

原著論文

## 小学生児童における手首および腰部装着時の 加速度計 ActiGraph の歩数の精度

Accuracy of step count using wrist- and waist-worn ActiGraph  
during treadmill exercise in elementary school children

秋武 寛<sup>1)</sup> 鉄口 宗弘<sup>2)</sup> 三村 寛一<sup>3)</sup>

Hiroshi Akitake<sup>1)</sup> Munehiro Tetsuguchi<sup>2)</sup> Kan-ichi Mimura<sup>3)</sup>

### Abstract

**Objective:** The purpose of this study was to clarify the number of steps taken by wrist- and waist-mounted ActiGraph accelerometers in elementary school children. **Methods:** Twenty-two elementary school children (9 girls and 13 boys) participated in this laboratory-based study. The subjects performed walking, brisk walking, and running for 3 minutes each on the treadmill, respectively. They were required to wear two Actigraph wGT3X-BT activity monitors simultaneously at two locations recommended by the manufacturer, and one positioned on the wrist and the other on the waist. The validity criterion for the number of steps was determined by videotaping each trial and later replaying it to count steps taken. **Results & discussion:** The ActiGraph accelerometer when worn on the wrist significantly underestimated 31.2 % at walking, 46.5 % at brisk walking, and 46.4 % at running, respectively ( $p < 0.001$ ). The ActiGraph accelerometer when worn on the waist significantly underestimated 19.6 % at walking ( $p < 0.001$ ), and underestimated 2.7 % at brisk walking, and overestimated 1.4 % at running, respectively. These results suggested that the number of steps recorded with the ActiGraph accelerometer when worn on the waist was recommended more than when worn on the wrist in elementary school children.

**キーワード:** 身体活動, 信頼性, 妥当性, トレッドミル, 身体活動量計  
physical activity, reliability, validity, treadmill, activity monitors

### I. 緒言

ヒトの一般的な移動手段は、歩行であった。歩行は、1960年代から歩数計の技術を利用して客観的に歩数を評価し、様々な健康関連指標と

の関連を調査してきた (Bassett et al., 2017)。歩数は、身体活動をシンプルに評価する重要な指標の一つである (Tuder-Locke et al., 2018; Simpson et al., 2015)。子どもの日常の身体活

- 
- 1) びわこ成蹊スポーツ大学 スポーツ学部 Faculty of Sport Study, Biwako Seikei Sport College, Shiga, Japan  
2) 大阪教育大学 表現活動教育系保健体育部門 Division of Art, Music, and Physical Education, Osaka Kyoiku University, Osaka, Japan  
3) 滋慶医療科学大学 医療管理学研究科 Graduate School of Medical Safety Management, Jikei University of Health Care Science, Osaka, Japan

動は、肥満、代謝機能、骨の健康、運動能力、社会適応能力など様々な健康関連指標と関係していることから重要な問題である (Beets et al., 2011 ; Strong et al., 2005)。

健康に関する米国の代表的な大規模な調査である National Health and Nutrition Examination Survey (以下 : NHANES) では、2003 年から加速度計 ActiGraph 7164 を腰部に装着して身体活動を測定している。その後、2011 年から 2014 年の NHANES では、加速度計 ActiGraph GT3X+ の装着部位が腰部から手首へと変更された。加速度計を手首に装着することは、対象者の負担軽減と測定コンプライアンスの向上が認められるようになってきている。ActiGraph を用いた測定および解析手順が加速度計の研究は、NHANES など国際的な基準の一角を担っている (笹井ほか, 2015)。

Migueles et al. (2017) によるシステマティックレビューでは、加速度計 ActiGraph の歩数の精度や信頼性について、加速度計を手首や腰部に装着するなど装着箇所と対象とする年齢であることを報告している。これまで加速度計を用いた歩数の精度の研究では、Crouter et al. (2003) が、成人を対象に 10 種類の加速度計を腰部に装着してトレッドミルを用いて 3.2 km/h から 6.4 km/h の速度まで様々な速度で歩数計の精度を調査したところ、実測の歩数と歩数計の歩数に誤差があることを明らかにしている。また Schneider et al. (2003) は、成人を対象に 10 種類の歩数計を腰部に装着して 400m の歩行で検証し、測定機によって誤差があることを明らかにしている。加速度計などを用いた歩数は、研究者が実測の歩数と誤差があることを理解して、その精度や信頼性を認識して歩数を評価することが重要であることが述べられている (Gall et al., 2022 ; Schneider et al., 2003)。上述する研究では、主に成人を対象とする研究報告であった。子どもを対象とした歩数の精度に関する研究では、5 歳から 11 歳の男子 10 名を対象に Walk4Life2505, Digiwalker SW-200, Sun TrekLINQ, Digiwalker SW-701 の 4 機種の歩数計を装着して歩行から走行までトレッドミル

