

# Évaluation du positionnement optimal d'un accéléromètre pour mesurer la durée et le type d'activité physique – une étude préliminaire

## Evaluating the optimal positioning of an accelerometer for measuring the duration and type of physical activity – A preliminary study

(Abstract on page 234)

## Bewertung der optimalen Positionierung eines Beschleunigungsmessers zur Messung von Dauer und Art der täglichen körperlichen Aktivität – eine vorläufige Studie

(Zusammenfassung auf Seite 234)

Mathilde Berger<sup>1,2</sup> (ergothérapeute, PhdC), Sacha Guitteny<sup>1</sup> (PhD), Nahime Al Abiad<sup>3</sup> (PhD), Jules Ronné<sup>1</sup> (PhD), Laurence Chèze<sup>1</sup> (PhD), Martine Bertrand<sup>2</sup> (ergothérapeute, PhD), Thomas Robert<sup>1</sup> (PhD)

Mains Libres 2024; 4: 227-236 | DOI: 10.55498/MAINSLIBRES.2024.12.4.227

**MOTS CLÉS** activité physique / accéléromètre / mesure / positionnement / vie quotidienne

### RÉSUMÉ

**Contexte:** L'évaluation de l'activité physique est essentielle pour le suivi des personnes en réadaptation. Les capteurs de mouvement embarqués offrent une alternative intéressante aux questionnaires habituellement utilisés en pratique clinique.

**Objectif:** Cette étude vise à évaluer la capacité d'un accéléromètre unique, placé sur différentes structures corporelles, à mesurer la durée et le type d'activité physique afin de déterminer le positionnement optimal de cet outil pour ces mesures.

**Méthodes:** Deux participants ont effectué trois activités avec des accéléromètres positionnés sur leur hanche, leur cuisse et leur poignet. Les données d'accélération ont été analysées avec une méthode de classification basée sur le calcul de seuils optimaux moyens à partir de courbes ROC (Receiver Operating Characteristic). Puis la sensibilité et la spécificité de chaque capteur ont été calculées pour chaque participant.

**Résultats:** Les accéléromètres positionnés sur la hanche, la cuisse et le poignet permettent de différencier le temps d'activité physique et de comportement sédentaire avec une probabilité de 72 à 87%. Dans les périodes d'activité physique, les accéléromètres positionnés sur la hanche et la cuisse permettent de différencier le temps de marche et d'activité debout avec une probabilité de 82 à 91% alors que l'accéléromètre positionné au poignet permet de différencier ces mêmes types d'activité avec une probabilité de 55 à 68%.

**Conclusion:** Un accéléromètre positionné sur le poignet peut être utilisé pour mesurer le temps d'activité physique et de comportement sédentaire alors que d'autres localisations telles que la hanche ou la cuisse sont à privilégier pour évaluer plus précisément le type d'activité réalisé.

<sup>1</sup> Univ Gustave Eiffel, Univ Claude Bernard Lyon 1, Lyon, France

<sup>2</sup> Haute École de Travail Social et de la Santé Lausanne (HETSL | HES-SO), Lausanne, Suisse

<sup>3</sup> SATT Sud-Est, Nice, France

## CONTEXTE

L'évaluation de l'activité physique constitue une cible importante des professionnels de santé impliqués dans le suivi des personnes atteintes de maladies chroniques comme par exemple dans le domaine de la lombalgie<sup>(1-3)</sup>. L'activité physique est définie par l'OMS comme « tout mouvement corporel produit par les muscles squelettiques qui requiert une dépense d'énergie »<sup>(4,5)</sup>. Elle est caractérisée par la fréquence, l'intensité, le type, la durée et le volume. La fréquence représente le nombre de périodes d'activité physique dans un intervalle de temps donné. L'intensité représente la dépense énergétique fournie par une personne ou requise par une activité et elle peut être exprimée en équivalent métabolique (MET) ou en kilocalories. Le type d'activité représente à la fois les effets physiologiques de l'activité (tels que l'endurance, la force, la souplesse, l'équilibre) ou la nature de l'activité réalisée (la marche, la natation, la cuisine, le ménage). La durée représente le temps pendant lequel l'activité physique est pratiquée. Le volume représente la quantité d'activité sur une période donnée et combine des paramètres d'intensité, de fréquence et de durée<sup>(6,7)</sup>. L'activité physique ne se limite donc pas aux activités sportives, mais elle désigne l'ensemble des mouvements effectués au quotidien dans le cadre de loisirs, de tâches domestiques ou professionnelles, d'activités sportives et de déplacements<sup>(8,9)</sup>. Elle est propre à chaque personne et varie suivant ses habitudes de vie ainsi que le contexte dans lequel elle évolue.

Le comportement sédentaire est défini comme un comportement d'éveil caractérisé par une faible dépense d'énergie, généralement réalisé en position assise, inclinée ou allongée<sup>(10)</sup>. La mesure de ce comportement nécessite de prendre en compte le temps passé en position assise ou allongée. C'est un potentiel facteur de risque de douleurs chroniques qui reste encore largement débattu dans la littérature, car il n'est pas clairement établi si ce comportement est la cause ou la conséquence des douleurs<sup>(11)</sup>.

En pratique clinique, les méthodes d'évaluation de l'activité physique et de la sédentarité reposent généralement sur des mesures déclaratives telles que des journaux d'activité, des agendas ou des questionnaires<sup>(12-15)</sup>. Ces méthodes subjectives visent généralement à évaluer l'intensité, la fréquence et la durée des activités physiques<sup>(16,17)</sup>. Elles sont peu coûteuses, faciles à mettre en œuvre et elles reflètent la perception d'une personne concernant son propre niveau d'activité physique. Elles présentent néanmoins certaines limites, car elles peuvent faire l'objet de biais de rappel ou de biais de désirabilité sociale<sup>(18)</sup>. Elles ne peuvent pas évaluer tous les aspects de l'activité physique et induisent souvent une surestimation du niveau d'activité effectivement réalisé<sup>(19,20)</sup>.

En complément de ces mesures déclaratives, des méthodes d'évaluation objectives de l'activité physique existent. La mesure de l'eau doublement marquée est considérée comme la méthode de référence pour évaluer l'intensité de l'activité physique dans des conditions de vie libre. Elle consiste à faire ingérer un mélange d'eau marqué par deux isotopes non radioactifs (sur l'oxygène et l'hydrogène) et à mesurer la différence d'élimination de ces isotopes dans les urines pour calculer ensuite la production de CO<sub>2</sub> et la dépense énergétique<sup>(21)</sup>. Compte tenu de la complexité et du coût

de cette procédure, d'autres techniques basées sur l'utilisation de capteurs de mouvement, tels que des accéléromètres, sont en plein essor<sup>(22-24)</sup>. Ces capteurs évaluent l'accélération des segments corporels auxquels ils sont attachés, dans une, deux ou trois dimensions de l'espace. Ils ont évolué ces vingt dernières années grâce à des avancées techniques importantes en termes de fiabilité et de sensibilité. Ils peuvent stocker davantage de données, ils ont une plus grande autonomie de batterie, une taille plus petite et une meilleure étanchéité<sup>(25)</sup>. Ils sont largement utilisés dans la recherche réalisée auprès des personnes présentant diverses maladies chroniques<sup>(26-28)</sup>.

