

昭和61年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告
No.VI 思春期前のトレナビリティに関する研究
——第 3 報——

財団法人 日本体育協会
スポーツ科学委員会

昭和61年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告

No.VI 思春期前のトレナビリティに関する研究

——第 3 報——

報 告 者 (財)日本体育協会研究プロジェクトチーム
思春期前のトレナビリティに関する研究班

班 長 青 木 純一郎¹⁾

班 員 浅 見 俊 雄²⁾ 加賀谷 淳 子³⁾ 福 永 哲 夫²⁾

担当研究員 金 子 敬 二 (日本体育協会スポーツ科学研究所)

研 究 概 要

班 長 青 木 純一郎

成長期にどれだけの身体活動が必要である(necessary)のか、あるいは至適である(optimal)のかは未知の、しかも非常に重要な課題である。現代社会は児童の日常生活にも否応もなく運動不足の状態を強いている。しかし、一方では成人によって成人のために作られたスポーツ活動に児童が巻き込まれ、今やその弊害が憂慮される状態に至っているのも一つの現実である。

したがって、特に思春期前あるいは思春期の児童を対象に、次の二点を解明する実験研究の成果が期待される。

①発育・発達刺激としての児童期における適正な運動：

発育・発達に対する刺激としての運動の質と量を明らかにして、児童に健全な発育・発達を促す適切な運動プログラムを提供する科学的な基盤を確立しなければならない。

②競技力向上のための児童期における適正なトレーニング：

競技スポーツの低年齢化が進み、国際的な競技力を付けるためには、児童期からのハードなトレーニングによる強化が不可欠になっている。しかし、児童に対してどのような内容と量のトレーニングがなされるべきであるかについての原理あるいは原則は未だ詳らかでない。児童の成長の芽を摘みとってしまったり、障害を招かないようなトレーニング処方の原理を確立しなければならない。

これらの解明のためには、まず児童のトレーニングに対する生理学的な応答を見極めることが重要である。そこで、「思春期前トレナビリティに関する研究班」では、3年間に渡って、筋力、全身持久力および調整力を柱にこの問題に取組んできた。

59、60年度の研究はそれぞれ第1および2報として既に報告され、また今年度については本報で詳しく述べられている。ここでは3本の柱について、それぞれの研究概要を紹介して、全体のまとめとしたい。

なお、今回は最終年であること、および“子供と運動”というテーマは、文献的にも議論百出の、

1)順天堂大学体育学部 2)東京大学教養学部 3)日本女子体育大学

非常に複雑なものであるため、各班毎にそれぞれのテーマについて諸々の知見を整理したレビューを各レポートの後ろにつけた。この重要な分野に関心を寄せられた人達の理解を深める資料となれば幸いである。

1) 筋 力

浅見・福永班（東京大学）は小学生を対象に2種類の筋力トレーニングを行った。

①腕立伏臥腕屈伸による動的筋力トレーニング
小学生1, 3および5年生男子各10名に、最大の $\frac{1}{2}$ の回数の腕立伏臥腕屈伸運動を、1日3セット、3日／週、8週間行わせた。

その結果、いずれの群も腕立伏臥腕屈伸の回数は有意に増加した。また、上腕の断面積も大きくなる傾向にあった。しかし、筋力については、いずれも5年生の等尺性最大筋力および $300^{\circ}/sec$ での等速性最大筋力にしか有意な向上が認められなかった。

なお、絶対筋力の増加も5年生のトレーニング群にしか見られなかった。

②肘関節屈曲による静的筋力トレーニング

小学生1, 2, 3, 4および5年生各男女10名に、肘関節の静的最大屈曲を10秒間ずつ3回行わせることを1セットとして、2セット／日、3日／週、12週間行わせた。

その結果、トレーニング群には全員伸展性の等尺性最大筋力および上腕の断面積の増大が認められた。しかし、動的筋力はいずれの群においても有意な変化を示さなかった。

なお、ここでも絶対筋力の増加の認められたのは5年生だけであった。

全体的に見ると、思春期前児童の筋力トレーニングでは、筋力および筋断面積には増加が認められる。しかし、単位断面積当たりの筋力が増加するのは5年生以降であると推察された。

2) 調整力

加賀谷班（日本女子体育大学）は調整力の中でも特に敏捷性に焦点を合わせたトレーニング実験を行った。その際、敏捷性を次の二つの面からとらえて、トレーニングおよびテストの手段とした。

①局所的な動作の反復速度………ステッピング
②体重の移動を伴う動作速度………シャトルラン

または30m走

対象は小学校1, 2, 4および6年生男女多数で、ステッピング・トレーニング群には、10秒間のステッピングを1日2セット、体重移動トレーニング群には5mの距離を5往復(シャトルラン)または30m走をそれぞれ1日2回ずつ行わせた。

その結果、ステッピング群は全身運動の速度を向上させることは出来なかつたが、ステッピングに対してはトレーニング効果が得られた。しかし、コントロール群に対しても有意な増加が認められたのは、2および4年生だけであった。

一方、シャトルラン群あるいは30m走群では、ステッピングの成績には改善が見られなかつた。その上、シャトルランあるいは30m走といった全身運動そのものにも一定の向上傾向は認められなかつた。

全体的に、敏捷性トレーニングの効果はトレーニング手段として用いた運動形態に特異的であり、局所的な動きに対しては思春期前でのトレーナビリティの高さが示唆された。

3) 全身持久力

青木班（順天堂大学）は小学生を対象に、大別して2種類の全身持久力に関するトレーニング実験を行った。

①8歳児を対象とした持久力トレーニング

体育科学センター方式による全身持久力トレーニングのための強度と時間を利用して、8歳男児各6名に、週3日、4週間に渡って、次の組合せによってトレーニングさせ、その前後で最大運動テストおよび国際標準体力テストを行った。

1) 時間を等しくして、強度を変える。

80% & 90% $\dot{V}O_{2\text{max}}$ × 5分

60% & 70% $\dot{V}O_{2\text{max}}$ × 30分

2) 強度を等しくして、時間を変える。

10分 & 30分 × 70% $\dot{V}O_{2\text{max}}$

15分 & 30分 × 60% $\dot{V}O_{2\text{max}}$

3) トレーニング様式を変える。

自転車エルゴ & レッドミル

× 70% $\dot{V}O_{2\text{max}}$ × 10分

これらの組合せはいずれも成人を対象としたトレーニングでは効果が期待できるものであるが、8歳児では1, 2の例外はあるものの最大酸素摂取量、最大換気量、最高心拍数あるいは最大下運動に対する生理的応答に有意な変化を認めるることは出来なかった。また、体力テストの結果も、上体起しと握力に、トレーニングの内容にかかわらず、やや増加の傾向が認められるにすぎなかつた。

② 9, 10および11歳児を対象とした持久力トレーニング

全身持久力トレーニングの中でも最も標準的なプログラムと考えられる“70% $\dot{V}O_{2\text{max}}$ × 30分”的自転車エルゴメータ・トレーニングを、9, 10および11歳の男子各6名に、週3回の頻度で、4週間行わせた。

