

児童における Lifecorder を用いた 身体活動強度分析方法のまとめ

香村 恵介^{1, 3)}, 石井 好二郎²⁾

Classification of the intensity of physical activity measured by using Lifecorder among school-aged children: A review

Keisuke KOMURA^{1, 3)}, Kojiro ISHII²⁾

Abstract

BACKGROUND: Lifecorder (LC; SUZUKEN Co.) is a widely used accelerometer in Japan. The intensity of physical activity (PA) is scored eleven activity levels (level 0: rest; level 0.5: micro activity; level 1-9: movement) of LC score. Based on the report of Kumahara et al. (2004), that demonstrated the relationship between LC score and metabolic equivalents (METs) among adults, LC1-3 is defined as light-intensity physical activity and LC4-9 as moderate- to vigorous-intensity physical activity (MVPA). However, some studies applied the definition for adults to children. **OBJECTIVE:** This study aimed to review the previous reports that classified children's PA intensity on the basis of LC score, and to provide suggestions for future studies. **METHODS:** The literature that analyzed children's PA intensity according to LC score was reviewed using document-retrieval system, PubMed, and Ichushi-Web. We selected peer-reviewed articles and short communications. **RESULTS:** Three English-literature articles and 16 Japanese-literature articles met the adoption standard. Fourteen articles focused on METs of children and defined the threshold of the LC score. Nine of these articles classified \geq LC4 as MVPA. However, 5 articles classified children's PA intensity according to the classifications for adults provided by SUZUKEN CO. and 4 articles classified children's PA intensity on the basis of the relationship between METs and LC score among adolescents or adults. Five articles defined LC score on the basis of children's movements such as walking and running. Previous studies have reported that children's normal walking speed and METs were 77.4m/min and 3.2METs, respectively. The LC score that was acquired by substituting those values into regression equation based on Adachi et al. (2005) was calculated at 6.2. **CONCLUSION:** Approximately half the number of the articles that classified children's PA intensity by using LC applied the definition for adults: \geq LC4 means MVPA. We suggest a more appropriate classification for children than the classification previously reported, i.e., \geq LC6 means MVPA and movements in addition to normal walking. In addition, on the basis of the knowledge gathered from the previous reports, we suggest that the validity of the LC score for school-aged children must be examined in future studies.

Key words : accelerometer, Lifecorder, physical activity intensity, children

京都文教短期大学¹⁾, 同志社大学スポーツ健康科学部²⁾, 同志社大学大学院スポーツ健康科学研究科³⁾

Kyoto Bunkyo Junior College¹⁾, Faculty of Health & Sports Science, Doshisha University²⁾, Graduate School of Health and Sports Science, Doshisha University³⁾

連絡先: 香村恵介 Email: k-komura@po.kbu.ac.jp

Tel: 0774-25-7811 (研究室直通)

I. 緒言

加速度センサを内蔵する活動量計（以下、加速度計）は、二重標識水法よりもコストが低く、呼気ガス分析法よりも対象者の負担が小さいことに加え、歩数計法や質問紙法よりも妥当性および信頼性が高いため、ヒトを対象としたフィールド研究に導入しやすい¹⁾。そのため、大規模研究における身体活動の評価にも加速度計が使用されるようになってきた²⁾。

近年、学術調査での活用を目的とした加速度計が国内外で多数発売されている³⁾。海外の主な加速度計はActiGraph GT1M (ActiGraph社)を始め、腰部に加えて手首、足首に装着可能なActiGraph GT3X+ (ActiGraph社)、Actical (Philips Respironics社)、GENEActiv (Activinsights社)、大腿前面に装着するactivPAL (PAL Technologies社)などがある。一方、国内ではLifecorder (スズケン社)、Active style Pro (オムロンヘルスケア社)、Actimarker (パナソニック電工社)、ActivTracer (GMS社)、VIM (マイクロストーン社)などが主に使用されており、中でもLifecorderは国内の運動疫学研究で頻用される機種の一つである¹⁾。

