

Comment utiliser les moniteurs de mouvement en clinique pédiatrique ?

How to use motion sensors in paediatric clinic ?

B.C. Guinhouya

EA2694, Laboratoire de Santé Publique, UFR Ingénierie et Management de la Santé, UDSL/ILIS, Université Lille Nord de France

RESUME

L'activité physique est un construit essentiel pour la croissance, le développement et la maturation de l'enfant. Elle participe à la prévention et à la lutte contre nombre de maladies chroniques et leurs facteurs de risque présents dès le bas âge. Il convient donc de l'intégrer dans la pratique courante du pédiatre. Ceci implique une évaluation précise des différentes dimensions de l'activité physique et des comportements associés. En effet, la pertinence de toute décision clinique dépend également de la performance des outils utilisés pour évaluer les paramètres en question, dont l'activité physique. Pour l'évaluation de l'activité physique de l'enfant, l'utilisation des moniteurs de mouvement (podomètre et accéléromètre) s'est révélée comme un bon compromis entre la validité, la fiabilité, la précision et le coût. Toutefois, l'utilisation des moniteurs de mouvement soulève également quelques problèmes pratiques en raison de technologies parfois complexes et surtout du manque d'instantanéité des résultats. Une façon de pallier cette lacune serait d'externaliser l'évaluation des comportements de mouvement en développant un partenariat avec des structures dédiées. En termes d'application, si la podométrie semble être adaptée pour la promotion de l'activité physique chez l'enfant, l'accélérométrie paraît plus performante pour un diagnostic précis et complet, en fournissant d'amples informations sur le profil général de l'enfant. Il n'en demeure pas moins qu'en clinique pédiatrique, la prise en compte de la perception propre de l'enfant peut aider le praticien à la fois dans son analyse et pour les éventuelles orientations thérapeutiques nécessaires.

Rev Med Brux 2011 ; 32 : 27-38

ABSTRACT

Physical activity is a key construct for growth, development and maturation of children. Regular physical activity contributes to the prevention of a number of chronic diseases and their risk factors already present from an early age. Thus, physical activity counseling should be included into the routine of pediatricians. This involves a detailed assessment of different dimensions of physical activity and its associated behaviors. Indeed, the relevance of any clinical decision also depends on the performance of the tools used to evaluate targeted parameters, including physical activity. To assess physical activity of children, the use of motion sensors (pedometers and accelerometers) proved to be a good compromise between validity, reliability, accuracy and cost. However, the use of motion sensors also raises some practical problems because of complex technologies, and especially the lack of instant results. One way to overcome this shortcoming would be to outsource the assessment of movement behaviors by developing a partnership with dedicated structures. In practice, if pedometry seems appropriate for the promotion of physical activity in children, accelerometry seems more efficient for an accurate and comprehensive diagnosis, providing rich information on the overall profile of a child. The fact remains that in paediatric setting, taking into account the child-reported outcomes still important to guide the practitioner in both analyses and any necessary therapeutic decision.

Rev Med Brux 2011 ; 32 : 27-38

Key words : actimetry, clinic, diagnosis, evaluation, paediatrics

INTRODUCTION

L'activité physique joue un rôle important dans la croissance, le développement et la maturation des jeunes¹. Par ailleurs, plusieurs données soutiennent des effets positifs d'une pratique physique régulière sur différentes dimensions de la santé infantile, y compris l'amélioration des facteurs de risque cardiovasculaires, des événements musculo-squelettiques et le bien-être psychologique^{1,2}. Enfin, les estimations les plus récentes de l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S.) font état de 1,9 million de décès attribuables à une insuffisance d'activité physique³. L'activité physique, qui est un comportement complexe - résultant de l'interaction de facteurs biologiques, psychosociaux et environnementaux -, apparaît ainsi comme une construction de santé non négligeable. Sa promotion mérite d'être initiée dès le bas âge, en intégrant son évaluation/conseil dans la pratique courante en pédiatrie à l'instar des évaluations routinières du poids, de la température et de la pression artérielle⁴. Cette démarche soulève cependant la question du choix de l'outil d'évaluation le plus adapté pour évaluer l'activité physique en clinique pédiatrique.

Nombre de techniques allant du questionnaire/journal d'activité physique aux méthodes de laboratoire les plus sophistiquées telles que l'eau doublement marquée (EDM), sont applicables pour analyser l'activité physique habituelle. Le choix d'une technique repose sur un certain nombre de critères dont sa validité/fiabilité, le meilleur compromis entre facilité d'utilisation, précision, coût et l'objectif poursuivi. De plus, une méthode adéquate doit pouvoir révéler toutes les dimensions de l'activité physique habituelle. A l'heure actuelle, aucune des méthodes ne s'impose comme référence-étalon⁵ pour évaluer toutes les dimensions et le profil du comportement de mouvement de façon satisfaisante. Or, en pratique clinique, la précision du diagnostic initial est primordiale pour orienter pertinemment les choix thérapeutiques du praticien. Il convient donc d'objectiver le plus possible ce diagnostic, même si le point de vue de l'enfant, lorsqu'il est capable de l'exprimer, mérite également d'être pris en compte dans cette évaluation. Cette objectivation est nécessaire chez l'enfant en particulier, en raison des limites mémorielles et cognitives associées à l'utilisation de questionnaires d'activité physique chez l'enfant⁶.

Cet article se propose d'indiquer quelques orientations pour une utilisation optimale des méthodes d'évaluation objective des comportements de mouvement en clinique pédiatrique.

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DE L'ACTIVITE PHYSIQUE DE L'ENFANT

L'activité physique est un comportement dont le substrat est le mouvement⁷. La dépense énergétique souvent utilisée à tort comme un préposé de l'activité physique⁸ ne correspond qu'au coût énergétique associé à ce comportement. L'activité physique inclut

ainsi théoriquement tous les mouvements corporels allant de la " bougeotte " à la pratique d'activités sportives organisées, sans être exclusive d'aucune de ses formes. Chez l'enfant, l'entraînement sportif en club et les leçons d'éducation physique à l'école sont sans doute les formes d'activité physique les plus organisées et institutionnalisées. Toutefois, il convient de retenir que l'activité physique spontanée de l'enfant intègre à la fois les activités qu'il réalise au sein d'une structure organisée (par exemple : école, club, centre de loisir) et celles menées dans le cadre de jeux avec ses pairs (dans la cour de récréation, dans le voisinage ou le jardin familial) ou encore celles associées au mode de transport et aux travaux domestiques divers. Bailey *et al.*⁹ ont révélé la nature particulière, intermittente et transitoire, de l'activité physique spontanée de l'enfant. En effet, ces auteurs ont observé, chez l'enfant, de nombreuses périodes (95 % des périodes) d'activités très intenses n'excédant pas 15 secondes, et seulement 0,1 % des périodes actives de plus d'une minute. Les périodes de repos avaient une durée inférieure à 4 minutes indiquant que l'enfant est rarement inactif sur de longues périodes. Cette forme particulière d'activité physique spontanée serait en adéquation avec les besoins biologiques d'activité de l'enfant¹⁰ et nécessaire pour une croissance et un développement appropriés⁹. D'un point de vue des choix actifs, l'activité physique de l'enfant peut comprendre une palette d'exercices, de mouvements et autres occupations difficilement inscriptibles dans une catégorie préétablie¹¹.