その結果、8歳児同様、 $\dot{V}O_{2\text{max}}$ (ml/分) はトレーニングにより増加する傾向にあったが、統計的には有意ではなく、また各年齢の対照群との間にも有意差を見出すことは出来なかった。しかし、10歳あるいは11歳児では、最大運動時間が有意に延長したり、8あるいは9歳児と比べて、トレーニングに対する体力的な応答が明らかに認められるようになってくることが観察された。

~~~~~ · ~~~~~ · ~~~~~ · ~~~~

本研究が思春期前児童のトレナビリティの研究に取組んだ3年間に、海外で大変興味ある3編の総説が発表された。また、カナダのスポーツ科学学会から少年期の競技スポーツに関する見解表明がなされた。最後に、それらの出典とその概要を簡単に紹介して締括りとしたい。

① Krahenbuhl, G.S., et al.: Developmental aspects of maximal aerobic power in children. Exerc. Sport Sci. Rev. 13: 503-538 (1985)

4歳から16歳までを対象に  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  を測定したレポートを集め、 $\dot{V}O_{2\text{max}}$  は体の大きさにはほぼ比例し、強いトレーニングをすれば8~10%増加すると結論した。しかし、トレーニングの至適年齢は同定出来ないとしている。

② Rowland, T.W.: Aerobic response to endurance training in prepubescent children: a critical analysis. Med. Sci. Sports Exerc. 17: 493-497 (1985)

思春期前児童を対象にした持久力のトレナビリティに関する研究は、主として方法上の問題から、必ずしも一致した結果を得ていないが、全身持久力を増すプログラムの基本は成人と同じにするべきであると結論している。

③ Borms, J.: The child and exercise: an overview. J. Sports Sci. 4: 3-20 (1986)

子供も成人と同じように、運動によって健康や体力が維持増進されるのか？また、子供の運動に対する応答は成人と同じなのか？といった命題のもとに、運動が子供の形態、エネルギー出力、筋力あるいは調整力(スピード、柔軟性、協応性)に及ぼす影響を検討し、子供は大人のミニチュアではないので、トレーニング原理も大人と同じではないことを強調している。

④ Hughson, R.: Children in competitive sports—a multi-disciplinary approach. Can. J. Spt. Sci. 11: 162-172 (1986)

カナダスポーツ科学学会は少年期の競技スポーツに関して、A. 心理・社会的、B. 発育・発達およびC. 医学的観点から、それぞれに文献考証をして23項目にわたる見解を示した。本研究に関連した項目は、B. 発育・発達に大要次のように示されている。

- 子供の運動能力は年齢よりも成長や成熟の程度に関係して変化する。
- 思春期前の子供は高強度の運動に対して成人と同じようにエネルギーを発生することが出来ないので、成熟度に合わせて強度を調節する。
- 思春期前の子供は日常の活動水準が高いので、成人ほどには持久力や筋力に向上が望めない。
- 思春期前の子供には特定のスポーツ・スキルよりも走跳投捕打などの基礎的な運動技術を教えることが望ましい。

# I. 小学校 2, 4 学年児童における筋力トレーニングの効果

報告者 福永哲夫 浅見俊雄

研究協力者 船渡和男<sup>1)</sup> 池川繁樹<sup>2)</sup> 角田直也<sup>3)</sup>

金久博昭<sup>4)</sup> 奥山秀雄<sup>4)</sup>

## はじめに

思春期前児童に関する筋力トレーニングについては、身体の発育発達からみて筋、骨格系の成熟が成されていない為あるいは、アンドロゲンやエストロゲンなどのホルモンの分泌が不十分である為に効果がないとする意見が多かったようである<sup>1,2)</sup>。

一方、近年の青少年の身体の形態と機能の特徴として体格は戦前の児童のそれと比較して顕著な向上を示し、身長、体重とも早熟化傾向を示していることが指摘されている<sup>10)</sup>。これに対して、戦後の子どもでの体力低下が指摘され、特に背筋力を身長との相対発育の立場から検討してみると、同一身長で戦前の子どもが高い背筋力を示している<sup>12)</sup>。その一方現代では、トップアスリートを目指したスポーツのトレーニングが発育期にある子どもにまで広がってきており、この時期に何をどの程度までトレーニングすべきかが問題として提起される。このような背景から思春期前児童の筋力に関するトレーニング効果の有無を検討し基礎資料を得ることが必要であると考えられる。

思春期前児童について筋力トレーニングの効果に関する報告は、特に1986年以降になって数が増してきた<sup>8,9,16,17,18,19,22,23)</sup>ものの、成人の筋力トレーニングに関する報告と比べ量的に少ない為に、トレーニング効果の有無については統一的見解が得られていないのが現状である。しかもそれらの報告の殆どは主にトレーニングによる最大筋力の

増加に関して言及したものであり、筋の量的变化からみたトレーニング効果については不明である。

筆者らは小学校 1, 3, 5 学年児童を対象に、第 1 報<sup>8)</sup>では腕立伏臥屈伸によるトレーニング効果をみたところ動的筋力は 5 年生男子のみにおいて僅かに増大を示したものの、筋断面積は統計上有意に増加しなかった。また第 2 報<sup>9)</sup>ではトレーニングを単関節動作である肘関節の静的屈曲としたところ、筋断面積は統計上有意に増加を示したものの、筋力の増加については明確な結論を得るには至らなかった。

本研究では前報と同様のトレーニング方法をできるだけ正確に管理することにより、思春期前児童と考えられる小学校 2, 4 学年児童について肘関節屈曲の静的筋力トレーニングの効果を筋出力と主に上腕の筋断面積から検討することを目的とした。

## 方 法

### 1. 被検者

東京都内の小学校 2, 4 学年児童を対象にトレーニング主旨および内容を記したトレーニング調査依頼書と各両親からもとめる同意書を配布し被検者を募った(附表 I - 1)。その結果本トレーニングに同意が得られた者の中から、トレーニング群(以下 TG) 及びコントロール群(以下 CG)を各学年の男女について選択した。その中でトレーニング途中に病気の為欠席が多かったり、トレーニング前後の測定に参加できなかったものを除いた 95 名(TG63名, CG32名)を本実験の資料収集の対象とした。TG および CG について各学年の男女の集団毎に被検者数を表 I - 1 に示した。

1) 東京大学教養学部

2) 日本女子大学

3) 国士館大学体育学部

4) 国際武道大学

被検者依頼と実験への同意書

筋力トレーニングについてのお願い

ト レーニング後： 12月13日（土）13:00～ ト レーニングを行った児童  
ト レーニング後： 87年1月10日（土）13:00～ ト レーニングを行わなかつた児童

八

卷之三

2、4学年の1クラスの児童を対象に筋力トレーニング器を用いて筋力測定を行なう。これを1日に2度行う(計6回)。1回10秒を3回、これを1回10秒を3回(上記の通り)の間隔で行なう。この測定結果と比較して効果を判定する。

卷之三

卷之三

T

印

御住正

卷之三

日 月

印

御住正

卷之三

トレーンングによって生じる筋肉の形態的変化を調べるために測定を行います。トレーニング前後はトレー

|             |            |        |                          |
|-------------|------------|--------|--------------------------|
| ト レーニング 前 : | 9月13日 (土)  | 13:00~ | ト レーニング を 行 う 見 量        |
|             | 10月 4日 (土) | 13:00~ | ト レーニング を 行 わ な い<br>見 量 |

トレーニング群

表 I-1 被検者数、暦年齢およびトレーニング期間前後での骨年齢

| grade | sex | n  | calen-dar age (yrs) | 20 bone |       |       |       | 20 bone % # |       |       |       | RUS   |       |      |       | Skeletal age (yrs) |       |     |            |
|-------|-----|----|---------------------|---------|-------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|--------------------|-------|-----|------------|
|       |     |    |                     | B T     | A T   | Δ     | 20    | B T         | A T   | B T   | A T   | B T   | A T   | B T  | A T   | B T                | A T   | B T | Carpal % # |
|       |     |    |                     |         |       |       | bone  |             |       |       |       |       |       |      |       |                    |       |     |            |
| 2nd   | M   | 17 | m                   | 8.01    | 7.42  | 0.66  | 0.26  | 92.24       | 92.94 | 7.48  | 7.69  | 93.15 | 93.42 | 7.31 | 7.54  | 90.85              | 91.44 |     |            |
|       |     | SD |                     | 0.30    | 1.04  | 0.97  | 0.31  | 11.69       | 10.45 | 0.90  | 0.86  | 10.91 | 10.18 | 1.32 | 1.30  | 15.23              | 14.50 |     |            |
| 4th   | F   | 18 | m                   | 8.02    | 7.69  | 0.96  | 0.33  | 95.56       | 96.64 | 8.08  | 8.36  | 100.5 | 101.5 | 7.66 | 7.94  | 95.11              | 96.32 |     |            |
|       |     | SD |                     | 0.33    | 0.99  | 0.87  | 0.30  | 13.12       | 10.72 | 1.49  | 1.29  | 20.0  | 16.6  | 0.87 | 0.81  | 10.94              | 9.32  |     |            |
| 4th   | M   | 15 | m                   | 9.94    | 9.72  | 10.18 | 0.52  | 98.14       | 100.1 | 10.05 | 10.65 | 101.4 | 104.7 | 9.40 | 9.76  | 94.99              | 95.99 |     |            |
|       |     | SD |                     | 0.26    | 1.04  | 1.04  | 0.38  | 10.17       | 9.8   | 1.43  | 1.61  | 13.8  | 15.4  | 0.86 | 0.86  | 8.55               | 7.92  |     |            |
| F     | 13  | m  | 10.01               | 10.28   | 10.49 | 0.34  | 102.7 | 102.4       | 11.80 | 12.18 | 117.8 | 118.7 | 9.39  | 9.45 | 93.83 | 92.28              |       |     |            |
|       |     | SD |                     | 0.30    | 1.06  | 0.86  | 0.35  | 9.7         | 7.6   | 1.78  | 1.45  | 16.3  | 12.8  | 0.61 | 0.54  | 5.76               | 4.98  |     |            |

コントロール群

| grade | sex | n  | calen-dar age (yrs) | 20 bone |       |      |       | 20 bone % # |       |       |       | RUS    |       |      |       | Skeletal age (yrs) |       |     |            |
|-------|-----|----|---------------------|---------|-------|------|-------|-------------|-------|-------|-------|--------|-------|------|-------|--------------------|-------|-----|------------|
|       |     |    |                     | B T     | A T   | Δ    | 20    | B T         | A T   | B T   | A T   | B T    | A T   | B T  | A T   | B T                | A T   | B T | Carpal % # |
|       |     |    |                     |         |       |      | bone  |             |       |       |       |        |       |      |       |                    |       |     |            |
| 2nd   | M   | 7  | m                   | 8.10    | 7.67  | 0.86 | 0.19  | 94.70       | 93.86 | 7.60  | 7.73  | 93.74  | 92.24 | 7.63 | 7.86  | 94.27              | 93.94 |     |            |
|       |     | SD |                     | 0.22    | 0.34  | 0.37 | 0.09  | 3.81        | 3.49  | 0.69  | 0.74  | 7.13   | 7.19  | 0.21 | 0.23  | 4.57               | 4.32  |     |            |