を用いて様々な速度で歩数計の精度を検証し、歩行、走行の速度や機種によって誤差が認められている (Beets et al., 2004)。幼児の加速度計の歩数精度の研究では、腰部に装着したライフコーダ (以下 LC) の歩数は、実測の歩数に対して歩行が 10.6 %、速歩が 5.6 %、走行が 0.2 % 過小評価していることを報告している (秋武ほか, 2019)。小学生児童の歩数の精度は、50m コースを普通歩行など 3 種類のセルフスピードで歩行し、わが国で多くの研究で用いられている HJ-700IT (オムロン社製)、LC、Yamax Y-calory EC-200 (Yamax 社製) の 3 機種で、実測の歩数より過小評価していることを明らかにしている (Nakae et al., 2008)。しかしながら、小学生児童における手首および腰部装着時の加速度計 ActiGraph の歩数の精度は、国内外において明らかにされていない。小学生児童における手首および腰部装着時の加速度計 ActiGraph の歩数の精度を検討することは、小学生児童の歩数を明らかにする上で、有用な知見になると考える。

本研究は、小学生児童における手首および腰部装着時の加速度計 ActiGraph の歩数の精度を明らかにすることを目的とした。

## II. 方法

### 1. 対象

Table 1 Physical characteristic of subjects

| Variable    | Age (years) | Height (cm)  | Weight (kg) | BMI (kg/m <sup>2</sup> ) |
|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------------------|
| Girls (n=9) | 9.7 (1.0)   | 132.5 (11.8) | 30.8 (9.8)  | 17.2 (3.3)               |
| Boys (n=13) | 8.9 (1.3)   | 130.2 (8.8)  | 27.3 (3.6)  | 16.0 (0.7)               |
| All (n=22)  | 9.2 (1.3)   | 131.2 (9.9)  | 28.7 (6.9)  | 16.5 (2.2)               |

対象は、小学 1 年生から小学 6 年生までの児童 22 名 (女子 9 名、男子 13 名) とした。測定の募集時は、児童 23 名であったが、測定中に測定の中止を申し出た 1 名を分析から除外し、すべてのデータを得た 22 名を分析対象とした (Table 1)。形態測定において身長は、SANWA 社製の 00240522 を用いて 0.1 cm 単位で計測した。体重は、TANITA 社製の BC-315 を用いて小数第 2 位を切り捨て 0.1 kg 単位で計測し

た。得られた値から Body mass index (以下 BMI) を算出した。BMI の算出式は、以下に示す。

$$\text{BMI} = \text{Weight (kg)} / \text{Height (m)}^2$$

本研究は、びわこ成蹊スポーツ大学研究倫理専門委員会にて研究倫理審査を受け、承認(成蹊第67号)を得て実施した。対象の子どもおよび保護者には、本研究の趣旨を説明し、測定の目的と意義、個人情報保護、利益、不利益、侵襲、安全管理、データの公表について説明を行い、保護者から書面にて署名、捺印を頂き、同意を頂いた子どもを対象とした。

## 2. トレッドミル多段階漸増運動負荷テスト

トレッドミル多段階漸増運動負荷テストの測定は、Adventure 3 (ジョンソンヘルステックジャパン株式会社製、東京、走行面 140 × 49.5 cm) を用いた。トレッドミルの傾斜角度は、水平方向に 0° とした。トレッドミル多段階漸増運動負荷テストの測定は、トレッドミルを用いて歩行 3 分間、速歩 3 分間、走行 3 分間のプロトコルを実施した。トレッドミルの速度は、他の先行研究を参考に歩行が小学 1 ~ 6 年生 4.0 km/h、速歩が小学 1 ~ 2 年生 5.6 km/h、小学 3 ~ 6 年生 6.4 km/h、走行が小学 1 ~ 2 年生 7.2 km/h、小学 3 ~ 4 年生 8.0 km/h、小学 5 ~ 6 年生 9.6 km/h とした (Zhu et al., 2013 ; Aminian et al., 2012 ; Trost et al., 2011 ; Puyau et al., 2002)。歩行、速歩、走行の測定は、途中休憩を行わず、連続して測定を実施した。試技の練習は、測定の約 2 時間前に一度トレッドミル上で歩行、速歩、走行をそれぞれ約 1 分間程度練習し、対象がトレッドミル上での試技に慣れたことを確認して、測定を実施した。自覚的運動強度は、歩行から走行中において小学生児童が答えやすいように「1. げんき、2. ふつう、3. すこししんどい、4. しんどい、5. もうすぐだめ」の 5 段階で、1 分間に 1 回から 2 回の頻度で自覚的運動強度を聞きながら慎重に測定を行った。温度および湿度は、温度、湿度、日付および秒単位で表示している電波時計 IDL-170J-8JF (CASIO 社製) を用いた。測定