La forme particulière intermittente de l'activité physique de l'enfant rend son évaluation subjective compliquée non seulement pour l'enfant lui-même, mais également pour ses parents et autre adulte considéré comme son représentant. Et il n'est pas improbable que l'enfant ou son préposé rapportent une impression d'activité physique plutôt que le comportement *per se*. En effet, plusieurs données ont montré que les mesures perceptuelles génèrent le plus souvent une surestimation du niveau d'activité physique des enfants^{12,13}. De plus, Corder *et al.*¹⁴ ont révélé que ces méthodes déclaratives ne sont pas valides pour estimer les activités physiques de la vie courante de l'enfant à l'échelle individuelle.

TECHNIQUES DE MESURE OBJECTIVES DU MOUVEMENT

L'activité physique spontanée de l'enfant est notoirement difficile à mesurer. Parmi les techniques objectives, on peut distinguer la calorimétrie directe (par exemple : EDM) ou indirecte (par exemple : analyseur de type K4b2), les mesures physiologique (par exemple : moniteur de fréquence cardiaque) et biomécanique (par exemple : moniteurs ou compteurs de mouvements)^{15,16}. Les moniteurs de mouvements sont de plus en plus privilégiés dans l'évaluation de l'activité physique de l'enfant. Ce sont des appareils légers, confortables (en comparaison avec les moniteurs de fréquence cardiaque), discrets et relativement peu coûteux comparés à d'autres

techniques objectives comme l'EDM ou la calorimétrie indirecte¹⁷. L'analyse des qualités clinimétriques des moniteurs de mouvements a montré qu'ils sont suffisamment reproductibles, valides et pratiques¹⁷ pour évaluer l'activité physique de l'enfant dans le cadre clinique.

Podométrie

Il existe trois principaux mécanismes par lesquels fonctionne un podomètre¹⁸. Le premier type utilise un levier à ressort de suspension horizontal qui monte et descend en réponse aux déplacements verticaux de la hanche. Ce mouvement ouvre et ferme un circuit électrique, le bras de levier permet un contact électrique (contact métal sur métal) et un " pas " est enregistré. Le second type de mécanisme est un commutateur de proximité magnétique. Avec ce mécanisme, un aimant connecté au bras d'un levier à ressort de suspension horizontal du podomètre monte et descend à chaque mouvement vertical de la hanche. Le champ magnétique soulève un détecteur de proximité enfermé dans un cylindre de verre et un " pas " est compté. Le troisième type utilise un mécanisme de type accéléromètre constitué d'un balancier horizontal et d'un cristal piézo-électrique. La nouvelle génération de podomètre est conçue avec le même modèle de fonctionnement. La plupart des podomètres fonctionnent au moyen des deux premiers principes sus-décrits. Attaché à la taille d'un enfant (figure), le podomètre enregistre les déplacements verticaux de son centre de gravité et compte le nombre de pas effectués durant une période donnée. Ces pas sont considérés comme l'indicateur du niveau global d'activité physique^{18,19}. Il peut être efficacement utilisé dans les campagnes de communication pour relayer des objectifs de santé publique tels que l'appel à " réaliser 15.000 pas/jour pour l'enfant ! ". Au-delà de la miniaturisation des podomètres qui en fait un outil peu encombrant pour les enfants, le coût moindre des podomètres (10 \$ - 50 \$ l'unité)²⁰ par rapport aux autres technologies, la simplicité du traitement et l'accessibilité de ses résultats à tous autorisent son utilisation en clinique.

Plusieurs modèles de podomètres sont commercialement disponibles (tableau 1) et peuvent servir de support à différentes fins. Toutefois, les revues systématiques les plus récentes^{17,21} et certaines études comparatives¹⁸ tendent à montrer que les podomètres

de type DigiWalker sont les plus valides et fiables chez l'enfant¹⁷. Ce type de podomètre, relativement léger (21 g) et d'un coût très abordable (17 \$-25 \$) est capable de détecter des mouvements d'une amplitude comprise entre 0,35 et 0,50 G. Ce type de podomètre fonctionne au moyen d'un levier à ressort en suspension pour compter le nombre de pas réalisés. Pour atteindre les objectifs de santé publique, les données les plus actuelles recommandent d'inciter les filles et garçons à réaliser un minimum de 12.000 pas/jour et 15.000 pas/jour respectivement^{22,23}. Il est à remarquer que la nouvelle génération de podomètres est conçue, à l'instar des accéléromètres, avec des capteurs piézo-électriques (par exemple : Omron, New Lifesyles), augmentant ainsi leur sensibilité aux déplacements. De plus, cette nouvelle génération de podomètres est dotée d'une capacité de stockage (jusqu'à 7 jours d'enregistrement), ce qui permet de réduire l'implication du porteur requise par les podomètres classiques. Des analyses de validité et de fiabilité sont encore nécessaires pour attester la supériorité de ces nouveaux podomètres.

Accélérométrie

Ces dernières années, l'accélérométrie est devenue la méthode la plus populaire pour quantifier l'activité physique de l'enfant. Il ne s'agit pas des systèmes tridimensionnels d'analyse du mouvement qui renseignent sur l'anatomie fonctionnelle et/ou la biomécanique, mais plutôt d'outils de quantification des déplacements du centre de masse des personnes.

Plusieurs études ont permis de mettre en évidence la validité et la fiabilité de l'accélérométrie chez l'enfant en laboratoire et en conditions de vie courante²⁴⁻²⁶. Un accéléromètre est un système physique qui mesure indirectement l'accélération. Les accéléromètres ou sondes d'activité physique utilisent les propriétés de la céramique piézo-électrique qui, en se déformant sous l'effet d'un déplacement (ou une force appliquée) dans une direction donnée, génère une différence de potentiel. L'aire sous la courbe du signal accélération-décélération est intégrée et totalisée sur un intervalle de temps donné. Les données brutes ainsi obtenues dépendent de la durée de l'évaluation de l'activité physique, et sont exprimées en " counts ". Ces " counts " sont en général traduits en catégories d'intensité de l'activité physique à l'aide de critères de réduction des données.

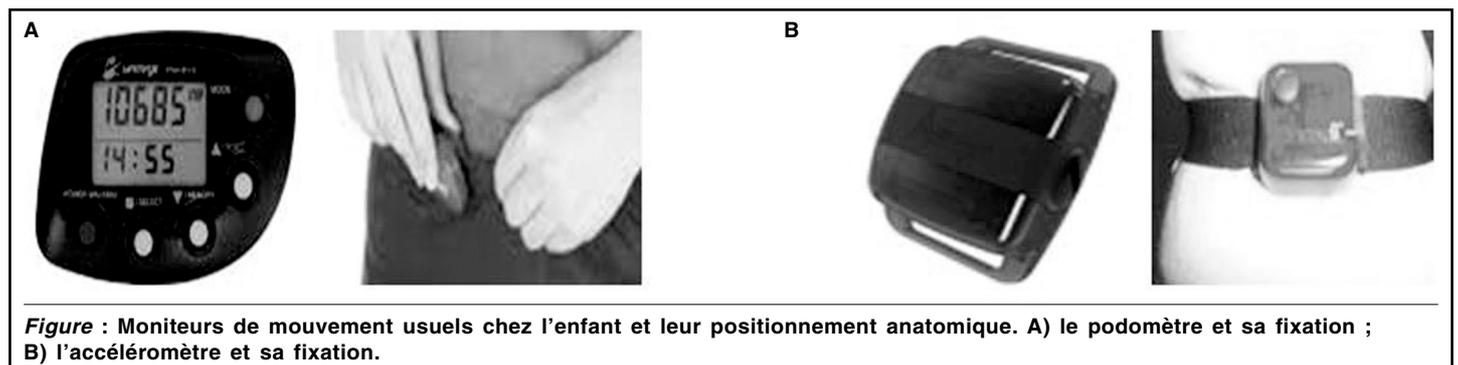


Figure : Moniteurs de mouvement usuels chez l'enfant et leur positionnement anatomique. A) le podomètre et sa fixation ; B) l'accéléromètre et sa fixation.

