

[資 料]

一輪車実施校と非実施校における 50 m 走, 握力, 筋量の比較

津山 薫*・大和 眞*・榎本 静香*
角 清一*・清田 寛*

(2004 年 5 月 31 日受付, 2004 年 8 月 3 日受理)

The Comparison of 50 m Run, Grip Strength, and Muscle Volume between Children in an Elementary School Who Have Performed a Unicycle Activity and Those in an Elementary School Who Have Not

Kaoru TSUYAMA, Makoto YAMATO, Shizuka ENOMOTO,
Seiichi KADO and Hiroshi KIYOTA

The purpose of this study was to compare grip strength, 50 m run, and muscle volume between children in the T elementary school who have performed a unicycle activity and those in the E elementary school who have not, and to examine the actual conditions of the physical activities of the children in each elementary school.

The subjects were 13 girls in the T elementary school and 11 girls in the E elementary school aged 9 to 10 years. The measurement items were height, body weight, 50 m run, grip strength, and muscle volume (forearm, upper arm, lower leg, thigh). The muscle volume was measured by using the Muscle α (Art Heaven 9 Co., Japan), which uses the bioelectrical impedance method. The findings were as follows.

1. The children in the T elementary school were significantly faster in the 50 m run and had a significantly larger grip strength than those in the E elementary school.
2. There were no significant differences in the muscle volume between the children in the T elementary school and those in the E elementary school.

It was suggested by this study that the unicycle activity was effective in developing the muscle function of the children in elementary school, but did not have an influence on their muscle volume.

Key words: Unicycle activity, Children, Physical activity, Muscle volume

キーワード: 一輪車, 小学生, 運動能力, 筋量

I. 目 的

一輪車は学習指導要領の改訂に伴い小学校 3, 4 年生の「基本の運動」に含まれる「用具を操作する運動」の教材の一つとして「一輪車乗り」が例示されて以来¹⁾急速に普及し現在, 全国の多くの小学校で一輪車乗り運動が盛んに実践されており²⁾, 学童期の子どもの心身の発育発達を助長する体育の教材として期待されている³⁾。

一輪車乗り運動に関する研究はこれまでにいくつか行われてきている^{3~10)}。大和ら⁴⁾は小学校 4 年生を対象に一輪車乗り運動を実施した結果, 一輪車乗り運動を導入していない小学校に比べて一輪車実施校では背筋力が男子で 150.5%, 女子で 170.9%の著しい増加がみられたことを報告している。また金子ら^{7, 8)}は小学校 5 年生と 6 年生を対象に一輪車乗り運動と平衡機能との関係について検討している。

* 日本体育大学発育発達研究室

それによると、平衡機能の指標として用いた静的な棒上バランスは一輪車経験者の方が未経験者に比べて優れており⁷⁾、さらにその平衡機能は一輪車のスキルが上達するほど、その機能も上がることを報告している⁸⁾。また大和ら⁶⁾も一輪車乗り運動と平衡機能との関係について検討しているが、その結果をみると一輪車乗り運動により平衡機能が向上した結果は得られておらず、一輪車乗り運動と平衡機能との関係については必ずしも一致した見解が得られていないのが現状である。

以上のように一輪車乗り運動に関する研究は大和ら³⁻⁶⁾や金子ら⁷⁻¹⁰⁾を中心に行われてきているが、その研究の多くは筋の機能に与える影響が多く形態面とくに筋量に及ぼす影響について検討した研究は見当たらず、その実態は明らかではない。

そこで本研究では BI (bioelectrical impedance) 法を用いて小学生の筋量 (上腕, 前腕, 大腿, 下腿) を算出し、一輪車実施校と非実施校で児童の機能と形態を比較することによりその実態を明らかにし、児童の発育発達と一輪車乗り運動との関係について検討することを目的とした。

II. 方 法

A. 対象

対象は神奈川県にある公立 T 小学校 4 年生女子 13 名と E 小学校女子 4 年生 11 名である。T 小学校の年齢, 身長, 体重はそれぞれ 9.5 ± 0.5 歳, 136.1 ± 5.8 cm, 31.2 ± 5.0 kg であり, E 小学校の年齢は 9.9 ± 0.3 歳, 身長, 体重はそれぞれ 133.4 ± 5.9 cm, 29.4 ± 5.7 kg であった (表 1)。また年齢, 身長, 体重を T 小学校と E 小学校で比較すると, 身長, 体重では両者の間に有意差はみられなかったが, 年齢では E 小学校が T 小学校よりも有意に大きい値を示した (表 1)。

