

Indicateurs quantifiés de la performance locomotrice en orthopédie

Quantify Assessment of Locomotion in Orthopaedic Surgery

Franck H. Dujardin

Mots clés

- ◆ Chirurgie orthopédique
- ◆ Évaluation quantifiée
- ◆ Accéléromètres

Résumé

L'évaluation de la fonction motrice peut être faite par la mesure d'une performance, par la mesure du bilan énergétique du corps ou par des scores combinant des données cliniques et fonctionnelles. Aucune de ces méthodes n'est, à ce jour, totalement satisfaisante en matière d'évaluation médicale. La performance mesure la fonction sportive et n'est reproductible que chez les sportifs de haut niveau. Le bilan énergétique, souvent mesuré par la VO₂ max, fournit un indicateur de la capacité du sujet ou des besoins requis pour une activité donnée. Cette mesure, de plus, est de mise en œuvre complexe. Ainsi, en orthopédie les évaluations sont actuellement essentiellement subjectives, établies à l'aide de score issus de l'interrogatoire avec une part importante de facteurs psycho-sociaux. Les limites de ce type de méthodes d'évaluation apparaissent parfaitement en les imaginant utilisées en ophtalmologie, en cardiologie ou en dentisterie. L'analyse de nos décisions ou de nos résultats et ainsi, la crédibilité de notre discipline, gagneraient beaucoup en disposant d'outils objectifs et quantifiés de la performance locomotrice fonctionnelle.

Un des axes de recherche de l'équipe est de développer ce type d'indicateurs. Une des premières études avait montré que l'analyse des paramètres spatiotemporels de la marche (vitesse, longueur du pas, durée des appuis) permettait de discriminer objectivement des groupes de patients arthrosiques sous anti-inflammatoire *versus* placebo. L'étude de la marche nous a amené progressivement à découvrir l'intérêt de la dynamique du centre de gravité global du corps. Notre marche bipède comporte de nombreux avantages fonctionnels mais elle est énergétiquement très gourmande. Il existe plusieurs mécanismes d'économie d'énergie et parmi ceux-ci, la réduction du moment dynamique autour du centre de gravité est essentielle et affectée de façon très sensible par un handicap. Plusieurs études ont confirmé l'intérêt de cette mesure. L'une d'elles, par exemple, montrait l'effet dynamique - à peine perceptible par le sujet - de l'adjonction d'une talonnette de 5 mm sous une des chaussures de sujets sains.

Actuellement, la mesure est faite par des accéléromètres embarqués qui apportent l'avantage supplémentaire d'être portés par le sujet au fil de sa journée et de ses activités, hors des conditions de laboratoire. Cette méthode vient d'être utilisée dans un groupe de 23 patients affectés d'une coxarthrose et opérés d'une prothèse totale de hanche, montrant une cohérence satisfaisante entre ces mesures quantifiées et les scores habituels ; mais montrant également que la mesure quantifiée apportait une sensibilité et une discrimination supérieures

Keywords

- ◆ Orthopaedic surgery
- ◆ Quantified assessment
- ◆ Accelerometer

Abstract

The assessment of function can be made by measure of performance, or measure of energetic balance or by clinical scorings. These methods are not fully satisfied: performance and energetic balance can be used mainly in athletes and no patients; clinical scorings present a subjective contribution. Our research aimed to develop quantitative devices to assess locomotion and functional results. Gait analysis could be used. With such methods, it has been possible to demonstrate the effect of NSAID *vs* placebo in hip arthritic patients. The study of the dynamic of the global center of gravity of patient during gait appears as a very good parameter. This measure is currently made using accelerometers. We have just shown that accelerometers provided a better assessment than clinical scorings after total hip arthroplasty.