Tableau 1 : Caractéristiques générales de quelques moniteurs de mouvement usuels dans la littérature scientifique.

Type	Capteur utilisé/ Nombre d'axes	Résultats	Placement	Avantages	Inconvénients
Podomètres					
New Lifestyles NL-2000	Piézo-électricité	Nombre de pas, distance, dépense énergétique	Taille	- Simplicité d'utilisation et d'administration - Résultats accessibles et compréhensibles - Production de contre-réactions favorables à la promotion de l'activité physique - Peu onéreux	- Peu ou pas de capacité de stockage - Impossibilité d'établir le profil d'activité physique selon la fréquence, l'intensité et la durée à un instant donné - Réactivité potentiellement élevée
Omron HJ	Piézo-électricité	Nombre de pas, distance, pas aérobiques	Taille		
Sun TrekLINQ	Levier à ressort	Nombre de pas, distance, dépense énergétique, durée d'activité physique	Taille		
Walk4Life 2505	Levier à ressort	Nombre de pas, durée d'activité physique	Taille		
Yamax DigiWalker SW-701/SW-200	Levier à ressort	Nombre de pas, distance, dépense énergétique	Taille		
Accéléromètres					
Actical	Piézo-électricité ; accéléromètre uni-axial omnidirectionnel	" Counts " d'activité physique, activité totale à différentes intensités, dépense énergétique	Taille, Poignet, Cheville	- Bonne précision (prise en compte d'un grand nombre de mouvements) - Richesse des résultats - Possibilité proflage de l'activité physique de l'enfant en termes de fréquence, d'intensité et de durée à des instants spécifiques - Capacité de stockage d'informations - Peu de réactivité	- Complexité des résultats et de leur traitement - Latence dans l'obtention des résultats - Coût relativement élevé
Actiwatch AW-16/AW-64	Piézo-électricité ; accéléromètre uni-axial : vertical	" Counts " d'activité physique, fréquence cardiaque, température corporelle	Taille, Poignet, Cheville		
ActiGraph 7164/GT1M	Piézo-électricité ; accéléromètre uni-axial : vertical	" Counts " d'activité physique, nombre de pas, dépense énergétique	Taille, Poignet, Cheville		
ActiGraph GT3X	Piézo-électricité ; accéléromètre tri-axial : vertical (x), antéro-postérieur (y), médio-latéral (z)	" Counts " d'activité physique, nombre de pas, dépense énergétique	Taille, Poignet, Cheville		

ActivTracer	Piézo-électricité ; accéléromètre tri-axial : vertical (x), antéro-postérieur (y), médio-latéral (z)	" Counts " d'activité physique	Taille		
BioTrainer PRO	Piézo-électricité ; accéléromètre bi-axial : vertical (x), antéro-postérieur (y)	" Counts " d'activité physique, dépense énergétique	Taille		
Kenz Lifecorder EX/PLUS	Piézo-électricité ; accéléromètre uni-axial : vertical	" Counts " d'activité physique à différentes intensités prédéfinies, nombre de pas	Taille		
RT3	Piézo-électricité ; accéléromètre tri-axial : vertical (x), antéro-postérieur (y), médio-latéral (z)	" Counts " d'activité physique, vecteur d'amplitude, dépense énergétique	Taille		
StepWatch	Piézo-électricité ; accéléromètre bi-axial : vertical (x), antéro-postérieur (y)	Nombre de pas, fréquence des pas	Cheville		
Tracmor	Piézo-électricité ; accéléromètre tri-axial : vertical (x), antéro-postérieur (y), médio-latéral (z)	" Counts " d'activité physique, dépense énergétique	Taille		
Tritrac-R3D	Piézo-électricité ; accéléromètre tri-axial (3 uni-axiaux juxtaposés) : vertical (x), antéro-postérieur (y), médio-latéral (z)	" Counts " d'activité physique, vecteur d'amplitude, dépense énergétique	Taille		
Mini-Motionlogger	Piézo-électricité ; accéléromètre tri-axial : vertical (x), antéro-postérieur (y), médio-latéral (z)	" Counts " d'activité physique, marqueur d'événements	Poignet, Taille		

Les modèles d'accéléromètres en usage dans la littérature scientifique disposent d'une horloge propre qui permet de choisir l'instant de démarrage des enregistrements. Ils ont également une mémoire interne de capacité plus ou moins importante suivant le modèle. Cette autonomie assure un enregistrement et un stockage de données horodatées sur des périodes étendues, pouvant aller de quelques secondes à plusieurs semaines. Comme l'indique la figure, les accéléromètres sont peu encombrants (pas d'électrodes, pas de sangle) et sont capables d'identifier les mouvements intermittents qui semblent caractériser l'enfant.

L'une des questions qui peut émerger pour l'utilisateur d'un accéléromètre concerne le choix du type d'accéléromètre adapté à l'objectif poursuivi. En effet, on peut dénombrer différents accéléromètres selon le nombre d'axes (un, deux ou trois axes selon le modèle) prévus pour les mesures. Commercialement, on peut répertorier des accéléromètres uni-axiaux (exemple : The ActiGraph), bidirectionnels (exemple : Biotrainer), tri-axiaux (par exemple : RT3) ou encore omnidirectionnels (exemple : Actical). A la différence du nombre d'axes impliqués dans la collecte des données, les accéléromètres utilisent le même principe de détection du mouvement, fondé sur la piézo-électricité. Trost *et al.*²⁷ suggèrent à cet effet qu'il n'existe pas de preuves formelles à propos de la supériorité d'un accéléromètre par rapport aux autres. Toutefois, de récentes revues systématiques suggèrent que les accéléromètres de type ActiGraph présentent les meilleures qualités clinimétriques^{17,21,28}. Ce type d'accéléromètre est d'ailleurs le plus utilisé dans la littérature scientifique actuelle. L'ActiGraph (entre 27 et 35 g selon les modèles) permet de détecter toutes les variations d'accélération dans le plan vertical du corps humain en échantillonnant 10 signaux par seconde. Le moniteur est conçu pour enregistrer l'activité physique des individus pour des variations d'accélération d'amplitude comprise entre de 0,05 et 2 G. Son capteur intégré permet d'identifier toute la bande de fréquences allant de 0,25 à 2,5 Hz. L'ActiGraph est le plus souvent attaché à la taille de l'enfant (figure), et préprogrammé pour enregistrer et stocker des données pendant plusieurs jours pour assurer la meilleure appréciation possible du profil d'activité physique des enfants. Il n'est pas étanche ; d'où la consigne habituelle donnée aux familles d'éviter son port lors des activités de baignade. Enfin, outre l'évaluation de la sédentarité de l'enfant, l'ActiGraph permet de quantifier l'activité physique aussi bien en termes de volume (*i.e.*, activité physique globale) qu'en termes d'intensité, notamment la détection des activités physiques d'intensité modérée à vigoureuse (APMV) qui constituent la cible primordiale des messages de santé publique actuels. En effet, il est actuellement recommandé pour la santé que tous les enfants puissent s'engager au quotidien dans une APMV d'au moins 60 minutes^{1,29}.