| 4th   | F   | 8  | m                   | 8.27    | 8.19  | 0.33 | 0.14  | 98.93       | 97.40 | 8.61  | 8.75  | 104.10 | 102.3 | 8.15 | 8.30  | 98.49              | 97.10 |     |            |
|       |     | SD |                     | 0.13    | 0.61  | 0.61 | 0.11  | 6.77        | 6.60  | 0.96  | 0.94  | 11.10  | 10.4  | 0.44 | 0.41  | 4.45               | 4.28  |     |            |
| 4th   | M   | 10 | m                   | 9.93    | 9.54  | 9.71 | 0.14  | 95.98       | 95.23 | 9.63  | 9.83  | 97.06  | 96.38 | 9.40 | 9.59  | 94.56              | 94.06 |     |            |
|       |     | SD |                     | 0.18    | 1.10  | 0.96 | 0.19  | 10.48       | 8.99  | 1.96  | 1.79  | 18.91  | 17.21 | 0.78 | 0.64  | 7.59               | 5.99  |     |            |
| F     | 7   | m  | 10.14               | 10.16   | 10.29 | 0.13 | 100.1 | 98.74       | 11.43 | 11.53 | 112.6 | 110.6  | 9.41  | 9.56 | 92.79 | 91.77              |       |     |            |
|       |     | SD |                     | 0.29    | 1.21  | 1.11 | 0.15  | 10.2        | 8.90  | 2.01  | 1.93  | 18.5   | 17.4  | 0.75 | 0.64  | 5.17               | 4.16  |     |            |

BT : トレーニング前, AT : トレーニング終了直後

\*\*\* : P &lt; 0.001, \*\* : P &lt; 0.01, \* : P &lt; 0.05

Δ : AT 値 - BT 値

# : Skeletal age / Calendar age × 100 (%)

120% ≤ : Advanced

80% ~ 120% : Normal range

80% ≥ : Retarded

## 2. トレーニング方法

筋力トレーニングは前報告<sup>9)</sup>と同様に、スメドレー式握力計（竹井機器社製）を改造して製作した持ち運び可能で容易に机上に固定できる筋力トレーニング器を用いて行った（図I-1）。この筋力トレーニング器を2, 4学年のTGの教室に2~3台ずつ設置した。トレーニングは右腕のみについて行った。被検者にはトレーニング器のリング内壁に手首をあて、肘関節をストッパーにより90度になるように固定して、肘関節の静的最大屈曲を10秒間維持させた。このことを3分間以上の休憩をはさんで3回行うことを1セットとした。ト



図I-1 トレーニング器およびトレーニング風景

附表I-2 トレーニング記録例

| きんかトレーニング |      | 4-8 (×)ほん 佐藤 洋平 |      |      |
|-----------|------|-----------------|------|------|
|           | 1回目  | 2               | 3    | 2回目  |
| 9/24      | 14.5 | 14.6            | 14.0 | 16.5 |
| 9/25      | 15   | 18              | 14.8 | 14.0 |
| 9/26      | 15   | 11.5            | 13   | 13   |
| 9/27      | 14.0 | 13.0            | 12.5 | 13.5 |
| 9/28      | 13.5 | 13.5            | 13   | 15.0 |
| 9/29      | 13.5 | 13              | 13.5 | 14.0 |
| 10/1      | 14.0 | 15.0            | 14.5 | 11.5 |
| 10/2      | 11.5 | 11.5            | 13.5 | 12.5 |
| 10/3      | 14   | 13              | 13.5 | 15   |
| 10/4      | 13.5 | 11              | 14   | 13   |
| 10/5      | 12   | 14              | 13   | 11   |
| 10/6      | 15   | 15              | 12.5 | 12.5 |
| 10/7      | 15   | 15              | 16   | 16   |
| 10/8      | 12.5 | 12.5            | 16.5 | 17   |
| 10/9      | 12.5 | 12.5            | 14.5 | 13   |
| 10/10     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 10/11     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 10/12     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 10/13     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 10/14     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 10/15     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 10/16     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 10/17     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 10/18     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 10/19     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 10/20     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 10/21     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 10/22     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 10/23     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 10/24     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 10/25     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 10/26     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 10/27     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 10/28     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 10/29     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 10/30     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 10/31     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 11/1      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 11/2      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 11/3      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 11/4      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 11/5      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 11/6      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 11/7      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 11/8      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 11/9      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 11/10     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 11/11     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 11/12     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 11/13     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 11/14     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 11/15     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 11/16     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 11/17     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 11/18     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 11/19     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 11/20     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 11/21     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 11/22     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 11/23     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 11/24     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 11/25     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 11/26     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 11/27     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 11/28     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 11/29     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 11/30     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 12/1      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 12/2      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 12/3      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 12/4      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 12/5      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 12/6      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 12/7      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 12/8      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 12/9      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 12/10     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 12/11     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 12/12     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 12/13     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 12/14     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 12/15     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 12/16     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 12/17     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 12/18     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 12/19     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 12/20     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 