

## 幼児の持久走中における手首および腰部装着時の加速度計の比較

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

### Comparison of Wrist- and Hip-Worn Accelerometers during Endurance Running in Preschoolers

Hiroshi AKITAKE Munehiro TETSUGUCHI Kan-ichi MIMURA

#### Abstract

The purpose of this study was to compare the accuracy of the ActiGraph accelerometer when worn at the wrist and hip during endurance running in young children. The subjects were 12 young children (5 girls and 7 boys) aged 4 to 6 years. The running distances of the 4 and 5-year-olds and 6-year-olds were 1417.6 m and 2126.4 m, respectively. Each child was equipped with two ActiGraph accelerometers (ActiGraph wGT3X-BT, Pensacola, FL, USA), one with a nylon wrist band on the non-dominant wrist and the other attached with an elastic band on the right hip. Heart rate was measured using a heart rate monitor (Polar, A300, Finland), which was attached to the chest, and data were recorded on a heart rate clock on the left arm. Data were saved on a computer and Polar software was used for analysis. The heart rate and the data recorded by the wrist-worn accelerometer showed a negative correlation ( $r=-0.227$ ,  $p<0.01$ ). There was a positive correlation between the accelerometers when worn at the wrist and hip ( $r=0.232$ ,  $p<0.01$ ). The relationship between the wrist- and hip-mounted accelerometers during endurance running using the Bland-Altman plot methods was 3.6% outside the 95% limit. This suggests that there was some relationship between the vector magnitude of the accelerometer worn at the wrist and hip in terms of the degree of agreement during endurance running.

Key words : maximum oxygen uptake, marathon race, heart rate, reliability, validity

キーワード : 最大酸素摂取量, マラソン大会, 心拍数, 信頼性, 妥当性

---

1) スポーツ学部 2) 大阪教育大学 3) 大阪成蹊大学

## I 緒言

幼児を対象とした持久走のトレーニングに関する研究は、持久走プログラムの効果が認められたとする報告もあれば (Yoshizawa et al., 1997; 吉澤, 1981; 小林ほか, 1988), 持久走プログラムの効果が認められなかったとする報告もある (Yoshida et al., 1966). 幼児の持久走 (有酸素性能力) は、持久走を行う是非の問題はある。しかしながら、吉澤 (2002) は、幼児期から持久的な運動あそびを取り入れることを推奨している。秋武ほか (2016) は、日常生活において高強度の身体活動の増加によって、幼児の心拍数が高くなる機会が増加し、呼吸循環器系の向上が認められ、持久走中において経済的な走りができることを推察している。このことから、幼児期における運動あそびは、鬼ごっこなど有酸素性能力 (持久走を含む) を取り入れた運動あそびが重要である。

文部科学省 (2012) は、「幼児期運動指針策定委員会」を組織し、2012年3月に幼稚園や保育所における身体活動のみならず、家庭や地域での活動も含めた一日の生活全体の身体活動を合わせて、「様々な遊びを中心に毎日合計60分以上楽しく体を動かす」という目標を掲げ、幼児期運動指針を策定した。国際的にも子どもの身体活動量のガイドラインは、「1日に少なくとも60分以上の中強度以上の身体活動」を推奨しており、多くの国々で採用されている (WHO, 2019; Piercy et al., 2018; National Association for Sport and Physical Education, 2009; Strong et al., 2005). 身体活動量の低下は、有酸素性能力の低下を生み、高脂血症、高血圧、心臓病、骨に関する様々な問題を引き起こすことが明らかになっていることから、日常の身体活動は重要である。