UTILISATION DES MONITEURS DE MOUVEMENT EN CLINIQUE : FORCES ET FAIBLESSES

D'une manière très générale, la démarche du clinicien est structurée par trois éléments. En présence d'un patient (enfant ou adulte), il s'agit d'établir un diagnostic sur la base d'une évaluation préliminaire et en intégrant un faisceau de facteurs considérés comme facteurs de risque. Ensuite, le clinicien est amené à envisager un pronostic compte tenu de l'évolution probable de l'événement considéré et des expositions en présence, pour enfin proposer un traitement qui peut être une mesure préventive ou une thérapeutique corrective. Les éléments participant de l'évaluation initiale apparaissent comme un facteur clé de la réussite de cette démarche. Comme le suggère Ainsworth⁴, l'évaluation de l'activité physique doit devenir systématique, et l'activité physique et ses comportements associées (*i.e.*, inactivité physique, sédentarité) devraient être pris en compte à toutes les étapes de la démarche clinique afin d'en accroître l'efficacité et la pertinence. Chaque compteur de mouvement présente quelques avantages et inconvénients dans l'utilisabilité en clinique pédiatrique.

Podométrie

En ce qui concerne le diagnostic, la podométrie présente une grande utilité lorsque l'objectif est d'examiner globalement les changements survenus dans le comportement d'activité physique ou de constituer des groupes de niveaux lors d'essais cliniques. En revanche, les podomètres ne permettent en aucune manière ni d'estimer le temps passé à différentes intensités d'activité physique (par exemple : sédentarité, activités légère, modérée ou vigoureuse), ni de stocker en temps réel les données avec une grande capacité. Son utilisation implique généralement la tenue d'un journal par l'enfant et sa famille, pendant une période de 2 à 8 jours afin d'avoir des données fiables sur le profil d'activité physique de l'enfant³⁰. Le fait que les podomètres exigent une attention supplémentaire liée à la tenue d'un journal peut limiter son intérêt pour le diagnostic en clinique et compromettre l'intégrité des données collectées²⁷. Néanmoins, il semble que certains nouveaux modèles peuvent stocker des données sur une période de 7 jours³¹. Le podomètre a également le désavantage de ne pas être scellé, ce qui en augmente le risque de réactivité et de redémarrage intempestif de la part des enfants. Ainsi, il existe potentiellement un effet " *Harthorne* " important dans l'utilisation des podomètres chez l'enfant¹⁵ dans la mesure où cet instrument produit un *feedback* visuel immédiat qui pourrait amener certains enfants à ajuster leur comportement indépendamment de toute intervention ; ce qui peut entraîner des biais dans le diagnostic. Il semblerait que cet effet est minoré en cachant le comptage des pas à l'enfant^{32,33}.

Corrélativement, la podométrie est reconnue comme un outil d'auto-surveillance efficace, susceptible d'induire des ajustements du niveau d'activité physique

de l'enfant jusqu'à l'atteinte d'objectifs prédéfinis. Bien que cette observation soit peu documentée en pédiatrie, il convient de noter que l'usage d'un podomètre en association avec des stratégies de définition d'objectifs, d'auto-surveillance et de support social (par exemple : implication de toute la famille) est de nature à augmenter substantiellement le niveau d'activité physique des enfants³⁴ à l'instar de ce qui a été observé chez l'adulte³⁵. Le seul inconvénient dans l'utilisation de podomètre pour la promotion de l'activité physique concerne le fait que nombre de podomètres ne fournissent aucune information sur l'intensité et la durée des activités réalisées alors que les recommandations sont souvent basées sur ces paramètres. Quelques nouveaux modèles du type Walk4Life 2505 (Plainfield, Illinois, USA) semblent pouvoir produire des informations sur la durée des activités réalisées par l'enfant³⁶. Des études de validation sont nécessaires pour généraliser leur utilisation.

Accélérométrie

Contrairement aux podomètres pour lesquels la collecte des résultats et la réduction des données sont relativement simples, les accéléromètres actuels ne sont pas des instruments du type " *enficher et jouer* " ²⁷. Leur utilisation implique le recueil d'un nombre important d'informations qui permettent d'estimer à la fois le volume total d'activité physique, les temps sédentaires et passés aux différentes intensités, notamment l'APMV, à la seconde près. Ceci suppose une expertise technique particulière et une profonde connaissance, matérielle et logicielle de l'outil. En termes de diagnostic, les accéléromètres apparaissent comme les outils d'évaluation de l'activité physique les plus performants pour déceler les caractéristiques intermittentes et sporadiques de l'activité physique de l'enfant. L'horloge interne des accéléromètres permet d'enregistrer l'heure, la durée et l'intensité des activités réalisées par l'enfant, et ainsi d'avoir une description précise du profil d'activité/inactivité physique. Pour ce faire, il importe de programmer l'appareil en choisissant à dessein la durée d'échantillonnage des signaux détectés. Ce sujet fait actuellement l'objet de débats. En effet, Nilsson *et al.*³⁷ ont montré que des durées d'échantillonnage courtes permettent de détecter les courtes périodes d'activité physique d'intensité vigoureuse, sans qu'il n'y ait de différence substantielle en deçà de 10 secondes. Typiquement, dans les évaluations cliniques, cette durée d'échantillonnage de 10 secondes paraît intéressante. Mais, la pertinence d'un tel choix ne serait justifiée que dans les études portant sur la santé osseuse de l'enfant³⁸. Par ailleurs, Reilly *et al.*¹³ rapportent que les différences concernant les durées d'échantillonnage ne sont consistantes qu'à de très hautes intensités. Pour ces auteurs, une solution pratique pour pallier l'utilisation de durées d'échantillonnage longues (généralement de 60 sec.) est d'exprimer l'activité physique sous sa forme la plus biologiquement et cliniquement pertinente : l'APMV ; à moins que l'activité physique d'intensité vigoureuse corresponde au résultat attendu¹³. Néanmoins, puisqu'il

reste toujours possible de " réintégrer " les valeurs obtenues avec des durées d'échantillonnage courtes en valeurs correspondant aux durées d'échantillonnage les plus longues et pas vice versa, il convient d'adopter les durées d'échantillonnage les plus courtes possibles lors des évaluations cliniques.

La grande difficulté liée à l'utilisation des accéléromètres en clinique pédiatrique concerne la standardisation des protocoles de traitement et l'interprétation des données. Une ébauche méthodologique a été récemment fournie, à cet effet, à l'adresse d'enfants de 3 à 5 ans³⁹. Ce guide méthodologique constitué de huit questions, et dont nous discuterons certains éléments, pourrait être étendue à toute la population pédiatrique (tableau 2). En particulier, il faudrait rappeler que les données sont exprimées en " *count* " dont la transformation en une unité physiologique génère une multiplication des seuils applicables pour définir la sédentarité et les différents niveaux d'activité physique¹⁵. Par exemple, les seuils pour définir la sédentarité s'étalent de 650 *counts* par minute (cpm) à 1.100 cpm, et ceux décrivant l'APMV de l'enfant vont de 615 à 3.600 cpm pour les accéléromètres du type ActiGraph^{13,15}. Ainsi un individu classé comme " *inactif* " par rapport aux recommandations de ≥ 60 min/jour d'APMV avec un seuil donné peut se révéler " *actif* " à l'aune d'un autre seuil, ce qui constitue une entrave majeure au diagnostic. Si peu de travaux de recherche se sont pour l'heure intéressés à préciser le seuil adéquat pour définir la sédentarité de l'enfant, des données convergentes sur son APMV tendent à situer ce seuil entre 3.000 et 3.600 cpm^{13,40,41}. Les valeurs obtenues avec un seuil de 3.200 cpm seraient concordantes avec le temps passé par les adolescents au dessus de 50 % de leur fréquence cardiaque de réserve, qui est l'un des meilleurs indicateurs physiologiques de l'APMV¹⁵. Une équation récemment publiée⁴¹ devrait également aider le clinicien à mieux contrôler les conditions d'incertitude dans lesquelles il est amené à poser son diagnostic en termes d'activité physique. Enfin, la communauté scientifique tend à s'accorder sur la nécessité d'obtenir un minimum de 3 jours d'enregistrement, à raison de 10 heures de données valides par jour pour atteindre une fiabilité suffisante de 70 % pour l'utilisation des données actimétriques⁴². Un jour d'enregistrement supplémentaire porte cette fiabilité à 80 %⁴³. Ces observations sont importantes pour les études épidémiologiques à grande échelle, en raison des difficultés d'adhésion avec l'allongement de la durée de la surveillance. En revanche, en clinique, il est souhaitable de réaliser si possible des enregistrements de 7 jours en prenant en compte le fait que les garçons tendent à être plus rétifs que les filles⁴².