B. 一輪車乗り運動

一輪車乗り運動は 2003 年 9 月から開始した。対象の児童 (T 小学校 4 年生) は朝, 小学校に登校してから授業が開始するまでの時間 (約 20 分), 中休み (約 25 分), 昼休み (約 20 分) のそれぞれの時間帯に週に 4 回から 5 回の頻度で一輪車乗り運動を実施した。なお T 小学校 4 年生のほとんどは一輪車乗り運動の未経験者であったため一輪車乗り運動を導入する際には, 一輪車の指導員が計 6 回 (週に 1 回, 1 回あたり 60 分) の指導を児童におこなった。

C. 測定期間

一輪車実施校である T 小学校の測定は一輪車乗り運動を実施してから 2 カ月後の 2003 年 11 月におこなった。一方, 一輪車乗り運動の非実施校である E 小学校においても同じ時期に測定を実施した。

D. 測定項目および測定方法

測定は身長, 体重, 50 m 走, 握力, 筋量 (上腕, 前腕, 大腿, 下腿) についておこなった。

1. 身長, 体重, 50 m 走, 握力の測定

身長, 体重, 50 m 走, 握力の測定は日本人の体力標準値第 4 版¹¹⁾の測定方法に準じて実施した。また 50 m 走の測定は 1 回のみ行い, 握力については左右交互にそれぞれ 2 回ずつ測定を実施しその平均値を分析に用いた。

2. 筋量の測定

筋量の測定は四肢誘導 12 電極法を採用した生体電気インピーダンス方式筋量測定装置 Muscle α (50 kHz, 500 μ A, アートヘブンナイン社製) を用いて実施した。筋量の測定を行う前に左右の上腕長 (肩峰点から橈骨点までの直線距離)¹²⁾, 前腕長 (橈骨点から橈骨茎突点までの直線距離)¹²⁾, 大腿長 (転子点から大腿骨外側上顆の最外側突出点までの直線距離)¹²⁾, 下腿長 (脛骨外側顆直上の関節隙から腓骨外果の最外側方突出点)¹³⁾ をメジャーにより測定

表 1 身体的特徴

	年 齢 (歳)	身 長 (cm)	体 重 (kg)
T 小学校 (n=13)	9.5 ± 0.5	136.1 ± 5.8	31.2 ± 5.0
E 小学校 (n=11)	9.9 ± 0.3	133.4 ± 5.9	29.4 ± 5.7

(* $p < 0.05$, N.S.: not significant)

一輪車実施校: T 小学校; 一輪車非実施校: E 小学校

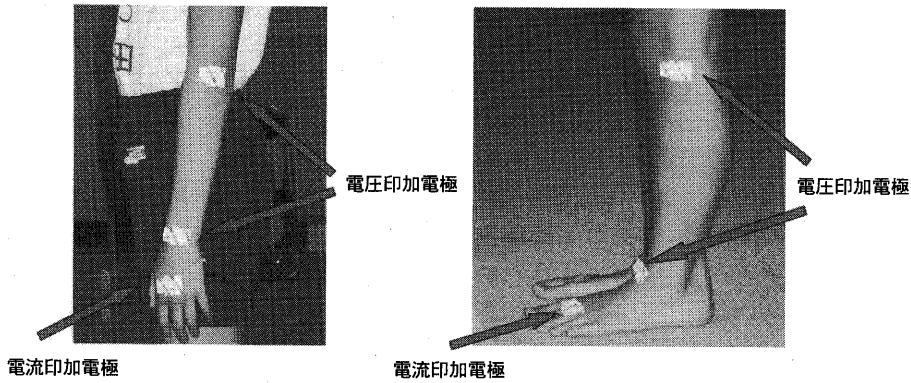


図1 電極の装着部位

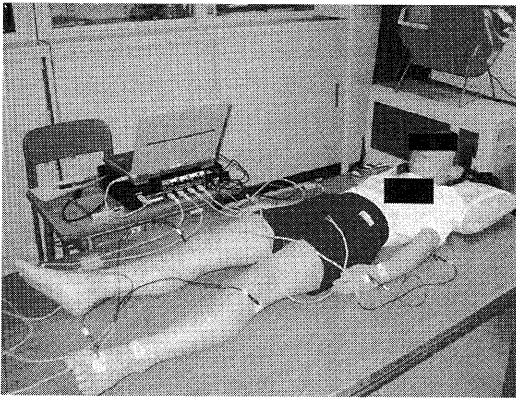


図2 生体電気インピーダンス法による筋量の測定

極 (Red Dot, 3M 社製) は上肢: 1) 橈骨茎状突起と尺骨茎状突起の中間点 (左右), 2) 上腕骨外側上顆 (左右), 下肢: 1) 外果と内果の中間点 (左右), 2) 腓骨頭 (左右) にそれぞれ一つずつ配置した (図1)。電極の配置は先行研究¹⁴⁾に準じて行い, 電極は上記の箇所に計 12 個配置した。なお電極を装着する前には皮膚をアルコール綿によりしっかりと清拭した。