身体活動量を評価している加速度計は、身体活動の量と質を評価することができることから、多くの研究で用いられて報告されてい

る (Strong et al., 2005; Pate et al., 2006; Maurice et al., 2016). わが国の加速時計は、スズケン社製の1軸加速度計ライフコーダ、パナソニック社製の3軸加速度計アクティマーカー、オムロン社製の3軸加速度計 Active style Pro が用いられて報告されている。諸外国では、身体活動量を評価している加速度計において、北米で主に用いられている Philips Respironics 社製の1軸加速度計 Acitical、北米や欧州で主に用いられ睡眠の解析もできる Activinsights 社製の3軸加速度計 GENEActiv、大腿部前面に装着する PAL Technologies 社製の actiPal が用いられて報告されている (笹井ほか, 2015). アメリカで行われた大規模調査である National Health and Nutrition Examination Survey は、2003年から2006年までの調査において、ActiGraph 社製の1軸加速度計 ActiGraph 7164 を腰部に装着し測定されていた。しかし、2011年から2014年までの調査では、ActiGraph 社製の3軸加速度計 ActiGraph GT3+ を用いて手首に装着し、身体活動量を評価している (Wolff-Hughe et al., 2014). 加速度計 ActiGraph は、手首および腰部装着時の精度に関する議論は尽きない。Butte et al., (2014) は、幼児を対象に二重標識水を用いて加速度計 ActiGraph の身体活動量のカットオフ値を明らかにしている。Johansson et al. (2016) は、幼児を対象に加速度計 Actigraph を手首および腰部に装着して、直接観察法を用いて5つの構造的な活動中における身体活動量を検討し、座位行動、低強度、中強度身体活動のカットオフ値を報告している。また Kim et al. (2018) は、小学4年生から6年生の児童を対象に、構造化されていない活動中における手首および腰部装着時の加速度計の比較を報告している。前述のように、手首および腰部装着時の加速度計の比較に関する研究は、特に幼児の持久走中において、報告はない。幼児の持久走中における加速度計について、装着場所によって異なる加速度計の出力値を比較するこ

とは、加速度計の精度に関する有用な知見になることが考えられる。

本研究は、幼児を対象に持久走中における手首および腰部装着時の加速度計 ActiGraph を比較することを目的とした。

## II 方法

### 1. 対象

対象は、4歳から6歳の幼児12名（女児5名、男児7名、年齢  $4.8 \pm 0.5$  歳）とした。対象の身体的特徴は、身長  $106.0 \pm 5.1$  cm、体重  $18.5 \pm 2.9$  kg、BMI  $16.4 \pm 1.6$  kg/m<sup>2</sup>であった。

本研究は、プール学院大学短期大学部研究倫理規定に基づき、研究倫理審査を受け、承認（115003、115004）を得て実施した。また著者および共著者は、びわこ成蹊スポーツ大学研究紀要を執筆するにあたり、びわこ成蹊スポーツ大学にて研究倫理審査を得て執筆した（承認番号：成ス大第2号）。対象の幼児、保育士および保護者には、本研究の趣旨を説明し、対象の保護者に対して調査内容を文書で周知し、測定のと意義、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、同意を得た。

### 2. 測定項目

#### 1) 持久走の走行距離

持久走の走行距離は、スタートから4、5歳児が1417.6m（4歳児がスタートしてから14分6秒であり、5歳児がスタートしてから11分16秒）、6歳児が2126.4m（スタートしてから14分49秒）であった。持久走は、幼児体育を専門とする指導者が対象の先頭を走行し、幼児に指導者より前を走行しないように指示を行った。指導者は、できるだけ速度が一定となるように速度を定期的に確認しながら、走行を実施した。

#### 2) 身体活動量の測定

身体活動量の測定は、3軸方向の加速度計である ActiGraph wGT3X-BT（ActiGraph,

Pensacola, FL, 米国,  $46 \times 33 \times 1.5$ cm, 19g）を用いた。ActiGraph は、幼児の手首および右腰部の2か所に装着した。また Epoch length が10秒、単位が cpm であった。加速度計 ActiGraph は、Vector magnitude（以下：VM）として、出力された。加速度計 ActiGraph から得られた3軸方向の合成ベクトルの大きさの算出式は、以下に示す。

$$VM = \sqrt{(\text{Magnitude } x)^2 + (\text{Magnitude } y)^2 + (\text{Magnitude } z)^2}$$

加速度計 ActiGraph から得られたデータは、ActiGraph 社製 ActiLife Version 6.13.2（ActiGraph, Pensacola, FL, 米国）を用いて分析した。

#### 3) 心拍数の測定

心拍数の測定は、心拍数記録装置（Polar 社製、A300, Finland）を用いて、幼児の胸部に装着し、そのデータを左腕の心拍時計に記録し、専用ソフトを用いて PC にデータを保存した後、解析を行った。サンプリング周波数は、1分間に60 Hz とした。心拍数データは、10秒間の平均値を用いた。