Au-delà de ces difficultés méthodologiques, que des travaux futurs devront clarifier, les données horodatées et stockées offrent une opportunité sans doute unique pour le profilage de l'activité physique de l'enfant dans ses interactions avec les autres habitudes de vie. Cette approche mise en exergue par certaines

Tableau 2 : Protocole standardisé typique à appliquer dans l'utilisation des moniteurs de mouvement en clinique pédiatrique. Adapté de Cliff et al.³⁹.

Question méthodologique	Podométrie	Accélérométrie
1. Quel modèle de compteurs de mouvement devrait-on privilégier ?	Le type DigiWalker s'est révélé valide et fiable chez l'enfant. Cependant, de nouveaux modèles (par exemple : Omron ou New Lifestyles), permettant d'estimer la durée des activités, équipés d'un capteur piézo-électrique et ayant des capacités de stockage, peuvent s'avérer intéressants	Le type ActiGraph est le plus utilisé dans la littérature scientifique actuelle. Il a montré de bonnes qualités clinimétriques (validité et fiabilité) pour son utilisation chez l'enfant. Son adoption pourrait faciliter la comparabilité des données
2. A quel site anatomique devrait-on placer le capteur ?	Quel que soit le compteur de mouvement, il est généralement porté à la taille juste au-dessus de la crête iliaque	
3. Si nécessaire, quel intervalle d'enregistrement des données devrait-on choisir ?	Non applicable	Les faits sont controversés et des études sont encore nécessaires. Toutefois, il est recommandé d'adopter l'intervalle le plus court possible. A ce titre un intervalle de 10 secondes paraît pertinent. D'une part, en deçà de cette durée, les différences ne sont plus substantielles ; d'autre part, il est toujours possible de réintégrer les valeurs pour les avoir sur des intervalles beaucoup plus longs et pas vice versa
4. Combien de jours d'enregistrement sont-ils requis pour décrire de façon fiable l'activité physique habituelle de l'enfant ?	Selon les données les plus récentes, l'enfant devrait conserver son podomètre entre 2 et 8 jours. Toutefois 7 jours d'enregistrement peuvent être utiles pour identifier toutes les variabilités	Un minimum de 3 jours est requis. Mais dans le cadre clinique, une évaluation sur 7 jours est requise pour un profilage idéal
5. Quelle est la durée d'enregistrement requise par jour ?	Il n'existe pas véritablement de référence sur le nombre d'heures par jour. Cependant, selon les études existantes, les enfants doivent garder l'appareil au minimum 1 heure/j et de préférence 10 heures/j	<ul style="list-style-type: none"> - Pour les enfants âgés entre 0 et 5 ans, il semble que 3 heures d'enregistrement par jour soient suffisantes - Pour les enfants d'âge scolaire (> 6 ans), les données convergent vers un minimum de 10 heures d'enregistrement par jour
6. Comment devrait-on réduire et interpréter les données ?	Non applicable	Une inspection des données est nécessaire pour détecter les valeurs aberrantes. Par exemple, 20 minutes consécutives de " 0 " <i>count</i> peuvent traduire des périodes où l'appareil n'a pas été porté. Des valeurs supérieures à 15.000 <i>counts</i> ne sont pas non plus plausibles
7. Quel seuil devrait-on adopter pour définir l'APMV, la sédentarité ?	Non applicable	Les données convergentes permettent de penser que le seuil adapté pour définir l'APMV des enfants se situe au-delà de 3.000 cpm. Les études restent nécessaires pour atteindre le consensus. Pour la sédentarité, les études sont seulement à leur début. Les seuils actuellement applicables vont de 615 à 1.100 cpm
8. Comment devrait-on résumer et présenter les résultats ?	L'indicateur le plus pertinent actuellement reste le nombre de pas réalisés par jour. De plus en plus, il sera possible d'y intégrer la durée des activités	Ceci dépend essentiellement de l'objectif poursuivi et reste à la discrétion du praticien. Néanmoins, la présentation minimale doit comprendre le volume total d'activité physique et le temps passé dans les APMV

APMV : Activité physique d'intensité modérée à vigoureuse.

données^{44,45} devrait permettre de clarifier l'appréciation du pédiatre afin qu'il puisse délivrer le conseil le plus pertinent et le plus personnalisé pour l'enfant et sa famille. En revanche, comme une option de prise en charge, l'accélérométrie complètement " muette " ne fournit à l'enfant aucun *feedback* visuel susceptible de modifier sa routine. En effet, chez des enfants de 11 ans, Mattocks et al.⁴² n'ont obtenu qu'une augmentation de 3 % du niveau d'activité physique du premier jour d'enregistrement par rapport aux jours

suiuants. Cette observation suggère également que l'utilisation d'accéléromètre chez l'enfant est sujette à un effet " *Harthorne* " quoique marginal. Cet instrument devra essentiellement être privilégié dans l'évaluation de la ligne de base de l'enfant et de ses progrès liés à la mise en place d'un éventuel traitement.

Malgré les nombreux avantages reconnus aux accéléromètres, il faut souligner que leur utilisation requiert une certaine expertise technique en plus de la

latence liée à l'analyse logicielle et matérielle des données⁴⁶. Ceci diminue leur capacité opérationnelle pour les diagnostics instantanés, en particulier dans le cadre clinique. A ce titre, une association de l'actimétrie avec une technique perceptuelle peut s'avérer utile pour la décision clinique, en particulier pour contextualiser le comportement, prendre en compte le ressenti de l'enfant, et proposer si nécessaire les réponses les plus adaptées.

En définitive, il faut convenir avec de Vries *et al.*¹⁷ que le choix d'un compteur de mouvement approprié dépend principalement du coût unitaire, de la taille du moniteur, de la durée de vie de sa batterie, de sa capacité de stockage, du support technique nécessaire, des progiciels de téléchargement et d'analyse des données, et de la comparabilité de ses résultats avec d'autres études. Le coût et la facilité d'utilisation sont les avantages principaux des podomètres par rapport aux accéléromètres. Cependant, les podomètres, incapables de fournir des informations sur le profil d'activité physique de l'enfant, ne peuvent donner qu'un score global de son activité physique sur une période entière.

SITUATIONS CLINIQUES D'UTILISATION DES MONITEURS DE MOUVEMENT

Il existe différentes situations cliniques dans lesquelles l'évaluation, le monitoring et la promotion de l'activité physique pourraient avoir une importance particulière sur le devenir du patient. Par exemple, l'amélioration de la régulation glycémique chez des diabétiques, la prévention de la perte de masse maigre dans le cas d'une broncho-pneumopathie chronique obstructive, ou le contrôle de la balance énergétique et de la composition corporelle chez des enfants en surpoids ou obèses. Deux cas de figure seront brièvement abordés dans la suite de la discussion. Toutefois, il faut noter que les exemples cités font référence à des contextes concrets où la démarche du clinicien s'articulera autour d'un plan de traitement identique du type " But-Action " / " Action-Suivi-Ajustement " ; en somme, une démarche de modification comportementale. Des données récentes suggèrent la prise en compte de médiateurs psychosociaux dans une telle démarche, en particulier lorsqu'il est question du surpoids et de l'obésité infantile, par exemple⁴⁷. En outre, pour mener à bien ce plan de traitement, des techniques de conseil à l'instar de la méthode des 5A⁴⁸ sont également à la disposition du clinicien.

