

原 著

男子児童における体格と身体活動量との関連について

中江 悟司^{1,2}, 石井 好二郎^{1,3}

A Preliminary Study of the Relationship between Physiques and Physical Activity in Children.

Satoshi Nakae^{1,2}, Kojiro Ishii^{1,3}

PURPOSE: The purpose of this study was to provide preliminary descriptive epidemiology data representing the relationship between physiques and accelerometer- determined physical activity in children. **SUBJECTS:** Seventeen primary school children were recruited (six 4th- grade boys, seven 5th- grade boys, four 6th- grade boys). **METHODS:** A uni- axial accelerometer (Lifecorder) was worn for seven consecutive days under free living conditions. Statistical analyses compared mean physical activity parameters (Total energy expenditure, physical activity related- energy expenditure, physical activity related- energy expenditure per weight or allometric-weight, steps per day) between obesity indices. Mean physical activity parameters were also compared between weekdays versus weekend days. **RESULTS:** 8 lean subjects and 9 normal- weight subjects participated in this study, and there were no obese subjects. No significant differences between lean and normal- weight subjects regarding physical activity parameters were observed. Comparing between weekdays and weekend days, all weekdays physical activity parameter were higher than weekend days in both lean and normal- weight children ($p<0.01$). Body weight had significant correlation with adjusted physical activity- related energy expenditure (negative, $p<0.01$), but no significant correlations between body weight and any physical activity parameters were observed on weekend days. **CONCLUSIONS:** Although the results of this study are generalizable to other settings or populations is unclear, these results indicate that the effective strategy to prevent childhood overweight and obesity may be school- based program for promoting physical activity.

[Keywords] steps, accelerometer, energy expenditure, obesity, allometry

【キーワード】 歩数, 加速度計, エネルギー消費量, 肥満, アロメトリー

I. 緒 言

日本は超高齢社会を迎えただけでなく、少子化の影響もあって、高齢者1人に対する生産年齢人口は減少し続けている。このような社会においては、高齢になってからも自立した生活を送れるよう健康な心身を保つことが重要であり、そのためには、小児期からの正しい生活習慣の実践が必要であると考えられる。すなわち、小児期はライフスタイルの形成途上にあることから、この時期の食習慣や運動習慣のあり方は生涯の

健康を保つ上でのキーポイントとなる (Boreham and Riddoch, 2001; 井上・衣笠, 2001)。また、将来的な骨粗鬆症や肥満、生活習慣病の予防という観点からみても運動習慣を身につけることは特に重要であると考えられる。しかしながら最近では、肥満や体力低下などの子どもの健康についての話題がメディアに取り上げられる機会が多く、子どもを取り巻く環境の変化や不活動、夜更かしなどの生活習慣の乱れによって、子どもの健康が損なわれているというのがその主な原因として考えられている。このように、子どもの健康に

1 同志社大学健康体力科学研究センター (Health and Human Performance Research Center, Doshisha University)
2 京都大学大学院人間・環境学研究科 (Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto University)
3 同志社大学スポーツ健康科学部 (Faculty of Health and Sports Science, Doshisha University)

ついでに関心が高まるにつれて子どもを対象とした研究・報告は増えてきてはいるものの、子どもを対象とした研究では正確な臨床データを得ることが難しく、実態をつかみきれていないのが現状であるといえる。

身体活動を評価するには、質問紙法、心拍数法、歩数計法などが挙げられるが、その簡便性および得られる数値のわかりやすさ、客観的な指標としての妥当性 (Tudor-Locke et al., 2002, 2004) から歩数計法が比較的良好に用いられる。我々の知る限り本邦では、1979年 (波多野, 1979) から歩数計を用いて評価した児童の身体活動量に関するデータが蓄積されているが (後藤, 1999; 星川ほか, 1987; 糸井ほか, 2003; 加藤ほか, 2008; 木村ほか, 2002), 現代に近づくにつれ身体活動量は減少しており、特に男子においてその傾向が顕著である。しかしながら、1990年代中頃まで用いられていた歩数計は、振り子式歩数計と呼ばれる機器であり、最近の報告 (Nakae et al., 2008) では、振り子式歩数計では児童の身体活動量を正確に評価することが困難であることが示唆されている。一方で、近年普及してきた加速度計式歩数計は振り子式歩数計よりも精度に優れ、かつ、振り子式歩数計では難しかった運動強度の識別も可能となったことから、歩数情報のみでなく、より正確なエネルギー消費量を算出することができる。とはいえ、約30年前から蓄積されてきた児童の身体活動量に関する報告は、対象の年齢や測定時期、測定に用いた機器などが異なるため、単純に比較することはできないものの、我が国の子どもの歩数がどのように推移してきたのかを示す貴重なデータであるといえる。