電極の装着後, 被験者を約 3~5 分間仰臥位にて安静にした後に筋量の測定を実施した (図2)。なお筋量の測定は 1 回のみとした。

E. 統計処理

相関関係はピアソンの相関係数で表し統計上の有意水準は 5% 以下を有意とした。また平均値間の統計的有意差検定には平均値間の差の検定 (対応のない *t*-test) を用い, 危険率 5% 水準以下を有意とした。

し, その実測値を Muscle α に入力した。

その後電流印加電極 (Red Dot, 3M 社製) を左右の第三中手骨背部および左右の第三中足骨背部にそれぞれ一つずつ配置した (図1)。また電圧印加電

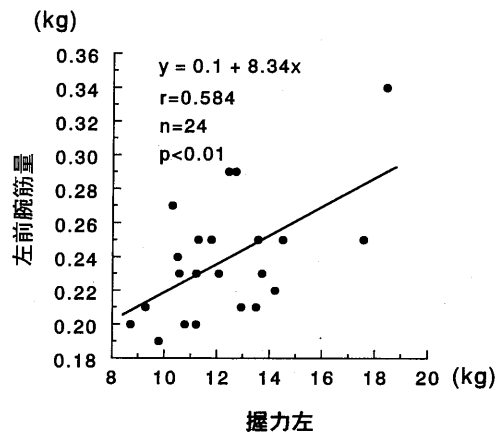
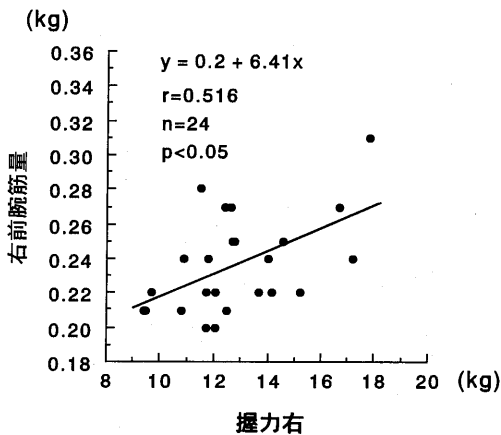


図3 握力と前腕筋量との関係

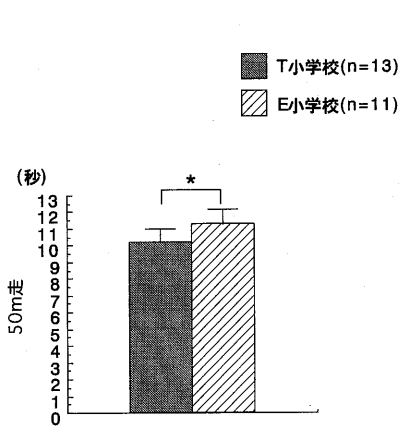


図4 一輪車実施校と非実施校における50m走の比較 (*: $p < 0.05$)

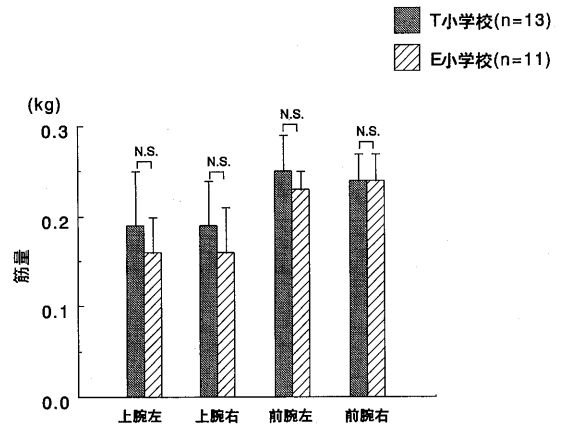


図6 一輪車実施校と非実施校における筋量(上肢)の比較 (N.S.: not significant)