Dans cette perspective, les *feedbacks* ou contre-réactions produits par certains moniteurs de mouvement peuvent être utiles pour la motivation et l'adhésion de l'enfant et de son entourage au projet thérapeutique. Avec le développement des technologies du Web, les données obtenues à partir des moniteurs d'activité physique peuvent être communiquées et présentées via des interfaces Web accessibles par le patient et le clinicien. Ce type de support est de nature à faciliter le conseil et la prise en charge du patient à

distance. Le moyen de financement d'une telle activité préventive mérite cependant des réflexions plus appropriées dans le cadre des systèmes de santé de chaque pays.

Cas de l'enfant en surpoids ou obésité

Il s'agit pour le clinicien d'amener l'enfant et sa famille à comprendre l'état de l'enfant et les aider à réaliser les changements nécessaires à une amélioration de la santé de l'enfant. Un tel projet requiert de la motivation de la part du patient (*i.e.*, l'enfant et ses parents). Les familles ont besoin d'être accompagnées par des professionnels rompus aux techniques de modification comportementale. Ainsi, les prises en charge consistant à demander aux patients de " *juste réaliser* " ce qu'on leur recommande ont très peu de chance de succès sur le long terme. En ce qui concerne l'enfant obèse en manque d'activité physique, un changement de comportement est nécessaire non seulement de la part de l'enfant, mais ce processus devra aussi inclure toute la famille. Celle-ci doit opérer comme un instrument du changement, en jouant sur les jeux de rôle, l'encouragement et en louant chaque progrès réalisé par l'enfant. La démarche du clinicien pourrait être structurée en 3 étapes :

- La première étape consiste en **l'évaluation de l'enfant et de son accompagnant** (parent ou tuteur légal). Cette évaluation présente 2 composantes. Il s'agit d'une part de réaliser une interview motivationnelle⁴⁹ de l'enfant et de son accompagnateur. Pour l'enfant, cette interview consistera principalement à évaluer son auto-efficacité par rapport à l'activité physique (*i.e.*, la confiance de l'enfant en ses aptitudes à réaliser une activité physique ou sportive). Le questionnaire de compétence perçue de Harter⁵⁰, comportant 7 *items* sur une échelle en 4 points, est très adapté et largement utilisé en pratique. Pour le parent/tuteur, il s'agira d'évaluer son degré de motivation en utilisant une classification des étapes de changement (précontemplation, contemplation, préparation, action, maintien) adaptée à la promotion de l'activité physique^{51,52}. La seconde composante de cette première étape concerne l'évaluation de la composition corporelle de l'enfant (exemple : poids, taille, indice de masse corporelle, tour de taille), de l'activité physique habituelle et des capacités fonctionnelles (au moyen du test de marche de 6 minutes par exemple) de l'enfant. Un questionnaire d'activité physique simple peut permettre au praticien de se faire une idée sur le comportement global de l'enfant. Mais cette approche subjective devra être complétée par une évaluation objective. Ainsi, l'approche par accélérométrie peut conforter l'appréciation du praticien *ex post*. Le but de cette évaluation *ex post* est d'établir un profil plus précis de l'activité et de l'inactivité physique de l'enfant sur plusieurs jours en considérant les différents segments constitutifs de chaque journée. La collaboration avec des organismes dédiés (par exemple : laboratoires ou cabinets d'évaluation) à cette évaluation peut être précieuse. Cette étape

évaluative est centrale dans l'approche pour réaliser le bilan le plus approprié afin d'individualiser au mieux les conseils.

- Il convient ensuite de **discuter des objectifs** avec l'enfant et sa famille et de les **conseiller**. A ce niveau, il ne s'agit pas de réaliser une prescription ou des recommandations de façon unilatérale. Il y a un réel besoin de donner la parole à l'enfant et à son accompagnateur, et le clinicien devra accepter le partage de la prise de décision, en négociant avec les parties concernées. Des objectifs consentis émanant des échanges doivent apparaître comme un " contrat " devant être rédigé et imprimé à la fin de l'entretien. Il convient enfin de faire remarquer aux parents que les progrès de l'enfant seront également évalués en tenant compte précisément des leurs. L'approche par podométrie peut être très utile à ce niveau grâce notamment aux contre-réactions utiles pour le progrès de l'enfant et de ses parents. Les podomètres pourront servir efficacement d'auto-évaluation et stimuler l'activité physique en créant une forme d'émulation au sein de la structure familiale.
- La dernière étape essentielle consistera à **convenir d'un rendez-vous** avec la famille pour suivre et évaluer les évolutions de comportement et les effets produits sur le statut pondéral, la composition corporelle ou d'autres dimensions de la santé de l'enfant. Il importe de garder à l'esprit que les variations pondérales favorables attendues peuvent être longues à obtenir, et que l'incitation au changement vis-à-vis de l'activité physique et de la sédentarité doit rester l'objectif prioritaire des suivis. A l'issue de cette étape, il revient également au clinicien de **recommander la famille à un spécialiste de l'activité physique** qui devra l'accompagner dans sa progression jusqu'au prochain rendez-vous, qui peut avoir lieu dans 3, 6 ou 12 mois selon le cas.

Cas de l'enfant souffrant de malformations cardiaques congénitales

Le cas des enfants souffrant de malformations cardiaques congénitales doit procéder de la même démarche de conseil que celle qui vient d'être décrite pour les enfants obèses. Il existe une similitude entre ces deux situations cliniques, liée au fait que dans un cas comme dans l'autre il y aurait une régression de l'efficacité personnelle de l'enfant. Si pour l'enfant obèse, c'est la difficulté à se déplacer qui serait en cause, pour l'enfant ayant des malformations cardiaques, la raison résiderait principalement dans la surprotection de l'enfant par les cardiologues pédiatriques^{53,54}. Il a été en effet observé que l'auto-efficacité plutôt que la gravité des malformations était le facteur le plus important pour l'activité physique des enfants, et qu'elle est altérée par les recommandations des cardiologues doublées de l'attitude des mères⁵³. Il importe donc lors d'une consultation en clinique de restaurer l'auto-efficacité de ces enfants en vue de les aider à atteindre les recommandations d'activité physique. Ceci est d'autant plus important qu'une

pratique physique régulière peut améliorer l'aptitude aérobie, contribuant ainsi à une meilleure forme cardiovasculaire⁵⁵ et à une qualité de vie améliorée chez ces enfants. Par ailleurs, des données cliniques récentes ont montré que les enfants souffrant d'une malformation cardiaque congénitale avaient un niveau d'activité physique tout à fait comparable à celui de leurs pairs en bonne santé⁵⁶, même si certains d'entre eux auraient besoin d'être aidés pour s'engager dans des exercices et activités physiques vigoureux⁵⁶.

L'individualisation des prescriptions doit se baser sur une évaluation fine et objective de l'activité physique des patients, en l'associant à un système de contre-réactions pour l'auto-régulation du niveau d'activité physique. Cette approche pourrait donner à l'enfant et à ses parents un meilleur contrôle et le sentiment de sécurité nécessaire pour réaliser la quantité appropriée d'activité physique. Des contre-réactions au moyen de moniteur de fréquence cardiaque semblent avoir produit des effets bénéfiques en clinique sur des enfants ayant une malformation cardiaque⁵⁷. Les podomètres, en étant moins encombrants que les cardiofréquence-mètres, pourraient fournir des contre-réactions au moins équivalentes. Il importe néanmoins de proposer des objectifs, en termes de nombre de pas à réaliser, adaptés aux difficultés cardiaques de chaque enfant patient. Plusieurs lignes directrices existent dans la littérature scientifique pour aider le clinicien à définir ces objectifs^{58,59}.