そこで本研究では、特に身体活動量の減少が著しい男子児童を対象に、体格と加速度計式歩数計を用いて定量化した身体活動量との間に関連がみられるかどうかを検討した。

II. 方法

1. 対象

対象は、札幌市内の小学校4～6年生の男子児童17名 (4年生6名, 5年生7名, 6年生4名) である (表1)。対象者には研究の趣旨を説明し、児童本人ならびに保護者から研究協力に同意を得た。なお、本研究は北海道大学大学院教育学研究科研究倫理委員会の承認を得ている。

2. 身体活動の測定方法

対象者には加速度計式歩数計 (Lifecorder, スズケン社製; 以下、ライフコーダ) を腰部に装着してもらい、連続した7日間の身体活動量を測定した。ライフコーダは、水泳や入浴時を除いて起床時から就寝時まで身につけることとし、装着の方法や位置について十分に説明し、それを守るよう指示した。また、体育の授業前後や帰宅後に着替えた後、ライフコーダを付け忘れることのないよう指示した。

測定にあたって、ライフコーダに性別、年齢、身長および体重を入力する必要がある。身長と体重は自己申告とし、年齢は文部省学校保健統計調査報告書 (2001) を参考に4年生を9歳、5年生を10歳、6年生を11歳とした。ライフコーダの設定はあらかじめ行い、測定期間中は設定を変えないよう対象に指示した。

なお、今回用いたライフコーダは、体の上下動 (加速度) を感知し、それをもとに身体活動量やエネルギー消費量を算出する機器である。1日ごとの総消費量 (kcal)、運動量 (kcal)、歩数を最大6週間分記憶することができ、さらに2分ごとに運動強度を0～9の10段階評価で記憶する機能を有している (林辺, 2001; 吉武, 2001)。加速度計式歩数計は、従来の振り子式歩数計同様小型かつ軽量で、日常生活にはほとんど支障をきたさない (Tudor-Locke et al., 2002, 2004)。

表1 対象者の身体特性

	全体(n=17)	やせ(n=8)	普通(n=9)
年齢 (歳)	9.9 ± 0.8	10.0 ± 0.9	9.8 ± 0.7
身長 (cm)	144.5 ± 8.3	147.4 ± 6.5	141.9 ± 9.2
体重 (kg)	37.7 ± 8.4	34.6 ± 5.6	40.5 ± 9.8
肥満度 (%)	-5.9 ± 14.1	-18.9 ± 5.3	5.7 ± 7.1 **
BMI	17.9 ± 2.9	15.8 ± 1.7	19.8 ± 2.4 **

**p<0.01, やせ群 vs 普通群

3. 分析方法

1) 体格

身長と体重から体格指数のひとつである肥満度(%)を算出した。なお、肥満度を算出する際の標準体重は、平成12年度文部省学校保健統計調査報告(2001)の性別・年齢別・身長別の平均体重を用い、次の式より算出した。

$$\text{肥満度}(\%) = (\text{実測体重} - \text{標準体重}) / \text{標準体重} \times 100$$

体格は肥満度を用いて分類を行い、肥満度-10%未満の児童を「やせ」、肥満度-10%以上20%未満の児童を「普通」、肥満度20%以上の児童を「肥満」とした(神田ほか, 2000; 日本肥満学会肥満症診療のてびき編集委員会, 1997)。