Les ambitions thérapeutiques de la chirurgie orthopédique sont le plus souvent d'ordre fonctionnel. Il s'agit généralement de restaurer une fonction, qu'il s'agisse de chirurgie réparatrice notamment en traumatologie ou de chirurgie arthroplastique en matière de maladie dégénérative. Bien que cet objectif fonctionnel constitue l'essentiel de notre discipline, les indicateurs d'évaluation de cette fonction restent très

imparfaits. Il s'agit le plus souvent de scores combinant des données issues de l'interrogatoire et quelques éléments cliniques. Ces méthodes ont le mérite d'être simples mais s'exposent à plusieurs insuffisances et reproches.

Tout d'abord leur sensibilité est souvent médiocre, incapable le plus souvent d'apporter une évaluation fine d'objectifs fonctionnels de plus en plus exigeants. Deux exemples per-

Correspondance :

Franck H. Dujardin, MD, PhD

Chef du service de chirurgie orthopédique - CHU de Rouen - Université de Rouen - 1, rue de Germont - 76000 Rouen.

E-mail : Franck.Dujardin@chu-rouen.fr



Figure 1 : Mesure spirométrique.

mettent d'illustrer cette sensibilité faible. Concernant l'évaluation du résultat fonctionnel après prothèse totale de hanche, il existe de nombreux scores utilisés indifféremment pour évaluer la fonction qu'elle soit déplorable en préopératoire ou excellente, proche d'une fonction normale, au résultat final. Ainsi, dans cette dernière application les résultats sont concentrés au sommet de l'échelle, 17 ou 18 pour le score Merle d'Aubigné Postel (sur 18 points) ou plus de 85 pour le score de Harris (sur 100 points) (1). Il n'est ainsi pas possible de discriminer des techniques ou méthodes proches mais cependant différentes et qui, aujourd'hui, constituent les ultimes progrès de la spécialité. Par exemple, la littérature s'accorde pour établir qu'il n'y a pas de différence apparente entre les techniques conventionnelles et les techniques mini-invasives après les quelques mois de convalescence, mais cette absence de différence est peut être due à la grossièreté de l'outil de mesure. Les mêmes remarques pourraient être faites pour la distinction de certains types de prothèses cimentées ou non.

Le deuxième exemple concerne les fractures à haute énergie de la ceinture pelvienne. L'évaluation fonctionnelle est généralement faite à l'aide du score de Majeed sur 100 points (2). Ce score est internationalement reconnu et utilisé. Il tient compte des capacités et douleurs dans certains gestes de la vie quotidienne. Un score de 80 est considéré comme un bon résultat alors qu'il peut par le jeu des combinaisons propre à ce score, rendre compte d'un patient qui ne peut tenir assis plus de 10 mn. Là aussi ce manque de sensibilité ne permet pas de discriminer des options thérapeutiques différentes. Faut-il par exemple opérer un patient pour obtenir une belle radiographie mais au prix d'une chirurgie majeure alors qu'un traitement orthopédique bien conduit peut, certes de façon apparemment moins brillante mais plus sécurisante, apporter une radiographie moins spectaculaire mais finalement un meilleur résultat fonctionnel (3).

L'autre insuffisance de ces scores fonctionnels provient de leur caractère partiellement subjectif. Il est généralement demandé au patient de décrire sur une échelle quelconque ses douleurs dans telle ou telle circonstance. Cette description par le patient rend, certes compte de son avis personnel, toujours intéressant mais, influencé par de nombreux facteurs socio-psychologiques qui lui enlèvent beaucoup de reproductibilité. Le problème est similaire par la subjectivité de l'opérateur qui complète la grille et dont l'impartialité peut être douteuse surtout lorsqu'il s'agit de choisir entre « douleurs faibles, douleurs modérées, douleurs moyennes »...

