postural, Balancelle, Stabilité, Asymétrie

Introduction : Le réentraînement des capacités d'équilibration lors de la station debout peut s'effectuer avantageusement par des dispositifs oscillants de type balancelle. Ces dernières, constituées d'un plateau rigide reposant sur deux arceaux, a pour effet immédiat de modifier la coordination biomécanique entre la variable de contrôle de l'équilibre, le centre des pressions (CP), et la variable contrôlée, le centre de Gravité (CG). Un apprentissage permet chez le sujet jeune en bonne santé de modifier cette coordination et par suite d'améliorer sensiblement sa stabilité en tangage. Ce réentraînement concerne principalement des patients asymétriques (de répartition de poids, d'action). Dans ce registre, la conception d'un système constitué de deux balancelles placées côte à côte devient pertinente.

Matériel et méthode : Chez des sujets jeunes et en bonne santé, nous avons cherché à mettre en avant la spécificité liée à la dissociation des deux balancelles vis-à-vis d'un dispositif classique où les deux pieds reposent sur la même plaque.

Résultats : Une plus grande stabilité (moindres déplacements du CG) est observée sur l'axe antéropostérieur avec la double balancelle ($p < 0,05$). Cependant l'équilibre médiolatéral laisse apparaître une augmentation des déplacements de CP-CG ($p < 0,01$).

Discussion-conclusion : La dissociation des actions motrices au niveau des deux appuis conduit à une stratégie de contrôle de l'équilibre différente.

Bilan posturographique rendant compte des effets : visuel, podal, mandibulaire et des interactions vision/podal, vision/mandibulaire, mandibulaire/podal et vision/podal/mandibulaire.

Christophe Manceau¹, Alain Jouanneaux²

¹, Masseur-kinésithérapeute, vacataire UFR STAPS Université du Maine Le Mans

Auteur correspondant : Christophe Manceau c.manceau@orange.fr

Mots Clés : Posturographie, Méthodologie des plans d'expériences, Bilan.

Introduction : Nous tentons de mettre en évidence les effets individuels et les interactions éventuelles de trois conditions posturales sur différents paramètres posturographiques

Matériel et méthode : Nous exploitons la méthode des plans d'expériences qui permet d'optimiser la collecte des informations et de quantifier les effets individuels des paramètres et leurs interactions. Ce pour 200 sujets placés debout sur une plate-forme de force dans huit conditions d'enregistrement, définies de la façon suivante : pour chacune des 3 conditions posturales, nous avons testé 2 états différents (voir tableau), ce qui conduit à huit combinaisons possibles. Les mesures concernent : longueur, surface, L.F.S, variance de la vitesse, VFY, ANØ₂ X et ANØ₂ Y.

Paramètre postural	Vision	Podal	Mandibulaire
Etat 1	Yeux ouverts	Sans mousse	Sans coton salivaire
Etat 2	Yeux fermés	Avec mousse	Avec cotons salivaires

Chaque enregistrement s'effectue sur une plate-forme pendant 51,2 s à 40 Hz

Résultats : Pour chaque sujet, ce type de bilan met en évidence la présence d'interactions entre les différentes conditions ; certaines montrent un effet postural prépondérant, d'autres un effet réduit.

Discussion- conclusion : Ces constats participent aux choix thérapeutiques qu'il s'agisse :

- du port d'aides thérapeutiques
- des techniques de rééducation
- ou du choix de la correction d'un descripteur.

Somesthésie mandibulaire et posture anti-gravitaire : étude stabilométrique des effets de cales de désocclusion

Philippe Decocq^{1,2}, Henrique Sequeira², Emmanuelle Bocquet¹, Jacques Honoré^{2,3}

¹ Centre Abel Caumartin, Faculté de Chirurgie Dentaire de Lille, France

² Laboratoire de Neurosciences Fonctionnelles et Pathologie, Université de Lille, France

³ CNRS, Lille, France

Auteur correspondant : Jacques.Honore@chru-lille.fr

Mots clés - Somesthésie mandibulaire, Cales de désocclusion, Posture, Statokinésimétrie.