を行った測定室は、室内温度を摂氏 26 度から摂氏 28 度前後、湿度を 50 % から 60 % の間で保てるように、測定開始 2 時間前から空調機を用いて温度、湿度を調節した。測定機器の時間同期は、測定当日毎に加速度計 ActiGraph を電波時計に秒単位で一致させた。さらに時間同期は、すべてのプロトコルの試技をスポーツコーチングカメラシステム GC-LJ20B (Logical product 社製) を用いてすべての測定および同時に電波時計も撮影し、時間同期を行った。

## 3. 加速度計 ActiGraph

身体活動の測定は、3 軸方向の加速度計 ActiGraph wGT3X-BT (ActiGraph, Pensacola, FL, USA, 4.6 × 3.3 × 1.5cm, 19g) を用いて歩数を分析した。加速度計 ActiGraph wGT3X-BT は、非利き手の手首および右腰部の 2 か所に専用のベルトに固定して装着した。なお加速度計 ActiGraph の製造会社である ActiGraph 社が非利き手に装着することを推奨していることから非利き手に装着した (ActiGraph, 2016)。非利き手の定義には、議論が尽きないが (Sakano and Pickenhain, 1985 ; Oldfield, 1971)、本研究の非利き手は、「字を書く」方の手の反対の手とした。ActiGraph wGT3X-BT から得られたデータは、ActiGraph 社製の ActiLife Version 6.13.2 (ActiGraph, Pensacola, FL, USA) を用いて分析した。

## 4. 加速度計 ActiGraph の歩数

加速度計 ActiGraph の歩数の測定は、1 分毎に歩数が評価された。加速度計 ActiGraph の歩数の分析は、測定した歩行、速歩、走行時の各ステージの最後の 1 分間の歩数を分析した。実測の歩数の評価は、トレッドミル多段階漸増運動負荷テスト中にスポーツコーチングカメラシステム GC-LJ20B (Logical product 社製) を用いて、対象の右矢状面および後方の 2 か所より撮影し、後に撮影された映像を再生し、数取器を用いて歩数を実測し評価した (Ngueleu et al., 2022 ; Karaca et al., 2021 ; Park et al., 2011 ; Beets et al., 2004)。

## 5. 統計処理

すべての値は、平均値±標準偏差で示した。有意水準は、すべて5%未満とした。統計処理は、IBM社製のSPSS Statistics version. 25.0を用いて分析を行った。実測した歩数と手首および腰部装着時の加速度計の歩数は、対応のあるt検定を行った。実測の歩数と加速度計ActiGraphの歩数の関係は、ICCを用いて95%の信頼区間で分析を行った。歩行、速歩、走行中における実測の歩数と手首装着時および腰部装着時の加速度計ActiGraphの関係は、Bland-Altman分析を用いて分析した(Bland and Altman, 1986)。

## Ⅲ. 結果

### 1. トレッドミルを用いた手首および腰部装着時の加速度計ActiGraphの歩数の精度

Table 2 Accuracy step counts function and interclass correlation coefficients (95% confidence interval) between actual steps and wrist- and waist- worn ActiGraph during treadmill tasks at three different speeds

| Activity   | Actual steps | Wrist-worn   | % of actual steps     | p value | ICC (95% IC)      |
|------------|--------------|--------------|-----------------------|---------|-------------------|
| Walk       | 127.1 (8.4)  | 87.4 (25.5)  | 31.2% underestimation | <.001   | -.42 (-.71, -.19) |
| Brisk walk | 152.8 (12.7) | 81.7 (19.9)  | 46.5% underestimation | <.001   | -.79 (-.90, -.56) |
| Jog        | 181.5 (9.4)  | 97.2 (7.3)   | 46.4% underestimation | <.001   | -.94 (-.97, -.87) |
| Activity   | Actual steps | Waist-worn   | % of actual steps     | p value | ICC (95% IC)      |
| Walk       | 127.1 (8.4)  | 102.1 (25.9) | 19.6% underestimation | <.001   | -.11 (-0.5, 0.3)  |
| Brisk walk | 152.8 (12.7) | 148.6 (12.5) | 2.7% underestimation  | .285    | .52** (.14, .76)  |
| Jog        | 181.5 (9.4)  | 184.2 (13.1) | 1.4% overestimation   | .433    | .35* (-.06, .66)  |

n=22. Values are means (standard deviation)  
Indicates that ICC is statistically significant (\* $p<0.05$ , \*\* $p<0.01$ )