Malgré l'intérêt suscité par ces dispositifs en réadaptation, leur utilisation en pratique clinique reste limitée du fait d'un manque de validation et de protocoles clairement définis<sup>(29)</sup>. Initialement mis à disposition en laboratoire pour évaluer des activités spécifiques, ils sont désormais proposés pour évaluer l'activité physique dans des conditions de vie libre<sup>(20,29,30)</sup>. Les variables d'intérêt mesurées avec ces appareils sont nombreuses, et comprennent notamment le *count*, qui peut être interprété comme une représentation de l'intensité de l'activité sur une période donnée. Néanmoins les valeurs de *count* obtenues avec les accéléromètres ne sont pas comparables d'un modèle à l'autre, car chaque fabricant de capteurs propose ses propres algorithmes pour convertir les données brutes d'accélération sans les rendre toujours accessibles à la communauté scientifique<sup>(31-33)</sup>. Ces *count* sont ensuite catégorisés en différentes intensités d'activité (sédentaire, légère, modérée, vigoureuse) à partir de seuils prédéfinis<sup>(34)</sup>. Cette méthode présente des limites car ces seuils sont généralement déterminés par des études de validation réalisées avec des accéléromètres portés à la taille, auprès de populations spécifiques, lors de la réalisation de tâches standardisées, en laboratoire<sup>(35)</sup>. Ces seuils sont ensuite réutilisés pour classer les données collectées à partir d'accéléromètres portés sur d'autres structures corporelles, ce qui induit généralement une sous- ou une surestimation du niveau d'activité physique effectivement réalisé<sup>(35)</sup>. Ces seuils ne tiennent pas compte de la diversité des situations rencontrées par une personne au quotidien<sup>(35)</sup>. Ils ne prennent pas non plus en considération les différences de performance physique des personnes jeunes par rapport aux personnes plus âgées ni les conditions de santé spécifiques des individus évalués<sup>(31)</sup>.

En complément de ces considérations méthodologiques, la mesure de l'activité physique est fortement influencée par la position de l'accéléromètre. En effet, le positionnement de ces appareils peut affecter leur acceptation et contribuer à leur abandon rapide après une courte période d'essai<sup>(30,36)</sup>. Historiquement placés sur la hanche, ces outils sont de plus en plus fréquemment positionnés sur le poignet ou la cuisse<sup>(37)</sup>. Les accéléromètres positionnés au poignet sont moins contraignants à porter et ils peuvent évaluer l'activité physique qui n'implique pas ou peu de déplacements (comme les travaux de jardinage, les activités ménagères, et d'autres activités de la vie quotidienne)<sup>(38)</sup>. Toutefois ils semblent moins précis pour distinguer les postures ou les types d'activité<sup>(39)</sup>. De plus, peu d'études comparent l'activité physique mesurée avec des mêmes modèles d'accéléromètres sur différentes parties du corps<sup>(31)</sup> et rares sont celles qui s'intéressent à l'évaluation d'activités quotidiennes non standardisées de faible intensité<sup>(40)</sup>.

## OBJECTIF

Compte tenu des opportunités offertes par les accéléromètres pour évaluer l'activité physique, mais aussi des limites identifiées concernant le traitement des données d'accélération et l'impact de la position de ces outils, cette étude préliminaire vise à évaluer la capacité d'un capteur de mouvement unique placé sur différentes structures corporelles à mesurer la durée et le type d'activité physique lors de la réalisation d'activités quotidiennes non standardisées de faible intensité. Une évaluation a été menée auprès de deux participants afin de déterminer quel pourrait être le positionnement optimal d'un accéléromètre unique pour ces mesures.

## MÉTHODES

### Participants

Deux adultes en bonne santé ont été recrutés. Ces participants volontaires ont reçu une lettre d'information et ont donné leur consentement écrit avant de participer à l'étude. Cette étude préliminaire a été approuvée par le comité en charge de l'évaluation des protocoles expérimentaux du Laboratoire de Biomécanique et Mécaniques des Chocs de Lyon, en France.

### Matériel

Trois capteurs de mouvement Xsens (MTw Awinda Reasarch Kit, Los Angeles, USA) ont été utilisés pour évaluer l'activité physique des participants. Chaque capteur de 34,5 x 57,8 x 14,5 mm et de 27 g mesurait les accélérations dans les trois dimensions de l'espace, à une fréquence de 75 Hz. Avant de commencer la collecte de données, les capteurs ont été calibrés afin de s'assurer qu'ils partagent les mêmes axes de référence. Ces trois capteurs ont été fixés sur chaque

participant au niveau de trois zones corporelles différentes que sont : la hanche droite, la face antérieure de la cuisse droite et le poignet droit (Figure 1).

Les capteurs étaient fixés au-dessus des vêtements des participants avec des ceintures élastiques. Les participants étaient invités à porter ces appareils pendant toute la durée de l'évaluation. Cette évaluation s'est déroulée dans la cuisine d'un appartement thérapeutique d'un centre de réadaptation, au sein de laquelle deux caméscopes (Sony HDR-CX405, avec une résolution de 1920x1080 pixels et une fréquence d'acquisition de 50 fps) avaient été positionnés pour capturer l'ensemble du champ d'action.

### Déroulement de l'étude

Après une présentation détaillée des locaux et du matériel à disposition, les participants ont d'abord été équipés des trois capteurs de mouvement. Il leur a ensuite été demandé de réaliser trois activités quotidiennes que sont : la cuisine (faire un gâteau), la prise d'un repas à table, le ménage (nettoyage des plans de travail, vaisselle, aspirateur). Il leur a été demandé de réaliser ces trois activités dans les conditions les plus normales possibles, sans se soucier des capteurs positionnés sur leur corps. Aucune limite de temps n'a été donnée. Afin de synchroniser les données vidéo et les données des capteurs, il a été demandé aux participants de faire un saut vertical au début et à la fin de chaque tâche. La synchronisation des systèmes a été réalisée à partir de l'image présentant le point de contact du pied avec le sol observé à la fin du saut sur la vidéo et à la fin du pic d'accélération détecté par les capteurs.

### Traitements et analyses des données

#### Traitement des données vidéo

Les enregistrements vidéo des trois activités réalisées par les participants ont été visionnés, et les activités réalisées par chaque participant ont été labellisées manuellement, à la seconde près, par un même évaluateur selon trois catégories prédéfinies : « assis », « debout », « marche » :

- « Assis » : position dans laquelle le poids est supporté par les fesses plutôt que par les pieds et dans laquelle le dos est droit<sup>(10)</sup>.
- « Debout » : position dans laquelle une personne maintient une position verticale en s'appuyant sur ses pieds<sup>(10)</sup> *et qui n'est pas en marche* (en italique est notée l'adaptation de la définition par rapport à la proposition publiée dans l'article de référence).
- « Marche » : déplacement consistant en une translation de l'ensemble du corps consécutive à des mouvements de rotations articulaires<sup>(41)</sup>.

