

ANALYSE BIOMECHANIQUE DE LA MARCHE ET PROPOSITION DE CLASSES DE MARCHEURS -APPLICATION AU PORTAGE DE SACS A DOS-

C Gillet¹, F Barbier¹, N Belluye², G Lensel³, FX Lepoutre¹

¹Laboratoire d'Automatique, de Mécanique et d'Informatique Industrielles et Humaines – Université de Valenciennes, France.

²Centre Technique et de Recherche, DECATHLON Création, France.

³Laboratoire d'Etudes de la Motricité Humaine, Université de Lille 2, France.

INTRODUCTION

Ce travail qui a fait l'objet d'une thèse financée par la région Nord / Pas de Calais et la société DECATHLON présente les résultats de plusieurs études biomécaniques relatives à la locomotion humaine avec port d'un sac à dos. La revue de littérature s'intéressant aux implications du port d'une charge sur la marche humaine révèle d'abord des préoccupations essentiellement militaires qui ne sont pas les nôtres, présente ensuite une centration des effets du portage sur la mécanique des membres inférieurs et délivre enfin des résultats se caractérisant par une très grande variabilité interindividuelle. Le but de ce travail est donc d'étudier la locomotion et le portage en se plaçant dans le contexte de la randonnée de loisir (charge modérée), avec des études considérant le corps dans son ensemble et en tentant de réduire la variabilité inter individuelle. En conséquence la première étude propose une méthode d'analyse de la locomotion permettant d'étudier la marche avec un modèle 'corps entier' et rendant compte des contributions segmentaires. Dans le but de réduire la variabilité inter individuelle, la deuxième étude s'attache à classer la population en fonction de différents paramètres identifiant un concept clinique utilisé en kinésithérapie. Enfin la troisième étude analyse le comportement des 2 groupes de marcheurs sous l'effet du sac à dos.

PREMIERE ETUDE : ETUDE DES MASSES ACCELEREES LORS DE LA MARCHE NORMALE

Introduction

Le premier objectif de cette étude est de montrer la cohérence expérimentale entre la somme des masses accélérées du corps (issues d'un système optoélectronique) et la somme des forces externes, par l'utilisation de la 2^{ème} loi de Newton. Cette loi permet de déterminer la contribution de chacun des segments composant le corps. Le second objectif de cette étude est de

déterminer quels sont les segments participant de façon prépondérante à la locomotion.

Méthode

16 sujets ont marché en ligne droite, à vitesse libre, sur un chemin de marche muni de 2 plates-formes de force permettant de recueillir les données dynamiques. L'analyse cinématique est réalisée par le système optoélectronique Vicon 612 (120Hz). Le corps a été modélisé en 14 segments et l'accélération des segments a été calculée par dérivations successives de la position puis de la vitesse du centre de gravité du segment.

Résultats

La somme des forces externes est cohérente avec la somme des masses accélérées (coefficients de corrélation de 0.85 à 0.95 et RMS de 1.5N à 4N). En ce qui concerne les contributions segmentaires, les segments prépondérants sont le segment 'cuisse' et le segment 'tronc'.

Conclusion

L'utilisation des masses accélérées constitue un indice d'évaluation intéressant pour discerner le rôle des différents segments lors du mouvement. En effet, lors de la marche l'étude montre que le tronc et les cuisses revêtent une grande importance dans la gestion de la locomotion (Gillet et al. 2003). Par conséquent, il est important de ne pas seulement prendre en compte les membres inférieurs mais également d'étudier le mouvement des membres supérieurs et principalement du tronc.

DEUXIEME ETUDE : ELABORATION DE DEUX CLASSES DE MARCHEURS

Introduction

La constitution de classes de marcheurs a 2 intérêts majeurs : diminuer la variabilité interindividuelle et donner aux résultats un sens clinique très recherché par les praticiens. Par

conséquent, l'approche retenue est une approche utilisée en kinésithérapie qui a été décrite par Sohier et Haye (1989). Ces auteurs décrivent la marche en tenant compte du corps entier et ils suggèrent l'existence de deux modes de propulsion qui se différencient au niveau du rôle des membres inférieurs et du tronc.