Table 2は、トレッドミルを用いた手首および腰部装着時の加速度計ActiGraphの歩数の精度を示した。手首装着時の加速度計ActiGraphは、実測の歩数より歩行が31.2%、速歩が46.5%、走行が46.4%過小評価した。腰部装着時の加速度計ActiGraphは、実測の歩数より歩行が19.6%、速歩が2.7%過小評価し、走行が1.4%過大評価した。歩行、速歩、走行の手首および歩行の腰部装着時の加速度計ActiGraphは、実測の歩数に比べて有意に過小評価を示した( $p<0.001$ )。ICCにおいて速歩および走行中における腰部装着時のActiGraphは、実測の歩数との正確性が認められた( $p<0.05$ , 0.001)。

## 2. 歩行、速歩、走行中における手首および腰部装着時の加速度計ActiGraphのBland-Altman分析

Figure 1は、歩行、速歩、走行中における手首および腰部装着時の加速度計ActiGraphのBland-Altman分析を示した。Bland-Altman分析における手首装着時の加速度計ActiGraphと実測の歩数との差は、歩行が-39.6、速歩が-71.0、走行が-84.2、腰部装着時の加速度計ActiGraphと実測の歩数との差は、歩行-25.0、速歩が-3.4、走行が2.4を示した。95%一致限界の範囲外は、歩行、速歩、走行中の手首および腰部装着時においてそれぞれ4.6%を示した。

## Ⅳ. 考察

身体活動習慣は、肥満、代謝機能、骨の健康、運動能力、社会適応能力など様々な健康関連指標と関係していることから重要な問題である(Beets et al., 2011; Strong et al., 2005)。近年、加速度計は、客観的に身体活動の質と量を評価できることから、多くの研究で用いられている(Gall et al., 2022; John et al., 2018)。Migueles et al. (2017)によるシステムティックレビューでは、加速度計ActiGraphの歩数の精度や信頼性について、手首や腰部に装着する加速度計の装着箇所と幼児、児童、青年、成人、高齢者など対象とする年齢層の2点であることを述べている。これまで加速度計を用いた歩数の精度に関する研究は、成人を対象とした歩数の精度の報告であった(Park et al., 2021; Nuss et al., 2020; Mandigout et al., 2019; Migueles et al., 2017; Modave et al., 2017; Simpson et al., 2014; Park et al., 2011; Schneider et al., 2003)。さらに多くの研究で身体活動を評価している加速度計ActiGraphは、運動強度の検証がされ、身体活動の様々なアルゴリズムが報告されている(Zhu et al., 2013; Pulsford et al., 2011; Puyau et al., 2002)。小学生児童を手首や腰部に装着した加速度計ActiGraphの歩数の精度に関する研究は、国内外において報告されていないことから、今後の加速度計ActiGraph