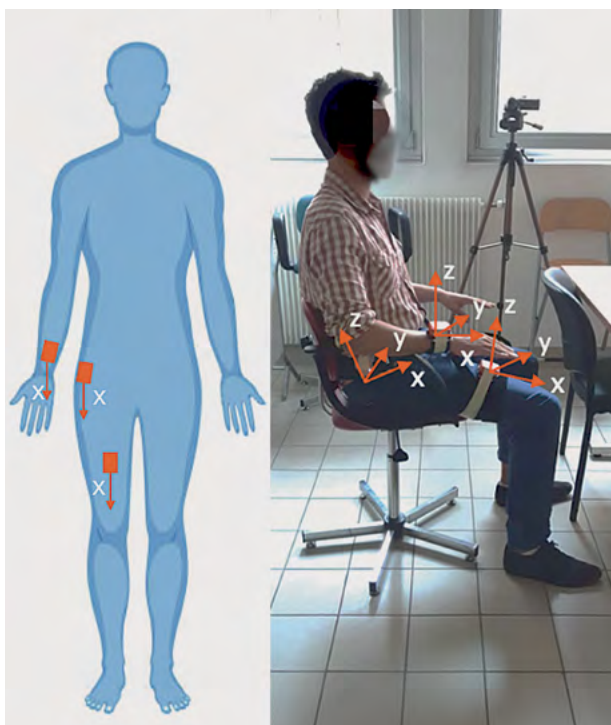
Seules les activités de même nature et d'une durée supérieure ou égale à 5 secondes ont été prises en compte (cette valeur a été fixée arbitrairement par l'équipe de recherche).

Cette première catégorisation a permis d'en générer une deuxième :

- « Comportement sédentaire » : tout comportement d'éveil caractérisé par une faible dépense d'énergie, généralement réalisé en position assise, inclinée ou couchée<sup>(10)</sup>. Dans le cadre de cette étude, il s'agit de l'activité réalisée en position assise.
- « Activité physique » : tout comportement d'éveil n'étant pas sédentaire. Dans le cadre de cette étude, il s'agit des activités réalisées debout et en marche.

Figure 1

Positionnement des accéléromètres sur chaque participant



La labellisation des vidéos et les deux catégorisations proposées ont permis de caractériser par observation directe, l'activité de chaque participant. Ces catégorisations sont considérées comme les mesures de référence pour l'analyse réalisée ensuite.

### Traitement des données d'accélération

Les données brutes d'accélération et les données vidéo ont été synchronisées: la fin du saut étant définie comme le temps initial de l'évaluation.

Les données brutes d'accélération ont d'abord été converties en *count*. Le *count* est calculé par l'intégration des accélérations sur une période donnée (*epoch*, correspond par exemple à une minute). Différentes méthodes existent pour calculer ces *count* et varient d'un modèle de capteur à l'autre. Dans cette étude nous avons appliqué celle décrite par Brønd et al. qui permet de décrire l'activité physique obtenue avec n'importe quel modèle de capteur de la même manière que les capteurs de référence utilisés dans la recherche en santé<sup>(32)</sup> (Actigraph). Les données brutes d'accélération ont donc été transformées, pour chacun des trois axes, en valeurs de *count* Actigraph pour chaque seconde. La valeur finale de *count* utilisée pour la classification était la norme de ces trois valeurs. Il est à noter que plus les *count* sont élevés, plus l'intensité de l'activité sur une période donnée est importante.

### Analyses des données: identification du type d'activité par les capteurs

Les données obtenues suite au traitement des vidéos et les données d'accélération converties en *count* ont été ensuite analysées. Les analyses portant sur (1) l'identification du temps d'activité physique et du temps de comportement sédentaire et sur (2) l'identification du temps de marche et du temps d'activité debout sont présentées ici:

- 1) les seuils de valeur de *count* optimaux (*count opt1*) permettant de différencier l'activité physique du comportement sédentaire pour chaque position de capteur et chaque participant ont d'abord été calculés avec une analyse par courbe ROC (*Receiver Operating Characteristic*). Le calcul des seuils de *count* optimaux est précisé dans l'Annexe 1. Ensuite, compte tenu de la proximité des seuils obtenus pour chaque participant, les moyennes des seuils de *count* optimaux des deux participants ont été utilisées pour déterminer: 1) le temps d'activité physique et de comportement sédentaire, 2) le taux d'erreur, 3) la sensibilité, 4) la spécificité pour chaque capteur et chaque participant. Le taux d'erreur correspond au temps d'activité physique estimé moins le temps d'activité physique réel, divisé par le temps total de mesure, le tout multiplié par 100. La sensibilité correspond au taux de détection du temps d'activité physique effectif (taux de vrais positifs). La spécificité correspond au taux de détection du temps de comportement sédentaire effectif (taux de vrais négatifs).
- 2) en considérant uniquement le temps d'activité physique (i.e. en excluant le temps d'activité assise ou de comportement sédentaire), les seuils de valeur de *count* optimaux (*count opt2*) permettant de différencier la marche de l'activité debout pour chaque position de capteur et chaque participant ont été calculés avec une analyse par courbe ROC. Ensuite, compte tenu de la proximité des seuils obtenus pour chaque participant, les moyennes

des seuils de *count* optimaux des deux participants ont été utilisées pour déterminer: 1) le temps de marche et d'activité debout, 2) le taux d'erreur, 3) la sensibilité, 4) la spécificité pour chaque capteur et chaque participant. Le taux d'erreur correspond au temps de marche estimé moins le temps de marche réel, divisé par le temps total de mesure, le tout multiplié par 100. La sensibilité correspond au taux de détection de temps de marche effectif (taux de vrais positifs) pour chaque position de capteur. La spécificité correspond au taux de détection du temps d'activité debout effectif (taux de vrais négatifs) pour chaque position de capteur.

Les résultats des analyses ont ensuite été comparés pour chacun des participants et chacune des positions de capteurs. Ces résultats comprenaient:

- 1) la variabilité des seuils personnalisés de *count* optimaux.
- 2) les temps estimés de types d'activité obtenus par rapport aux temps réels.
- 3) la sensibilité et la spécificité.

## RÉSULTATS

### Caractéristiques des participants et durée d'expérimentation

Les caractéristiques des participants et la durée d'expérimentation sont présentées dans le Tableau 1. Chaque participant a été évalué en moyenne durant 48 minutes d'après l'observation directe des vidéos.