Introduction - L'activité posturale maintient la position de l'organisme dans le champ de gravité. Le contrôle de la posture et de l'équilibre fait intervenir les informations somesthésiques. Cependant, l'influence des afférences mandibulaires reste insuffisamment documenté. Or, la clinique suggère que des interférences occlusales, comme celles que génère un engrenement inadéquat des dents, pourrait avoir des conséquences posturales. Notre approche a consisté à mesurer l'impact de cales de désocclusion sur la position du centre de gravité à l'aide d'une plateforme de force.

Méthodes - Vingt participants sains (21 à 59 ans) ont été enregistrés yeux ouverts et yeux fermés. Les cales étaient gauche (CG), droite (CD), antérieure (CA) ou bilatérales postérieures (CP). L'ordre des conditions était contrebalancé. Les contrastes CP-CA et CG-CD ont été analysés pour les composantes antéro-postérieure (Ym) et médio-latérale (Xm) de la position du centre des pressions.

Résultats - Le contraste CD-CG n'était significatif ni pour Ym, ni pour Xm. Le contraste CP-CA s'est avéré significatif pour Ym ($p = 0,005$), pas pour Xm. L'effet était présent lorsque les yeux étaient ouverts, mais pas lorsqu'ils étaient fermés.

Conclusions - Les cales ont modifié la position du centre de gravité sur la dimension antéro-postérieure. L'effet enregistré est compatible avec les hypothèses de Bricot (2009) prévoyant un effet de la position de la mandibule sur la posture cervico-scapulaire. Au plan clinique, l'impact postural des cales de désocclusion devrait être davantage pris en compte dans la pratique odontologique.

Contrôle préventif et responsable de l'équilibre bipédique

Philippe Campillo

Équipe de recherche septentrionale « Sport et Société » (ER3S), Université Lille 2, Lille

Auteur correspondant : Philippe Campillo, philippe.campillo@univ-lille2.fr

Mots clés : Test orthostatique, Footballeur, Posture, Responsabilité.

Introduction Chez l'enfant, l'adolescent mais aussi l'adulte, il devrait être courant avant toute pratique sportive de mesurer de manière répétée avec des tests simples et rapides la répartition de la masse corporelle sur les deux pieds (Md, Mg), les caractéristiques spatiales et temporelles des centres de pression respectifs (Cpd, Cpg) mais aussi résultant (Cpr).

Matériel et méthode 50 étudiants ($19,2 \pm 1,7$ ans, $71,8 \pm 8,3$ kg, $179,3 \pm 0,1$ cm) pratiquants depuis plus de 10 ans le football de manière intensive effectuent après une pesée simultanément sur 2 pèse-personnes, 3 essais de 32 s espacés de 15 s de repos, en position normalisée de maintien orthostatique à une fréquence d'acquisition de 64 Hz sur un système d'acquisition composé de 2 capteurs à 6 axes placés sous chacun des pieds. Les surfaces couvertes, les distances parcourues et les vitesses des Cpd, Cpg et Cpr sont calculées.

Résultats La différence de répartition de la masse sur les deux pieds correspond en moyenne à $2,2 \pm 2$ kg, sans pied préférentiel déterminé pour le groupe de sujets. Les variables des centres de pression (Cpd, Cpg) indiquent différentes stratégies motrices podales. Il existe des corrélations entre l'appui où la masse est la plus élevée et les valeurs maximales de vitesses et de distances du Cp.

Discussion - conclusion L'analyse dissociée sur deux appuis est fondamentale pour localiser des déséquilibres posturaux mais aussi musculaires dont les limites critiques et pathologiques restent à déterminer. La diminution du coût énergétique régulateur de ces différences reste un objectif de prévention de blessure.