AUTRES CONSIDERATIONS PRATIQUES

D'un point de vue purement pratique, on peut espérer que les avancées technologiques permettront, dans un avenir proche, de mettre à disposition des cliniciens des outils d'évaluation objective de l'activité physique garantissant une certaine rapidité des résultats et/ou une simplicité de leur traitement. En effet, que ce soit la podométrie ou l'accélérométrie, un délai minimum d'une semaine est requis pour avoir les informations les plus utiles à la décision clinique. En tant que tel, l'utilisation des compteurs de mouvement devrait s'envisager dans le cadre d'une démarche de monitoring selon le plan de traitement esquissé plus tôt.

Par ailleurs, bien que la prise en compte du point de vue de l'enfant et sa famille, leur motivation et la perception de sa propre santé (" *patient-reported outcomes* ") soit essentielle pour un diagnostic approprié, fonder l'analyse uniquement sur une évaluation subjective de l'activité physique de l'enfant expose à d'importantes erreurs. Adamo *et al.*¹² ont montré que les méthodes déclaratives peuvent surestimer l'activité physique de l'enfant jusqu'à 72 %, avec éventuellement des risques de déclassement. En l'occurrence, classer à tort à un enfant actif comme inactif pourrait fortement le frustrer et induire un découragement dans la poursuite des objectifs de santé. A l'inverse, il pourrait en résulter un manque d'implication pour amorcer une modification comportementale adéquate. Le questionnaire d'activité

physique permettra toujours au pédiatre de se faire une idée approximative du comportement de l'enfant et de son auto-efficacité, mais il est nécessaire de le compléter par une évaluation objective plus précise.

Un moyen de pallier le problème de latence, associée à l'utilisation des moniteurs de mouvement en clinique pédiatrique, est d'externaliser l'évaluation objective de l'activité physique habituelle des enfants. A l'instar des laboratoires d'analyse en biologie médicale, le développement et la reconnaissance par les autorités de santé de centres/cabinets d'évaluation de l'activité physique constitueraient une avancée intéressante en termes de santé publique. Ces cabinets peuvent constituer des relais appropriés entre le praticien et ses patients, et augmenteront sans doute l'efficacité des programmes de promotion de l'activité physique chez les jeunes. La gestion de l'information et la communication au travers de supports Web, mettant en relation l'ensemble des acteurs (*i.e.*, enfant et parents, cliniciens et spécialistes de l'activité physique) ne peuvent qu'enrichir ces actions préventives et/ou thérapeutiques.

CONCLUSION

Cette analyse montre qu'en clinique pédiatrique, le choix d'un capteur de mouvement est fonction de l'objectif poursuivi. En effet, s'il s'agit d'initier une démarche de modification comportementale de l'enfant, la podométrie semble être actuellement l'outil le plus pertinent. En revanche, pour poser un diagnostic adéquat et complet, l'accélérométrie peut s'avérer plus efficace et plus précise en fournissant de riches informations sur la durée, la fréquence, l'intensité et le profil général de l'enfant. Il n'en demeure pas moins que lors de la décision clinique, la prise en compte de la perception propre de l'enfant puisse aider le praticien à la fois dans son analyse et pour les éventuelles orientations thérapeutiques incluant une augmentation de l'activité physique et une diminution des passe-temps sédentaires.

BIBLIOGRAPHIE

- Strong WB, Malina R, Blimkie CJ *et al.* : Evidence based physical activity for school-age youth. *J Pediatr* 2005 ; 146 : 732-7
- Boreham C, Riddoch C : The physical activity, fitness and health of children. *J Sports Sci* 2001 ; 19 : 915-29
- Katzmarzyk PT, Mason C : The physical activity transition. *J Phys Act Health* 2009 ; 6 : 269-80
- Ainsworth BE : How do I measure physical activity in my patients ? Questionnaires and objective methods. *Br J Sports Med* 2009 ; 43 : 6-9
- Trost SG : Measurement of physical activity in children and adolescents. *Am J Lifestyle Med* 2007 ; 1 : 299-314
- Janz KF : Physical activity in epidemiology : moving from questionnaire to objective measurement. *Br J Sports Med* 2006 ; 40 : 191-2
- Malina RM, Little BB : Physical activity : The present in the context of the past. *Am J Hum Biol* 2008 ; 20 : 373-91
- Bar-Or O, Baranowski T : Physical activity, adiposity and obesity among adolescents. *Ped Exerc Sci* 1994 ; 6 : 348-60
- Bailey RC, Olson J, Pepper SL, Porszasz J, Barstow TL, Cooper DM : The level and tempo of children's physical activities : an observation study. *Med Sci Sports Exerc* 1995 ; 27 : 1033-41
- Rowland TJ : The biological basis of physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 1998 ; 30 : 392-9
- Laure P : Activités physiques et santé. Paris, Ellipses, 2007
- Adamo KB, Prince SA, Tricco AC, Connor-Gorber S, Tremblay M : A comparison of indirect *versus* direct measures for assessing physical activity in the pediatric population : a systematic review. *Int J Ped Obes* 2009 ; 4 : 2-27
- Reilly JJ, Penpraze V, Hislop J, Davies G, Grant S, Paton JY : Objective measurement of physical activity and sedentary behaviour : review with new data. *Arch Dis Child* 2008 ; 93 : 614-9
- Corder K, van Sluijs EMF, Wright A, Whincup P, Wareham NJ, Ekelund U : Is it possible to assess free-living physical activity and energy expenditure in young people by self-report. *Am J Clin Nutr* 2009 ; 89 : 1-9
- Corder K, Ekelund U, Steele RM, Wareham NJ, Brage S : Assessment of physical activity in youth. *J Appl Physiol* 2008 ; 105 : 977-87
- Guinhouya BC, Apété GK, Hubert H : Evaluation de l'activité physique habituelle des enfants lors d'études cliniques et épidémiologiques. *Santé Publique* 2009 ; 21 : 465-78
- de Vries SI, Van Hirtum HWJEM, Bakker I, Hopman-Rock M, Hirasing RA, Van Mechelen W : Validity and reproducibility of motion sensors in youth : a systematic update. *Med Sci Sport Exerc* 2009 ; 41 : 818-27
- Schneider PL, Crouter SE, Lukajic O, Bassett DRJ : Accuracy and reliability of 10 pedometers for measuring steps over a 400-m walk. *Med Sci Sport Exerc* 2003 ; 35 : 1779-84
- McClain JJ, Sisson SB, Washington TL, Craig CL, Tudor-Locke C : Comparison of Kenz Lifecorder EX and ActiGraph accelerometers in 10-yr-old children. *Med Sci Sport Exerc* 2007 ; 39 : 630-8
- McClain JJ, Tudor-Locke C : Objective monitoring of physical activity in children : considerations for instrument selection. *J Sci Med Sport* 2009 ; 12 : 526-33
- de Vries SI, Bakker I, Hopman-Rock M, Hirasing RA, van Mechelen W : Clinimetric review of motion sensors in children and adolescents. *J Clin Epidemiol* 2006 ; 59 : 670-80
- Duncan JS, Schofield G, Duncan EK : Step count recommendations for children based on body fat. *Prev Med* 2007 ; 44 : 42-4
- Tudor-Locke C, Bassett DR : How many steps/day are enough ? Preliminary pedometer indices for public health. *Sports Med* 2004 ; 34 : 1-8
- Eston RG, Rowlands AV, Ingledew DK : Validity of heart rate, pedometry, and accelerometry for predicting the energy cost of children's activities. *J Appl Physiol* 1998 ; 84 : 362-71
- Trost SG, Ward DS, Burke JR : Validity of the Computer Science and Application (CSA) activity monitor in children. *Med Sci Sports Exerc* 1998 ; 30 : 629-33
- Welk GJ, Corbin CB : The validity of the Tritrac-R3D activity monitor for the assessment of physical activity in children. *Res Q Exerc Sport* 1995 ; 66 : 202-9