Tableau 1

#### Caractéristiques des participants et durée d'expérimentation

Caractéristiques de participants et durée d'expérimentation	Participant A	Participant B
Genre (F/H)	H	H
Âge (années)	31	30
Poids (kg)	60	73
Taille (cm)	170	183
IMC (kg/m <sup>3</sup> )	20,8	21,8
Latéralité (D/G)	D	D
Durée totale de réalisation des activités	2445	3341
Durée de l'activité cuisine	582	1570
Durée de l'activité prise des repas	1154	1193
Durée de l'activité ménage	709	578

### Identification du temps d'activité physique et de comportement sédentaire

#### Seuils de *count* optimaux des capteurs en fonction de leur position

Les seuils de *count* optimaux (*count opt1*) obtenus pour détecter l'activité physique et le comportement sédentaire sont rapportés dans le Tableau 2. Pour rappel, compte tenu de la proximité des seuils obtenus pour chaque participant, les seuils moyens ont été utilisés dans la suite de l'analyse.

**Tableau 2**

Seuils de *count* optimaux (*count opt1*) pour la détection de l'activité physique et du comportement sédentaire pour chaque participant en fonction de chaque position de capteur

Capteur	Participant A	Participant B	Moyenne
Hanche	72	80	76
Cuisse	69	71	70
Poignet	891	741	816

Seuils obtenus avec analyses par courbe ROC

**Temps d'activité physique et de comportement sédentaire obtenus avec les trois positions de capteur**

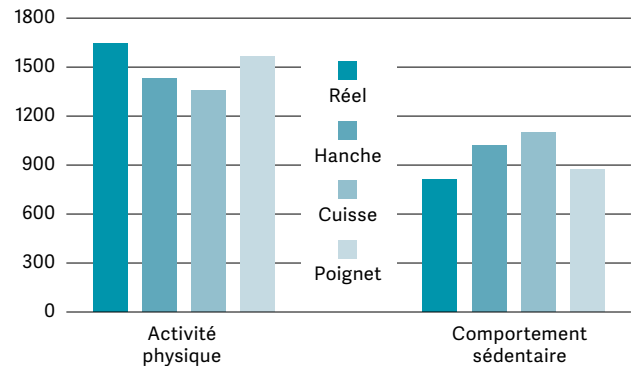
Sur les 48 minutes d'activité évaluées en moyenne, les participants étaient en activité physique pendant 33 minutes en moyenne et avaient un comportement sédentaire pendant 15 minutes en moyenne, d'après l'observation directe des vidéos. Les temps d'activité physique et de comportement sédentaire estimés pour chaque position de capteur de chaque participant sont présentés dans le Tableau 3 et les Figures 2 et 3. Les temps d'activité physique sont légèrement sous-estimés par les capteurs alors que les temps de comportement sédentaire sont dans une proportion équivalente surestimés chez les deux participants.

**Sensibilité et spécificité des capteurs en fonction de leur position**

La sensibilité était de 72 à 84% pour les trois positions de capteurs chez les participants A et B. La spécificité était de 75 à 87% pour les trois positions de capteurs chez les participants A et B (Tableau 4). Aucune des trois positions de capteur ne semble mieux différencier l'activité physique et l'activité sédentaire par rapport aux autres positions (Tableau 4).

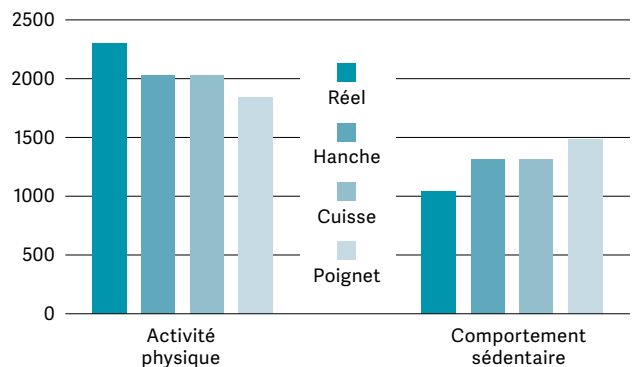
**Figure 2**

Temps réel, temps estimé d'activité physique et de comportement sédentaire chez le participant A en fonction de chaque position de capteur



**Figure 3**

Temps réel, temps estimé d'activité physique et de comportement sédentaire chez le participant B en fonction de chaque position de capteur



**Tableau 3**

Temps réel, temps estimé d'activité physique et de comportement sédentaire, taux d'erreur, pour chaque participant en fonction de chaque position de capteur

	Hanche		Cuisse		Poignet	
	Participant A	Participant B	Participant A	Participant B	Participant A	Participant B
Temps d'activité physique réel(s)	1635	2299	1635	2299	1635	2299
Temps d'activité physique prédit(s)	1424	2030	1348	2034	1572	1849
Temps de comportement sédentaire réel(s)	810	1042	810	1042	810	1042
Temps de comportement sédentaire prédit(s)	1021	1311	1097	1307	873	1492
Taux d'erreur (%)	9	8	12	8	3	14

**Tableau 4**

Sensibilité et spécificité des capteurs pour chaque participant en fonction de leur position

	Hanche		Cuisse		Poignet	
	Participant A	Participant B	Participant A	Participant B	Participant A	Participant B
Sensibilité (%): prédiction activité physique	78	80	72	79	84	75
Spécificité (%): prédiction comportement sédentaire	82	81	77	80	75	87

### Identification du temps de marche et du temps d'activité debout

#### Seuils de count optimaux des capteurs en fonction de leur position

Les seuils de *count* optimaux (*count opt2*) obtenus pour détecter la marche et l'activité debout sont décrits dans le Tableau 5. Pour rappel, compte tenu de la proximité des seuils obtenus pour chaque participant, les seuils moyens ont été utilisés dans la suite de l'analyse.

Tableau 5

Seuils de count optimaux (*count opt2*) pour la détection de la marche et de l'activité debout pour chaque participant en fonction de chaque position de capteur

Capteur	Participant A	Participant B	Moyenne
Hanche	388	330	359
Cuisse	424	461	443
Poignet	1179	1133	1156

Seuils obtenus avec analyses par courbe ROC

#### Temps de marche et d'activité debout obtenus avec les trois positions de capteur

Sur les 33 minutes d'activité physique évaluées en moyenne, les participants marchaient pendant 6 minutes en moyenne et étaient en activité debout pendant 27 minutes en moyenne, d'après l'observation directe des vidéos (Tableau 6). Les temps de marche et d'activité debout estimés pour chaque position de capteur de chaque participant sont présentés dans le Tableau 6 et les Figures 4 et 5. Les temps de marche sont surestimés par les capteurs alors que les temps d'activité debout sont dans une proportion équivalente sous-estimés chez les deux participants.