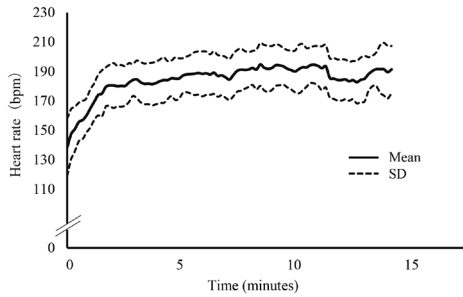
### 3. 統計処理

すべての有意水準は、5%未満とした。統計処理は、IBM 社製の SPSS Statistics version. 25 を用いて分析を行った。すべての値は、平均値 ± 標準偏差で示した。手首装着時の加速度計と腰部装着時の腰部および心拍数の関係は、ピアソンの相関関係を用いて分析した。手首装着時の加速度計と腰部装着時の腰部の関係は、Bland-Altman plot 分析を用いて、以下の式で示した（Bland and Altman, 1986；下井, 2016）。

$$A'_{(x,y)} = \left( \frac{a+b}{2}, \left[ \frac{a-b}{2} \right] \right)$$

### Ⅲ 結果

#### 1. 持久走中における心拍数

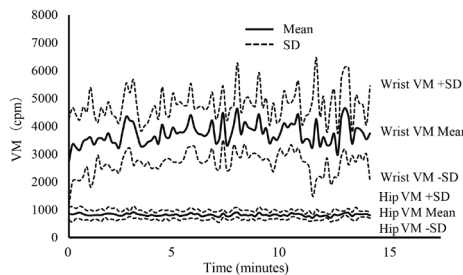


SD: Standard deviation

Figure 1 Heart rate during endurance running

Figure 1は、持久走中における心拍数を示したものである。スタート時の心拍数が  $138.4 \pm 19.5$  bpm, ゴール時の心拍数が  $191.3 \pm 15.9$  bpm, 走行中における心拍数が  $184.2 \pm 10.7$  bpm を示した。

#### 2. 持久走中における手首および腰部装着時の加速度計の加速度計



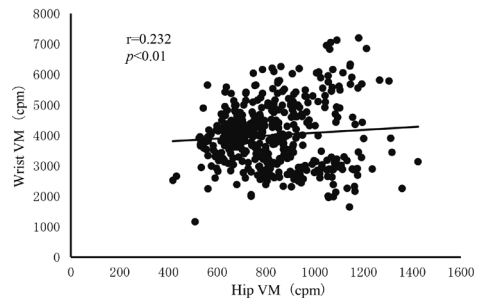
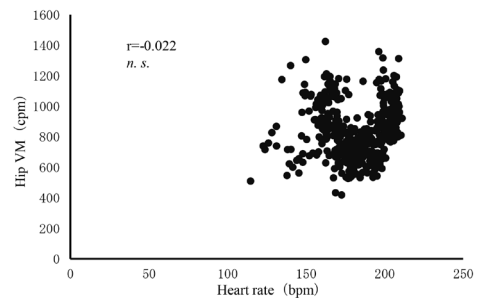
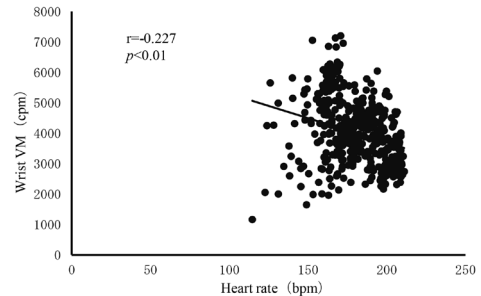
VM: Vector magnitude, SD: Standard deviation

Figure 2 Wrist VM and hip VM during endurance running

Figure 2は、持久走中における手首および腰部装着時の加速度計を示したものである。スタート時の手首装着時の加速度計が  $2714.7 \pm 1553.3$  cpm, ゴール時の手首装着時の加速度計が  $3739.2 \pm 1704.6$  cpm, 走行中における手首装着時の加速度計が  $3724.5 \pm 384.9$  cpm を示した。スタート時の腰部装着時の加速度計が  $858.2 \pm 245.1$  cpm, ゴール時の腰部装着時の加速度計が  $789.4 \pm 104.3$  cpm, 走行中における腰部装着時の加

速度計が  $815.7 \pm 42.6$  cpm を示した。

#### 3. 持久走中における心拍数と手首および腰部装着時の加速度計の関係



VM: Vector magnitude

Figure 3 Relationship between Wrist- and hip VM and heart rate during endurance running

Figure 3は、持久走中における手首および腰部装着時の加速度計と心拍数の関係を示したものである。手首装着時の加速度計と心拍数の関係は、負の相関関係が認められた ( $r = -0.227$ ,  $p < 0.01$ )。腰部装着時の加速度計と心拍数の関係は、相関関係が認められなかった。手首および腰部装着時の加速度計の関係は、正の相関関係が認められた ( $r = 0.232$ ,  $p < 0.01$ )。