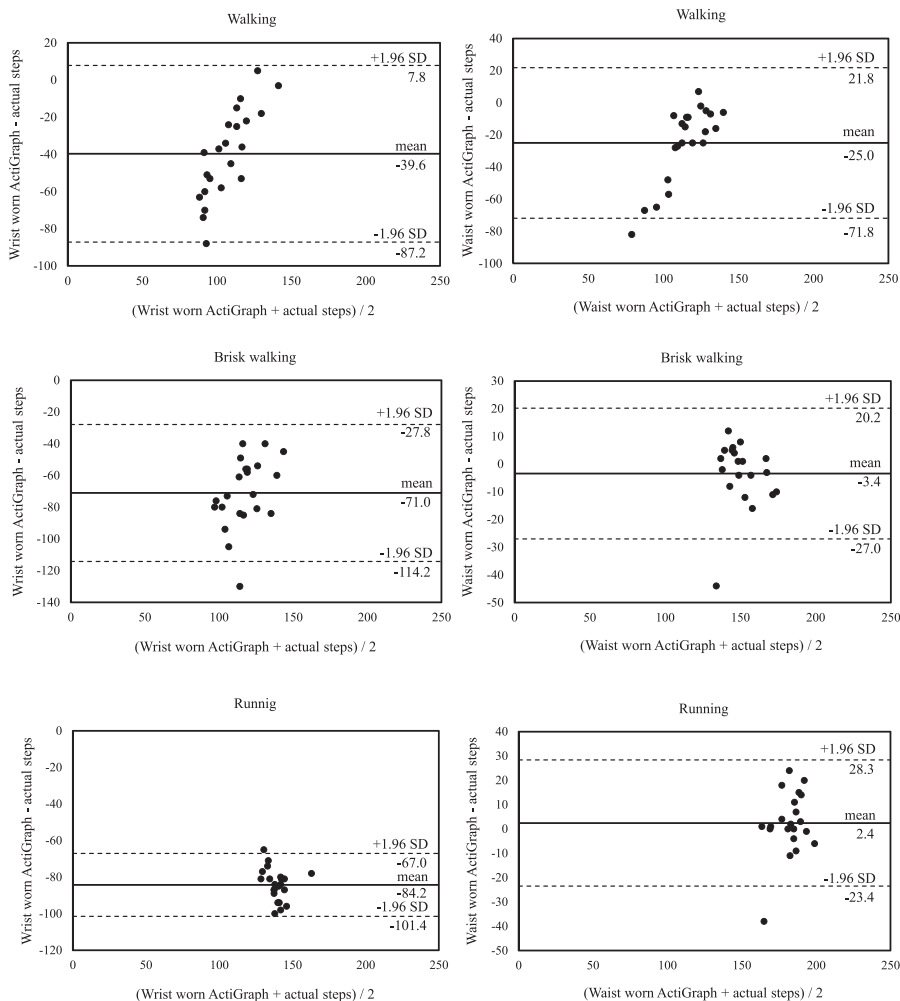


Figure 1 Bland-Altman plots of ActiGraph counts of all subjects. The graphs present the Bland-Altman plots of the between actual steps and wrist- and waist- worn ActiGraph during treadmill tasks at three different speeds

Solid horizontal line is mean error score.

Upper and lower broken lines represent the 95% limits of agreement (mean difference $\pm$ 1.96 SD of the difference). Outside of the limits of agreement was 4.6 % between actual steps and wrist- and waist- worn ActiGraph at walking, brisk walking, and running, respectively.

を用いた小学生児童の歩数の研究に有用な知見となることが考えられる。本研究は、小学生児童 22 名を対象に歩行や走行速度を一定に保つことのできるトレッドミル多段階漸増運動負荷テストを用いて加速度計 ActiGraph の歩数の精度を検証したことに意義があると考えられる。

手首、腰部、大腿部および足首装着時の ActiGraph wGT3X-BT の歩数は、29 名の成人男性 (26.3  $\pm$  6.2 歳) を対象にトレッドミルを用いて歩行から走行まで様々な速度で検討し、

手首装着の加速度計 ActiGraph の精度について疑問を残している (Karaca et al., 2021)。Schneider et al. (2003) は、成人 (34.7  $\pm$  12.6 歳) を対象に LC, HJ-105 (オムロン社製), Skeletone (Yamax 社製) など合計 10 種類の歩数計を腰部に装着し、400m の歩行の歩数の正確性を検討した結果、LC の歩数の正確性が最も高かったことを報告している。Crouter et al. (2003) は、成人 (33.0  $\pm$  12.0 歳) を対象に LC, HJ-105, Skeletone など合計 10 種類の歩数計を腰部に

装着し、トレッドミル多段階漸増運動負荷テスト中において、歩行 3.2 km/h から走行 6.4 km/h まで 5 段階の速度で検討している。Mora Gonzalez et al. (2022) は、成人から中高齢者までを対象にトレッドミルを用いて 0.8 km/h から 8.0 km/h の速度において、足首、大腿部、腰部、手首に加速度計 ActiGraph を含めた 21 個の測定器を装着して歩数を検討した結果、手首に装着し出力された歩数は、最も精度が低かったことを報告している。手首に装着した加速度計 ActiGraph の歩数は、トレッドミルの速度が 0.8 km/h から 3.2 km/h の速度において、絶対値のため過大評価もしくは過小評価が不明であるが、約 20 % ~ 80 % の誤差を明らかにしている。わが国で多くの研究で用いられている LC を腰部に装着した幼児の歩数の精度に関する研究では、実測の歩数に対して歩行が 10.6 %、速歩が 5.6 %、走行が 0.2 % 過小評価し、幼児の歩行、速歩、走行中における LC の歩数の精度を明らかにしている (秋武ほか, 2019)。本研究では、小学生児童を対象に手首装着時の ActiGraph は、実測の歩数より歩行が 31.2 %、速歩が 46.5 %、走行が 46.4 % 過小評価した。腰部装着時の ActiGraph は、実測の歩数より歩行が 19.6 %、速歩が 2.7 % 過小評価し、走行が 1.4 % 過大評価した。歩行、速歩、走行の手首装着時および歩行の腰部装着時 ActiGraph は、実測の歩数に比べて有意に過小に評価した ( $p < 0.001$ )。Bland-Altman 分析における手首装着時の加速度計 ActiGraph と実測の歩数との差は、歩行が -39.6、速歩が -71.0、走行が -84.2、腰部装着時の加速度計 ActiGraph と実測の歩数との差は、歩行 -25.0、速歩が -3.4、走行が 2.4 を示した。95 % 一致限界の範囲外は、歩行、速歩、走行中における手首および腰部装着時それぞれ 4.6 % を示した。小学生児童を対象とした手首装着時の ActiGraph の歩数の精度は、31.2 ~ 46.5 % 過小評価していることや手首装着時の ActiGraph と実測の歩数との差は、歩行が -39.6、速歩が -71.0、走行が -84.2 を示していることを考えると、成人を対象とした報告 (Karaca et al., 2021) と同様に疑問が残る