#### Sensibilité et spécificité des capteurs en fonction de leur position

La sensibilité était de 61 à 91% pour les trois positions de capteurs chez les participants A et B. La spécificité était de 55 à 88% pour les trois positions de capteurs chez les participants

Figure 4

Temps réel, temps estimé de marche et d'activité debout chez le participant A en fonction de chaque position de capteur

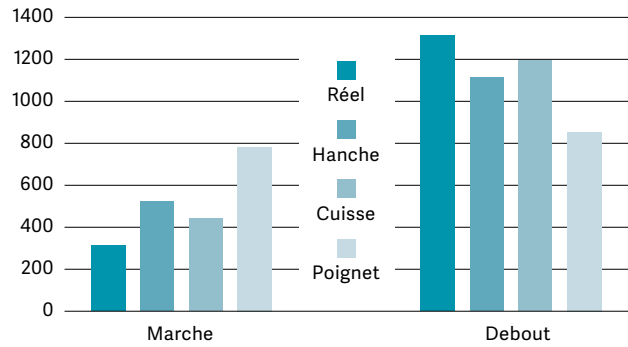
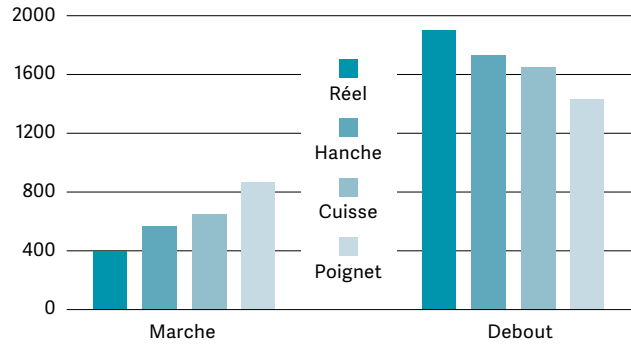


Figure 5

Temps réel, temps estimé de marche et d'activité debout chez le participant B en fonction de chaque position de capteur



A et B (Tableau 7). Les capteurs de la hanche et de la cuisse semblent mieux différencier la marche et l'activité debout (se = 83-91%; sp = 82-88%) par rapport au capteur du poignet (se = 61-65%; sp = 55-68%) (Tableau 7).

Tableau 6

Temps réel, temps estimé de marche et d'activité debout, taux d'erreur pour chaque participant en fonction de chaque position de capteur

	Hanche		Cuisse		Poignet	
	Participant A	Participant B	Participant A	Participant B	Participant A	Participant B
Temps de marche réel(s)	317	398	317	398	317	398
Temps de marche prédit(s)	523	559	441	652	782	865
Temps d'activité debout réel(s)	1318	1901	1318	1901	1318	1901
Temps d'activité debout prédit(s)	1112	1740	1194	1647	853	1434
Taux d'erreur (%)	13	7	8	11	28	20

Tableau 7

Sensibilité et spécificité des capteurs pour chaque participant en fonction de leur position

	Hanche		Cuisse		Poignet	
	Participant A	Participant B	Participant A	Participant B	Participant A	Participant B
Sensibilité (%): prédiction marche	91	83	85	90	61	65
Spécificité (%): prédiction activité debout	82	88	87	85	55	68

## DISCUSSION

L'objectif de cette étude préliminaire était d'évaluer la capacité d'un accéléromètre unique placé sur différentes structures corporelles à mesurer la durée et le type d'activité physique afin de déterminer le positionnement optimal de cet outil pour ces mesures. Les résultats indiquent que les accéléromètres placés sur le poignet semblent être suffisants pour différencier l'activité physique du comportement sédentaire, mais moins adaptés pour différencier la marche de la position debout. En revanche, ceux placés sur la hanche et la cuisse permettent à la fois de différencier l'activité physique du comportement sédentaire et la marche de la position debout.

Les estimations moins précises du temps de marche et d'activité debout obtenues avec le capteur positionné au poignet peuvent s'expliquer par la nature des activités évaluées pendant l'expérimentation, qui étaient constituées d'une alternance rapide de mouvements statiques et dynamiques combinés à une mobilisation importante des membres supérieurs et une faible mobilisation des membres inférieurs (par exemple, lors de la manipulation des ustensiles de cuisine ou de l'utilisation de l'aspirateur). Dans ce contexte, seules les activités de même nature d'une durée supérieure à 5 secondes ont été prises en compte dans l'analyse. Cette valeur, fixée arbitrairement à partir des données collectées et des enregistrements vidéo, a potentiellement influencé la sensibilité et la spécificité des résultats obtenus avec chacun des capteurs. Elle pourrait être modifiée en fonction des objectifs cliniques de l'étude, de la durée et de la diversité des activités physiques évaluées.

Les résultats de cette étude préliminaire indiquent que le positionnement d'un accéléromètre unique sur la cuisse ou sur la hanche permettrait d'identifier plus précisément le type d'activité, et notamment la marche et la position debout d'une personne par rapport à un accéléromètre positionné au poignet, ce qui est concordant avec les résultats identifiés dans la littérature<sup>(43)</sup>. Le positionnement d'un accéléromètre au niveau de la cuisse est de plus en plus encouragé dans les études épidémiologiques récentes compte tenu des conditions de port facilitées sur cette structure corporelle par rapport à la hanche<sup>(44-46)</sup>. Néanmoins, bien que les accéléromètres positionnés au niveau de la cuisse différencient la position assise de la marche ou de la position debout, ils ne semblent pas adaptés pour discriminer la position assise de la position couchée qui peut aussi être adoptée au quotidien (par exemple lors du visionnage de la télévision)<sup>(39)</sup>. Ainsi, certaines études préconisent plutôt l'utilisation d'une paire minimale d'accéléromètres pour évaluer précisément la posture dans des conditions de vie libre<sup>(47)</sup> bien que la contrainte liée au port de plusieurs dispositifs et ses potentiels impacts sur les résultats ne sont pas systématiquement abordés dans la littérature.

Par ailleurs, d'autres méthodologies de traitement des données auraient pu éventuellement être testées pour améliorer la précision des résultats obtenus. L'orientation de l'accéléromètre sur les différentes structures corporelles aurait pu être prise en compte pour identifier les postures adoptées grâce à la mesure de l'angle entre la direction de la gravité et l'axe vertical de l'appareil<sup>(48)</sup>. Plutôt que de se baser uniquement sur la mesure des accélérations linéaires,

l'exploitation des vitesses de rotation fréquemment enregistrées via un gyroscope embarqué dans le même boîtier que l'accéléromètre (en cas d'utilisation de centrales inertielles) aurait également pu améliorer les résultats présentés<sup>(49)</sup>. Parallèlement, des méthodes basées sur la reconnaissance de l'activité humaine (*Human Activity Recognition HAR*) auraient pu être testées<sup>(50,51)</sup>. Ces méthodes constituent un domaine de recherche en pleine expansion qui exploite des modèles d'apprentissage automatique pour comprendre les activités et mouvements dans divers environnements<sup>(52-56)</sup>.