Session podologie (présentation orale)

Des stimulations plantaires fines améliorent le contrôle postural orthostatique uniquement pour les sujets sans Epines Irritatives d'Appui Plantaire

Arnaud Foisy, Chrystal Gaertner, Eric Matheron, Zoi Kapoula

Groupe IRIS, Physiopathologie de la Vision et Motricité Binoculaire, FR3636 Neurosciences CNRS. Université Paris Descartes, 45 rue des Saints-Pères 75006 Paris, France.

Auteur correspondant : Arnaud Foisy, arno78@hotmail.fr

Mots clés : Posture ; Centre des Pressions Plantaires (CPP) ; Orthèses plantaires ; Quotient Plantaire (QP) ; Vergence.

Introduction : L'objectif est d'évaluer l'effet de stimulations plantaires fines sur le contrôle postural lors de mouvements de vergence.

Matériel et méthode : La stabilité de 36 sujets asymptomatiques ($25,7 \pm 3,6$ ans) a été enregistrée par plateforme de forces selon 3 conditions : sans stimulation plantaire, avec un insert de 3 mm d'épaisseur, médial (Medial Arch Support) ou latéral (Lateral Arch Support).

Résultats : Les résultats ont montré une diminution de la Surface et de la Variance de la Vitesse avec les stimulations, comparé à la condition contrôle. L'analyse fractale montre une diminution du pourcentage des points non corrélés avec MAS. L'analyse par ondelettes des déplacements du CPP révèle une augmentation du Temps d'Annulation dans la bande de fréquences basses avec MAS. La position moyenne en Y du CPP est plus postérieure avec MAS et LAS. Enfin, lorsque les sujets sont classés en 2 groupes en fonction de leur QP ($QP = \text{Surface}_{\text{mousse}} / \text{Surface}_{\text{sol dur}}$), un tiers d'entre eux se révèlent être porteurs d'Epines Irritatives d'Appui Plantaire (EIAP). Ces sujets font preuve d'une sensibilité nettement moindre aux stimulations plantaires, ne montrant plus de différence significative que sur leur critère positionnel (Y moyen).

Conclusion : Nous en concluons que des inserts plantaires spécifiques, bien que très fins, permettent d'améliorer le contrôle postural (meilleure stabilité pour un coût énergétique moindre) par enrichissement des afférences cutanées plantaires, uniquement en l'absence d'EIAP. Celles-ci empêchent l'intégration correcte de ces afférences.

Impact de la hauteur du drop sur l'équilibre postural évalué avant et après un exercice de fatigue

Frank-Jourdan Ferrari^{1,2}, Sébastien Duc¹, William Bertucci¹, Stéphane Vermand¹, Jean-Michel Samper¹

¹*Groupe de Recherche en Sciences pour l'Ingénieur, Université de Reims Champagne-Ardenne, Reims.*

²*Cabinet de Podologie du Sport et d'Etude Posturale, 01220 Divonne-les-Bains.*

Auteur correspondant : Frank-Jourdan FERRARI, podologieferrari@yahoo.fr

Mots clés : Posture ; Running ; Fatigue

Introduction : La course minimaliste peut se caractériser par une course avec 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 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 l'effet de la hauteur du *drop* sur l'équilibre postural avant (PRE) et après (POST) fatigue des membres inférieurs de type « site to stand ».

Méthode. Treize sujets ont participé à notre étude dans trois conditions différentes randomisées : pieds nus (BF), chaussures minimalistes (Min) et "running classiques" (RC) représentant respectivement un drop de 0 mm, 2 mm et 10 mm. Les positions moyennes du centre de pression (CoP) sur X et Y, la vitesse d'oscillation sur Y (vY) et la longueur de la trace (l) ont été enregistrés (3x30s) en PRE et en POST.

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, $r^2=0.97$ et $r^2=0.99$ 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).

Conclusion : Les RC semblent perturber le système postural PRE et surtout POST fatigue. Augmentant le déséquilibre antérieur, elles contraignent 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.

Effet sur les genoux et sur la posture d'un élément de podologie sous les premières têtes métatarsiennes de chaque pied, en statique : analyse descriptive.