12/21     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 12/22     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 12/23     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 12/24     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 12/25     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 12/26     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 12/27     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 12/28     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 12/29     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 12/30     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 12/31     | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 1/1       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 1/2       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 1/3       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 1/4       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 1/5       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 1/6       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 1/7       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 1/8       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 1/9       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 1/10      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 1/11      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 1/12      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 1/13      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 1/14      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 1/15      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 1/16      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 1/17      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 1/18      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 1/19      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 1/20      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 1/21      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 1/22      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 1/23      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 1/24      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 1/25      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 1/26      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 1/27      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 1/28      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 1/29      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 1/30      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 1/31      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 2/1       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 2/2       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 2/3       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 2/4       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 2/5       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 2/6       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 2/7       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 2/8       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 2/9       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 2/10      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 2/11      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 2/12      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 2/13      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 2/14      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 2/15      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 2/16      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 2/17      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 2/18      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 2/19      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 2/20      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 2/21      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 2/22      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 2/23      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 2/24      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 2/25      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 2/26      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 2/27      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 2/28      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 2/29      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 2/30      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 2/31      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 3/1       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 3/2       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 3/3       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 3/4       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 3/5       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 3/6       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 3/7       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 3/8       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 3/9       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 3/10      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 3/11      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 3/12      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 3/13      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 3/14      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 3/15      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 3/16      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 3/17      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 3/18      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 3/19      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 3/20      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 3/21      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 3/22      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 3/23      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 3/24      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 3/25      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 3/26      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 3/27      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 3/28      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 3/29      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 3/30      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 3/31      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 4/1       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 4/2       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 4/3       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 4/4       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 4/5       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 4/6       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 4/7       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 4/8       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 4/9       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 4/10      