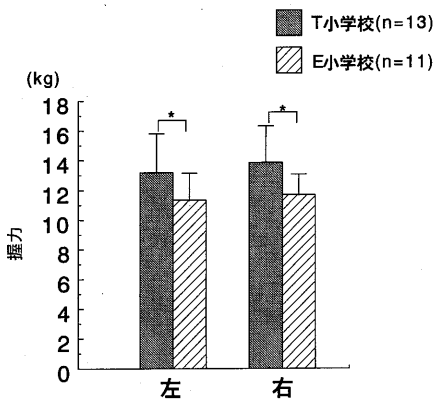


図5 一輪車実施校と非実施校における握力の比較 (*: $p < 0.05$)

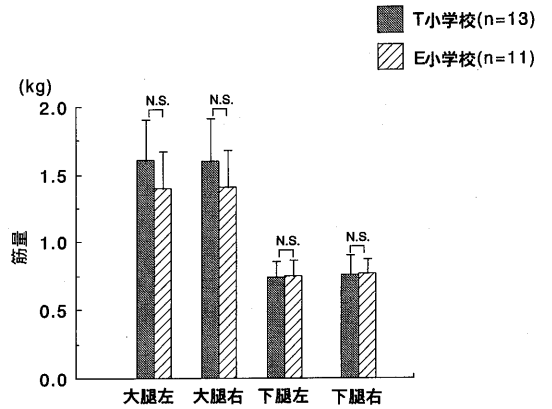


図7 一輪車実施校と非実施校における筋量(下肢)の比較 (N.S.: not significant)

III. 結 果

図3は握力と前腕筋量との関係を示した図である。結果をみると、両者の間には有意な正の相関関係が認められ、握力が大きいものほど前腕筋量も大きいことが示された(右: $r=0.516, n=24, p < 0.05$, 左: $r=0.584, n=24, p < 0.01$)。

図4は一輪車実施校(T小学校)と非実施校(E小学校)の50m走の結果を比較した図である。一輪車実施校の50m走の記録は 10.2 ± 0.8 秒であり、非実施校の50m走の記録は 11.3 ± 0.9 秒を示し、一輪車実施校は非実施校よりも有意に速いことがわかった。

図5は握力を一輪車実施校(T小学校)と非実施

校(E小学校)で比べたものである。握力においては左右とも、一輪車実施校であるT小学校の方が非実施校のE小学校よりも16.8%から17.9%大きく、両者の間には有意な差がみられた(握力左: T小学校 13.2 ± 2.6 kg, E小学校 11.3 ± 1.9 kg, 握力右: T小学校 13.8 ± 2.5 kg, E小学校 11.7 ± 1.4 kg)。

図6は上肢の筋量を一輪車実施校(T小学校)と非実施校(E小学校)で比較したものである。その結果、上腕では一輪車実施校が非実施校よりも筋量が多い傾向を示したが、両者の間には有意な差はみられなかった(上腕左: T小学校 0.19 ± 0.06 kg, E小学校 0.16 ± 0.04 kg, 上腕右: T小学校 0.19 ± 0.05 kg, E小学校 0.16 ± 0.05 kg)。また前腕の筋量

をみると, 一輪車実施校と非実施校の筋量はほぼ同じ値を示し両者の間には有意差は認められなかった(前腕左: T 小学校 0.25 ± 0.04 kg, E 小学校 0.23 ± 0.02 kg, 前腕右: T 小学校 0.24 ± 0.03 kg, E 小学校 0.24 ± 0.03 kg)。

図 7 は一輪車実施校 (T 小学校) と非実施校 (E 小学校) で大腿と下腿の筋量を比較したものである。大腿の筋量をみると一輪車実施校は非実施校よりも大きい傾向を示したが, 両者の間にはいずれも有意な差は認められなかった(大腿左: T 小学校 1.61 ± 0.30 kg, E 小学校 1.40 ± 0.27 kg, 大腿右: T 小学校 1.60 ± 0.32 kg, E 小学校 1.41 ± 0.27 kg)。一方, 下腿の筋量を比べた結果をみると, 両者の間には有意な差はみられず一輪車実施校と非実施校の筋量はほぼ同程度であった(下腿左: T 小学校 0.74 ± 0.12 kg, E 小学校 0.75 ± 0.12 kg, 下腿右: T 小学校 0.76 ± 0.14 kg, E 小学校 0.77 ± 0.11 kg)。

IV. 考 察

1. 機能 (50 m 走, 握力)