ことが示唆された。

Beets et al. (2004) は、小学生児童 (女子  $8.9 \pm 1.7$  歳, 男子  $8.3 \pm 1.5$  歳) を対象に諸外国で製造されている 4 機種 of 歩数計を腰部に装着して検証を行っている。その結果、実測の歩数と加速度計の歩数計との差は、絶対値を用いているため過大評価、もしくは過小評価は不明であるが、3.2 km/h の歩行速度で 3 機種が約 15 %、4.0 km/h の歩行速度で 4 機種が約 10 % 以内の誤差を示し、その後速度が増加することによって、すべての歩数計で約 5 % 以内の誤差であった。トレッドミルを用いた成人と小学生児童を対象としたこれらの先行研究と本研究を比較すると、実測の歩数と加速度計 ActiGraph の歩数との差は、歩行速度が遅い場合、実測と加速度計 ActiGraph の歩数との誤差が大きいが、歩行や走行速度の増加にともない加速度計 ActiGraph の歩数の精度が向上するという同様の結果を示した。これらの結果は、小学生児童の腰部装着時の加速度計 ActiGraph の新たな知見となりうることが示唆された。

成人と高齢者を対象に手首および腰部装着時の加速度計の歩数の比較において腰部装着時の加速度計は、手首装着時より身体重心に近いことによって体全体の加速度を検出し精度が高いのではないかと推測している (Mandigout et al., 2019)。加速度計 ActiGraph の歩数は、両脚のステップサイクルに影響されることから、加速度計を手首に装着することよりも腰部に装着することを推奨している (Tudor-Locke et al., 2015; Fasel et al., 2017)。また成人を対象にトレッドミルを用いて実測の歩数と加速度計の歩数の比較において、手首装着時の加速度計の歩数は、実測の歩数および腰部装着時の加速度計の歩数に比べて過小評価していることを報告している (Nuss et al., 2020)。トレッドミルを用いた成人、高齢者と小学生児童を対象としたこれらの先行研究と本研究の比較では、同様の結果を示し、小学生児童において手首装着時の加速度計の歩数が、実測の歩数および腰部装着時の加速度計の歩数と比較して過小評価することが示唆された。以上のことを考えると、本研

究の小学生児童において腰部装着時の加速度計 ActiGraph の歩数は、手首に装着するよりも推奨することができ、新たな知見を提供できると考える。しかしながら、腰部装着時の加速度計 ActiGraph の歩数は、実測の歩数と測定誤差があることから、これらの測定誤差を考慮に入れて取り扱う必要がある。

ボルグの自覚的運動強度は、6～20まで分類され、信頼性、妥当性が得られている (Borg, 1982)。本研究の自覚的運動強度は、歩行から走行中において小学生児童が答えやすいように5段階で回答してもらい、安全面には細心の注意を払いながら、測定を実施した。歩行では、ほとんどの対象が「1. げんき」、速歩では、「1. げんき, 2. ふつう, 3. すこししんどい」、走行では、「2. ふつう, 3. すこししんどい, 4. しんどい」であった。このことより、小学生児童を対象とした自覚的運動強度では、答えやすく、信頼性や妥当性が得られた自覚的運動強度を開発する必要があると考える。本研究は、手首および腰部装着時の加速度計 ActiGraph の歩数の精度を明らかにするために、トレッドミル多段階漸増運動負荷テストを実施した。トレッドミル多段階漸増運動負荷テストの利点として、歩行や走行などセルフスピードで実施する身体活動では、対象の主観的な要因によって歩行や走行の速度が異なってくる。そこで加速度計 ActiGraph の歩数の精度を検証するためには、トレッドミルを用いることにより、対象の主観的な歩行や走行の速度を排除する利点がある。しかしながら、トレッドミルを用いた本研究では、非日常的であり必ずしもすべての日常生活を反映していないことが指摘されている点である (Puyau et al., 2016)。トレッドミル多段階漸増運動負荷テストは、上述する一長一短を踏まえて今後も加速度計 ActiGraph の歩数の精度を検証していく必要がある。加速度計 ActiGraph を用いた身体活動の評価は、今後わが国において報告が増加していくことが考えられ意義があるものとする。