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 4/11      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 4/12      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 4/13      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 4/14      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 4/15      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 4/16      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 4/17      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 4/18      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 4/19      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 4/20      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 4/21      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 4/22      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 4/23      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 4/24      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 4/25      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 4/26      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 4/27      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 4/28      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 4/29      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 4/30      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 4/31      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 5/1       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 5/2       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 5/3       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 5/4       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 5/5       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 5/6       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 5/7       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 5/8       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 5/9       | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 5/10      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 5/11      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 5/12      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 5/13      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 5/14      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 5/15      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 5/16      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 5/17      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 5/18      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 5/19      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 5/20      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 5/21      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
| 5/22      | 13.5 | 13.5            | 13   | 13.5 |
|           |      |                 |      |      |

レーニング頻度は1日2セット、原則として隔日の週3日とし、期間は1986年9月22日から1986年12月13日までの12週間であった。尚被検者のトレーニングに対する動機づけとして、1日に行う2セットで発揮されたそれぞれの最大筋力値をトレーニングカードに記録させた(附表I-2)。

第2報<sup>9)</sup>でトレーニングにより上腕三頭筋の断面積および筋力が有意に増加したことについて、多くの被検者がトレーニング中、肩関節を拳上し、肘関節を大転に引寄せる動作、つまり上腕の内転動作により上腕三頭筋にトレーニング刺激が与えられたものと解釈した。そこで本実験ではトレーニングを行うにあたっては、担任の先生もしくは本実験の検者が常に立合い、トレーニング者の肩関節が拳上しないよう適宜注意するとともに、トレーニング中はトレーニング者の肩を上から押えて、10秒間最大の筋力を発揮し続けるよう励ました。

一方コントロール群には特に運動制限を加えず、トレーニング期間中通常の生活を営むよう指示した。

### 3. トレーニング効果判定の為の測定

TG及びCGともトレーニング開始前及びトレーニング終了直後にトレーニング効果判定の為の測定を行った。測定項目は、身長、体重、上腕囲、上腕周径囲、骨年齢、上腕の横断面組成(筋、骨、皮下脂肪)及び肘関節屈曲、伸展の静的、動的筋力であり、身長と体重を除く全ての測定項目の測定部位は右腕とした。

骨年齢は、手と腕関節のX線撮影(Softex社製EMB型を使用)により得られたフィルムをTW2法<sup>20)</sup>を用いて算出された。

上腕の組織横断面図は超音波法<sup>13)</sup>により求めた。測定部位は上肢を自然に下垂伸展したときの肩峰点から橈骨頭までの直線距離の60%を肩峰点より遠位に定め、その部位での水平断面を撮影した(Aloka社製Echo Vision, SSD-120型)。なお超音波の周波数は5MHzに設定した。撮影した上腕の横断面写真から全横断面積と筋(上腕二頭筋、上腕筋及び上腕三頭筋)、皮下脂肪及び上腕骨の各横断面積をプランニメータを用いてそれぞれ測定し

た。

肘関節の静的及び動的最大筋力は、椅座位で測定した。静的筋力の測定は上腕を体幹となす角が90度になるように拳上し、Cybex II (Lumex社製)を用いた場合は、肘関節角度を屈曲で110度(最大伸展位:180度)、伸展で130度に固定して行った。またロードセルを用いて肘関節角度を90度として、左右の静的屈曲力を測定した。動的筋力はCybex IIの動作速度を10rpm, 30rpm及び50rpmに設定し、屈曲では肘関節完全伸展位から90度まで、また伸展では90度から完全伸展位までに発揮されたそれぞれ3回の内の最大ピークトルクから求めた。

各測定項目について、トレーニング前後の変化を調べるために、対応のあるt検討をおこない、両側検定で有意水準5%以内を統計上有意な差と評価した(各表には\*: p<0.05, \*\*: p<0.01, \*\*\*: p<0.001と示した。またトレーニング後の値がトレーニング前の値より小さかった場合には↓記号を付した)。なお統計的処理は、TG及びCGそれぞれについて各学年を男女の集団に分けて行った。

## 結果および考察

### 1. 骨年齢

骨年齢はTW2法<sup>20)</sup>が示す20bone, RUS、およびCarpalの3手法から求めた(表I-1)。TGの各学年およびCGの2年生の骨年齢は、20boneおよびRUSとも12週間のトレーニング期間で統計上有意な増加を示した。また表中の20bone%, RUS%およびCarpal%が示すように、暦年齢と比較して平均値でみる限り、各学年の男女の集団は、正常な発育を呈している(80%から120%)ことが示された。各被検者について見ると、生理学的年齢が遅れている(Retarded: 80%以下)者は、2年男子で2名、2年女子で1名、4年男子で1名の、合計4名であった。一方、生理学的年齢が進んでいる(Advanced: 120%以上)者は2年女子の1名と4年男子の1名の計2名であった。トレーニング前の20boneからみた骨年齢の分布は、2年生では5.3歳から10.3歳、4年生では、7.9歳から11.9歳の範囲にあった。

## トレーニング群

表 I-2 トレーニング前後での身長、体重、上腕長および上腕周径

| grade | sex | body height (cm) |        | body weight (kg) |            | length of upper arm (cm) |            | circumference of upper arm (cm) |            |
|-------|-----|------------------|--------|------------------|------------|--------------------------|------------|---------------------------------|------------|
|       |     | B T              | A T    | B T              | A T        | B T                      | A T        | B T                             | A T        |
| 2 nd  | M   | m 124.7          | SD 5.3 | 126.1*** 5.0     | 26.02 3.88 | 27.24*** 3.72            | 22.57 1.37 | 22.94*** 1.39                   | 18.53 1.93 |
|       | F   | m 122.6          | SD 4.0 | 124.0*** 4.3     | 26.27 8.42 | 26.06 3.02               | 22.17 1.34 | 22.50* 1.25                     | 18.51 1.43 |
| 4 th  | M   | m 135.7          | SD 5.8 | 137.0*** 5.6     | 30.73 5.16 | 31.99*** 4.9             | 25.05 1.49 | 25.60* 1.50                     | 19.36 2.01 |
|       | F   | m 136.8          | SD 4.8 | 138.7*** 5.1     | 31.81 4.65 | 33.88*** 4.95            | 24.65 1.11 | 25.31*** 1.32                   | 19.50 1.76 |

## コントロール群

| grade | sex | body height (cm) |        | body weight (kg) |            | length of upper arm (cm) |            | circumference of upper arm (cm) |            |
|-------|-----|------------------|--------|------------------|------------|--------------------------|------------|---------------------------------|------------|
|       |     | B T              | A T    | B T              | A T        | B T                      | A T        | B T                             | A T        |
| 2 nd  | M   | m 125.5          | SD 5.0 | 127.4* 4.1       | 23.71 2.91 | 25.23*** 3.28            | 23.00 1.53 | 23.71** 1.70                    | 16.61 0.98 |
|       | F   | m 125.1          | SD 4.0 | 127.3* 4.2       | 27.16 4.54 | 28.43*** 4.84            | 23.00 0.93 | 23.63* 1.19                     | 18.71 2.74 |
| 4 th  | M   | m 133.7          | SD 5.9 | 135.1*** 6.0     | 31.78 6.93 | 32.68** 7.29             | 24.40 0.84 | 24.90* 0.88                     | 19.42 2.84 |
|       | F   | m 136.4          | SD 5.3 | 138.0*** 5.7     | 31.24 3.58 | 32.27* 3.57              | 25.71 1.11 | 26.00 1.53                      | 18.74 1.79 |

B T : トレーニング前、A T : トレーニング終了直後

\*\*\* : P &lt; 0.001, \*\* : P &lt; 0.01, \* : P &lt; 0.05

表 I-3 トレーニング前後での上腕組織断面積( $\text{cm}^2$ )

## トレーニング群

| grade | sex | whole |         |          |            | lean  |         |          |            | fat    |       |          |            | bone  |     |          |            |  |