一輪車乗り運動は学童期の子どもの心身の発育発達を助長する体育の教材として期待されており³⁾, 現在多くの小学校で一輪車乗り運動が盛んに実践されている²⁾。

本研究では一輪車乗り運動と児童の発育発達との関係を検討するために, 小学校 4 年生女子を対象に 50 m 走と握力を測定し一輪車乗り実施校と非実施校で比較をおこなった。その結果, 50 m 走では一輪車実施校が非実施校に比べて有意に速い値を示した。金子ら⁹⁾は一輪車走行時の下肢筋群の筋活動を検討しているが, その結果をみると外側広筋, 大腿二頭筋, 腓腹筋, 前脛骨筋が一輪車走行時に働き, とくに外側広筋や大腿二頭筋は一輪車走行の遅速により筋活動に差異がみられたことを報告している。このように一輪車乗り運動では下肢筋群が使われ, 特に大腿の筋群が積極的に使われることがわかる。Ozmun ら¹⁵⁾は平均年齢 10.3 歳の男女にダンベルを用いて上腕二頭筋に対する筋力トレーニングを 8 週間実施した結果, 筋力と筋電図積分値はそれぞれ 22.6%, 16.8% の増加を示したが, 上腕屈には変化がみられなかったことを報告し, トレーニングにより得られた筋力の増加はおもに神経系が改善されたためであると述べている。また Halin¹⁶⁾は子どもの

神経・筋系はトレーニング刺激に対して非常に影響を受けやすいものであると指摘している。

本研究においても一輪車実施校の 50 m 走の記録は非実施校よりも速い値を示したが, その要因の一つとしては一輪車乗り運動により大腿の筋群を積極的に使用したため, 筋の協調性や中枢神経系の活性の程度が高まるなどの神経系の改善¹⁷⁾が起きたことが推測される。そのため一輪車実施校の児童では, 大腿筋群の機能が向上し 50 m 走の記録が非実施校に比べて速い値を示したのと考えられた。

また握力を一輪車実施校と非実施校で比較すると, 一輪車実施校は非実施校に比べて 16.8% から 17.9% 大きく両者の間には有意な差が認められた。一輪車乗り運動の練習を行う際とくに初心者の場合, 上級者のように上手にバランスをとりながら一輪車に乗ることが不可能なため手すりや鉄棒にたかりながら練習を行うことが多い。今回, 対象とした一輪車実施校 (T 小学校) 4 年生のほとんどは一輪車の未経験者であり, とくに一輪車の導入直後から乗車できるまでの期間は頻繁に手すりを使用していた。その際, ほとんどの者はバランスを崩すことを避けるため上肢に過剰な力が加わった状態で手すりを使用していたことが推測される。そのような練習の繰り返しにより一輪車乗り運動とは直接, 関係の少ない握力においても一輪車実施校と非実施校との間に差がみられたものと考えられた。

2. 形態 (上腕, 前腕, 大腿, 下腿の筋量)

形態測定には簡便に周径囲を測定する方法¹⁸⁾や MRI (magnetic resonance imaging) などの高価な装置を用いて筋断面積, 筋量, 内臓脂肪を測定する方法^{19~21)}がある。Slaughter ら¹⁸⁾は 7 歳から 11 歳までの児童を対象に前腕囲, 上腕囲, 手関節囲, 下腿囲, 胸囲を測定し立ち幅跳び, 垂直跳びとの関係についてみているが, それによるとこれらのパフォーマンスを表す項目は周径囲と有意な相関関係を示し, 発育期にある児童のパフォーマンスを予測するのに大きく貢献すると述べている。Ikai-Fukunaga²²⁾は超音波法により上腕二頭筋の筋断面積を測定し筋断面積と等尺性最大筋力との間には有意な相関関係がみられたことを認めている。また著者ら^{19, 20)}も MRI 法により頸部伸筋群の筋断面積を算出し, 等尺性頸部伸展筋力と筋断面積との関係について調べた結果, 両者の間には有意な相関関係

がみられたことを報告している。

これらの結果をみても、周径囲や筋量は機能を反映することがわかる。とくに MRI 法や CT 法、超音波法で測定された筋断面積や筋量は筋力やパフォーマンスと密接な関係にあることがこれまでに数多く報告されてきている^{19~25)}。