Méthode

26 sujets ont participé à cette étude. Dans un premier temps, les sujets ont été classés par un kinésithérapeute selon le protocole décrit par Sohier. Dans un second temps, les variables utilisées pour la classification biomécanique ont été obtenues par extraction de connaissances du clinicien (13 variables ont été sélectionnées). Les sujets ont marché sur un chemin de marche de façon à recueillir les données sélectionnées. Pour classer la population de façon biomécanique, une classification hiérarchique ascendante (CHA) est réalisée à partir des variables retenues par l'ACP préalablement réalisée dans le but de ne garder que les variables les plus pertinentes.

Résultats

Le clinicien a établi 2 groupes. Le groupe des 'antérieurs' qui est composé de 15 sujets et le groupe des 'postérieurs' composée de 11 sujets. L'ACP a permis de sélectionner les 4 variables les plus pertinentes et la CHA a déterminé 2 groupes composés de 16 et 10 individus. Un seul sujet se trouve classé de façon différente par les 2 classifications. L'étude de la variabilité des paramètres biomécaniques fréquemment utilisés lors des études de la locomotion (moments articulaires) montre une réduction moyenne de la variabilité de 12%.

Conclusion

L'intérêt de ce type de démarche est que le modèle de la locomotion utilisé par le clinicien et le biomécanicien est le même.

L'étude des moments articulaires des membres inférieurs et de L5 montre que les 2 groupes possèdent des spécificités au niveau de leur locomotion. En effet, le groupe des 'postérieurs' ne déverrouille pas son genou au moment où le centre de gravité global passe de l'arrière de l'appui à l'avant et il possède une dynamique du tronc (masse accélérée) plus importante que le groupe des 'antérieurs'.

TROISIEME ETUDE : INFLUENCE DU SAC A DOS SUR LES DEUX CLASSES DE MARCHEURS

Introduction

Dans le but de proposer des produits adaptés à la clientèle, cette troisième étude a pour objectif de déterminer quelles sont les influences du port du sac à dos sur les 2 classes de marcheurs.

Méthode

Les sujets de l'étude précédente ont participé à cette étude et une condition de portage d'un sac à dos de 18kg a été ajoutée.

Résultats

Lors du port du sac à dos, les deux groupes s'inclinent vers l'avant de 9° en moyenne. L'amplitude de la masse accélérée du segment tronc ainsi que le moment articulaire en L5 sont réduites pour les 2 groupes mais la réduction est plus importante pour le groupe des 'postérieurs'. Au niveau des membres inférieurs, les moments articulaires sont réduits lors de la réception, puis augmentent jusqu'à la fin de la propulsion.

Conclusion

Il est possible de lier la diminution du mouvement du tronc à l'augmentation des moments articulaires des membres inférieurs au moment de la propulsion. Seules les phases de réception pour les moments au niveau du genou et de la hanche ont une fonction d'amortissement afin de limiter les chocs dus à l'augmentation de la masse en mouvement. Mais les deux groupes de marcheurs possèdent des stratégies de marche différentes et par conséquent, possèdent des adaptations spécifiques au portage.

CONCLUSIONS GENERALES

Dans le domaine de l'ergonomie du portage, la priorité est de proposer aux concepteurs de nouvelles solutions de portage, en termes de designs, réglages et conseils d'utilisation. Puisque l'étude montre des spécifications au portage pour chacun des 2 groupes, la finalité consiste alors à proposer des solutions adaptées à chacun d'entre eux.

Références

Sohier, R. & Haye, M. (1989). *2 marches pour la machine humaine*. Ed. Kiné-Sciences, La Louvière.
Gillet, C. et al. (2003). *Contribution of the accelerated body masses to able-bodied gait*. American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation, 82, p 101-109.

Remerciements : Région Nord Pas de Calais, DECATHLON, et J. Delacroix et R. Kaczmarek.