Lifecorder (以下、LC)は、0.06gから1.94g (1.00gが自由落下と同等の加速度)の範囲の加速度信号を32Hzで検出する1軸加速度計である。加速度信号はアナログバンドパスフィルターによって処理され、計数化される⁴⁾。LCは以下に挙げる4つの垂直加速度の閾値を有する：threshold 1 (TH1): 0.06g, TH2: メーカーの固有値, TH3: メーカーの固有値, TH4: 1.96g。そして、加速度センサが4秒以内に3回以上の加速度信号を検出した場合、その活動は身体活動と判断され、1-9のLC独自の身体活動強度 (LC強度) に分類される。このLC1-9は歩数の頻度と垂直加速度の大きさという2つの要因によって決定される。一方、身体活動とは判断されないが、加速度信号 (0.06g) が検出された場合、0とはカウントされず、0.5が任意に付与される⁵⁾。つまり、LCを装着した状態における活動は、4秒ごとに11段階 (LC0, 0.5, 1-9) のいずれかに分類される。歩数に関して、LCは独自の算出方法を持ち、垂直加速度信号が2番目の閾値 (TH2) を超え、それが1.5秒以内に再び検出された場合に歩数を記録する⁵⁾。言い換えれば、初めの1歩を認識してから1.5秒以内に2歩目を認識しない場合は、初めの1歩を取り消す⁶⁾。

これまで、成人^{4,7)}および中学生⁸⁾を対象として、LCを装着した状態でトレッドミル漸増負荷テスト中の酸素摂取量が測定され、LC強度とMETs (metabolic equivalents) との関係が報告されている。身体活動強度に関して、中強度身体活動 (moderate-intensity physical activity; 以下

MPA) は3-6METs、高強度身体活動 (vigorous-intensity physical activity; 以下VPA) は6METs以上、軽強度身体活動 (light-intensity physical activity; 以下LPA) は3METs未満で、かつ、座位行動を除く身体活動 (1.5METsを超える身体活動) と定義され、この定義は身体活動に関わる専門家の間では常識的な知識としてコンセンサスが得られている⁹⁾。したがって、LCを使用した研究の多くは、Kumahara et al. ⁴⁾を参考に、LC1-3を軽強度、LC4-6を中強度、LC7-9を高強度として身体活動強度別の分析を行っている。しかし、児童を対象とした場合にも成人と同様の各活動強度に対応するLC強度の範囲を使用して身体活動強度別の時間を評価している研究も見られる¹⁰⁾。体重当たりの安静時エネルギー消費量および運動中のエネルギー消費量は、子どもの方が成人よりも高いため¹¹⁾、成人のLC強度とMETsの定義を補正無しでそのまま児童に適用して良いかは慎重に判断する必要がある。実際、海外で頻用されているActiGraphの較正研究では、子ども^{12,13)}は成人¹⁴⁾よりも高い中強度の閾値が必要であることが示されている。

LCが成人のみならず児童を対象とした研究にも使用され、身体活動強度別の検討もなされるようになっていく現状を鑑みると、LCを用いた児童の身体活動強度分析方法を整理しておく必要がある。そこで本研究は、児童を対象にLCを使用して身体活動強度を分析している論文をレビューし、これまでの研究方法を整理するとともに、今後の課題と方向性を示すことを目的とした。

II. 方法

1. 文献の検索方法と採択基準

LCを使用して児童 (小学1年生から6年生) の身体活動を測定した研究について、PubMedおよび医学中央雑誌のデータベースを用いて文献検索を行った。検索に用いたキーワードは、PubMedにおいては“Lifecorder OR accelerometry OR accelerometer”とし、フィルター機能を利用して対象者の年齢を6-12歳に絞り込んだ。医学中央雑誌においては“(ライフコーダ or Lifecorder or 身体活動) and (小児 or 子ども or 小学生 or 児童)”をキーワードとし、絞り込み検索で原著論文に限定した。2015年6月4日現在でPubMedでは1258件、医学中央雑誌では1075件の論文が抽出された。具体的な採択基準は、1) Lifecorderを使用していること、2) 各活動強度に対応するLC強度の範囲を定義し、その基準に従って身体活動を分類して評価していること、3) 児童を対象とした研究であること、4) 査読付きの原著論文または資料であることとし、それらの条件を満たさないものは除外した。なお、文献検索を行った時点でデータベー

ス上には登録されていないものの、査読付きの原著論文として学術雑誌に掲載されている埴¹⁵⁾も上述の採択基準を満たすため追加した。

Ⅲ. 結果

本研究における採択基準を満たしたのは英文3編、和文16編の計19編であった。このうち、児童の身体活動強度に着目して各活動強度に対応するLC強度の範囲を定義している研究が14編(表1)、歩・走行の動作に着目して分類している研究が5編(表2)であった。