2) 身体活動量

7日間の測定終了後、ライフコーダ通信オプション(スズケン社製)を用いてライフコーダ内に記憶されているデータをパソコンに通信し、身体活動量の分析を行った。

ライフコーダによる身体活動量の測定結果から、7日間の平均、平日平均、土日平均の総エネルギー消費量および身体活動量(運動量, 歩数)を算出した。また、運動量に関しては補正值として、従来よく用いられてきた体重1kgあたりの運動量(以下、運動量/体重)と、代謝率と体重の3/4乗が比例関係にあるというアロメトリー式(伊藤, 1999)によって補正を行った値(以下、アロメトリー値)を算出した。アロメトリー値の算出式は以下の通りである。

$$\text{アロメトリー値} = \text{運動量} / \text{体重}^{0.75}$$

7日間のデータのうち、ライフコーダを付け忘れたと自己申告している日、パソコンに取り込んだデータより、明らかに付け忘れていないと判断できる日のデータは分析から除外した。

3) 統計学的評価

値はすべて平均値±標準偏差で示した。統計学的評

価は、肥満度群別の群間差の検定については対応のないt検定、平日と土日との比較には対応のあるt検定を用い、測定値間の関係についてはピアソンの積率相関係数の検定を用いた。なお、有意水準は5%未満とした。

III. 結果

対象17名を肥満度により群分けすると、やせ群8名、普通群9名となった(表1)。肥満度群別のエネルギー消費量および歩数を表2に示す。全ての項目においてやせ群と普通群の間に差は見られなかった。対象者全体における体重と運動量/体重、アロメトリー値との関連を図1に示す。両項目とも体重との間に有意な負の相関関係が認められ、体重が重い者ほど体格で補正した運動量が低かった。

やせ群および普通群における平日と土日の運動量を図2に示す。両群ともに土日は平日に比べ有意に運動量が低下していた(やせ群: 271.3 ± 55.8 kcal vs 170.3 ± 70.8 kcal, 普通群: 263.9 ± 49.0 kcal vs 173.3 ± 54.9 kcal)。また、総エネルギー消費量(やせ群: 1988.9 ± 182.9 kcal vs 1870.8 ± 195.1 kcal, 普通群: 2036.7 ± 240.3 kcal vs 1908.3 ± 254.6 kcal)、運動量/体重(やせ群: 7.6 ± 1.3 kcal/kg vs 4.8 ± 2.0 kcal/kg, 普通群: 6.9 ± 2.2 kcal/kg vs 4.6 ± 2.1 kcal/kg)、アロメトリー値(やせ群: 18.6 ± 3.2 kcal/kg^{0.75} vs 11.6 ± 4.8 kcal/kg^{0.75}, 普通群: 17.0 ± 4.6 kcal/kg^{0.75} vs 11.2 ± 4.7 kcal/kg^{0.75})、歩数(やせ群: 14241.4 ± 2069.0 steps/day vs 9420.3 ± 3457.9 steps/day, 普通群: 12857.7 ± 3232.3 steps/day vs 9124.9 ± 3742.4 steps/day)のいずれの項目も土日に有意に低下していた。また、平日と土日別における体重と運動量/体重、アロメトリー値、歩数との関係を表3に示す。平日の活動量のみ体重との間に有意な負の相関関係が認められた。

表2 対象者のエネルギー消費量および歩数

	全体(n=17)	やせ(n=8)	普通(n=9)
総エネルギー消費量 (kcal)	1980.8 ± 212.4	1953.1 ± 184.4	2005.4 ± 242.9
運動量 (kcal)	238.5 ± 49.8	240.3 ± 59.1	237.0 ± 43.5
運動量/体重 (kcal/kg)	6.5 ± 1.8	6.8 ± 1.5	6.2 ± 2.0
アロメトリー値 (kcal/kg ^{0.75})	15.9 ± 3.8	16.5 ± 3.6	15.3 ± 4.2
歩数 (steps/day)	12211.2 ± 2773.1	12746.6 ± 2486.5	11735.3 ± 3070.6

