Pratique Neurologique – FMC 2015;6:282–292

Nouvelles techniques de quantification de la marche applicables en pratique clinique

New gait quantification methods and their applications in clinical practice

R. Barrois [a]
P.-P. Vidal [a]
D. Ricard [a,b]

[a] *Cognition and action group, Cognac-G, CNRS, université Paris Descartes, SSA, 45, rue des Saints-Pères, 75006 Paris, France*
[b] *Service de neurologie, service de santé des armées, hôpital d'instruction des armées du Val-de-Grâce, 74, boulevard de Port-Royal, 75005 Paris, France*

RÉSUMÉ

Depuis longtemps, il existe des moyens de quantifier objectivement la marche avec des technologies de capture du mouvement. Cependant, leur prix, l'encombrement et le temps de mise en œuvre limitent leur utilisation aux laboratoires spécialisés. Le progrès de l'électronique et de l'informatique a entraîné le développement de nouveaux capteurs plus adaptés à la pratique médicale courante. Dans cette revue, nous proposons un panorama des solutions existantes à ce jour pour quantifier la marche des patients, au cours de la consultation de neurologie. Nous insistons sur le mode de fonctionnement de ces capteurs, sur leurs champs d'utilisations et sur leurs limites. Nous montrons que si les capteurs sont plus facilement disponibles, leur utilisation nécessite des logiciels complexes pour extraire les informations physiques et mathématiques des signaux bruts. Sur ce point, les solutions commerciales ne sont pas encore satisfaisantes pour une application en clinique. Nous illustrons la présentation des technologies déployables en condition de consultation par des applications aux syndromes parkinsoniens et aux AVC.
© 2015 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

MOTS CLÉS

Mesure de la marche
Condition de consultation

KEYWORDS

Gait measurement
Doctor's office

SUMMARY

Numerous techniques for gait quantification are well known, but with cost, time and space requirements that limit their use to specialized laboratories. The development of new captors, based on progress in electronics and computer science, offers a growing number of solutions for routine use. Here, we focus on the functional mode of these captors, their field of application and their limitations. We show that while sensors are becoming increasingly well adapted, their use necessitates complex software and data processing for which industrial solutions are not yet fully satisfactory. We illustrate the presentation with the application of these technologies to the parkinsonian syndromes and strokes.
© 2015 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Auteur correspondant :
R. Barrois,
Cognition and action group, Cognac-G, CNRS, université Paris Descartes, SSA, 45, rue des Saints-Pères, 75006 Paris, France.
Adresse e-mail :
remi.barroismuller@gmail.com

http://dx.doi.org/10.1016/j.praneu.2015.10.009
© 2015 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

INTRODUCTION

En neurologie, le raisonnement diagnostique et le suivi évolutif reposent bien souvent sur l'examen clinique. Les signes neurologiques de référence décrits depuis le XIX^{e} siècle pour le diagnostic syndromique, anatomique et parfois étiologique, ont été quantifiés au XX^{e} siècle par des échelles visuelles qui font appel à l'observation et à la mémoire de l'examinateur. La marche dont la sémiologie est capitale, est parfaitement décrite dans notre discipline, mais la quantification de chacune de ses perturbations permettrait d'approcher la cinétique d'évolution d'une maladie chronique ou de quantifier l'efficacité d'une thérapeutique. Depuis des années, des équipes développent des technologies de quantification de la marche d'utilisation de plus en plus fiable et aisée. Nous proposons, dans cette revue, un survol des technologies qui petit à petit peuvent investir une consultation de neurologie.

LA TECHNOLOGIE

Les capteurs permettant de quantifier la marche adaptés à la consultation

La stéréophotogrammétrie, système de référence pour la précision spatiale dans la mesure de la marche, est inadaptée à la pratique médicale courante car la mise en place des traceurs infrarouge et des caméras prennent trop de temps et requiert trop d'espace [1]. De même, l'électromyographie, technologie de référence pour étudier les synergies musculaires lors de la marche ne peut être pratiquée au cours d'un examen clinique médical standard [2]. Pour répondre à ces limites, des nouvelles technologies semblent prometteuses [3] : les accéléromètres, les gyroscopes, les magnétomètres, les goniomètres électroniques, les tapis de marche, les semelles baropodométriques et les « footswitches ».