Ainsi la faible sensibilité, peu adaptée à nos ambitions contemporaines élevées et l'influence de facteurs socio-

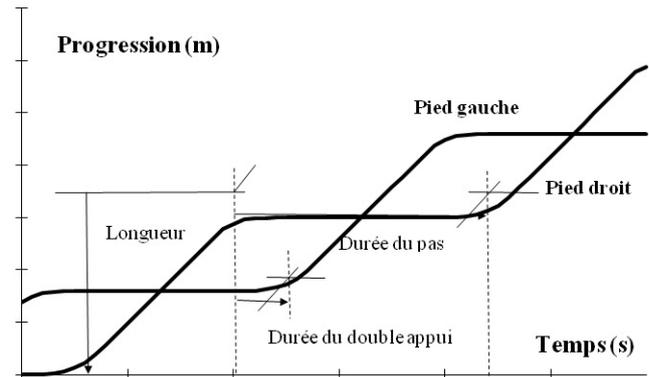


Figure 2 : Locogramme, progression de chaque pied en fonction du temps permettant la mesure des longueurs des pas, des temps d'appuis et de la vitesse.

psychologiques divers, limitent notre système d'évaluation fonctionnelle et imposent donc la recherche d'autres méthodes au travers d'indicateurs quantifiés de la performance fonctionnelle. Ces indicateurs peuvent être divers et ce mémoire avait pour but de présenter trois de ces techniques :

- mesure de la VO_2 max ;
- paramètres spatio-temporels de la marche ;
- dynamique du centre de gravité - accélérométrie embarquée.

Mesure du VO_2 max

Le « volume maximal en oxygène » est en fait un débit maximal que l'être vivant peut utiliser depuis l'oxygène ambiant (dans l'air de l'atmosphère concernant l'homme) jusqu'à la cellule musculaire où cet oxygène est finalement consommé. Cet indicateur mesure le potentiel de dépense énergétique maximale d'un sujet. Il est à ce titre intéressant de remarquer que les systèmes d'injection de carburant des moteurs thermiques sont régulés selon le même indicateur. C'est le débit d'entrée d'air et donc d'oxygène, qui constitue l'élément premier donné au calculateur pour établir tous les autres paramètres de fonctionnement du moteur. Le conducteur ouvre, avec sa pédale d'accélérateur, plus ou moins le volet d'arrivée d'air pour augmenter la puissance disponible de son engin. Si ce volet est totalement ouvert, il dispose de la puissance maximale de son véhicule. L'analogie est parfaite avec la mesure en physiologie du VO_2 max indicateur de la puissance potentielle du sujet.

Cette mesure est simplement faite par spirométrie et mesure des échanges gazeux : oxygène entrant, dioxyde de carbone sortant. Elle comporte plusieurs limites. La première est d'être astreignante (figure 1), cantonnée au laboratoire. La seconde est de supposer un métabolisme aérobie pur alors qu'en réalité il existe une composante anaérobie échappant à cette mesure et qui comporte une part variable selon les sujets et le type d'activités.

Cette limite métabolique conduit à ce qu'elle ne soit réellement applicable que dans l'évaluation de la performance fonctionnelle dans les sports d'endurance et presque exclusivement chez des sujets entraînés, aux conditions métaboliques optimales. Elles sont donc éloignées de nos préoccupations cliniques quotidiennes. Chez ces sportifs, elle est à même de mesurer objectivement la performance fonctionnelle de l'athlète à un moment donné. De nombreuses équipes nationales de course de fond, de ski de fond, de cyclisme ou de sports similaires l'utilisent à cet effet pour constituer leur sélection quelques jours avant la compétition officielle. Il a été montré qu'elle était capable de prédire la performance d'un athlète de haut niveau sur le 10 000 mètres avec une très

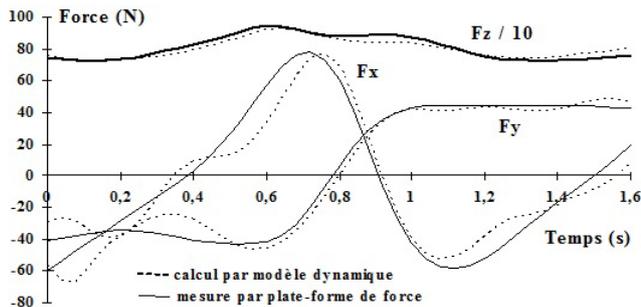


Figure 3 : Composantes verticale (F_z), antéro-postérieure (F_x) et latérale (F_y) de la force exercée au sol lors de la marche chez un sujet sain (en N par Kg de masse corporelle).

grande précision, de l'ordre de la seconde. Les valeurs normales chez l'homme sont voisines de 45 ml/min/kg de masse corporelle, des athlètes de fond très entraînés et très talentueux, dépassent très largement cette limite. Environ 99 ml/min/kg pour Alberto Contador lors d'une ascension de montagne lors du Tour de France 2009. Record absolu dans l'espère humaine, cependant encore loin des capacités des véritables bêtes de fond : plus de 200 ml/min/kg chez les chiens courants ou le loup !