表1. Lifecorderを用いた児童の身体活動強度に着目した分類

文献	MPAの 閾値	用いた活動強度区分	活動強度区分の根拠
戸田他 ¹⁶⁾	LC4	身体活動時間(LC4-9)	成人の場合、3METs以上の身体活動はLC4以上に相当する ⁵⁰⁾ 。児童の登校時の平均LCを測定した結果、男子4.1、女子3.7であったことから、児童においてもLC4前後をゆっくりした歩行(おおよそ3METs)と判断した
新本・山崎 ¹⁷⁾	LC4	活動時間(LC4-9)	スズケン社が提示している基準: LC4以上(3METs以上)の身体活動時間は1日の中強度以上の歩行時間を示す
石井他 ¹⁸⁾	LC4	中等度身体活動(LC4-6) 高強度身体活動(LC7-9)	スズケン社が提示している基準
埴 ¹⁵⁾	LC4	LC4-9(中・高強度身体活動) LC7-9(高強度身体活動)	小学生から高校生を対象に、LC4-6を中強度、LC7-9を高強度と分類した引原他 ¹⁹⁾ を参考
引原他 ¹⁹⁾	LC4	light activity (LC1-3) moderate activity (LC4-6) vigorous activity (LC7-9)	中学生6名にトレッドミル漸増負荷テストを行い、成人を対象としてLC強度とMETsの関係を報告しているKumahara et al. ⁴⁾ の報告と一致した
森村他 ¹⁰⁾	LC4	light physical activity (LC1-3) moderate physical activity (LC4-6) vigorous physical activity (LC7-9) moderate-to vigorous physical activity (LC4-9)	成人を対象としてLC強度とMETsの関係を報告しているKumahara et al. ⁴⁾ を参考
佐藤他 ²⁰⁾	LC4	座位活動(LC0-0.5) 低強度身体活動(LC1-3) 中等度身体活動(LC4-6) 高強度身体活動(LC7-9)	スズケン社が提示している基準
佐藤他 ²¹⁾	LC4	座位活動(LC0-0.5) 低強度身体活動(LC1-3) 中等度身体活動(LC4-6) 高強度身体活動(LC7-9)	スズケン社が提示している基準
Ishii et al. ²²⁾	LC4	sedentary time (LC0-0.5) light intensity physical activity (LC1-3) moderate intensity physical activity (LC4-6) vigorous intensity physical activity (LC7-9)	スズケン社が提示している基準
McClain et al. ²³⁾	LC5	MVPA (LC5-9)	LCとActiGraphを比較し、LC5以上をMVPAの閾値とした場合にActiGraphで測定したMVPAと比較可能である
Labbrozzi et al. ²⁴⁾	LC5	MVPA (LC5-9)	6-17歳の子どものMPAの閾値が4METs ⁵¹⁾ と考え、LC5以上がMVPAに相当する ⁴⁾
八木 ²⁵⁾	その他	高強度身体活動(LC7-9)	若年男性において、LC7-9が7METs以上の強度に相当する ⁷⁾
安部 ²⁶⁾	その他	LC5-9の出現率	明確な根拠の記載無し
根本他 ²⁷⁾	その他	LC3-9の運動時間	明確な根拠の記載無し

1. 身体活動強度に着目した分類

表1に示したように、児童の身体活動強度に着目して分類している研究14編^{10,15-27)}のうち、3METs以上の身体活動を意味する中高強度身体活動 (moderate- to vigorous-intensity physical activity; 以下MVPA)をLC4以上と定義している研究は9編^{10,15-22)}であった。この9編のうち、児童向けの閾値を考慮してMVPAに相当するLC強度を4以上と定義した文献は戸田他¹⁶⁾の1編のみであった。

一方、児童のMVPAに相当する身体活動強度はLC5以上であると定義している研究は14編のうち2編^{23,24)}であった。これらは2編とも児童向けの閾値を考慮して基準を定めていた。

残りの3編²⁵⁻²⁷⁾には明確な根拠は示されていない。

なお、MVPAの基準に加えて座位行動の基準も設定し評価していたのは、14編のうち3編²⁰⁻²²⁾であった。これらの研究はLC0-0.5を座位行動として分類していた。

2. 動作に着目した分類

表2に示したように、児童の歩・走行の動作に着目してLC強度を定義している研究5編²⁸⁻³²⁾のうち、歩行をLC1-3、走行をLC4-9と分類している研究が1編²⁸⁾、歩行をLC1-4、速歩以上をLC5-9と分類している研究が1編²⁹⁾、歩行程度をLC1-6、速歩から走行以上をLC7-9と分類している研究が3編³⁰⁻³²⁾であった。これら3編は、児童を対象としてフィールドでの歩・走行スピードとLC強度との関係を検討した足立他³³⁾の研究を引用し、児童向けの閾値を考慮していた。一方、三森