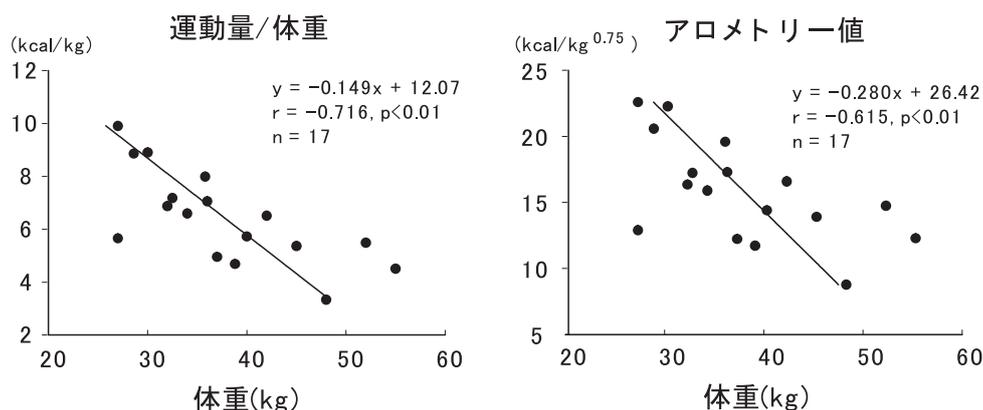


図1 体重と補正した運動量との関係

IV. 考察

本研究では肥満度別に身体活動量の比較を行ったが、やせ群と普通群との間に有意な差はみられなかった(表2)。しかしながら、肥満と判定される児童は含まれておらず、やせ群と普通群のみでの比較となったため今回のような結果となったと考えられる。そのため、肥満群と非肥満群との比較を行った場合、今回とは異なる結果となる可能性は否定できず、本研究の結果からは身体活動量と体格との関連を結論付けることはできない。一方で、糸井ら(糸井ほか, 2003)の報告では肥満体型の男子児童は標準体型の男子児童に比べ体重あたりの総エネルギー消費量が有意に低いことが示されている。この不一致は、対象者数が少ないことと体格の分類が異なることが考えられ(本研究: やせ群8名, 普通群9名, 糸井ほか, 2003: 標準体型17名, 肥満体型8名)、各群の対象者数を増やしたさらなる検討が必要であろう。

対象者全体では体重と補正した身体活動量(運動量/体重, アロメトリー値)との間に有意な相関関係がみられた(図1)。本研究の対象者は、体格の小さい児童ほど補正したエネルギー消費量が多く、体格の大きい児童ほど補正したエネルギー消費量が少なかった。これは、体格が大きくなる、すなわち発育が進むにつれて身体の活動水準が低下していくことを示唆していると考えられる。また、一方では、体重の重い者では身体活動量を過小評価している可能性も示唆される。Crouter et al (2005)の報告では、体格の大きな肥満者では歩数計が地面に対して鉛直を保てず、上下動の振動を過小評価してしまうことが明らかにされている。運動量に関して体格の補正を行った理由は、ライフコーダより得られる運動量は、加速度センサーによる情報に運動係数および体重を乗じて積算されてい

くため、同じ動作であっても体重の多い児童のエネルギー消費量が高くなる(小栗ほか, 1996)。そのため、体格の異なる者の間では、ライフコーダより得られる運動量の絶対値が必ずしも身体活動量の多少を表しているとは言えない。そこで、体重の影響を除外するため、運動量を体重で補正した値を用いて比較を行った。さらに、今回用いたアロメトリー式とは指数方程式のことであり、生物学では異なるサイズの動物の代謝量と体重の関係は、直線的な比例関係ではなく、指数関数的な曲線になることがわかっている(伊藤, 1999)。動物の代謝量はそのサイズによらず、体重の0.75乗に比例することが広く認められているため、本研究では従来行われてきた体重1kgあたりの運動量を算出するとともに、体重の0.75乗によって運動量を補正する方法も用いた。しかしながら、アロメトリー値による補正は従来の体重による補正に比べ相関の程度が弱くなっていた。この体重指数は運動様式によって異なることも知られており、最大運動時ではべき数が0.8になるという報告(伊藤, 1999)もあることから、代謝の激しい小児期ではアロメトリー式での体重指数が必ずしも0.75乗とはならない可能性が考えられる。アロメトリー式を用いるためには、体重指数に関するさらなる検討が必要であると思われる。

平日の運動量と土日の運動量を比較すると、やせ群、普通群ともに週末の運動量は有意に低値を示した(図2)。木村ほか(2002)も同様の結果を報告しており、その原因の1つとして休日にはテレビ視聴時間やテレビゲームの時間が増え、座位中心の生活となることが示されている。本研究の対象者が通う学校は、札幌市全域を通学区域としており、自宅の周りに同じ小学校に通う友達が少ないため外遊びをする機会が減少し、週末の不活動を促進させていると考えられる。また、本研究の対象における身体活動の傾向をみると、