Enfin, l'utilisation d'un seul accéléromètre pour évaluer l'activité physique constitue un défi méthodologique à relever, indissociable de la question de l'acceptabilité du dispositif et du contexte dans lequel la personne l'utilise<sup>(47)</sup>. Cette étude visait à déterminer la localisation préférentielle d'un accéléromètre unique pour mesurer l'activité physique, car la contrainte que représente ce type d'appareil est à minimiser pour tenter de garantir son utilisation dans des conditions de vie libre<sup>(57)</sup>. En complément des données quantitatives recueillies, les retours d'expérience des deux participants au cours de l'étude ont révélé les problématiques potentielles liées à l'utilisation de ces capteurs. Ils ont fait part de l'inconfort qu'ils pouvaient ressentir (du fait du système de fixation avec une ceinture élastique qui nécessitait par exemple d'être ponctuellement réajusté au niveau de la cuisse) et ils ont mentionné leurs inquiétudes concernant l'oubli de la mise en place de l'appareil sur leur corps (s'il doit être porté plusieurs jours, retiré et réinstallé lors de la toilette ou lors du rechargement).

### Limites et perspectives

Une des principales limites de cette étude est liée au nombre de personnes incluses. Le nombre de participants a été restreint à deux personnes pour prétester une méthodologie de traitement des données d'accélération. Il serait désormais intéressant de déployer cette méthodologie sur une plus grande cohorte de sujets afin de préciser les résultats obtenus, et notamment l'évaluation des seuils de *count* optimaux permettant de différencier les types d'activités. Il serait également intéressant de déployer cette méthodologie auprès de personnes présentant des conditions de santé spécifiques et des âges variés afin d'identifier les potentielles différences de seuils de *count* optimaux lors de la réalisation d'activités quotidiennes. Enfin, il serait aussi pertinent de tester cette méthodologie sur une durée plus longue, au cours de la réalisation d'une plus grande diversité d'activités de la vie quotidienne.

Ces perspectives nous invitent à considérer un dispositif expérimental plus conséquent avec par exemple la mise en place de plusieurs caméras dans l'ensemble des pièces d'un appartement. Ce type d'expérimentation constituerait une étape préalable nécessaire à l'utilisation de ce type d'outils dans des environnements non contrôlés. Comme évoqué précédemment, d'autres méthodes de traitement des données d'accélération basées par exemple sur l'analyse du signal brut d'accélération ou sur des modèles d'apprentissage automatique pourraient également être testées. Enfin, en complément des études de validation nécessaires, une attention particulière devra être accordée à l'expérience des utilisateurs et l'analyse du contexte dans lequel ils évoluent pour garantir l'utilisation de ces dispositifs dans un contexte clinique.

## CONCLUSION

Un unique accéléromètre au niveau de la cuisse, de la hanche ou du poignet peut être utilisé pour évaluer objectivement la durée et le type d'activité physique lors de la réalisation d'activités quotidiennes. Un capteur au poignet peut être suffisant pour différencier la durée d'activité physique et de comportement sédentaire alors que d'autres localisations telles que la hanche ou la cuisse sont à privilégier pour identifier plus précisément le type d'activité (par exemple pour différencier la marche de l'activité debout). Le choix de ce positionnement doit donc être réalisé en fonction des variables d'intérêt de l'utilisateur de ces dispositifs tout en gardant à l'esprit les enjeux d'acceptabilité. Des études complémentaires sont nécessaires pour valider la méthodologie pré-testée, la déployer sur un plus grand nombre de personnes, une plus grande diversité d'activités et pour garantir son utilisation dans une variété de contextes.

### IMPLICATIONS POUR LA PRATIQUE

- Un accéléromètre unique pourrait être utilisé pour mesurer objectivement la durée et le type d'activité physique lors de la réalisation d'activités quotidiennes.
- Un accéléromètre au niveau du poignet pourrait être suffisant pour différencier la durée d'activité physique et de comportement sédentaire.
- D'autres localisations telles que la hanche ou la cuisse seraient à privilégier pour analyser plus précisément le type d'activité, notamment distinguer le temps de marche et d'activité debout.

### Contact

Mathilde Berger  
mathilde.berger@hetsl.ch

## ABSTRACT

**Introduction:** Assessment of physical activity is crucial in rehabilitation. Wearable motion sensors are an appealing alternative to the questionnaires commonly used in clinical practice.

**Objective:** This study aimed to assess the ability of a single accelerometer placed on different body parts to measure the duration and type of physical activity to determine the optimal placement of this device for these measurements.

**Methods:** Two participants performed three tasks with three accelerometers simultaneously positioned on their hip, thigh, and wrist. Acceleration data were processed using a classification method based on the calculation of optimal thresholds using the receiver operating characteristic (ROC) curves. Then, the sensitivity and specificity of each sensor were calculated for each participant.

**Results:** Accelerometers on the hip, thigh, and wrist differentiated between physical activity and sedentary behavior time with an accuracy of 72%–87%. During periods of physical activity, accelerometers on the hip and thigh

differentiated walking and standing time with an accuracy of 82%–91%, whereas the wrist accelerometer distinguished the same types of activity with an accuracy of 55%–68%.

**Conclusions:** A wrist-worn accelerometer can be used to measure physical activity time versus sedentary time, whereas other placements such as the hip or thigh are preferable for a more precise assessment of the type of activity performed.

### KEYWORDS

physical activity / accelerometer / measurement / placement / daily life

## ZUSAMMENFASSUNG

**Hintergrund:** Die Bewertung der körperlichen Aktivität ist entscheidend für die Überwachung von Personen in der Rehabilitation. Tragbare Bewegungssensoren bieten eine interessante Alternative zu den in der klinischen Praxis üblicherweise verwendeten Fragebögen.

**Ziel:** Das Ziel dieser Studie ist es, die Fähigkeit eines einzelnen Beschleunigungsmessers zur Erfassung der Dauer und Art der körperlichen Aktivität, der an verschiedenen Körperstellen platziert wird, zu bewerten, um die optimale Positionierung dieses Geräts für diese Messungen zu bestimmen.

**Methode:** Zwei Teilnehmer führten drei Aufgaben mit an der Hüfte, dem Oberschenkel und dem Handgelenk angebrachten Beschleunigungsmessern aus. Die Beschleunigungsdaten wurden mittels einer Klassifizierungsmethode analysiert, die auf der Berechnung durchschnittlicher optimaler Schwellenwerte aus Receiver-Operating-Characteristic-Kurven basiert. Anschließend wurden Sensitivität und Spezifität jedes Sensors für jeden Teilnehmer errechnet.

**Ergebnisse:** Die Beschleunigungsmesser an Hüfte, Oberschenkel und Handgelenk messen die Dauer der körperlichen Aktivität und des sitzenden Verhaltens mit einer Wahrscheinlichkeit von 72 bis 87%. In Phasen körperlicher Aktivität prognostizieren die Geräte an Hüfte und Oberschenkel die Geh- und Stehzeiten mit einer Wahrscheinlichkeit von 82 bis 91%, während der Beschleunigungsmesser am Handgelenk dieselben Aktivitätsarten mit einer Wahrscheinlichkeit von 55 bis 68% vorhersagt.