従来、人体の分節ごとの筋量を正確に測定する方法としてはおもに MRI 法が使われてきた²⁰⁾が、この測定装置は持ち運びが不可能なためフィールドワークでは使用することができない欠点がある。近年、MRI 法、CT 法、超音波法に加えて生体電気インピーダンス (BI: Bioelectrical Impedance) 法^{14, 26~32)}により人体の分節ごとの筋量を測定する試みがなされている。BI 法は MRI 法や CT 法と比べると簡便に筋量を測定できる利点がある。Miyatani ら¹⁴⁾は BI 法と MRI 法により上肢と下肢の筋量を測定し両者の関係について検討した結果、両者の間には有意な相関関係がみられたことを認めており、BI 法は上肢や下肢の筋量を評価するのに有用であると述べている。Davies ら³³⁾は 11.6 歳から 13.2 歳の男女を対象に握力と前腕の除脂肪量との関係について調べているが、その結果をみると男女とも両者の間には有意な相関関係がみられている。また Fuller ら²⁶⁾は 8 歳から 12 歳の男女を対象に BI 法と DXA (dual-energy X-ray absorptiometry) 法を用いて上肢、下肢の筋量を比較しているが、それぞれの測定方法で得られた値はよく一致していたことを報告している。本研究においても小学校 4 年生女子を対象に BI 法により前腕の筋量を算出し握力との関係について検討したが、両者の間には有意な相関関係がみられ、Davies ら³³⁾や Fuller ら²⁶⁾と同様な結果が得られ、小学生においても BI 法により得られた筋量と筋力との間には有意な相関関係のあることが示された。

さらに本研究では一輪車実施校と非実施校で上腕、前腕、大腿、下腿の筋量を比較したが、両者の間にはいずれも有意な差はみられなかった。Ramsay ら³⁴⁾は 9~13 歳の児童に週に 3 回、20 週間の筋力トレーニングを実施した結果、筋力の有意な増加がみられたことを報告し、さらにその筋力の増加はトレーニングを開始してから 10 週後よりもそれ以前の方が大きかったことを認めている。さらに Ramsay ら³⁴⁾は筋断面積の変化も併せてみてい

るが、筋力トレーニングによる筋断面積の増加はみられず、筋力トレーニングにより得られた筋力の増加はおもに神経系が改善されたことによるものと考察している。このように思春期前の児童を対象に筋力トレーニングを実施した研究^{15, 17, 34)}をみると、その多くではトレーニング後に筋力の増加がみられているが、筋断面積の増加はほとんどみられていない。

本研究では一輪車乗り運動の実施校と非実施校において上肢と下肢の筋量を比較したが、両者の間に有意な差はいずれも認められず、筋量では差のないことが示された。児童を対象に筋力トレーニングを実施した先行研究の結果をみると、筋力トレーニングの実施後に筋力は増加しているものの、筋量の増加はみられていないものが多い^{15, 17, 34)}。本研究では一輪車乗り運動の実施前と実施後での比較を行っておらず、その純粋なトレーニング効果については明らかではないが、一輪車乗り運動の実施校では非実施校に比べて 50 m 走が速く握力も大きい値を示したが、筋量では上肢、下肢のどちらにおいても両者の間に有意な差は認められなかった。

これらの結果より、一輪車乗り運動は発育期にある児童の筋量 (上肢、下肢) の増大を引き起こす運動というよりも、むしろ発育期の児童の筋機能の発達を助長させる運動として効果的であることが示唆された。

V. ま と め

本研究では一輪車実施校 (T 小学校) 4 年生女子 13 名と非実施校 (E 小学校) 4 年生女子 11 名を対象に 50 m 走、握力、筋量 (上腕、前腕、大腿、下腿) を測定・比較し、一輪車乗り運動と児童の発育発達との関係について検討した。結果は以下に示すとおりである。

1. 50 m 走では一輪車実施校 (T 小学校) が非実施校 (E 小学校) に比べて有意に速い値を示した。さらに握力を一輪車実施校と非実施校で比較すると、一輪車実施校の握力は左右とも非実施校よりも有意に大きかった。

2. 上腕、前腕、大腿、下腿の四つの部位の筋量を BI (bioelectrical impedance) 法により測定し、一輪車実施校 (T 小学校) と非実施校 (E 小学校) で比較した結果、いずれの部位においても有意な差は

認められなかった。

以上より, 一輪車乗り運動は発育期にある児童の筋量(上肢, 下肢)に影響を及ぼす運動というよりもむしろ児童の筋機能の発達を助長させる上で効果的であることが示唆された。