## V. 結論

手首装着時の加速度計 ActiGraph の歩数は、実測の歩数より歩行が31.2%、速歩が46.5%、走行が46.4%過小評価した。腰部装着時の加速度計 ActiGraph の歩数は、実測の歩数より歩行が19.6%、速歩が2.7%過小評価し、走行が1.4%過大評価した。歩行、速歩、走行の手首装着時および歩行の腰部装着時の加速度計 ActiGraph の歩数は、実測の歩数に比べて有意に過小評価を示した ( $p<0.001$ )。以上のことより、小学校児童のトレッドミル多段階漸増運動負荷テスト中における歩行、速歩、走行中における手首および腰部装着時の加速度計 ActiGraph の精度が明らかとなった。

利益相反自己申告：共著者全員が利益相反はない。

## 謝辞

本研究の趣旨にご理解、ご協力いただきました子ども、保護者、先生方に、心より感謝いたします。また測定、分析などご協力いただきました学生に感謝いたします。

## 引用文献

- ActiGraph (2016) User guide ActiGraph wGT3X-BT + ActiLife  
[http://actigraphcorp.jp/support/pdf/gt3xbt\\_usersguide.pdf](http://actigraphcorp.jp/support/pdf/gt3xbt_usersguide.pdf), (accessed 2018-07-15)
- 秋武 寛・鉄口宗弘・三村寛一 (2019) トレッドミル多段階漸増運動負荷テストを用いた幼児の1軸加速度計 Lifecorder の運動強度と歩数の評価. 教育医学, 64: 242-250.
- Aminian, S. and Hinckson, E. A. (2012) Examining the validity of the ActivPAL monitor in measuring posture and ambulatory movement in children. International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity, 9: 119.
- Bassett, D. R. Jr., Toth, L. P., LaMunion, S. R., and Crouter, S. E. (2017) Step counting: A

- review of measurement considerations and health-related applications. *Sports Medicine*, 47: 1303-1315.
- Beets, M. W., Bornstein, D., Dowda, M. and Pate, R. R. (2011) Compliance with national guidelines for physical activity in U. S. preschoolers: measurement and interpretation. *Pediatrics*, 127: 658-664.
- Beets, M. W., Patton, M. M., and Edwards, S. (2004) The Accuracy of pedometer steps and time during walking in children. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 37: 513-520.
- Bland, J. M. and Altman, D. G. (1986) Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, 1: 307-310.
- Borg, G. (1982) Psychophysical bases of perceived exertion. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 14: 377-381.
- Crouter, S. E., Schneider, P. L., Karabulut, M., and Bassett, D. R. Jr. (2003) Validity of 10 electronic pedometer for measuring steps, distance, and energy cost. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 35: 1455-1460.
- Fasel, B., Duc, C., Dadashi, F., Bardyn, F., Savary, M., Farine, P. A., and Aminian, K. (2017) A wrist sensor and algorithm to determine instantaneous walking cadence and speed in daily life walking. *Medical and Biological Engineering and Computing*, 55: 1773-1785.
- Gall, N., Sun, R., and Smuck, M. (2022) A comparison of wrist- versus hip-worn ActiGraph sensors for assessing physical activity in adults: a systematic review. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 5: 252-262.
- John, D., Morton, A., Arguello, D., Lyden, K., and Bassett, D. (2018) "What is a step?" Differences in how a step is detected among three popular activity monitors that have impacted physical activity research. *Sensors*, 18: 1206.
- Karaca, A., Demirci, N., Yilmaz, V., Aytar, S. H., Can, S., and Ünver, F. (2021) Validation of the ActiGraph wGT3X-BT accelerometer for step counts at five different body locations in laboratory settings. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 26: 63-72.
- Mandigout, S., Lacroix, J., Perrochon, A., Svoboda, Z., Aubourg, T., and Vuillerme, N. (2019) Comparison of step count assessed using wrist- and hip-worn Actigraph GT3X in free-living conditions in young and older adults. *Frontiers in Medicine*, 6: 252.
- Miguelles, J. H., Cadenas-Sanchez, C., Ekelund, U., Nyström, C. D., Mora-Gonzalez, J., Löf, M., Labayen, I., Ruiz, J. R., and Ortega, F. B. (2017) Accelerometer data collection and processing criteria to assess physical activity and other outcomes: a systematic review and practical considerations. *Sports Medicine*, 47: 1821-1845.
- Modave, F., Guo, Y., Bian, J., Gurka, M. J., Parish, A., Smith, M. D., Lee, A. M., and Buford, T. W. (2017) Mobile device accuracy for step counting across age groups. *JMIR Mhealth Uhealth*, 5: e88.
- Mora Gonzalez, J., Gould, Z. R., Moore, C. C., Aguiar, E. J., Ducharme, S. W., Schuna, J. M. Jr., Barreira, T. V., Staudenmayer, J., McAvoy, C. R., Boikova, M., Miller, T. A., and Tudor Locke, C. (2022) A catalog of validity indices for step counting wearable technologies during treadmill walking: the CADENCE adults study. *International Journal of Behavioral Nutrition Physical Activity*, 19: 117.
- Nakae, S., Oshima, Y., and Ishii, K. (2008) Accuracy of spring-levered and piezo-electric pedometers in primary school Japanese children. *Journal of Physiological Anthropology*, 27: 233-239.
- Ngueuleu, A. M., Barthod, C., Best, K. L.,