**Schlussfolgerung:** Ein am Handgelenk positionierter Beschleunigungsmesser kann verwendet werden, um die Dauer der körperlichen Aktivität und des sitzenden Verhaltens zu messen, während andere Positionen wie an der Hüfte oder dem Oberschenkel genutzt werden sollten, um die Art der ausgeführten Aktivität zu bewerten.

### SCHLÜSSELWÖRTER

körperliche Aktivität / Beschleunigungsmesser / Messung / Positionierung / Alltag



## Références

1. Foster NE, Anema JR, Cherkin D, Chou R, Cohen SP, Gross DP, et al. Prevention and treatment of low back pain: evidence, challenges, and promising directions. *The Lancet*. 2018;391(10137):2368-83.
2. Hayden JA, Ellis J, Ogilvie R, Malmivaara A, Tulder MW van. Exercise therapy for chronic low back pain. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2021;(9).
3. Gaseem A, Wilt TJ, McLean RM, Forcica MA. Noninvasive treatments for acute, subacute, and chronic low back pain: a clinical practice guideline from the American college of physicians. *Ann Intern Med*. 2017;166(7):514-30.
4. Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep*. 1985;100(2):126-31.
5. OMS. Activité physique [Internet]. 2020 [cité 3 octobre 2024]. Disponible : <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>
6. HAS. Guide des connaissances sur l'activité physique et la sédentarité [Internet]. 2022 p. 1-57. Disponible sur : [https://www.has-sante.fr/plugins/ModuleXitiKLEE/types/FileDocument/doXiti.jsp?id=p\\_3360234](https://www.has-sante.fr/plugins/ModuleXitiKLEE/types/FileDocument/doXiti.jsp?id=p_3360234)
7. OMS. Recommandations mondiales sur l'activité physique pour la santé [Internet]. Organisation mondiale de la Santé; 2010 [cité 16 juill 2024]. Disponible sur : <https://iris.who.int/handle/10665/44436>
8. Boiche J, Fervers B, Freyssenot D, Gremy I, Guiraud T, Moro C, et al. Activité physique : prévention et traitement des maladies chroniques. Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM); 2019. p. Paris : Inserm : Éditions EDP Sciences (ISSN : 0990. Disponible : <https://www.hal.inserm.fr/inserm-02102457>
9. Butte NF, Ekelund U, Westerterp KR. Assessing physical activity using wearable monitors: measures of physical activity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2012;44:S5-12.
10. Tremblay MS, Aubert S, Barnes JD, Saunders TJ, Carson V, Latimer-Cheung AE, et al. Sedentary Behavior Research Network (SBRN) – Terminology Consensus Project process and outcome. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2017;14(1):75.
11. Freire APCF, de Oliveira CBS, Christofaro DGD, Shumate S, Marques LBF, Pinto RZ. Isotemporal substitution of sedentary behavior by different physical activity intensities on pain and disability of patients with chronic low back pain: A Cross-Sectional Study. *Archives of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2022;103(10):1944-50.
12. Carvalho FA, Morelhão PK, Franco MR, Maher CG, Smeets RJEM, Oliveira CB, et al. Reliability and validity of two multidimensional self-reported physical activity questionnaires in people with chronic low back pain. *Musculoskeletal Science and Practice*. 2017;27:65-70.
13. Janz KF. Physical activity in epidemiology: moving from questionnaire to objective measurement. *British Journal of Sports Medicine*. 2006;40(3):191-2.
14. Williams K, Frei A, Vetsch A, Dobbels F, Puhon MA, Rüdell K. Patient-reported physical activity questionnaires: A systematic review of content and format. *Health Qual Life Outcomes*. 2012;10(1):28.
15. Sember V, Meh K, Soric M, Starc G, Rocha P, Jurak G. Validity and reliability of international physical activity questionnaires for adults across eu countries: systematic review and meta analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020;17(19):7161.
16. van Poppel MNM, Chinapaw MJM, Mookink LB, van Mechelen W, Terwee CB. Physical activity questionnaires for adults. *Sports Med*. 2010;40(7):565-600.
17. Vuillemin A, Speyer E, Simon C, Ainsworth B, Paineau D. Revue critique des questionnaires d'activité physique administrés en population française et perspectives de développement. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*. 2012;47(5):234-41.
18. Naranjo-Hernandez D, Reina-Tosina J, Roa LM. Sensor technologies to manage the physiological traits of chronic pain: a review. *Sensors*. 2020;20(2):365.
19. Lee S, Walker RM, Kim Y, Lee H. Measurement of human walking movements by using a mobile health app: motion sensor data analysis. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2021;9(3):e24194.
20. Schaller A, Rudolf K, Dejonghe L, Grieben C, Froboese I. Influencing factors on the overestimation of self-reported physical activity: a cross-sectional analysis of low back pain patients and healthy controls. *BioMed Res Int*. 2016.
21. Westerterp KR. Doubly labelled water assessment of energy expenditure: principle, practice, and promise. *Eur J Appl Physiol*. 2017;117(7):1277-85.
22. Hills AP, Mokhtar N, Byrne NM. Assessment of physical activity and energy expenditure: an overview of objective measures. *Front Nutr*. 2014;1.
23. Slieden M, Lipperts M, Tjur M, Mechlenburg I. Use of accelerometer-based activity monitoring in orthopaedics: benefits, impact and practical considerations. *EFORT Open Reviews*. 2019;4(12):678-85.
24. Troiano RP, McClain JJ, Brychta RJ, Chen KY. Evolution of accelerometer methods for physical activity research. *Br J Sports Med*. 2014;48(13):1019-23.
25. Evenson KR, Scherer E, Peter KM, Cuthbertson CC, Eckman S. Historical development of accelerometry measures and methods for physical activity and sedentary behavior research worldwide: A scoping review of observational studies of adults. *Plos One*. 2022;17(11):e0276890.
26. Barker J, Smith Byrne K, Doherty A, Foster C, Rahimi K, Ramakrishnan R, et al. Physical activity of UK adults with chronic disease: cross-sectional analysis of accelerometer-measured physical activity in 96 706 UK Biobank participants. *International Journal of Epidemiology*. 2019;48(4):1167-74.
27. Perruchoud C, Buchser E, Johaneck LM, Aminian K, Paraschiv-Ionescu A, Taylor RS. Assessment of physical activity of patients with chronic pain. *Neuromodulation*. 2014;17:42-7.
28. Routhier F, Duclos NC, Lacroix É, Lettre J, Turcotte E, Hamel N, et al. Clinicians' perspectives on inertial measurement units in clinical practice. *Plos One*. 2020;15(11):e0241922.
29. Silfee VJ, Haughton CF, Jake-Schoffman DE, Lopez-Cepero A, May CN, Sreedhara M, et al. Objective measurement of physical activity outcomes in lifestyle interventions among adults: A systematic review. *Preventive Medicine Reports*. 2018;11:74-80.
30. Yang CC, Hsu YL. A review of accelerometry-based wearable motion detectors for physical activity monitoring. *Sensors*. 2010;10(8):7772-88.
31. Migueles JH, Cadenas-Sanchez C, Ekelund U, Delisle Nyström C, Mora-Gonzalez J, Löf M, et al. Accelerometer data collection and processing criteria to assess physical activity and other outcomes: a systematic review and practical considerations. *Sports Med*. 2017;47(9):1821-45.
32. Neishabouri A, Nguyen J, Samuelsson J, Guthrie T, Biggs M, Wyatt J, et al. Quantification of acceleration as activity counts in ActiGraph wearable. *Sci Rep*. 2022;12(1):11958.
33. Skender S, Ose J, Chang-Claude J, Paskow M, Brühmann B, Siegel EM, et al. Accelerometry and physical activity questionnaires – a systematic review. *BMC Public Health*. 2016;16(1):515.
34. Gao Z, Liu W, McDonough DJ, Zeng N, Lee JE. The dilemma of analyzing physical activity and sedentary behavior with wrist accelerometer data: challenges and opportunities. *Journal of Clinical Medicine*. 2021;10(24):5951.
35. Rosenberger ME, Buman MP, Haskell WL, McConnell MV, Carstensen LL. 24 hours of sleep, sedentary behavior, and physical activity with nine wearable devices. *Med Sci Sports Exerc*. 2016;48(3):457-65.
36. Berger M, Bertrand AM, Robert T, Chèze L. Measuring objective physical activity in people with chronic low back pain using accelerometers: a scoping review. *Front Sports Act Living*. 2023;5:1236143.
37. Vanhelst J. Quantification de l'activité physique par l'accélérométrie. *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique*. 2019;67(2):126-34.
38. Ozemek C, Kirschner MM, Wilkerson BS, Byun W, Kaminsky LA. Intermonitor reliability of the GT3X+ accelerometer at hip, wrist and ankle sites during activities of daily living. *Physiol Meas*. 2014;35(2):129.
39. Liu F, Wanigatunga AA, Schrack JA. Assessment of physical activity in adults using wrist accelerometers. *Epidemiologic Reviews*. 2021;43(1):65-93.
40. Smuck M, Tomkins-Lane C, Ith MA, Jarosz R, Kao MCJ. Physical performance analysis: A new approach to assessing free-living physical activity in musculoskeletal pain and mobility-limited populations. *Plos One*. 2017;12(2):e0172804.
41. Armand S, Bonnefoy-Mazure A, Hoffmeyer P, de Coulon G. Analyse quantifiée de la marche : mode d'emploi. *Revue médicale suisse*. 2015;11(490):1916-20.
42. Brønd JC, Andersen LB, Arvidsson D. Generating actigraph counts from raw acceleration recorded by an alternative monitor. *Med Sci Sports Exerc*. 2017;49(11):2351-60.