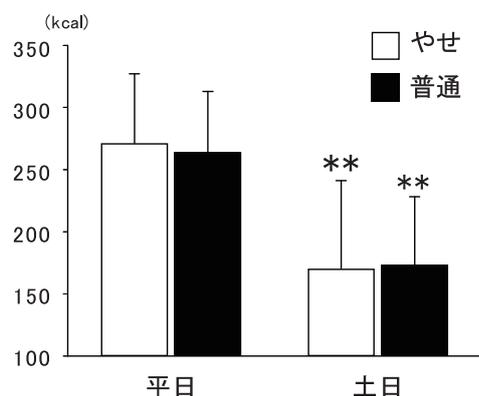


図2 平日および土日の運動量 (**p<0.01, vs 平日)

最も身体活動が多い日は平日、少ない日は日曜日という児童が多く (data not shown)、休日は身体活動量が少ない特徴がみられた。身体活動量の最小日が日曜日であった児童の中には水泳などの、加速度計式歩数計では評価できない運動を行っていた児童もあり、一概に休日の身体活動量が少ないとは言いきれないが、全体的な傾向として、小学校に通っている平日は休み時間に友達と遊ぶことなどによって週末よりも身体活動量が多くなっていることが推察される。

対象者全体における体重と平日の身体活動量および土日の身体活動量との関連をみると、土日の身体活動量と児童の体重との間に相関関係は認められず、平日に身体活動量が少ない者ほど体重が重い傾向がみられた(表3)。平日は5日間あるため、土日の2日間よりも、日常の身体活動が体重あるいはその他の指標に及ぼす影響が大きいのは言うまでもないが、本知見は児童にとっていかに学校生活の影響が大きいかを示唆していると考えられる。すなわち、肥満児童の増加や体力低下を防ぐためには家庭や地域での取り組みも重要であるが、学校管理下で介入を行うことが最も効果的な方策であると考えられる。

今回用いたライフコーダのような加速度計式歩数計による身体活動量の測定には、拘束性がほとんどなく、客観的なデータが得られる利点がある一方で、自転車走行など腰の上下運動を伴わない運動や上肢を主体とする運動、水泳などについては評価できない(林辺, 2001; 津下ほか, 1998; 吉武, 2001)という欠点がある。また、歩数計の構造上の問題から階段や坂道については上昇より下降のほうが過大評価され(林辺, 2001; 津下ほか, 1998; 吉武, 2000, 2001)、歩数計が一種の振動感知器であることから、電車やバス、自動車などの座席に座っていてもこれらの乗り物の振動により動きを感知し、それがカウントされることがある(吉武,

表3 体重と補正した運動量および歩数との相関係数

	平日	土日
運動量/体重	-0.766 **	-0.464
アロメトリー値	-0.667 **	-0.384
歩数	-0.743 **	-0.393

**p<0.01

2000, 2001) という欠点も有している。今回の調査ではライフコーダのみを用いて身体活動量を評価したため、ライフコーダの欠点が運動量に影響している部分がある。対象者の半分以上の児童が週1回以上水泳を行っていたが、その間の運動量については評価を行うことができなかった。その分の運動量を別の方法で評価し、ライフコーダの運動量とあわせて評価を行った場合、今回とは異なった結果が得られるかもしれない。また、今回の対象者は、地下鉄やバスなどを利用して通学している児童が多いため、通学時の運動量が過大評価されているという可能性もある。このような点から、ライフコーダの欠点を補えるような方法を併用して身体活動量の評価を行う必要があると考えられる。

今回の調査では生活背景の調査を行わなかったため、食生活の様子や生活習慣については不明である。小栗ほか(1996)の調査によると、栄養バランスが悪くなるにしたがって体格指標の1つであるローレル指数は増加する傾向にある。すなわち、児童の肥満は運動不足に食生活の問題が加わることによってさらに加速されると考えられ、今後は食生活などを含めたその他の生活習慣や環境要因との関連を検討していく必要があるように思われる。また、対象者に肥満の児童がいなかったために、当初目的としていた比較を行うことができなかった。しかし、今回用いたライフコーダは児童が抵抗なく身につけていられること、身体活動の評価に有用な機器であることを確認することができた。今後は、先に述べたような測定機器の欠点を補うような方法を併用した調査を行い、肥満と身体活動および他の生活習慣との関連についての実態が明らかになることが望まれる。