|-------|-----|-------|---------|----------|------------|-------|---------|----------|------------|--------|-------|----------|------------|-------|-----|----------|------------|--|
|       |     | B T   | A T     | $\Delta$ | $\Delta\%$ | B T   | A T     | $\Delta$ | $\Delta\%$ | B T    | A T   | $\Delta$ | $\Delta\%$ | B T   | A T | $\Delta$ | $\Delta\%$ |  |
| 2 nd  | M   | 29.00 | 30.25*  | 1.25     | 3.93       | 16.65 | 17.19   | 3.62     | 12.35      | 13.06* | 5.20  | 2.07     | 2.22       | 8.40  |     |          |            |  |
|       | SD  | 5.85  | 7.22    | 2.13     | 6.50       | 2.35  | 2.49    | 8.83     | 4.61       | 5.27   | 7.84  | 0.28     | 0.37       | 21.22 |     |          |            |  |
| 4 th  | M   | 30.24 | 30.81   | 0.57     | 1.88       | 15.26 | 15.44   | 1.62     | 14.98      | 15.37  | 2.33  | 2.04     | 2.02       | 2.33  |     |          |            |  |
|       | SD  | 4.61  | 5.46    | 2.77     | 9.07       | 1.87  | 2.09    | 11.05    | 3.79       | 4.30   | 9.04  | 0.43     | 0.40       | 25.42 |     |          |            |  |
| 4 th  | M   | 31.75 | 32.25   | 0.53     | 1.70       | 17.90 | 18.61   | 4.42     | 13.82      | 13.64  | -2.17 | 2.39     | 2.62       | 2.19  |     |          |            |  |
|       | SD  | 7.51  | 7.62    | 1.84     | 5.64       | 2.33  | 2.26    | 9.01     | 5.61       | 5.98   | 8.31  | 0.33     | 0.41       | 18.72 |     |          |            |  |
| F     | M   | 32.09 | 33.90** | 1.81     | 5.76       | 17.77 | 19.01** | 7.17     | 14.32      | 14.89  | 4.05  | 2.37     | 2.35       | -0.23 |     |          |            |  |
|       | SD  | 5.35  | 5.88    | 2.08     | 6.62       | 1.63  | 1.91    | 8.29     | 4.78       | 5.28   | 8.89  | 0.28     | 0.30       | 13.74 |     |          |            |  |

## コントロール群

| grade | sex | whole |        |          |            | lean  |       |          |            | fat   |       |          |            | bone   |     |          |            |  |
|-------|-----|-------|--------|----------|------------|-------|-------|----------|------------|-------|-------|----------|------------|--------|-----|----------|------------|--|
|       |     | B T   | A T    | $\Delta$ | $\Delta\%$ | B T   | A T   | $\Delta$ | $\Delta\%$ | B T   | A T   | $\Delta$ | $\Delta\%$ | B T    | A T | $\Delta$ | $\Delta\%$ |  |
| 2 nd  | M   | 25.21 | 25.21  | -0.00    | 0.07       | 14.48 | 14.00 | -2.73    | 10.73      | 11.21 | 4.27  | 1.93     | 1.53*↓     | -18.50 |     |          |            |  |
|       | SD  | 3.09  | 3.07   | 0.92     | 3.50       | 1.98  | 1.37  | 5.97     | 2.27       | 2.64  | 5.78  | 0.42     | 0.14       | 14.90  |     |          |            |  |
| 4 th  | M   | 32.43 | 33.97* | 1.55     | 5.10       | 15.52 | 16.00 | 4.09     | 16.91      | 17.98 | 5.10  | 1.75     | 1.73       | 2.30   |     |          |            |  |
|       | SD  | 8.86  | 8.88   | 1.51     | 4.74       | 3.19  | 2.52  | 6.65     | 6.16       | 7.18  | 8.74  | 0.42     | 0.41       | 27.72  |     |          |            |  |
| F     | M   | 33.81 | 32.30  | -1.51    | -4.45      | 17.40 | 16.57 | -4.28    | 16.41      | 15.60 | -5.58 | 2.16     | 2.02       | -6.01  |     |          |            |  |
|       | SD  | 11.49 | 11.25  | 2.76     | 6.99       | 2.70  | 2.46  | 9.08     | 9.03       | 9.15  | 8.89  | 0.26     | 0.28       | 12.75  |     |          |            |  |

B T : トレーニング前, A T : トレーニング終了直後  
\*\*\* :  $P < 0.001$ , \*\* :  $P < 0.01$ , \* :  $P < 0.05$

$\Delta$  : A T 値 - B T 値  
 $\Delta\%$  :  $\Delta / B T$  値 × 100

表 I-4 トレーニング前後の筋断面積(cm<sup>2</sup>)

## トレーニング群

| grade | sex | whole muscle |                     |          |           | flexor |                     |          |           | m. biceps brachii |                     |      |                    | m. triceps brachii |           |       |       |
|-------|-----|--------------|---------------------|----------|-----------|--------|---------------------|----------|-----------|-------------------|---------------------|------|--------------------|--------------------|-----------|-------|-------|
|       |     | B T          | A T                 | <i>Δ</i> | <i>Δ%</i> | B T    | A T                 | <i>Δ</i> | <i>Δ%</i> | B T               | A T                 | B T  | A T                | <i>Δ</i>           | <i>Δ%</i> |       |       |
| 2 nd  | M   | 14.57        | 14.97               | 0.40     | 3.06      | 6.55   | 6.91                | 0.36     | 6.58      | 3.63              | 3.78                | 2.92 | 3.13               | 8.02               | 8.06      | 0.04  | 1.28  |
|       | SD  | 2.18         | 2.28                | 1.28     | 8.16      | 1.18   | 1.25                | 1.00     | 14.48     | 0.71              | 0.67                | 0.68 | 0.65               | 1.43               | 1.32      | 0.85  | 11.27 |
| 4 th  | M   | 13.21        | 13.42               | 0.21     | 2.03      | 5.48   | 6.15 <sup>**</sup>  | 0.68     | 13.81     | 2.98              | 3.23                | 2.50 | 2.93 <sup>**</sup> | 7.73               | 7.26      | -0.47 | -5.52 |
|       | SD  | 1.64         | 1.78                | 1.42     | 11.23     | 0.81   | 0.91                | 0.95     | 18.35     | 0.44              | 0.49                | 0.53 | 0.54               | 1.17               | 1.24      | 1.01  | 13.42 |
| 4 th  | M   | 15.51        | 16.19               | 0.68     | 4.77      | 6.70   | 7.64 <sup>***</sup> | 0.94     | 14.91     | 3.53              | 4.21 <sup>***</sup> | 3.17 | 3.43               | 8.81               | 8.55      | -0.26 | -2.65 |
|       | SD  | 2.09         | 2.07                | 1.31     | 8.36      | 1.02   | 1.06                | 0.86     | 13.55     | 0.65              | 0.72                | 0.57 | 0.47               | 1.35               | 1.34      | 0.68  | 7.45  |
| F     | m   | 15.40        | 16.66 <sup>**</sup> | 1.26     | 8.43      | 6.56   | 7.66 <sup>***</sup> | 1.10     | 16.89     | 3.48              | 3.99 <sup>**</sup>  | 3.08 | 3.67 <sup>**</sup> | 8.84               | 9.00      | 0.16  | 2.37  |
|       | SD  | 1.48         | 1.67                | 1.19     | 8.21      | 0.69   | 1.01                | 0.70     | 10.71     | 0.37              | 0.63                | 0.49 | 0.72               | 1.06               | 1.34      | 1.00  | 11.84 |

## コントロール群

| grade | sex | whole muscle |                    |          |           | flexor |      |          |           | m. biceps brachii |      |      |      | m. triceps brachii |           |       |       |
|-------|-----|--------------|--------------------|----------|-----------|--------|------|----------|-----------|-------------------|------|------|------|--------------------|-----------|-------|-------|
|       |     | B T          | A T                | <i>Δ</i> | <i>Δ%</i> | B T    | A T  | <i>Δ</i> | <i>Δ%</i> | B T               | A T  | B T  | A T  | <i>Δ</i>           | <i>Δ%</i> |       |       |
| 2 nd  | M   | 12.54        | 12.48 <sup>↓</sup> | -0.07    | -0.11     | 5.03   | 5.37 | 0.34     | 6.92      | 2.66              | 2.81 | 2.37 | 2.56 | 7.52               | 7.11      | -0.41 | -4.58 |