- Routhier, F., Otis, M., and Batcho, C. S. (2022) Criterion validity of ActiGraph monitoring devices for step counting and distance measurement in adults and older adults: a systematic review. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 19: 112.
- Nuss, K. J., Hulett, N. A., Erickson, A., Burton, E., Carr, K., Mooney, L., Anderson, J., Comstock, A., Schlemmer, E., Archambault, L. J., and Li, K. (2020) Comparison of energy expenditure and step count measured by ActiGraph accelerometers among dominant and nondominant wrist and hip sites. *Measurement of physical behaviour*, 3: 315-322.
- Oldfield, R. C. (1971) The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh Inventory. *Neuropsychologia*, 9: 97-113.
- Park, S., Marcotte, R. T., Toth, L. P., Paulus, P., Lauricella, L. P., Kim, A. H., Crouter, S. E., Springer, C. M., Staudenmayer, J. W., and Bassett, D. R. (2021) Free-living validation and harmonization of 10 wearable step count monitors. *Translational Journal of the American College of Sports Medicine*, 6 (4): e000172.
- Park, J., Ishikawa-Tanaka, K., Tanaka, S., Mekata, Y., and Tabata, I. (2011) Effects of walking speed and step frequency on estimation of physical activity using accelerometers. *Journal of Physiological Anthropology*, 30: 119-127.
- Pulsford, R. M., Cortina-Borja, M., Rich, C., Kinnafick, F-E., Dezateux, C., and Griffiths, L. J. (2011) Actigraph accelerometer-defined boundaries for sedentary behaviour and physical activity intensities in 7 year old children. *PLoS ONE* 6 (8): e21822.
- Puyau, M. R., Adolph, A. L., Liu, Y., Wilson, T. A., Zakeri, I. F. and Butte, N. F. (2016) Energy cost of activities in preschool-aged children. *Journal of Physical Activity and Health*, 13 (1): S11-S16.
- Puyau, M. R., Adolph, A. L., Vohra, F. A., and Butte, N. F. (2002) Validation and calibration of physical activity monitors in children. *Obesity Research*, 10: 150-157.
- Sakano, N., and Pickenhain, L. (1985) Japanese and German data on the correlation between handedness, arm folding, and hand clasping. *Studia Psychologica*, 27:107-116.
- 笹井浩行・引原有輝・岡崎勘造・中田由夫・大河原一憲 (2015) 加速度計による活動量評価と身体活動増進介入への活用. *運動疫学研究*, 17 : 6-18.
- Saunders, T. J., Gray, C. E., Borghese, M. M., McFarlane, A., Mbonu, A., Ferraro, Z. M., and Tremblay, M. S. (2014) Validity of SC-StepRx pedometer-derived moderate and vigorous physical activity during treadmill walking and running in a heterogeneous sample of children and youth. *BioMed Central Public Health*, 14: 519.
- Schneider, P. L., Crouter, S. E., Lukajic, O., and Bassett, D. R. Jr. (2003) Accuracy and reliability of 10 pedometers for measuring steps over a 400-m walk. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 35: 1779-1784.
- Simpson, L. A., Eng, J. J., Klassen, T. D., Lim, S. B., Louie, D. R., Parappilly, B., Sakakibara, B. M., and Zbogor, D. (2015) Capturing step counts at slow walking speeds in older adults: comparison of ankle and waist placement of measuring device. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 47: 830-835.
- Strong, W. B., Malina, R. M., Blimkie, C. Jr., Daniels, S. R., Dishman, R. K., Gutin, B., Hergenroeder, A. C., Must, A., Nixon, P. A., Pivarnik, J. M., Rowland, T., Trost, S., and Trudeau, F. (2005) Evidence based physical activity for school-age youth. *Pediatrics*, 146: 732-737.
- Trost, S. G., Loprinzi, P. D., Moore, R., and

- Pfeiffer, K. A. (2011) Comparison of accelerometer cut points for predicting activity intensity in youth. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 43: 1360-1368.
- Tudor-Locke, C., Barreira, T. V., and Schuna, J. M. Jr. (2015) Comparison of step outputs for waist and wrist accelerometer attachment sites. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 47: 839-842.
- Zhu, Z., Chen, P. and Zhuang, J. (2013) Intensity classification accuracy of accelerometer-measured physical activity in Chinese children and youth. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 84 (2): S4-S11.
- (受付日 2023/04/25 受理日 2023/06/19)