4. Bland-Altman 法を用いた持久走中における心拍数と手首および腰部装着時の加速度計、手首と腰部装着時の加速度計の関係

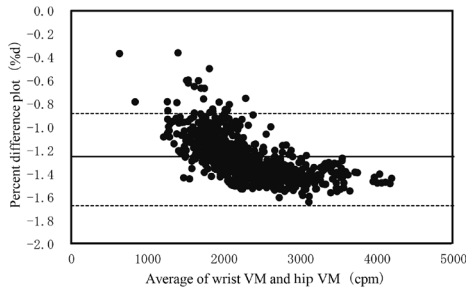


Figure 4 Bland-Altman plots displayed agreement between wrist VM and hip VM. Horizontal lines represent mean bias and 95% limits of agreement. Outside of the limits of agreement was 3.6% .

Figure 4 は、Bland-Altman 法を用いた持久走中における手首と腰部装着時の加速度計の関係を示したものである。95%限界の範囲外は、3.6%を示した。

IV 考察

幼児の持久走を取り入れている園は、少ないのが現状である。国際的な身体活動量のガイドラインでは、子どもを対象として5分から10分の中強度以上の身体活動の持続が、呼吸循環器や肥満の改善に有用であることを報告している (Holman et al., 2011 ; Mark et al., 2009)。吉澤 (2002) は、幼児期から持久的な運動あそびを取り入れることを推奨している。このように幼児期の有酸素性能力は、健康関連指標とより強く関わっていることが示唆されているが、1990年以降、吉澤の報告を最後に、ここ20年間わが国や諸外国においても報告が見当たらない。そこで本研究では、幼児の持久走中に手首および腰部装着時の加速度計の比較を行ったことに特色があると考えられる。

幼児を対象に手首および腰部装着時の加速度計 ActiGraph の精度に関する報告について、Johansson et al. (2015) が、幼児を対象に加速度計 Actigraph を手首および腰部に装

着して、直接観察法を用いて5つの構造的な活動中における身体活動量の評価を明らかにしている。また加速度計の信頼性、妥当性についての研究は、セルフペース走中や生活活動中の加速度計を検討し、座位行動、低強度身体活動量、中強度身体活動量、高強度身体活動量の基準値を作成している (Butte et al., 2014; Johansson et al., 2015; Maurice et al., 2016)。本研究の幼児の持久走中の手首装着時の加速度計 ActiGraph と心拍数の関係は、負の相関関係が認められた ( $r=-0.227, p<0.01$ )。また幼児の持久走中の腰部装着時の加速度計 ActiGraph と心拍数の関係は、相関関係が認められなかった。この結果は、相関関係が認められたものの、心拍数、つまり運動強度が上がれば上がるほど、手首の加速度計のVMが小さい値で安定している。これらの原因は、特定することができないが、ゴールに近づいて運動強度が上がれば上がるほど、腕の振りが経済的になり、その結果加速度計のVMが小さい値を示しているのではないかと推察される。しかしながら、手首装着時の加速度計と心拍数の関係は、負の相関関係が認められるが、相関係数が小さいことから、この結果について慎重に取り扱う必要があると考える。幼児の持久走中の手首と腰部装着時の加速度計 ActiGraph は、正の相関関係が認められた ( $r=0.232, p<0.01$ )。手首および腰部装着時の加速度計は、幼児の中強度身体活動および高強度身体活動のカットオフ値が報告されている (Butte et al, 2014; Sirard et al., 2005)。スタート時の手首装着時の加速度計が  $2714.7 \pm 1553.3\text{cpm}$ 、ゴール時の手首装着時の加速度計が  $3739.2 \pm 1704.6\text{cpm}$ 、走行中における手首装着時の加速度計が  $3724.5 \pm 384.9\text{cpm}$  を示した。スタート時の腰部装着時の加速度計が  $858.2 \pm 245.1\text{cpm}$ 、ゴール時の腰部装着時の加速度計が  $789.4 \pm 104.3\text{cpm}$ 、走行中における腰部装着時の加速度計が  $815.7 \pm 42.6\text{cpm}$  を示した。本研究の加速度計 ActiGraph のVMの結果は、幼児の加速度計 ActiGraph のこ