|       | SD  | 1.70         | 1.27               | 0.56     | 4.48      | 0.67   | 0.86 | 0.50     | 9.02      | 0.38              | 0.49 | 0.44 | 0.42 | 1.13               | 0.62      | 0.70  | 7.85  |
| 4 th  | F   | 13.77        | 14.27              | 0.50     | 4.53      | 6.16   | 6.42 | 0.26     | 4.73      | 3.38              | 3.30 | 2.78 | 3.12 | 7.61               | 7.85      | 0.24  | 4.43  |
|       | SD  | 2.89         | 2.43               | 0.80     | 6.55      | 1.36   | 1.29 | 0.32     | 6.01      | 0.92              | 0.53 | 0.49 | 0.90 | 1.64               | 1.27      | 0.68  | 9.43  |
| 4 th  | M   | 15.24        | 14.55              | -0.69    | -4.01     | 6.46   | 6.34 | -0.11    | -1.42     | 3.32              | 3.26 | 3.14 | 3.09 | 8.78               | 8.21      | -0.57 | -5.82 |
|       | SD  | 2.59         | 2.41               | 1.57     | 9.44      | 0.97   | 0.96 | 0.69     | 10.20     | 0.72              | 0.55 | 0.32 | 0.54 | 1.68               | 1.64      | 1.11  | 11.82 |
| F     | m   | 13.99        | 13.68              | -0.31    | -2.19     | 5.86   | 5.88 | 0.02     | 1.24      | 3.12              | 3.09 | 2.74 | 2.78 | 8.13               | 7.80      | -0.33 | -4.11 |
|       | SD  | 1.15         | 1.36               | 0.83     | 5.55      | 0.74   | 0.77 | 0.80     | 14.00     | 0.55              | 0.35 | 0.47 | 0.58 | 0.61               | 0.79      | 0.41  | 5.13  |

B T : トレーニング前, A T : トレーニング終了直後  
 \*\*\* : P < 0.001, \*\* : P < 0.01, \* : P < 0.05

$\Delta$  : A T 値 - B T 値  
 $\Delta\%$  :  $\Delta / B T$  値 × 100

## 2. 形態の変化

### (1) 身長, 体重, 上腕長, および上腕周径囲

TG および CG とも12週間のトレーニング期間中で, 身長, 体重, および上腕長は, 各学年の男女の全集団で増加し, それぞれについてのトレーニング前後の差は殆どの集団で統計上有意であった(表 I - 2)。しかし上腕周径囲は CG の 2 年女子を除いては統計上変化が示されなかった。

### (2) 上腕の組織断面積

上腕断面全体, 除脂肪組織, 脂肪, 骨および筋の各断面積のトレーニング期間前後での変化を表 I - 3, および表 I - 4 に示した。

上腕の全断面積は, TG の 2 年男子および 4 年女子, CG の 2 年女子において統計上有意な増加を示し, 増加率(増加量)はそれぞれ 3.93% ( $1.25\text{cm}^2$ ), 5.76% ( $1.81\text{cm}^2$ ), および 5.10% ( $1.55\text{cm}^2$ ) であった。

除脂肪組織断面積は, TG の 4 年女子 ( $P < 0.01$ , 7.17% の増加) を除く各学年男女で統計的に有意な変化を示さなかった。

同様に皮下脂肪断面積および骨断面積も TG の 2 年男子で統計的に有意な変化が示された(皮下脂肪断面積は  $P < 0.05$  で 5.2% の増加, 骨断面積は  $P < 0.05$  で 18.5% の減少)のみで他のすべての集団で統計的に変化が示されなかった。

全筋断面積に統計上有意な増加が見られたのは, TG の 4 年女子 (8.43%,  $1.26\text{cm}^2$ ) のみであった。

屈筋群の断面積について見ると, TG では全集団とも増加傾向を示し, この増加は 2 年女子 (13.81%,  $0.68\text{cm}^2$ ,  $P < 0.01$ ), 4 年男子 (14.91%,  $0.94\text{cm}^2$ ,  $P < 0.001$ ) および 4 年女子 (16.89%,  $1.10\text{cm}^2$ ,  $P < 0.001$ ) において統計上有意であった。さらに TG について屈筋群を上腕二頭筋と上腕筋に分けて見ると, 2 年女子および 4 年の男女でそれぞれ統計的に有意な増加を示した。一方, CG における屈筋群断面積のトレーニング期間前後での差は, 全ての学年の男女の集団で統計上有意ではなかった。

上腕三頭筋は, TG および CG とも全ての学年の男女の集団で統計的に変化しなかった。

本研究と同様な肘関節屈曲の静的筋力トレーニングによる上腕屈筋群断面積の増加について, 13 歳の男子では平均 6.3% ( $0.8\text{cm}^2$ ), 女子では 5.2%

( $1.1\text{cm}^2$ ) が報告されている<sup>7)</sup>。この報告と比較してみると, 本研究の TG における同断面積の増加は 13 歳児童の増加率を上回っていた。

また第 2 報<sup>9)</sup>においてトレーニングによる筋断面積の統計上有意な増加は, 屈筋群では 5 年男女において, 伸筋群では 1 年女子, 3 年男女, 5 年男女において示された。このことと本実験結果を合せて考察してみると, 小学生児童の静的筋力トレーニングによる筋断面積の統計上有意な増加は, 2 年女子と 3 年以降の男女において示されたことになる。

筋力トレーニングによる筋の肥大に関する研究は, その多くが思春期中あるいは思春期以降の青少年<sup>7)</sup>および成人<sup>2,7,21)</sup>を対象としたものであるが, 本研究および第 2 報<sup>9)</sup>の結果から, 思春期前児童においても, 静的筋力トレーニングにより筋肥大が生ずる可能性があることが示唆される。

第 2 報<sup>9)</sup>においては, トレーニングにより上腕三頭筋の断面積が, 1 年男子を除く各学年男女の集団で有意な増加を示した。これに対して本研究では, 上腕三頭筋の断面積に統計上変化が示されなかった。この違いは方法で述べたように, トレーニングを管理するにあたって, 担任の先生あるいは本研究の検者がトレーニング者に肩関節を拳上しないように指示し, 肘関節屈曲のみのトレーニングを的確に行わせた為であると考えられる。

## 3. 筋 力

### (1) トレーニング中の最大筋力の逐日的变化

トレーニング記録カードから 1 日に発揮された筋力の最大値の変化を図 I - 2 に示した。トレーニング初期値と終末値について見ると, 2 年男子ではそれぞれ  $11.9 \pm 2.1\text{kg}$ ,  $13.7 \pm 1.7\text{kg}$ , 2 年女子ではそれぞれ  $10.0 \pm 2.0\text{kg}$ ,  $11.2 \pm 2.4\text{kg}$ , 4 年男子ではそれぞれ  $11.9 \pm 1.7\text{kg}$ ,  $16.3 \pm 3.7\text{kg}$ , 4 年女子ではそれぞれ  $10.9 \pm 1.9\text{kg}$ ,  $14.4 \pm 2.1\text{kg}$  であった。

逐目的な筋力増加傾向について見ると, 2 年生では男女ともトレーニングの初期にある水準まで達し, それ以降はほぼ一定あるいは一旦低下して増加を示す傾向が見られる。これに対して, 4 年生ではトレーニング期間全般に渡って筋力の増加

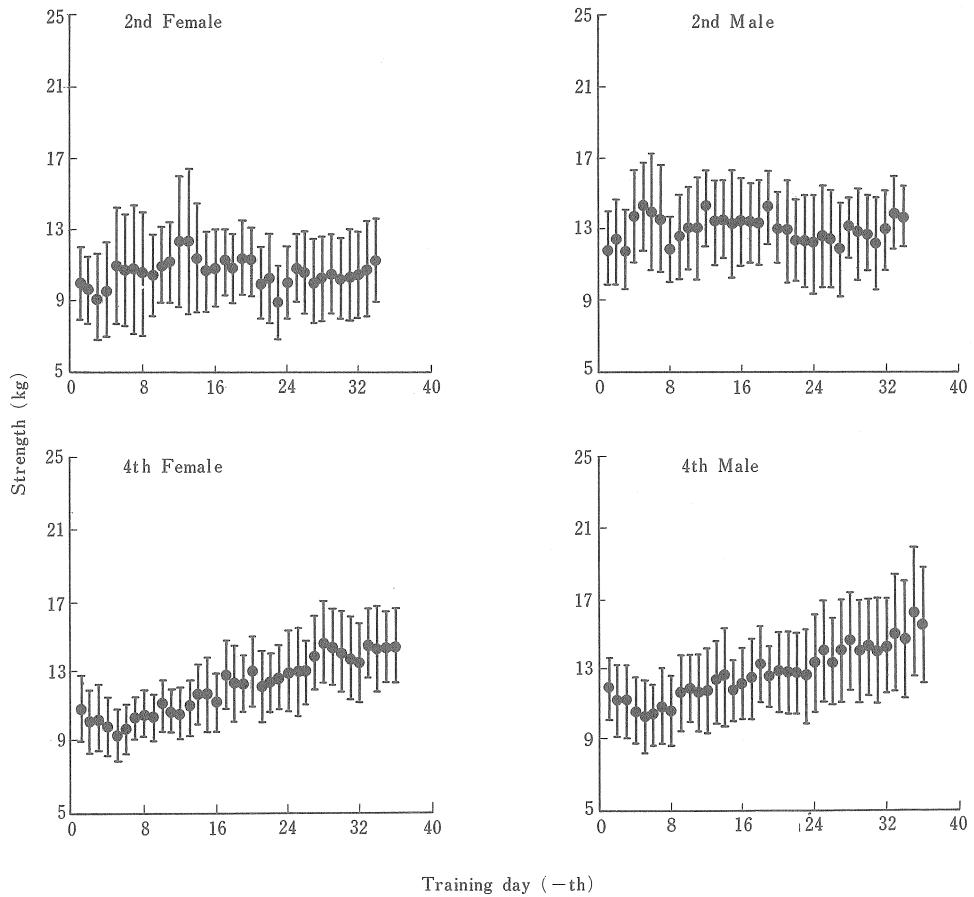


図 I - 2 トレーニング中の最大発揮筋力の逐日的変化  
(平均値と標準偏差)

傾向が示されている。トレーニング初期に見られる増加は神経系のトレーニング効果によると解釈する<sup>7)</sup>と、特に2年男子では、トレーニングにより筋断面積が統計上有意に増加していないことから、図中に見られる筋力の増加は、筋収縮に参加する運動単位の量と運動単位のインパスル発射頻度の増加<sup>15)</sup>のみによってもたらされていることが考えられる。

## (2) 静的最大筋力

ロードセルおよびCybex IIを用いて測定された左右の肘関節屈曲および右肘関節屈曲と伸展のそれぞれの静的最大筋力を表I-5に示した。

右肘関節屈曲力は、TGにおいて各学年の男女とも統計上有意な増加を示し、ロードセルから得られたトレーニング前後での筋力増加率は2年男子

で17.4% ( $P < 0.01$ )、2年女子で20.3% ( $P < 0.001$ )、4年男子で22.2% ( $P < 0.001$ )、4年女子で25.4% ( $P < 0.01$ ) であった。これに対してCGの肘関節屈曲力は、各学年の男女の全集団において統計的な変化を示さなかった。

またTGでは2年男子(12.3%,  $P < 0.01$ ), 2年女子(13.6%,  $P < 0.001$ ), 4年男子(9.5%,  $P < 0.01$ )の左肘関節屈曲力においても統計上有意な増加が示された。このことは、トレーニングをしていない対側肢にトレーニング効果が転移するという交差トレーニング<sup>11)</sup>の影響が考えられる。

肘関節の静的伸展力は、TGの2年女子(17.5%,  $P < 0.05$ ), 4年女子(22.5%,  $P < 0.05$ )およびCGの2年女子(32.4%,  $P < 0.01$ ), 4年女子(21.4%,  $P < 0.05$ )において増加が見られた。

表 I-5 トレーニング前後の等尺性最大筋力

## トレーニング群

| grade | sex | elbow flexion (load cell) |       |          |       |      |       |          |       |      |      | (cybex II)    |       |      |               |          |       |
|-------|-----|---------------------------|-------|----------|-------|------|-------|----------|-------|------|------|---------------|-------|------|---------------|----------|-------|
|       |     | right                     |       |          |       |      | left  |          |       |      |      | elbow flexion |       |      | elbow flexion |          |       |
|       |     | B T                       | A T   | $\Delta$ |       | B T  | A T   | $\Delta$ |       | B T  | A T  | $\Delta$      |       | B T  | A T           | $\Delta$ |       |
| 2nd   | M   | 8.67                      | 10.04 | 1.38     | 17.37 | 8.37 | 9.28  | 0.91     | 12.32 | 5.32 | 7.59 | 2.27          | 52.35 | 7.94 | 8.74          | 0.80     | 13.54 |
|       | SD  | 1.38                      | 1.61  | 1.62     | 20.6  | 1.41 | 1.29  | 1.22     | 16.51 | 1.40 | 2.16 | 2.34          | 63.58 | 2.00 | 2.02          | 1.71     | 25.92 |
| 4th   | M   | 7.88                      | 9.43  | 1.55     | 20.34 | 7.57 | 8.61  | 1.04     | 13.58 | 5.19 | 5.89 | 0.69          | 16.62 | 6.56 | 7.53          | 0.97     | 17.45 |
|       | SD  | 1.11                      | 1.47  | 1.14     | 15.17 | 1.12 | 1.60  | 0.88     | 11.07 | 1.23 | 1.06 | 0.99          | 23.26 | 1.17 | 1.57          | 1.66     | 29.16 |
| 2nd   | M   | 9.92                      | 12.03 | 2.11     | 22.21 | 9.33 | 10.17 | 0.83     | 9.51  | 7.35 | 8.53 | 1.19          | 17.90 | 9.05 | 9.99          | 0.93     | 12.88 |
|       | SD  | 1.49                      | 1.58  | 1.08     | 12.37 | 1.66 | 1.80  | 1.03     | 11.19 | 1.52 | 1.76 | 1.24          | 21.09 | 1.62 | 1.72          | 2.00     | 24.71 |
| 4th   | M   | 9.97                      | 12.21 | 2.25     | 25.39 | 9.30 | 9.95  | 0.64     | 9.50  | 7.13 | 8.38 | 1.25          | 23.00 | 7.80 | 9.15          | 1.35     | 22.23 |
|       | SD  | 1.55                      | 1.35  | 1.93     | 24.61 | 1.69 | 0.95  | 1.37     | 17.73 | 1.85 | 1.68 | 2.09          | 34.93 | 1.94 | 1.70          | 1.96     | 31.16 |