他²⁸⁾および安部他²⁹⁾には、明確な根拠の記載はみられなかった。

IV. 考察

本研究の目的は、児童を対象にLCを使用して身体活動強度を分析している論文をレビューし、これまでの研究で各活動強度に対応するLC強度の範囲がどのように定義されてきたかを整理するとともに、今後の課題と方向性を示すことであった。

本研究で採択された児童を対象とした研究は19編であり、そのうちLC4以上をMPAの閾値として身体活動強度を評価している研究が9編 (47%) と最も多く、約半数を占めていた (表1)。しかし、そのうち2編^{15,19)}は中学生 (平均年齢: 男子15.0歳, 女子15.3歳) のMETsとLC強度の関係を参考にし、5編^{17,18,20-22)}はスズケン社が主に成人を対象として提示している運動強度の分類基準に従い、残りの2編^{10,16)}は成人のMETsとLC強度の関係を根拠として児童の身体活動強度を分類していた。先行研究において、児童が成人と同じ身体活動を行った場合、児童のMETsが成人に比べて低くなることが報告されている^{11,34,35)}。例えば、大人が歩行から走行へと運動形式が移行する速度 (Preferred Transition Speed; 以下PTS) における身体活動強度はおおよそ6.0-7.0METs³⁶⁾であるのに対し、児童のPTSにおける身体活動強度はおおよそ4.0-5.7METs³⁵⁾であり、1METs程度低いことが明らかになっている。これは、児童の体重当たりの安静時エネルギー消費量および運動中のエネルギー消費量が成人よりも高いためであると考えられている¹¹⁾。そのため、海外で主に使用されている活動量計の1つであるActiGraphでは、児童のMPAの

表2. Lifecorderを用いた児童の動作に着目した分類

文献	用いた動作区分	動作区分の根拠
三森他 ²⁸⁾	歩行 (LC1-3) 走行 (LC4-9)	明確な根拠の記載無し
安部他 ²⁹⁾	歩行 (LC1-4) 速歩以上 (LC5-9)	明確な根拠の記載無し
足立他 ³⁰⁾	歩行程度 (LC1-6) 速歩から走行以上 (LC7-9)	児童を対象としてフィールドでの歩・走行スピードとLC強度との関係を検討した足立他 ³³⁾ を参考
笹山他 ³¹⁾	歩行程度 (LC1-6) 速歩から走行以上 (LC7-9)	児童を対象としてフィールドでの歩・走行スピードとLC強度との関係を検討した足立他 ³³⁾ を参考
中江他 ³²⁾	不活動な時間 (LC0-0.5) 歩行程度 (LC1-6) 速歩から走行以上 (LC7-9)	児童を対象としてフィールドでの歩・走行スピードとLC強度との関係を検討した足立他 ³³⁾ を参考

カットオフポイント^{12,13)}は成人¹⁴⁾よりも高く設定されている。これらのことから、成人を対象として確認されたMVPAの基準であるLC4以上をそのまま児童に当てはめて評価することは、児童のMVPAを過大評価する可能性がある。

厚生労働省が2013年に公表した健康づくりのための身体活動基準³⁷⁾の中では、18歳未満の子どもに関する十分な科学的根拠がないとして定量的な身体活動量の推奨値は設定されていないものの、主要各国では子どもに対して1日60分以上のMVPAが推奨されている³⁸⁻⁴²⁾。日本においても定量的な推奨値の設定に向けて、児童における中強度以上の身体活動を妥当性高く測定しデータを蓄積していくことが重要であるため、今後、児童を対象としたLC強度の統一した見解が必要である。

中強度以上の身体活動に対する関心が広まったのは、米国疾病対策予防センター(CDC) および米国スポーツ医学会(ACSM)の推奨(recommendation)⁴³⁾がきっかけである⁴⁴⁾。この推奨の中で、「Moderate physical activityは3-6METs(健康的な成人の時速3-4マイルと同等)の身体活動である」と定義され、MPAの健康に対する利益が強調されたことが、現在の「MVPAは3METs以上の身体活動である」という共通認識につながっている。時速3-4マイルは時速4.8-6.4kmに相当し、ほどほどの速さ(moderate pace)〜とても速いペース(very brisk pace)の歩行と同等である³⁶⁾。MVPAに対する関心が広がった背景には、ある程度の速さの「歩行以上」の強度を中強度以上の身体活動として推奨するという考えがあった。このため、身体活動強度を定義す