Les conditions relativement contraignantes de la mesure dans un laboratoire de spirométrie ont conduit à rechercher des méthodes d'évaluation de la VO_2 max utilisables sur le terrain. Quelques-unes ont été développées. Par exemple le test de Cooper qui consiste simplement à mesurer la distance maximale que peut franchir un coureur en 12 minutes ou, de façon encore plus simple mais valable seulement chez les sportifs entraînés, la mesure de la fréquence cardiaque maximale. Ces méthodes ne s'adaptent pas en routine à notre évaluation en orthopédie.

Variables spatio-temporelles de la marche

Il s'agit de mesurer le déplacement du sujet en fonction du temps. Ces mesures sont souvent réalisées dans le cadre de la marche mesurant alors la vitesse moyenne, la longueur des pas ou les temps de doubles et de simples appuis des membres inférieurs. Ces mesures sont très anciennes et simples. Bessou (4) a développé un système utilisant une ficelle attachée à chaque talon transmise par l'intermédiaire de démultiplication par poulie multiples à des potentiomètres transformant la progression de chaque pied du sujet en signal électrique permettant de fournir un locogramme (figure 2).

Nous avons utilisé ce système pour plusieurs études. Deux d'entre elles avaient pour objet de montrer objectivement l'action d'un traitement antalgique ou anti-inflammatoire chez des patients coxarthrosiques. La première étude (5) comportait 10 sujets coxarthrosiques pour lesquels ces variables spatio-temporelles ont été mesurées 30, 60, 120 et 180 minutes après l'absorption de leur traitement antalgique ou anti-inflammatoire habituel. L'étude a ainsi montré une amélioration significative de la vitesse de la marche et une réduction du temps d'appui sur la hanche douloureuse sous l'effet thérapeutique, démontrant ainsi un résultat objectif pour un traitement fonctionnel. La seconde étude (6) comportait également un groupe de 16 patients coxarthrosiques traité en double aveugle et en cross over par un traitement anti-inflammatoire (Etodolac®, 300 mg). Cette étude, utilisant la même méthode de mesure, a montré là encore l'efficacité de l'anti-inflammatoire sur les performances fonctionnelles de ces patients en référence au traitement placebo.

Le locomètre de Bessou a été remplacé par un dispositif informatisé avec des émetteurs placés sur chaque talon qui sont localisés, sans fil, dans un périmètre de deux ou trois dizaines

de mètres par un récepteur fixe. Dans les situations où l'objectif thérapeutique principal est l'amélioration de la marche, ce dispositif extrêmement simple apparaît sensible, reproductible et nous n'avons pas pu dans ce contexte, établir son infériorité par rapport à des systèmes beaucoup plus complexes d'analyse tridimensionnelle du mouvement ou de mesures de la force de réaction au sol. Ces systèmes permettent des analyses très spécifiques, par exemple de mouvements articulaires mais n'apportent pas une plus grande sensibilité lors de l'évaluation globale de la marche.

Dynamique du centre de gravité global

L'homme en action est, au plan mécanique, assimilable à un solide déformable poly-articulé en mouvement. Ce solide comporte un centre de gravité et autour de lui, du fait des mouvements des différentes parties du corps, un moment dynamique. Ces données sont susceptibles de constituer d'excellents indicateurs potentiels d'évaluation de la performance fonctionnelle applicables dans les différentes situations où cette fonction doit s'exercer : marche, course, gestes sportifs, travail manuel, etc...