謝 辞 本研究の一部は平成 15 年度学内・保護者会奨励研究の助成により行われたものである。

参考文献

- 1) 吉田螢一郎, 杉山重利: 小学校新教育課程の解説; 体育, p. 58-64, 第一法規出版, 東京(1989).
- 2) 三木たかし, 秋山健司: 一輪車に乗ろう 1, p. 37, 国土社, 東京(2000).
- 3) 大和 眞, 清田 寛, 津山 薫, 高田良平, 千葉吟子, 細谷治朗, 時本久美子, 森 秀夫, 笹森辰夫, 新井 栄, 蔦保江美子, 篠原千枝, 中屋里依子, 佐藤英輔: 小学生の体育運動の効果に関する研究 第一報——一輪車乗りの授業とその実態について一. 日本体育大学体育研究所雑誌, **22**, 18-21, 27-44 (1997).
- 4) 大和 眞, 津山 薫, 清田 寛, 松田竜太郎, 高田良平, 千葉吟子, 細谷治朗, 時本久美子, 森 秀夫, 蔦保江美子, 伊藤みさ, 新井 栄, 笹森辰夫, 北川儀久, 沼田克弘: 小学生の体育運動の効果に関する研究 第二報——一輪車乗り運動とその効果について一. 日本体育大学体育研究所雑誌, **22**, 25-64 (1997).
- 5) 大和 眞, 津山 薫, 清田 寛, 松田竜太郎, 高田良平, 千葉吟子, 細谷治朗, 時本久美子, 森 秀夫, 蔦保江美子, 伊藤みさ, 新井 栄, 笹森辰夫, 北川儀久, 沼田克弘: 小学生の体育運動の効果に関する研究 第三報——一輪車乗りの練習時間と出来映えについて一. 日本体育大学体育研究所雑誌, **23**, 75-90(1998).
- 6) 大和 眞, 清田 寛, 松田竜太郎, 長谷川健, 小川幸三, 高田良平, 尾崎八郎: 小学生の体育運動の効果に関する研究——一輪車乗り運動と平衡機能について一. 日本体育大学体育研究所雑誌, **24**, 145-153 (1999).
- 7) 金子公有, 淵本隆文, 沖野 創: 小学生における一輪車運動の実践と平衡性に関する研究 第 1 報: 一輪車の経験の有無と体力(特に平衡機能)との関係について. 体育科学, **22**, 20-24 (1994).
- 8) 金子公有, 淵本隆文, 沖野 創: 小学生における一輪車運動の実践と平衡性に関する研究(第 2 報): ——一輪車技能の向上とバランス能力の変化について一. 体育科学, **23**, 59-64 (1995).
- 9) 金子公有, 淵本隆文, 松本美裕紀: 一輪車運動の動作学的・筋電図学的分析. 体育科学, **20**, 44-51 (1992).
- 10) 金子公有, 淵本隆文, 松本美裕紀, 矢邊順子: 一輪車走のエネルギー消費量と運動強度. 体育科学, **19**, 51-56 (1991).
- 11) 東京都立大学体育学研究室: 日本人の体力標準値, 4 版, 不昧堂出版, 東京(1989).
- 12) 河内まきこ, 横山一也, 山下樹里, 横井孝志, 小木 元, 吉岡松太郎, 渥美浩章, 堀田明裕: 設計のための人体寸法データ集, p. 123-126, 人間生活工学研究センター, 大阪(1996).
- 13) 保志 宏: 生体の線計測法, p. 237, てらぺいあ, 東京(1989).
- 14) Miyatani, M., Kanehisa, H., Masuo, Y., Ito, M. and Fukunaga, T.: Validity of estimating limb muscle volume by bioelectrical impedance. *J. Appl. Physiol.*, **91**, 386-394 (2001).
- 15) Ozmun, J. C., Mikesky, A. E. and Surburg, P. R.: Neuromuscular adaptation following prepubescent strength training. *Med. Sci. Sports Exerc.*, **26**, 510-514 (1994).
- 16) Halin, R., Germain, P., Buttelli, O. and Kapitaniak, B.: Difference in strength and surface electromyogram characteristics between pre-pubertal gymnasts and untrained boys during brief and maintained maximal isometric voluntary contractions. *Eur. J. Appl. Physiol.*, **87**, 409-415 (2002).
- 17) Blimkie, C. J. R.: Resistance training during pre- and early puberty: efficacy, trainability, mechanisms, and persistence. *Can. J. Spt. Sci.*, **17**, 264-279 (1992).
- 18) Slaughter, M. H., Lohman, T. G. and Boileau, R. A.: Relationship of anthropometric dimensions to physical performance in children. *J. Sports Med.*, **22**, 377-385 (1982).
- 19) Tsuyama, K., Yamamoto, Y., Fujimoto, H., Adachi, T., Nakazato, K. and Nakajima, H.: Comparison of the isometric cervical extension strength and cross-sectional area of neck extensor muscles in college wrestlers and judo athletes. *Eur. J. Appl. Physiol.*, **84**, 487-491 (2001).
- 20) 津山 薫, 山本洋佑, 藤本英男, 中里浩一, 藤城仁音, 中嶋寛之: サービカルエクステンションマシーンによる等尺性頸部伸展筋力と筋断面積との関係. 体力科学, **49**, 193-202