**43.** Arvidsson D, Fridolfsson J, Börjesson M. Measurement of physical activity in clinical practice using accelerometers. *Journal of Internal Medicine*. 2019;286(2):137-53.

**44.** Edwardson CL, Maylor BD, Dawkins NP, Plekhanova T, Rowlands AV. Comparability of postural and physical activity metrics from different accelerometer brands worn on the thigh: data harmonization possibilities. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*. 2022;26(1):39-50.

**45.** Skovbjerg F, Honoré H, Mechlenburg I, Lipperts M, Gade R, Næss-Schmidt ET. Monitoring physical behavior in rehabilitation using a machine learning-based algorithm for thigh-mounted accelerometers: development and validation study. *JMIR Bioinformatics and Biotechnology*. 2022;3(1):e38512.

**46.** Stevens ML, Gupta N, Eroglu EI, Crowley PJ, Eroglu B, Bauman A, et al. Thigh-worn accelerometry for measuring movement and posture across the 24-hour cycle: a scoping review and expert statement. *Bmj Open Sport & Exercise Medicine*. 2020;6(1):e000874.

**47.** Wei L, Wang SJ. Motion tracking of daily living and physical activities in health care: systematic review from designers' perspective. *JMIR mHealth and uHealth*. 2024;12(1):e46282.

**48.** Vähä-Ypyä H, Husu P, Suni J, Vasankari T, Sievänen H. Reliable recognition of lying, sitting, and standing with a hip-worn accelerometer. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2018;28(3):1092-102.

**49.** Abiad NA, Kone Y, Renaudin V, Robert T. Smartstep: A Robust STEP Detection Method Based on SMARTphone Inertial Signals Driven by Gait Learning. *IEEE Sensors Journal*. 2022;22(12):12288-97.

**50.** Demrozi F, Pravadelli G, Bihorac A, Rashidi P. Human activity recognition using inertial, physiological and environmental sensors: a comprehensive survey. *IEEE Access*. 2020;8:210816-36.

**51.** Pannurat N, Thiemjarus S, Nantajeewarawat E, Anantavasilp I. Analysis of optimal sensor positions for activity classification and application on a different data collection scenario. *Sensors*. 2017;17(4):774.

**52.** Kheirkhahan M, Chakraborty A, Wanigatunga AA, Corbett DB, Manini TM, Ranka S. Wrist accelerometer shape feature derivation methods for assessing activities of daily living. *BMC Med Inform Decis Mak*. 2018;18(4):124.

**53.** Montoye AHK, Pivarnik JM, Mudd LM, Biswas S, Pfeiffer KA. Validation and comparison of accelerometers worn on the hip, thigh, and wrists for measuring physical activity and sedentary behavior. *AIMS Public Health*. 2016;3(2):298-312.

**54.** Mortazavi B, Nemati E, VanderWall K, Flores-Rodriguez HG, Cai JYJ, Lucier J, et al. Can smartwatches replace smartphones for posture tracking? *Sensors*. 2015;15(10):26783-800.

**55.** Moschetti A, Fiorini L, Esposito D, Dario P, Cavallo F. Recognition of daily gestures with wearable inertial rings and bracelets. *Sensors*. 2016;16(8):1341.

**56.** Pires IM, Marques G, Garcia NM, Zdravevski E. Identification of activities of daily living through artificial intelligence: an accelerometry-based approach. *Procedia Computer Science*. 2020;175:308-14.

**57.** Fortune E, Lugade VA, Kaufman KR. Posture and movement classification: the comparison of tri-axial accelerometer numbers and anatomical placement. *Journal of Biomechanical Engineering*. 2014;136(051003).

Energie vitale...  
et bien-être...

**BIOLYT-Nature<sup>SP</sup>**

- soin idéal des cicatrices
- lors de cicatrices tendues, douloureuses
- détend et redonne sensibilité
- favorise le flux énergétique
- augmente le bien-être

Avec vitamine E  
Enrichie à  
l'huile d'abricot  
Sans Parabène

**+** Produit Suisse de qualité

**BIOLYT R.M. & C. Geuggis** CH-6652 Tegna  
Tel.+41 91 796 19 00, Fax +41 91 796 19 46  
email: geuggis@biolyt.com, www.biolyt.com

**BIOLYT**  
Energie vitale et bien-être dès 1979

1015