Cette hypothèse provient en premier lieu de la physiologie de la marche. La marche humaine est bipède ce qui confère une grande agilité, une grande adaptabilité, mais qui est source d'une consommation énergétique importante (7). En effet, le bipède doit à chaque pas soulever son poids pour passer le pas suivant et se sont ces efforts successifs qui rendent compte de l'essentiel de la dépense énergétique lors de la marche. Au plan mécanique, ce phénomène revient à soulever le centre de gravité global du corps à chaque pas. En l'absence de mécanismes d'adaptation, ces oscillations verticales du centre de gravité atteindraient pour un adulte 6 à 10 cm. Elles sont en fait réduites par de nombreux mécanismes à une oscillation de 3 ou 4 cm (8). Ces mécanismes sont de plusieurs types :

- récupération de l'énergie élastique passivement emmagasinée lors du pas précédent par l'aponévrose plantaire ou les appareils musculaires du membre inférieur précontraints ;
- déformation du membre inférieur grâce à l'articulation de l'*hallux*, de la cheville et du genou ;
- mouvements propres de la ceinture pelvienne en rotation autour de l'axe vertical permettant, sans élévation du centre de gravité, d'allonger le pas (pas pelvien) ;
- stabilisation horizontale du bassin lors de la marche limitant ses inclinaisons latérales et ainsi les oscillations verticales du centre de gravité ;
- organisation motrice globale autour du centre de gravité (mouvement des bras ou oscillations de la tête) réduisant le moment dynamique global.

Ces trois derniers éléments concernent directement la dynamique du centre de gravité global et de la ceinture pelvienne qui le contient. Notre hypothèse était donc que la dynamique de ce centre de gravité global, traduisant les mécanismes de réduction énergétique, était susceptible de constituer un indicateur global et sensible de la performance locomotrice. Afin de valider cette hypothèse plusieurs études ont été conduites, d'autres sont en cours.

Il existe plusieurs façons de mesurer les mouvements du centre de gravité global du corps humain. Nous utilisons au départ un calcul dynamique faisant appel à une analyse du mouvement tridimensionnelle par système optoélectronique VI-CON™ et mesure de la réaction au sol par plateforme de force (figure 3). Ce calcul apporte une technique analytique au sein de laquelle il est possible de comprendre le rôle, ou le dysfonctionnement, des différentes composantes qui vont s'assembler pour constituer la mesure globale. La méthode est en revanche complexe, nécessite des appareillages très coûteux et reste cantonnée au laboratoire (figure 4).

Nous avons montré qu'il était possible de réaliser une mesure analogue et globale en utilisant plus simplement des techni-



Figure 4 : Analyse du mouvement par système optoélectronique VICON™ et plateforme de force AMTI™. Les marqueurs sur le sujet sont localisés dans l'espace à l'aide des caméras infra-rouges et permettent le calcul des mouvements des segments et articulations.

ques d'accélérométrie embarquées situées sur la ceinture pelvienne du sujet (9). Ces mesures globales sont simples, accessibles à une utilisation ambulatoire, le sujet pouvant les porter au fil de la journée, mesurant l'efficacité d'un traitement ou une performance lors de gestes divers, sportifs ou professionnels, ou encore sous l'effet de la fatigue. En revanche, la mesure est globale et son interprétation physiologique reste à décrire (figure 5). Une des premières études cliniques a montré qu'il était possible de détecter l'altération sur la dynamique du centre de gravité global par la constitution de handicap léger artificiel. Dix sujets témoins sains ont été inclus. Chacun a fait l'objet de mesures complètes et répétées (spirométrie, mesure spatio-temporelle de la marche, analyse optoélectronique du mouvement et mesure de la dynamique du centre de gravité global). Ces sujets ont été examinés en condition naturelle puis en leur faisant porter une attelle semi-rigide de genou ou en ajoutant des talonnettes de 5 et de 10 mm sous une de leur chaussure créant ainsi artificiellement des situations de handicap (10). La répétition des mesures a montré leur reproductibilité. Le port de l'attelle perturbe la totalité des paramètres y compris des paramètres simples spatio-temporels. En revanche, le port d'une talonnette surtout de 5 mm a des conséquences discrètes quasi-nulles sur la mesure des échanges gazeux ou sur les variables spatio-temporelles alors que le dynamique du centre de gravité global est perturbé (figure 5).