る際には、METsの観点からだけでなく、動作の観点から分類することも重要である。

本研究で採択された19編のうち、児童の歩・走行の動作に着目してLC強度を定義している研究は5編(26%)であった。このうち3編³⁰⁻³²⁾は、児童を対象としてフィールドでの歩・走行スピードとLC強度との関係を検討した足立他³³⁾を引用し、歩行程度をLC1-6、速歩から走行以上をLC7-9と分類していた。大島他⁴⁵⁾は、身体活動の量や強度といった数的指標だけでなく、どのような動作や活動がどれだけ行われているかといった一日の活動形態の視点を加えることが実践的方策につながるとして、Active style Pro HJA-350IT(オムロンヘルスケア社)を用いて児童の歩行と走行の判別を試みた。このように、どれだけ走行時間があったかというような動作の観点で現場へデータを返すことは、実践のイメージを抱きやすく、有効なフィードバックになり得る。

上述の足立他³³⁾によって報告されている児童を対象とした歩・走行スピードとLC強度の回帰式と、同じく児童を対象として通常歩行、PTS時の走行スピードおよびMETsを報告している中江他³⁵⁾を基に、新たな基準を作成した結果を表3に示した。中江他³⁵⁾によって報告されている通常歩行時の速度は、児童全体の平均で77.4m/min、PTS時の速度は110.3m/minであり、METsはそれぞれ3.2METs、5.1METsである。この値は、児童を対象としたMaffeis et al.⁴⁶⁾によって報告されている値(75m/minが約3.5METs、108m/minが約5.0METs)とほぼ同様である。各動作時のLC強度を足立他³³⁾の回帰式から推定すると、通常歩行時がLC6.2、PTS時が

表3. 中江他³⁵⁾の通常歩行およびPTSの速度、METsと足立他³³⁾の回帰式から推定したLC強度

	通常歩行			PTS		
	速度(m/min)	METs	LC強度 ^{a)}	速度(m/min)	METs	LC強度 ^{a)}
低学年(n=12)	68.2	2.8	—	102.3	4.0	—
中学年(n=12)	78.3	3.3	6.3 ^{b)} /6.2 ^{c)}	110.5	4.9	8.1 ^{b)} /8.0 ^{c)}
高学年(n=12)	85.8	3.8	6.4 ^{d)} /6.2 ^{e)}	118.0	5.7	8.2 ^{d)} /8.1 ^{e)}
全体(n=36)	77.4	3.2	6.2 ^{b)} /6.1 ^{c)}	110.3	5.1	8.1 ^{b)} /8.0 ^{c)}

a: 中江他³⁵⁾の通常歩行およびPTSの速度を、足立他³³⁾の回帰式^{b-e)}に入れてLC強度を算出。

b: 小学3, 4年男子 $y = -2.5052 + 0.15380x - 5.2620e - 4x^2$ (y: LC強度, x: 速度(m/min) 以下同様)

c: 小学3, 4年女子 $y = -2.6013 + 0.15187x - 5.0846e - 4x^2$

d: 小学5, 6年男子 $y = -4.9462 + 0.18850x - 6.5410e - 4x^2$

e: 小学5, 6年女子 $y = -5.6630 + 0.19737x - 6.8578e - 4x^2$

足立他³³⁾に小学1, 2年生を対象とした回帰式が無い場合、低学年のLC強度は推定していない。全体(小学1-6年生)のLC強度は、小学3, 4年生の回帰式に代入して推定した。

LC8.1となる。このことから、児童の動作の観点からLC強度を分類すると、通常歩行未満の強度がおおよそLC1-5、通常歩行から速歩きがLC6-7、走行がLC8-9と考えることができる。足立他³³⁾では、歩行程度がLC1-6、速歩から走行以上がLC7-9であると報告されているため、上述のLC強度の新しい定義はおおよそ整合性がとれており、より細かな動作別の分類を可能にすると考えられる。さらに、METsによる身体活動強度の基準(3METs以上がMVPA)に当てはめて考えると、児童のMVPA(≥ 3 METs)はLC6-9と判断できる。