Les capteurs inertiels : accéléromètre, gyroscope et magnétomètre

Une centrale inertielle est un capteur regroupant accéléromètres, gyroscopes et magnétomètres dans un même boîtier dont la taille ne dépasse pas celle d'une boîte d'allumette *(Fig. 1)* qui s'attache à l'aide d'un bandeau élastique à un segment anatomique pour en étudier l'accélération, la vitesse angulaire et la position angulaire durant un exercice de marche.
On appelle les accéléromètres et les gyroscopes « capteurs inertiels » car c'est sur l'inertie d'une masse à l'intérieur du capteur que sont basées les mesures. Le principe d'un accéléromètre repose sur un système masse/ressort, constitué d'une masse mobile de position connue, tenue à une position d'équilibre par une force élastique de constante k connue. L'accélération d'un mouvement animant le boîtier peut être déduite par la loi de Hook et le deuxième principe de la dynamique. Un exemple d'accéléromètre naturel est le système vestibulaire humain. Ces outils ont été validés dans la mesure de la marche [4]. Lorsqu'un gyroscope est mis en rotation, la masse à l'intérieur est soumise à la force de Coriolis dont la mesure permet de déduire la vitesse de rotation du capteur. Un magnétomètre donne l'orientation d'un capteur par rapport au champ magnétique terrestre [5] et permet de connaître la position angulaire du capteur dans l'espace à chaque instant. Plusieurs industriels proposent des capteurs

Figure 1. Un capteur inertiel.

inertiels adaptés à la consultation clinique sans proposer de logiciel de traitement de données satisfaisant (XSens®, Technoconcept®, ETA®, STT®).
Les capteurs inertiels sont simples d'utilisation en pratique médicale courante en étant simples à fixer au patient par bandeau élastique adhésif. Cependant, la valeur de l'accélération et de la vitesse angulaire mesurée dépend de la rigidité du système d'attache ou du point anatomique d'attache, ce qui pose des problèmes de reproductibilité de la mesure sur lesquels des équipes travaillent [6].
Les capteurs inertiels sont adaptés à une mesure simple de la marche requérant peu de capteurs. Un capteur inertiel placé en regard du rachis lombaire suffit à quantifier la marche [7] mais ne donne pas de mesure du mouvement des doigts et des orteils durant l'exercice. Cela requerrait un nombre plus important de capteurs et poserait des problèmes de synchronisation et de miniaturisation qui sont des sujets à l'étude par les industriels.
En mesurant des accélérations, des vitesses et des positions angulaires, les capteurs inertiels permettent d'évaluer des paramètres temporels comme le temps de double appui, la durée d'un pas ou la cadence de la marche avec précision. En revanche, le calcul de paramètres spatiaux comme la taille des pas est un sujet de recherche très actif, car il implique une double intégration dans le temps de l'accélération et créée des erreurs nommées « drift effect ». La fiabilité des paramètres spatiaux de la marche calculés par capteurs inertiels est bonne pour un sujet sain marchant en ligne droite sous réserve de corriger par la distance parcourue qui doit être connue. Chez les sujets présentant des anomalies de la marche, ou avec des déviations de trajectoire, les estimations des paramètres spatiaux deviennent fausses et nécessitent des mesures complémentaires [8].
En stéréophotogrammétrie, trois traceurs infrarouges placés sur le plateau tibial et la crête tibiale pour la jambe et trois traceurs sur le calcanéum et les têtes du premier et du 5^{e} métatarsien pour le pied donnent à chaque instant la position

Download English Version:

https://daneshyari.com/en/article/3087133

Download Persian Version:

https://daneshyari.com/article/3087133

Daneshyari.com