27. Trost SG, Mciver KL, Pate RR : Conducting Accelerometer-Based Activity Assessments In Field-Based Research. *Med Science Sports Exerc* 2005 ; 37 (Suppl) : S531-43
28. Plasqui G, Westerterp KR : Physical activity assessment with accelerometers : an evaluation against doubly labeled water. *Obesity* 2007 ; 15 : 2371-9
29. Physical Activity Guidelines Advisory Committee : Physical Activity Guidelines Advisory Committee Report, 2008. Washington, DC, U.S. Department of Health and Human Services, 2008
30. Tudor-Locke C, McClain JJ, Hart TL, Sisson SB, Washington TL : Pedometry methods for assessing free-living youth. *Res Q Exerc Sport* 2009 ; 80 : 175-84
31. Strycker L, Duncan SJ, Chaumeton N, Duncan T, Toobert D : Reliability of pedometer data on samples of youth and older women. *Int J Behav Nutr Phys Act* 2007 ; 4 : 4
32. Rowlands AV, Eston RG : The measurement and interpretation of children's physical activity. *J Sports Sci Med* 2007 ; 24 : 258-72
33. Vincent SD, Pangrazi RP : Does reactivity exist in children when measuring physical activity levels with podometers ? *Ped Exerc Sci* 2002 ; 14 : 56-63
34. Lubans DR, Morgan JP, Tudor-Locke C : A systematic review of studies using pedometers to promote physical activity among youth. *Prev Med* 2009 ; 48 : 307-15
35. Bravata DM, Smith-Splanger C, Gienger AL *et al.* : Using pedometers to increase physical activity and improve health. *JAMA* 2007 ; 298 : 2296-304
36. Beighle A, Morgan CF, Le Masurier G, Pangrazi RP : Children's physical activity during recess and outside of school. *J Sch Health* 2006 ; 76 : 516-20
37. Nilsson A, Ekelund U, Yngve A, Sjöström M : Assessing physical activity among children with accelerometers using different time sampling intervals and placements. *Ped Exerc Sci* 2002 ; 14 : 75-84
38. Rowlands AV : Accelerometer assessment of physical activity in children : an update. *Ped Exerc Sci* 2007 ; 19 : 252-66
39. Cliff DP, Reilly JJ, Okely AD : Methodological considerations in using accelerometers to assess habitual physical activity in children aged 0-5 years. *J Sci Med Sport* 2009 ; 12 : 557-67
40. Guinhouya BC, Apété GK, Hubert H : Diagnostic quality of Actigraph-based physical activity cut-offs for children : What overweight/obesity references can tell ? *Ped Intl* 2009 ; 51 : 568-73
41. Guinhouya CB, Lemdani M, Vilhelm C, Durocher A, Hubert H : Actigraph-defined moderate-to-vigorous physical activity cut-off points among children : statistical and biobehavioural relevance *Acta Paediatr* 2009 ; 98 : 708-14
42. Mattocks C, Ness A, Leary S *et al.* : Use of accelerometers in a large field-based study of children : protocols, design issues, and effects on precision. *J Phys Act Health* 2008 ; 5 (Suppl 1) : S98-111
43. Trost SG, Pate RR, Freedson PS, Sallis JF, Taylor WC : Using objective physical activity measures with youth : How many days of monitoring are needed ? *Med Sci Sports Exerc* 2000 ; 32 : 426-31
44. Esliger DW, Tremblay MS : Etablissement du profil d'activité physique et de l'inactivité : la prochaine génération. *Appl Physiol Nutr Metab* 2007 ; 32 : S217-30
45. Guinhouya CB, Soubrier S, Vilhelm C *et al.* : Physical activity and sedentary lifestyle in children as time-limited function : usefulness of the Principal Component Analysis method. *Behav Res Methods* 2007 ; 39 : 682-8
46. Cardon G, de Bourdeaudhuij I : Comparison of pedometer and accelerometer measures of physical activity in preschool children. *Ped Exerc Sci* 2007 ; 19 : 93-102
47. Guinhouya BC, Apété GK, Hubert H : The determinants of habitual physical activity in children : update and implications for care and prevention options in pediatric overweight/obesity. *Rev Epidemiol Sante Publique* 2009 ; 58 : 49-58
48. Guinhouya BC : Le conseil en activité physique dans le cadre des soins primaires. Aperçu de la méthode des " 5A ". *Educ Ther Patient/Ther Patient Educ* 2010 ; 2 : S201-11
49. Miller WR, Rollnick S : Motivational interviewing : preparing people to change addictive behavior. New York, Guilford, 1991
50. Harter S : The perceived competence scale for children. *Child Dev* 1982 ; 53 : 87-97
51. Marcus BH, Selby VC, Niaura RS, Rossi JS : Self-efficacy and the stages of exercise behavior change. *Res Q Exerc Sport* 1992 ; 63 : 60-6
52. Prochaska JO, Di Clemente CC : Stages of change in the modification of problem behaviors. *Prog Behav Modif* 1992 ; 18 : 183-218
53. Bar-Mor G, Bar-Tal Y, Krulik T, Zeevi B : Self-efficacy and physical activity in adolescents with trivial, mild, or moderate congenital cardiac malformations. *Cardiol Young* 2000 ; 10 : 561-6
54. Reybrouck T, Mertens L : Physical performance and physical activity in grown-up congenital heart disease. *Eur J Cardiovasc Prev Rehab* 2005 ; 12 : 498-502
55. Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Sjöström M : Physical fitness in childhood and adolescence : a powerful marker of health. *Int J Obes* 2008 ; 32 : 1-11
56. Arvidsson D, Slinde F, Hulthén L, Sunnegårdh J : Physical activity, sports participation and aerobic fitness in children who have undergone surgery for congenital heart defects. *Acta Paediatr* 2009 ; 98 : 1475-82
57. Bar-Mor G, Zeevi B, Yaaron M, Falk B : Use of the heart rate monitor to modulate physical activity in adolescents with congenital aortic stenosis : an innovative approach. *J Ped Nursing* 1999 ; 14 : 273-7
58. Adams MA, Caparosa S, Thompson S, Norman GJ : Translating physical activity recommendations for overweight adolescents to steps per day. *Am J Prev Med* 2009 ; 37 : 137-40
59. Tudor-Locke C, Pangrazi RP, Corbin CB *et al.* : BMI-referenced standards for recommended pedometer determined steps/day in children. *Prev Med* 2004 ; 38 : 857-64

Correspondance et tirés à part :

B.C. GUINHOUYA
 Université Lille Nord de France
 EA 2694, Laboratoire de Santé Publique
 UFR Ingénierie et Management de la Santé, UDSDL/ILIS
 42 rue Ambroise Paré
 F-59120 Loos
 E-mail : benjamin.guinhouya@univ-lille2.fr

Travail reçu le 14 janvier 2010 ; accepté dans sa version définitive le 25 novembre 2010.