座位行動時間に関しては、3編²⁰⁻²²⁾がLC0-0.5の基準を用いて評価していたが、その根拠は述べられていなかった。先述したように、LCは4秒以内に3回以上の加速度信号を検出した場合を身体活動と認識する⁵⁾。言い換えれば、加速度信号を4秒間に1回または2回検出した場合は身体活動と判断せず、微小運動(0.5)とカウントすることになる。そのため、間欠的な非移動性の活動の場合、正しく身体活動と認識しないで、座位行動と判断される可能性もある。Hikihara et al.⁵⁾は、掃除機かけや5kgの荷物運び(3m先に移動)のような非移動性活動について、実測METsではそれぞれ2.9METs、4.4METsであり、ゆっくり歩行(3.1METs)や通常歩行(3.6METs)に匹敵する活動であるものの、LC0.5-1.5と検出されることから、LCは非移動性活動を過小評価すると報告している。つまり、LC0および0.5を座位行動とするならば、本来は座位行動ではなくLPAやMPAに当てはまるような生活活動のうち、非移動性の活動(掃除機かけ、荷物運び、洗濯物干し、皿洗いなど)のいくらかの時間は座位行動として評価しているという問題が生じる。なお、他の加速度計では、生活活動とそれ以外の活動を判別するようなアルゴリズムが開発されている機種もある^{47,48)}。LCを使用して座位行動を評価する際のもう1つの注意点として、4秒版であれば、4秒ごとのLC強度が保存されるので問題ないが、2分版の場合は、「0を除く最頻値」が保存される点⁴⁹⁾が挙げられる。例えば、ある2分間で、4秒間だけLC強度が5で、他は0であった場合、その2分間の値は「5」となる。LCを用いて座位行動を評価する場合、LCは4秒版と2分版ともに非移動性の活動を過小評価し、座位行動を過大評価することに加え、特に2分版は「0を除く最頻値」を2分の代表値とするため、座位行動を過小評価する特性を有していることに注意する必要がある。

本研究では児童を対象としてLCを用いて身体活動強度を分類している研究の現状と課題を検討し、いくつかの方向性を示したものの、児童を対象としてどのような基準でLC強度を分類すれば良いかという根本的な結論

を出すことはできていない。本研究で提案した「児童のMVPA(≥ 3 METs)はLC6-9に相当する」という基準は、中江他³⁵⁾が1年生から6年生の各学年男女3名ずつ計36名の児童を対象にフィールド上での歩・走行活動時の速度とMETsの値を算出した研究、および足立他³³⁾が小学3、4年生男女170名を対象として、フィールド上での歩・走行活動時の速度とLC強度の回帰式を算出した研究に基づいている。中江他³⁵⁾で算出された値は小学1~6年生の平均値であるが、その値を当てはめた足立他³³⁾の回帰式は小学3、4年生の対象者から算出された式であることに注意する必要がある。また、どちらの研究もトレッドミル上ではなく、フィールドでの歩・走行テストを実施しているが、日常の自由生活下におけるMVPAの推定に適用できるかは不明である。

国内で頻用されているLCを用いて、児童を対象としても有用なデータを蓄積していくために、今後はLCを用いて児童の年齢に応じた自由生活下での身体活動強度や活動形式を、十分な妥当性で推定するための検討が必要である。

V. まとめ

本研究は、LCを用いて児童の身体活動強度をいくつかに分類して評価している研究をレビューし、その分類方法をMETsと動作の観点から整理した。そして、児童を対象とした場合においても、成人と同様の基準を適用した研究が多いことを明らかにした。先行研究の知見を組み合わせ、より適切な分類基準を提案したものの、今後、LCを用いて児童の年齢に応じた自由生活下における身体活動強度や活動形式を推定するための実験的な妥当性検討が必要である。

引用文献

1. 笹井浩行, 引原有輝, 岡崎勘造, 中田由夫, 大河原一憲: 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, 2015; 17(1): 6-18.
2. Lee IM, Shiroma EJ: Using accelerometers to measure physical activity in large-scale epidemiological studies: issues and challenges. Br J Sports Med, 2014; 48(3), 197-201.
3. Van Remoortel H, Giavedoni S, Raste Y et al: PROactive consortium: Validity of activity monitors in health and chronic disease: a systematic review. Int J Behav Nutr Phys Act, 2012; 9: 84.
4. Kumahara H, Schutz Y, Ayabe M et al: The use of uniaxial accelerometry for the assessment of physical-activity-related energy expenditure:

- a validation study against whole-body indirect calorimetry. *Br J Nutr*, 2004; 91 (2): 235-243.
5. Hikihara Y, Tanaka S, Ohkawara K, Ishikawa-Takata K, Tabata: Validation and comparison of 3 accelerometers for measuring physical activity intensity during nonlocomotive activities and locomotive movements. *J Phys Act Health*, 2012; 9 (7): 935-943.
 6. 田中千晶, 田中茂穂, 河原純子, 緑川泰史: 一軸加速度計を用いた幼児の身体活動量の評価精度. *体力科学*, 2007; 56: 489-500.
 7. 樋口博之, 綾部誠也, 進藤宗洋, 吉武裕, 田中宏暁: 加速度センサーを内蔵した歩数計による若年者と高齢者の日常身体活動量の比較. *体力科学*, 2003; 52 (1): 111-118.
 8. 足立稔, 笹山健作, 沖嶋今日太, 角南良幸, 塩見優子: 加速度センサー付歩数計を用いた中学生の日常生活での身体活動量評価の検討. *体力科学*, 2009; 58: 275-284.
 9. 岩佐翼, 井上茂: 世界と日本の身体活動指針. *体育の科学*, 2013; 63 (12): 933-939.
 10. 森村和浩, 清永明, 進藤宗洋, 田中宏暁: 身体活動を促す短時間の取り組みと体力・身体活動水準の関係 - 小学生を対象とした横断研究. *体力科学*, 2014; 63 (5): 455-461.
 11. Harrell JS, McMurray RG, Baggett CD, Pennell ML, Pearce PF, Bangdiwala SI: Energy costs of physical activities in children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc*, 2005; 37 (2): 329-336.
 12. Puyau MR, Adolph AL, Vohra FA, Butte NF: Validation and calibration of physical activity monitors in children. *Obes Res*, 2002; 10: 150-157.
 13. Treuth MS, Schmitz K, Catellier DJ et al.: Defining accelerometer thresholds for activity intensities in adolescent girls. *Med Sci Sports Exerc*, 2004; 36: 1259-1266.
 14. Freedson, PS, Melanson E, Sirard : Calibration of the Computer Science and Applications, Inc. accelerometer. *Med Sci Sports Exerc*, 1998; 30 (5), 777-781.
 15. 塙佐敏: 体力水準を基にした子どもの身体活動量: 意思決定バランスと心理社会的要因との関連. *発育発達研究*, 2015; 66: 38-51.
 16. 戸田粹子, 渡辺丈真, 唐誌陽: 高学年児童における日常身体活動量及び体力, 体格との関連. *学校保健研究*, 2007; 49 (5): 348-362.
 17. 新本惣一郎, 山崎昌廣: 小学生の体力と身体活動量の関係. *発育発達研究*, 2013; 61: 9-18.
 18. 石井香織, 柴田愛, 足立稔, 岡浩一郎: 子どもの身体活動および座位活動がメンタルヘルスに及ぼす影響を解明するための縦断的研究. *健康医科学研究助成論文集*, 2013; 28: 10-19.
 19. 引原有輝, 笹山健作, 沖嶋今日太他: 思春期前期および後期における身体活動と体力との関係性の相違 - 身体活動の「量的」および「強度的」側面に着目して -. *体力科学*, 2007; 56 (3): 327-338.
 20. 佐藤舞, 石井香織, 柴田愛, 間野義之, 岡浩一郎: 学校の休み時間における児童の身体活動状況 - 性差および学年差の検討 -. *発育発達研究*, 2011; 54: 11-17.
 21. 佐藤舞, 石井香織, 柴田愛, 川淵三郎, 間野義之, 岡浩一郎: 校庭の芝生化による児童の休み時間における身体活動の変化. *運動疫学研究*, 2012; 14 (2): 135-142.
 22. Ishii K, Shibata A, Sato M, Oka K: Recess physical activity and perceived school environment among elementary school children. *Int J Environ Res Public Health*, 2014; 11 (7): 7195-7206.
 23. 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 Sports Exerc*, 2007; 39 (4): 630-638.
 24. Labbrozzi D, Bortoli L, Bertollo M, Bucci I, Doria C, Robazza C: Age-related differences in actual and perceived levels of physical activity in adolescent girls. *Percept Mot Skills*, 2012; 114 (3): 723-734.
 25. 八木規夫: 子どもの身体活動量と運動強度: 学校生活での身体活動量. *体育の科学*, 2008; 58 (9): 632-639.
 26. 安部恵子: ライフコーダを用いた学校生活における児童の身体活動量向上に関する研究. *教育医学*, 2010; 55 (4): 321-331.
 27. 根本裕太, 稲山貴代, 北島義典, 荒尾孝: 小学校4年生の日常生活における身体活動量とその関連要因. *学校保健研究*, 2011; 53 (4): 329-342.
 28. 三森敦子, 出村慎一, 寺本圭輔: 小学校低学年児童の定期的なスポーツ教室参加と身体活動量および生活習慣との関係. *教育医学*, 2011; 56 (4): 345-351.
 29. 安部恵子, 三村寛一, 鉄口宗弘, 勝野真吾: 小学校高学年児童における日常の身体活動量に関する研究. *教育医学*, 2004; 50 (2): 106-114.