れまで報告されているカットオフ値と比較して、約15分にもわたり中強度以上の身体活動が継続されていることが確認できた。Puyau et al. (2016) は、ランニング中の心拍数が  $186.0 \pm 12.0$  bpm、酸素摂取量が  $31.6 \pm 5.0$  ml/kg/min. であることを報告している。本研究の心拍数から推定すると、持久走中の酸素摂取量が、 $35-40$  ml/kg/min. くらいであることが推察される。そのことから、幼児の持久走中の加速度計の比較は、特異的な状況下で手首および腰部装着時の加速度計の比較であったことが考えられる。そのため本研究結果は、持久走中の中強度以上の身体活動であることを念頭に、この結果を取り扱う必要がある。Bland-Altman法を用いた持久走中における手首と腰部装着時の加速度計の関係は、95%限界の範囲外は3.6%を示した。この結果より、手首装着時の加速度計のVMと腰部装着時の加速度計のVMは、VMの値に差が認められるものの、ある程度の関係性があることが示唆された。

本研究の限界点は、対象者が少ない点である。しかし幼児の持久走は、年間行事として持久走を実施している園が少ないことを考えれば、有益なエビデンスになることが考えられる。また加速度計の妥当性基準は、多くの研究で酸素摂取量が用いられている (Pate et al., 2006; Evenson et al., 2008)。本研究では、幼児の持久走中の酸素摂取量の測定は困難であったため、持久走中における酸素摂取量も合わせて検討することが望まれる。手首および腰部装着時の加速度計は、装着箇所の相違からVMの値に大きな違いが生じていることから、持久走中における手首および腰部装着時の加速度計と酸素摂取量を用いて精度の検証を行う必要がある。

## V 結論

本研究は、幼児を対象に持久走中における手首および腰部装着時の加速度計 ActiGraph を比較することを目的とし、以下の知見を得

た。

- 1) スタート時の心拍数が  $138.4 \pm 19.5$  bpm、ゴール時の心拍数が  $191.3 \pm 15.9$  bpm、走行中における心拍数が  $184.2 \pm 10.7$  bpm を示した。スタート時の手首装着時の加速度計が  $2714.7 \pm 1553.3$  cpm、ゴール時の手首装着時の加速度計が  $3739.2 \pm 1704.6$  cpm、走行中における手首装着時の加速度計が  $3724.5 \pm 384.9$  cpm を示した。スタート時の腰部装着時の加速度計が  $858.2 \pm 245.1$  cpm、ゴール時の腰部装着時の加速度計が  $789.4 \pm 104.3$  cpm、走行中における腰部装着時の加速度計が  $815.7 \pm 42.6$  cpm を示した。
- 2) 心拍数と手首装着時の加速度計の関係は、負の相関関係が認められた ( $r=-0.227$ ,  $p<0.01$ )。心拍数と腰部装着時の加速度計の関係は、相関関係が認められなかった。手首および腰部装着時の加速度計の関係は、正の相関関係が認められた ( $r=0.232$ ,  $p<0.01$ )。
- 3) Bland-Altman法を用いた持久走中における手首と腰部装着時の加速度計の関係は、95%限界の範囲外は3.6%を示した。

**利益相反自己申告：**著者全員が利益相反はない。

## 引用文献

- 秋武寛, 鉄口宗弘, 三村寛一 (2016) 幼児の持久走中における心拍数と日常の身体活動量との関係. プール学院大学研究紀要, 57: 273-285.
- Bland, J. M. and Altman, D. G. (1986) Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, 1: 307-310.
- Butte, N. F., Wong, W. W., Lee, J. S., Adolph, A. L., Puyau, M. R., and Zakeri, I. F. (2014) Prediction of energy expenditure and physical activity in preschoolers. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 46: 1216-1226.