Une autre étude très récente (11) incluait 23 patients présentant une coxarthrose et devant être opéré d'une prothèse totale de hanche. Les patients ont également été l'objet d'une analyse complète préopératoire et au deuxième et sixième mois post-opératoire. Deux techniques ont été utilisées selon la voie d'abord, voie conventionnelle par hémimiotomie antérieure du moyen fessier ou voie mini invasive de Watson Jones (dite de Rottinger). Ce groupe a permis de colliger les séries de trois situations fonctionnelles très variées :

- préopératoire ;
- postopératoires précoces différentes selon la voie d'abord ;
- postopératoires tardives.

Ces groupes cliniquement différents permettaient d'appréhender la capacité des systèmes d'évaluation à mesurer ces variations. Les scores fonctionnels et tous les paramètres objectifs d'analyse de la marche sont améliorés par le recours prothétiques mais cette évolution est perçue de manière plus ou moins précise selon la méthode. Il existe des liens statistiques entre scores fonctionnels subjectifs et paramètres objectifs mais ces liens ne sont cependant pas complets ni exclusifs. Les coefficients de corrélation varient de 0,39 à 0,63 ce qui

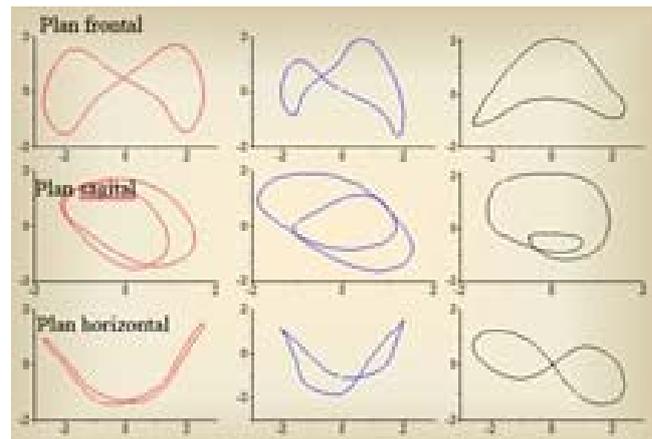


Figure 5 : Projections dans les trois plans de l'espace des déplacements 3-D du centre de gravité global lors de la marche. En rouge : sujet sain, en bleu : le même sujet avec une talonnette de 5 mm sous une seule chaussure, en noir un patient présentant une coxarthrose unilatérale.

prouve que les paramètres d'analyse objective apportent une mesure cohérente avec les données cliniques mais apportent également des informations supplémentaires. Les mouvements du centre de gravité global paraissent en particulier, confortant l'hypothèse de départ, très sensibles. Par exemple, la mesure des oscillations latérales du centre de gravité (la projection vue dans le plan frontal de la figure 5) rend compte de la boiterie qui affecte ces patients, boiterie unilatérale due à la douleur en pré opératoire ou boiterie unilatérale due à la section musculaire dans la voie conventionnelle. La dynamique du centre de gravité rend compte de cette évolution et permet de discriminer les méthodes thérapeutiques mais également de discriminer le fonctionnement des deux hanches (alors que les scores fonctionnels ne permettent pas cette distinction).

Conclusion

Au total, ces études confortent l'hypothèse que des paramètres objectifs quantifiés d'évaluation de la performance fonctionnelle, peuvent être utilisés en Chirurgie Orthopédique apportant l'objectivité qui manque aux scores fonctionnels habituels. Ces mesures permettant également de discriminer plus finement des situations différentes mais trop proches pour que les scores fonctionnels puissent les distinguer.

Discussion en séance

Question de P Merloz

Ne voyez-vous pas des normes à envisager ?