- (2000).
- 21) Fukunaga, T., Roy, R. R., Shellock, J. A., Hodgson, J. A. and Edgerton, V. R.: Specific tension of human plantar flexors and dorsiflexors. *J. Appl. Physiol.*, **80**, 158-165 (1996).
 - 22) Ikai, M. and Fukunaga, T.: Calculation of muscle strength per unit cross-sectional area of human muscle by means of ultrasonic measurement. *Int. Z. Angew. Physiol. Einschl. Arbeitsphysiol.*, **26**, 26-32 (1968).
 - 23) Kanehisa, H., Yata, H., Ikegawa, S. and Fukunaga, T.: A cross-sectional study of the size and strength of the lower leg muscles during growth. *Eur. J. Appl. Physiol.*, **72**, 150-156 (1995).
 - 24) Kanehisa, H., Ikegawa, N., Tsunoda, T. and Fukunaga, T.: Cross-sectional areas of fat and muscle in limbs during growth and middle age. *Int. J. Sports Med.*, **7**, 420-425 (1994).
 - 25) Mayoux-Benhamou, M. A., Wybier, M. and Revel, M.: Strength and cross-sectional area of the dorsal neck muscles. *Ergonomics*, **32**, 513-518 (1989).
 - 26) Fuller, N. J., Fewtrell, M. S., Dewit, O., Elia, M. and Wells, J. C.: Segmental bioelectrical impedance analysis in children aged 8-12 y: 2. The assessment of regional body composition and muscle mass. *Int. J. Relat. Metab. Disord.*, **26**, 692-700 (2002).
 - 27) Chumlea, W. C., Baumgartner, R. N. and Roche, A. F.: Specific resistivity used to estimate fat-free mass from segmental body measures of bioelectric impedance. *Am. J. Clin. Nutr.*, **48**, 7-15 (1988).
 - 28) Cornish, B. H., Jacobs, A., Thomas, B. J. and Ward, L. C.: Optimizing electrode sites for segmental bioimpedance measurements. *Physiol. Meas.*, **20**, 241-250 (1999).
 - 29) Fuller, N. J., Hardingham, C. R., Graves, M., Screatton, N. and Dixon, A. K.: Predicting composition of leg sections with anthropometry and bioelectrical impedance analysis, using magnetic resonance imaging as reference. *Clin. Sci.*, **96**, 647-657 (1999).
 - 30) Janssen, I., Heymsfield, S. B., Baumgartner, R. N. and Ross, R.: Estimation of skeletal muscle mass by bioelectrical impedance analysis. *J. Appl. Physiol.*, **89**, 465-471 (2000).
 - 31) Organ, L. W., Bradham, G. B., Gore, D. T. and Lozier, S. L.: Segmental bioelectrical impedance analysis: theory and application of a new technique. *J. Appl. Physiol.*, **77**, 98-112 (1994).
 - 32) Salinari, S., Bertuzzi, A., Mingrone, G., Capristo, E., Pietrobelli, A., Campioni, P., Greco, A. V. and Heymsfield, S. B.: New bioimpedance model accurately predicts lower limb muscle volume: validation by magnetic resonance imaging. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.*, **282**, E960-E966 (2002).
 - 33) Davies, B. N.: The relationship of lean volume to performance in the handgrip and standing long jump tests in boys and girls, aged 11.6-13.2 years. *Eur. J. Appl. Physiol.*, **60**, 139-143 (1990).
 - 34) Ramsay, J. A., Blimkie, C. J. R., Smith, K., Garner, S., Macdougall, J. D. and Sale, D. G.: Strength training effects in prepubescent boys. *Med. Sci. Sports Exerc.*, **22**, 605-614 (1990).