- DuRant, R. H., Baranowski, T., Puhl, J., Rhodes, T., Davis, H., Greaves, K. A., and Thompson, W. O. (1993) Evaluation of the children's activity rating scale (CARS) in young children. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 25: 1415-1421.
- Evenson, K. R., Catellier, D. J., Gill, K., Ondrak, K. S., and McMurray, R. G. (2008) Calibration of two objective measures of physical activity for children. *J Sports Sci.*, 26 (14): 1557-1565.
- Holman, R. M., Carson, V., and Janssen, I. (2011) Does the fractionalization of daily physical activity (sporadic vs. bouts) impact cardiometabolic risk factors in children and youth?. *PLoS ONE*, 6: e25733.
- Johansson, E., Larisch, L., Marcus, C., and Hagströmer, M. (2016) Calibration and validation of a wrist- and hip-worn Actigraph accelerometer in 4-year-old children. *PLoS ONE*, 11 (9): e0162436.
- Kim, Y. and Lochbaum, M. (2018) Comparison of Polar Active Watch and waist- and wrist-worn ActiGraph accelerometers for measuring children's physical activity levels during unstructured afterschool programs. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 15 (10): 2268.
- 小林寛道, 脇田裕久, 八木規夫, 長井健二, 水谷四郎, 桜井伸二, 蛭田秀一, 嶋岡みどり, 桜井圭世 (1988) 幼児・小学生の最大酸素摂取量に関する縦断的研究. *日本体育学会第39回大会号A*, 269.
- Kuster, R. P., Hagströmer, M., Baumgartner, D., and Grooten, W. J. A. (2021) Concurrent and discriminant validity of ActiGraph waist and wrist cut-points to measure sedentary behavior, activity level, and posture in office work. *BMC Public Health*, 21: 345.
- Mark, A. E. and Janssen, I. (2009) Influence of bouts of physical activity on overweight in youth. *Am J. Prev. Med.*, 36 (5): 416-421.
- 文部科学省幼児期運動指針策定委員会. 幼児期運動指針 (2012) [http://www.mext.go.jp/a\\_menu/sports/undousisin/1319192.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/sports/undousisin/1319192.htm). (アクセス日: 2021年10月30日)
- National Association for Sport and Physical Education. *Active Start: A Statement of Physical Activity Guidelines for Children from Birth to Age 5*, 2nd Edition. Sewickley, PA: American Alliance for Health (2009) Physical Education, Recreation, and Dance.
- Pate, R. R., Almeida, M. J., McIver, K. L., Pfeiffer, K. A., and Dowda, M. (2006) Validation and Calibration of an Accelerometer in Preschool Children. *Obesity*, 14 (11): 2000-2006.
- Piercy, L. L., Troiano, R. P., Ballard R. M., Ballard, R. M., Carlson, S. A., and Fulton, J. E., Galuska, D. A., George, S. M., and Olson, R. D. (2018) The physical activity for Americans. *JAMA*, 320 (19): 2020-2028.
- 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. *J. Phys. Act. Health*, 13(Suppl 1): S11-S16.
- 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 (1): 6-18.
- 下井俊典 (2011) 評価の絶対信頼性. *理学療法科学*, 26 (3): 451-461.
- Sirard, J. R., Trost, S. G., Pfeiffer, K. A., Dowda, M., Pate, R. R. (2005) Calibration and evaluation of an objective measure of physical activity in preschool children. *J Phys Act Health*, 2 (3): 345-357.
- Strong, W. B., Marina. R. M., Blimkie, C. R., 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. *J. Pediatric*, 146: 732-737.
- van Cauwenberghe, E. L. V., Trost, S. G., de Bourdeaudhuij, I., and Cardon, G. (2011) Calibration and comparison of accelerometer cut points in preschool children. *Int J Pediatr Obes*, 6: 582-589.
- WHO (2019) Guidelines on physical activity, sedentary behavior and sleep for children under 5 years of age. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241550536> (accessed 2021-09-01) .
- Wolff-Hughes, D. L., Bassett, D. R., and Fitzhugh, E. C. (2014) Population-Referenced Percentiles for Waist-Worn Accelerometer-Derived Total Activity Counts in U.S. Youth: 2003-2006 NHANES. *PLoS ONE*, 9 (12): e115915.
- Yoshida, T., Ishiko, I., and Muraoka, I. (1966) Effect of endurance run training on cardiorespiratory functions of 5-year-old children. *Int. J Sports Med.*, 1: 91-94.
- 吉澤茂弘：幼児の有酸素性能力の発達，杏林書院，東京，2002.
- Yoshizawa, S., Honda, H., Nakamura, N., Itoh, K., and Watanabe, N. (1997) Effects of an 18-month Endurance run training program on maximal aerobic power in 4- to 6-year-old girls. *Pediatr. Exerc. Sci.*, 9: 33-43.
- 吉澤茂弘 (1981) 子どもの運動あそびと呼吸循環機能の発達. *体育の科学*, 31 : 316-323.

### 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，保護者のみなさま，理事長先生，園長先生，先生方に，心より感謝申し上げます。また測定にあたり，ご協力いただきました学生の方々に心より感謝申し上げます。