Stéphane Vermand^{1,2}, Jean-Claude Gaillet¹

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 - Amiens (80000), France.*

Auteur correspondant : Stéphane Vermand, stephane.vermand@gmail.com

Mots clés : Semelles orthopédiques ; Genoux ; Posture ; Chaussures

Introduction : Les études des modifications de la position du pied montrent des changements de la position des genoux dans l'espace, à la marche, mais pas en statique, malgré des modifications posturales. Le but de notre étude est d'évaluer les modifications engendrées par un élément de podologie placé sous la première tête métatarsienne de chaque pied, sur la position des genoux et la posture, en statique.

Méthode : Dix sujets sains ($24,6 \pm 4,6$ ans) ont maintenu une posture érigée pendant 30 s dans quatre conditions : « pieds nus », « chaussures Newfeel© sans orthèses », « chaussures Newfeel© avec orthèses plantaires neutres », et « chaussures Newfeel© avec orthèses plantaires de correction ». Les conditions ont été randomisées, répétées trois fois et enregistrées par un système de capture de mouvement (6 caméras VICON®) et par une plateforme de forces (AMTI® OR 6-7).

Résultats : L'analyse ne montre pas d'effet des éléments de semelles orthopédiques sur la position des genoux. Sur l'équilibre postural, on note un déséquilibre important pendant les deux premières secondes, dans les plans sagittal et frontal et pour la force de réaction, puis un retour à une statique posturale identique aux autres conditions. Les chaussures, dans toutes les conditions, créent un recul des sujets dans le plan sagittal.

Conclusion : Pour conclure, certains éléments de semelles orthopédiques peuvent avoir un effet déstabilisant, nécessitant un moment d'adaptation. De plus, les chaussures Newfeel© déséquilibrent les patients vers l'arrière.

Influence d'une correction podologique sur la giration pelvienne : Étude statique et dynamique

jean-michel samper¹⁻², sébastien duc¹, stéphane vermand¹, frank jourdan ferrari¹, william bertucci¹

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, Paris 14ème.*

jeanmichelsamper@gmail.com

Mots clés : giration pelvienne, centre de pression, plateforme stabilométrique, système EMG.

Introduction: Comprendre l'impact d'une correction podologique sur la giration pelvienne fournit une meilleure connaissance pour l'estimation des dysfonctions locomotrices et posturales (Eslami et al., 2006; Wada et al., 2014). Le but de notre étude a été de mettre en lien la stabilité pelvienne avec la position du Centre de Pression (CdP), en s'interrogeant sur la possibilité que la correction des appuis plantaires entraîne ou non une modification de la statique pelvienne.

Méthode: Dix sept participants sains présentant une giration pelvienne ont été sollicités pour maintenir une posture érigée pendant 51,2s (Bove et *al.*, 2007; Chiari et *al.* 2002) suivant deux conditions randomisées: "pieds nus sans correction" (S1) et "pieds nus avec correction podologique" (S2). La position moyenne médio-latérale (Xm) et sagittale (Ym) du centre de pression suivant les axes X et Y et l'indice de Variation de Vitesse (IVV) ont été enregistrées à l'aide d'une plateforme stabilométrique (cyber Sabots®) à une fréquence d'échantillonnage de 40Hz.

Résultats: Les résultats statistiques (Test de Wilcoxon) ont montré une réduction significative de la giration pelvienne ($p=0,0007<0,01$), du Xm ($p=0,003<0,01$), du Ym ($p=0,004<0,01$) et de l'IVV ($p=0,009<0,01$) avec la correction podologique.

Discussion: Ces résultats suggèrent que la giration pelvienne peut être limitée en modifiant les appuis plantaires. La correction podale entraîne nécessairement une modification de la stabilité posturale, et notamment de la position du CdP. En dépit de certaines limites de notre étude, les podologues doivent être attentifs à l'impact de leur traitement orthopédique sur l'équilibre global de leurs patients.