Réponse

Probablement pas des « normes » au sens biochimique où une valeur normale doit impérativement se situer dans une fourchette déterminée. En effet, la marche et de façon générale, la « fonction » sont très variables d'un individu à l'autre. On peut ainsi par exemple reconnaître l'arrivée d'un proche uniquement sur le rythme de ses pas, le « bruit » de sa marche. Ainsi, les variations individuelles sont telles qu'une valeur x pourrait apparaître normale pour un sujet alors qu'elle serait pathologique pour un autre. En revanche, les variations sont gaussiennes, si bien que des valeurs quantitatives, moyennées sur des cohortes randomisées ou lors de comparaison « avant - après » peuvent tout à fait être envisagées.

Question de J Dubouset

Plaidoyer pour l'absence totale de normes et reconnaissance d'une évaluation fonctionnelle plus globale.

Réponse

Je ne peux qu'appuyer cette remarque : il faut tenir compte des variations individuelles. C'est d'ailleurs probablement le thème que doit considérer maintenant notre spécialité, y compris dans ses indications et ses techniques.

Question de F Gayral

Par analogie avec les classifications des troubles fonctionnels digestifs qui poussaient à la sur évaluation des mauvais résultats, danger de ce type d'évaluation ?

Réponse

On peut toujours casser le thermomètre pour ne pas voir la fièvre ! Plus sérieusement, je suis d'accord pour rester vigilant et ne pas « faire dire ce qui nous arrange » à de telles mesures. Il n'empêche que nous avons besoin maintenant de critères quantifiés et objectifs dans notre spécialité tout en en connaissant la portée et les limites.

Références

1. Merle d'Aubigné R, Postel M. Functional results of Hip Arthroplasty with Acrylic Prosthesis. *J Bone Joint Surg.* 1954;35:451-75.
2. Majeed SA. Grading the outcome of pelvic fracture. *J Bone Joint Surg Br.* 1989;71:304-6.
3. Dujardin F, Hossenbacchus M, Duparc D, Biga N, Thomine JM. Long-term functional prognosis of posterior injuries in high-energy pelvis disruption. *J Orthop Trauma.* 1998;12:145-51.
4. Bessou P, Dupui P, Montoya R, Pages B. Simultaneous recording of longitudinal displacements of both feet during human walking. *J Physiol.* 1989;83:102-10.
5. Da Silva L, Mejjad O, Dujardin F, Le Loet X, Pasquis P, Thomine JM, Weber J. Modification des variables spatio-temporelles de la marche sous l'action des anti-inflammatoires et/ou des antalgiques chez le sujet coxarthrosique. *Rhumatologie.* 1996;48:75-81.
6. Mejjad O, Favre S, Dujardin F, Thomine JM, Leloet X, Weber J. Efficacy of Etodolac on gait in hip osteoarthritis as assessed by Bessou's locometer: a randomized, crossover, double-blind study versus placebo. *Osteoarthritis and Cartilage.* 2000;8:230-5.
7. Dujardin F, Tobenas-Dujardin AC, Weber J. Anatomie et physiologie de la marche, de la position assise et debout. *Enc Medico-Chir.* 2009;Appareil Locomoteur;14-010:1-18.
8. Winter DA. *Biomechanics and motor control of human movement* (second edition). New York, Wiley-Interscience Publication. 1990.
9. Lhermette M, Savatier X, Baudry L, Tourny Chollet C, Dujardin F. A new portable device for assessing locomotors performance. *Int J Sports Med.* 2008;29:322-6.
10. Dujardin F, Mouilhade F, Lhermette M, Savatier X, Ertaud JY, Tourny C. Evaluation quantitative du handicap locomoteur par mesure accélérométrique de la cinématique pelvienne. 81ème réunion de la Société Française de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique. Paris, novembre 2006.
11. Al Rajeh M, Lhermette M, Dujardin F. Evaluation d'indicateurs quantifiés de la performance locomotrice en orthopédie : analyse de la marche et accélérométrie. 88ème réunion de la Société Française de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique. Paris, novembre 2013.