30. 足立稔, 笹山健作, 引原有輝他: 小学生の日常生活における身体活動量の評価: 二重標識水法と加速度計法による検討. 体力科学, 2007; 56 (3): 347-355.
31. 笹山健作, 沖嶋今日太, 水内秀次, 足立稔: 小学生の日常生活における身体活動量と体力との関連性. 体力科学, 2009; 58 (2): 295-304.
32. 中江悟司, 山田陽介, 木村みさか他: 小児の日常生活中におけるエネルギー消費量と体格・体力との関連 - 二重標識水法および加速度計法を用いた検討 -. 体力科学, 2013; 62 (5): 353-360.
33. 足立稔, 笹山健作, 安東良, 田中康雄, 沖嶋今日太, 水内秀次: 学齢期の小児を対象にした歩・走行スピードと加速度で測定した運動強度の関係について. 岡山大学教育学部研究集録, 2005; 128: 141-145.
34. 中江悟司, 石井好二郎, 小澤治夫: 児童における歩行から走行への自発的推移が生じる速度とその身体活動強度. 平成18年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告Ⅱ, 2007: 29-38.
35. 中江悟司, 高嶋渉, 小澤治夫, 渡邊將司, 石井好二郎: 児童における歩行から走行への自発的推移が生じる速度とその身体活動強度 - 第2報 -. 平成19年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告Ⅱ, 2008: 14-17.
36. Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD et al.: 2011 Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values. Med Sci Sports Exerc, 2011; 43 (8): 1575-1581.
37. 厚生労働省: 健康づくりのための身体活動基準2013. <http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002x-ple.html>, 2013: Accessed 2015 Jun 5.
38. U.S. Department of Health and Human Services: 2008 Physical Activity Guidelines for Americans. <http://www.health.gov/paguidelines/guidelines/>, 2008: Accessed 2015 Jun 5.
39. World Health Organization: Global recommendations on physical activity for health. http://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_recommendations/en/, 2010: Accessed 2015 Jun 5.
40. Department of Health: UK physical activity guidelines. <https://www.gov.uk/government/publications/uk-physical-activity-guidelines>, 2011: Accessed 2015 Jun 5.
41. Canadian Society for Exercise Physiology: Canadian Physical Activity Guidelines. <http://www.csep.ca/english/view.asp?x=804>, 2012: Accessed 2015 Jun 5.
42. Australian Government Department of Health: Australia's Physical Activity and Sedentary Behaviour Guidelines. <http://www.health.gov.au/internet/main/publishing.nsf/Content/health-pubhlth-strateg-phys-act-guidelines>, 2014: Accessed 2015 Jun 5.
43. Pate, R. R., Pratt, M., Blair, S. N., Haskell, W. L., Macera CA, Bouchard C, Buchner D et al.: Physical activity and public health: a recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. JAMA, 1995; 273 (5), 402-407.
44. Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC et al.: Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. Med Sci Sports Exerc, 2000; 32, Suppl 9: S498-504.
45. 大島秀武, 中江悟司, 山田陽介他: 子どもの各種身体活動従事時間と身体活動レベルとの関係. 体力科学, 2013; 62 (5): 391-397.
46. Maffeis C, Schutz Y, Schena F, Zaffanello M, Pinelli L: Energy expenditure during walking and running in obese and nonobese prepubertal children. J Pediatr, 1993; 123 (2), 193-199.
47. Oshima Y, Kawaguchi K, Tanaka S et al.: Classifying household and locomotive activities using a triaxial accelerometer. Gait Posture, 2010; 31 (3): 370-374.
48. Ohkawara K, Oshima Y, Hikiyama Y, Ishikawa-Takata K, Tabata I, Tanaka S: Real-time estimation of daily physical activity intensity by a triaxial accelerometer and a gravity-removal classification algorithm. Br J Nutr, 2011; 105 (11), 1681-1691.
49. 株式会社スズケン: Lifecorder PLUS 取扱説明書. https://www.suzuken.co.jp/product/life_coda_plus_manual.pdf: 1-51. Accessed 2015 Oct 9.
50. 田中宏暁, 遠藤宗洋, 吉岡真由美, 結城直哉, 熊原秀晃, 国武和弘: 簡易なエネルギー消費量推定法の開発 - 歩行動作および微小運動時の簡易エネルギー推定法の検討. 厚生科学研究補助金 (健康総合科学研究事業) 分担研究報告書, 1999: 28-32.
51. Troiano RP, Berrigan D, Dodd KW, Mâsse LC, Tilert T, McDowell M: Physical activity in the United States measured by accelerometer. Med Sci Sports Exerc, 2008; 40 (1), 181-188.