謝辞

本研究の実施に際しては、北海道教育大学教授 金

谷秀秋先生、北海道教育大学付属札幌小学校教諭 山形昇平先生（いずれも当時）より多大の協力を得ました。また、研究のデータ収集、分析等に関しましては、当時、北海道大学教育学部4年であった田中里美さんが中心になって行った。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- Boreham, C., & Riddoch, C. The physical activity, fitness and health of children. *J. Sport. Sci.* 19, 915-929, 2001.
- Crouter, S. E., Schneider, P. L., Bassett, D. R. Jr., Spring-Levered versus Piezo- Electric Pedometer Accuracy in Overweight and Obese Adults. *Med. Sci. Sports Exerc.* 37(10), 1673-1679, 2005.
- 後藤幸弘, 子どもの歩行動作の特徴, *体育の科学*, 49, 101-107, 1999.
- 波多野善郎, 人は1日何歩歩くか, *体育の科学*, 29, 28-31, 1979.
- 林辺英正, 肥満児における身体活動量の評価, *小児科*, 42 (2), 147-154, 2001.
- 星川保, 松井秀治, 出原謙雄, 佐野智, ベドメーター歩数からみた小学校5・6年生の日常生活における身体活動量, *体育科学*, 15, 56-66, 1987.
- 糸井亜弥, 田中靖人, 木村みさか, 農村地域の小学校高学年児童における活動量と栄養摂取に関する調査, *学校保健研究*, 45, 454-464, 2003.
- 伊藤静夫, 有酸素パワーを測るとき一身体サイズと最大酸素摂取量, *体力科学*, 48 (1), 64-66, 1999.
- 井上文夫, 衣笠昭彦, 肥満小児と学校生活, *肥満研究*, 7 (1), 66-67, 2001.
- 加藤華奈子, 中江悟司, 大島秀武, 石井好二郎, 児童の身体活動量の違いが歩数計を用いた歩数増加に及ぼす影響, *体育の科学*, 58 (4), 277-280, 2008.
- 神田晃, 川口毅, 小野寺社紀, 小児の肥満度変化と生活習慣に関する3年のフォローアップ研, *肥満研究*, 6 (1), 55-60, 2000.
- 木村みさか, 糸井亜弥, 足立哲司, 児童生徒の身体活動量と栄養摂取量に関する調査, *Walking Research*, 6, 141-148, 2002.
- 文部省調査局統計課. 平成12年度学校保健統計調査報告書, 大蔵省印刷局, 東京, (2001)
- Nakae, S., Oshima, Y., Ishii, K. Accuracy of Spring-levered and Piezo-electric Pedometers in Primary School Japanese Children. *J. Physiol. Anthropol.* 27(5), 233-239, 2008.
- 日本肥満学会肥満症診療のてびき編集委員会, 肥満・肥満症の指導マニュアル, 医歯薬出版, 東京, 1997.
- 小栗諒人, 森千鶴, 佐藤和子, 天野敦子, 小学校6年生児童の体型と血清諸測定値, 栄養バランス, 身体活動量との関係, *保健の科学*, 38 (10), 689-695, 1996.
- 津下一代, 横地正裕, 新実光朗, 肥満患者の運動実施状況—多メモリ加速度計測装置付歩数計を用いての検討, *肥満研究*, 4, 46-51, 1998.
- Tudor-Locke, C., Williams, J. E., Reis, J. P., Pluto, Delores. Utility of pedometers for assessing physical activity: convergent validity. *Sports Med.* 32(12), 795-808, 2002.
- Tudor-Locke, C., Williams, J. E., Reis, J. P., Pluto, Delores. Utility of pedometers for assessing physical activity: construct validity. *Sports Med.* 34(5), 281-291, 2004.
- 吉武裕, 歩数計による身体活動量の評価, *日本臨床*, 58 (増刊号), 179-183, 2000.
- 吉武裕, エネルギー代謝測定法の応用的展開, *臨床スポーツ医学*, 18 (4), 419-425, 2001.