## コントロール群

| grade | sex | elbow flexion (load cell) |      |          |       |       |      |          |       |      |      | (cybex II)    |       |      |               |          |       |
|-------|-----|---------------------------|------|----------|-------|-------|------|----------|-------|------|------|---------------|-------|------|---------------|----------|-------|
|       |     | right                     |      |          |       |       | left |          |       |      |      | elbow flexion |       |      | elbow flexion |          |       |
|       |     | B T                       | A T  | $\Delta$ |       | B T   | A T  | $\Delta$ |       | B T  | A T  | $\Delta$      |       | B T  | A T           | $\Delta$ |       |
| 2nd   | M   | 7.41                      | 7.65 | 0.24     | 4.17  | 7.03  | 7.40 | 0.37     | 5.75  | 6.85 | 6.61 | -0.24         | -3.67 | 7.86 | 7.56          | -0.30    | -3.70 |
|       | SD  | 1.21                      | 0.93 | 0.81     | 11.37 | 0.92  | 0.69 | 0.37     | 6.01  | 0.85 | 1.46 | 1.12          | 16.14 | 1.27 | 1.38          | 0.75     | 10.13 |
| 4th   | M   | 7.77                      | 7.72 | -0.05    | 0.05  | 7.25  | 7.33 | 0.09     | 4.48  | 5.99 | 7.44 | 1.45          | 23.24 | 6.14 | 8.04          | 1.90     | 32.42 |
|       | SD  | 1.64                      | 1.49 | 0.66     | 9.37  | 2.03  | 1.33 | 1.22     | 17.72 | 0.72 | 1.95 | 1.47          | 21.83 | 1.20 | 1.64          | 1.24     | 20.60 |
| 2nd   | F   | 10.51                     | 9.85 | -0.61    | -4.08 | 10.73 | 9.95 | -0.51    | -3.80 | 7.40 | 8.00 | 0.60          | 8.09  | 8.49 | 9.14          | 0.65     | 8.31  |
|       | SD  | 1.61                      | 1.11 | 1.78     | 14.91 | 1.69  | 0.95 | 1.23     | 11.07 | 0.73 | 1.20 | 0.84          | 11.01 | 1.32 | 1.79          | 1.48     | 16.79 |
| 4th   | F   | 9.74                      | 9.21 | -0.53    | -5.14 | 8.79  | 8.91 | 0.13     | 2.39  | 6.61 | 7.97 | 1.36          | 21.85 | 7.23 | 8.67          | 1.44     | 21.44 |
|       | SD  | 1.32                      | 1.13 | 0.69     | 6.42  | 1.19  | 0.84 | 1.00     | 11.35 | 1.02 | 1.05 | 0.97          | 17.63 | 1.00 | 1.00          | 1.14     | 19.12 |

BT : トレーニング前, AT : トレーニング終了直後  
\*\*\* : P < 0.001, \*\* : P < 0.01, \* : P < 0.05

$$\Delta : A T \text{ 値} - B T \text{ 値}$$

$$A\% : \Delta / B T \text{ 値} \times 100$$

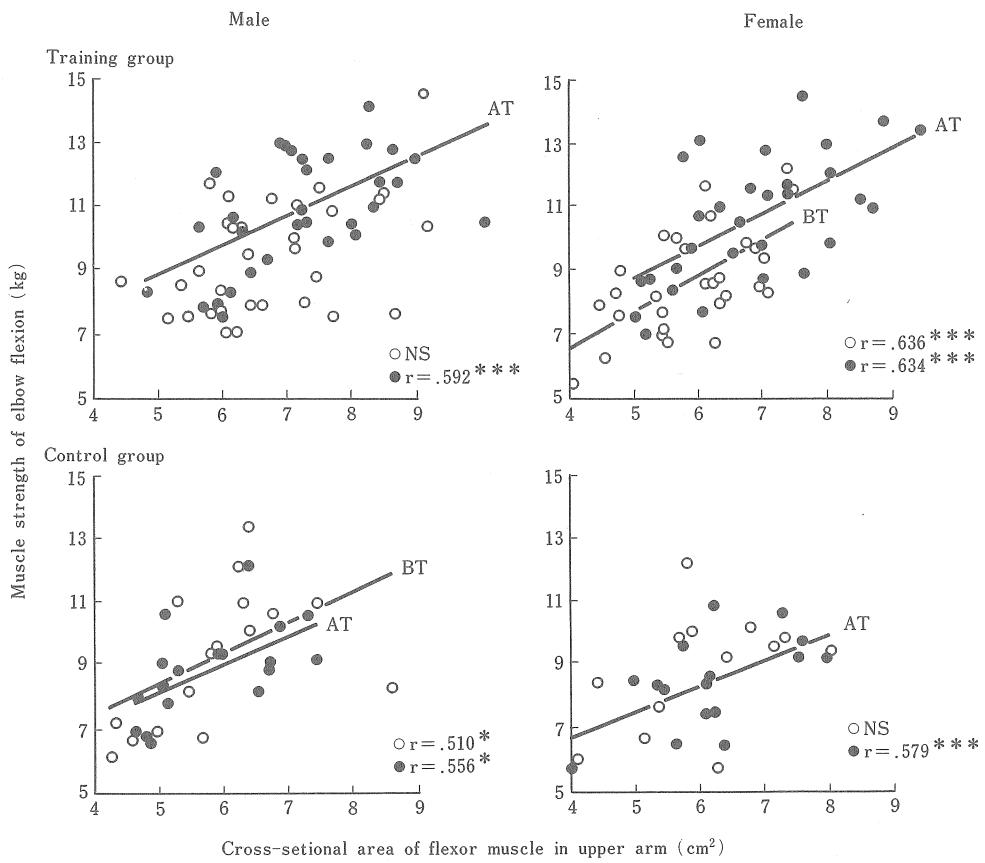


図 I - 3 トレーニング前後での上腕屈筋群の横断面積と筋力の関係(○, BT: トレーニング前, ●, AT: トレーニング終了直後, \*\*\*:  $P < 0.001$ , \*:  $P < 0.05$ ).

思春期前児童を対象にした筋力トレーニングに関する研究<sup>16,17,19,23)</sup>についてまとめてみると、トレーニング期間は4から14週間で、筋力の増加率は12.0%から42.9%の範囲の値が報告されている。また26-29歳の成人男子について本研究と同様な静的筋力トレーニングを行った報告<sup>7)</sup>では、91.8%の筋力増加率が示されている。これに対して本研究の結果から得られた肘関節屈曲力の増加率は、17.9%から52.3%の範囲にあり、思春期前児童を扱った他の報告と概ね一致した。

以上のように、トレーニングによる筋力増加率は成人の値に比べ差がみられるものの、本研究の結果から思春期前児童においても、最大筋力に対するトレーニングの効果が十分に見られると言えよう。

### (3) 単位断面積当たりの筋力

トレーニング前後の筋の断面積と筋力の関係を図I-3に示した。図中に見られるように両者の間には、トレーニング前におけるTGの男子およびCGの女子での関係を除いて、相関係数が0.510から0.636の範囲で統計上有意な相関関係が示された。

単位断面積当たりの筋力(表I-6)について見ると、TGでは屈曲力で2年男子(44.3%,  $P < 0.01$ )、伸展力で2年女子(16.6%,  $P < 0.05$ )と4年女子(19.8%,  $P < 0.05$ )に統計上有意な増加が見られたものの、殆どのグループで統計的に変化しなかった。

肘関節屈曲の静的筋力トレーニングによる単位断面積当たりの筋力について、26-29歳男子では

表 I-6 トレーニング前後での単位断面積当たりの筋力(kg/cm<sup>2</sup>)

## トレーニング群

| grade | sex |     | elbow flexion |        |          |       | elbow extension |       |          |       |
|-------|-----|-----|---------------|--------|----------|-------|-----------------|-------|----------|-------|
|       |     |     | B T           | A T    | $\Delta$ | %     | B T             | A T   | $\Delta$ | %     |
| 2 nd  | M   | m   | 4.10          | 5.35** | 1.25     | 44.33 | 4.87            | 5.30  | 0.43     | 12.11 |
|       |     | S D | 1.20          | 0.93   | 1.42     | 57.21 | 1.04            | 0.71  | 0.99     | 21.45 |
| 4 th  | F   | m   | 4.69          | 4.73   | 0.04     | 5.30  | 4.40            | 5.15* | 0.64     | 16.64 |
|       |     | S D | 1.15          | 0.80   | 1.25     | 27.87 | 0.87            | 1.10  | 0.95     | 26.52 |

## コントロール群

| grade | sex |     | elbow flexion |      |          |       | elbow extension |        |          |       |
|-------|-----|-----|---------------|------|----------|-------|-----------------|--------|----------|-------|
|       |     |     | B T           | A T  | $\Delta$ | %     | B T             | A T    | $\Delta$ | %     |
| 2 nd  | M   | m   | 6.76          | 6.01 | -0.76    | -9.01 | 5.15            | 5.23   | 0.07     | 1.57  |
|       |     | S D | 1.05          | 0.66 | 1.38     | 19.34 | 0.66            | 0.93   | 0.67     | 14.40 |
| 4 th  | F   | m   | 4.91          | 5.72 | 0.81     | 18.52 | 4.02            | 5.09** | 1.07     | 27.44 |
|       |     | S D | 0.85          | 1.04 | 1.19     | 23.93 | 0.71            | 1.09   | 0.81     | 21.11 |

BT : トレーニング前, AT : トレーニング終了直後

\*\*\* : P &lt; 0.001, \*\* : P &lt; 0.01, \* : P &lt; 0.05

 $\Delta$  : AT値 - BT値  
 $\Delta\%$  :  $\Delta / BT$  値 × 100

表 I-7 トレーニング前後での等速性最大筋力(kg)

## トレーニング群

| grade | sex | elbow flexion |      |      |        |      |         | elbow extension |        |      |        |      |          |        |     |     |     |
|-------|-----|---------------|------|------|--------|------|---------|-----------------|--------|------|--------|------|----------|--------|-----|-----|-----|
|       |     | 10 rpm        |      |      | 30 rpm |      |         | 50 rpm          |        |      | 10 rpm |      |          | 30 rpm |     |     |     |
|       |     | B T           | A T  | B T  | A T    | B T  | A T     | B T             | A T    | B T  | A T    | B T  | A T      | B T    | A T | B T | A T |
| 2 nd  | M   | 4.82          | 4.51 | 3.38 | 3.22   | 2.33 | 1.75**↓ | 6.99            | 7.17   | 5.86 | 5.17*↓ | 4.84 | 3.74***↓ |        |     |     |     |
|       | SD  | 1.16          | 1.13 | 0.78 | 0.80   | 0.82 | 0.68    | 1.67            | 1.64   | 1.20 | 0.88   | 0.90 | 0.86     |        |     |     |     |
| 4 th  | M   | 4.19          | 4.17 | 3.11 | 2.81*↓ | 1.97 | 1.57**↓ | 6.36            | 6.67   | 5.02 | 4.38*↓ | 3.82 | 3.18*↓   |        |     |     |     |
|       | SD  | 0.68          | 0.73 | 0.64 | 0.61   | 0.54 | 0.56    | 1.17            | 1.16   | 0.99 | 1.03   | 0.94 | 0.76     |        |     |     |     |
|       | M   | 5.37          | 5.56 | 3.91 | 3.77   | 2.61 | 2.32    | 7.91            | 7.17*↓ | 6.32 | 5.74   | 5.09 | 3.83***↓ |        |     |     |     |
|       | SD  | 0.97          | 1.23 | 0.72 | 1.00   | 0.73 | 1.04    | 1.23            | 1.09   | 0.90 | 0.99   | 1.11 | 1.19     |        |     |     |     |
|       | F   | 5.67          | 5.59 | 4.12 | 3.74   | 2.35 | 2.13    | 7.89            | 7.28   | 6.02 | 5.52   | 4.50 | 3.88*↓   |        |     |     |     |
|       | SD  | 0.98          | 0.80 | 0.98 | 0.90   | 0.79 | 0.53    | 1.20            | 1.22   | 1.26 | 1.11   | 1.26 | 0.66     |        |     |     |     |

## コントロール群

| grade | sex | elbow flexion |          |      |         |      |          | elbow extension |       |      |        |      |        |        |     |     |     |
|-------|-----|---------------|----------|------|---------|------|----------|-----------------|-------|------|--------|------|--------|--------|-----|-----|-----|
|       |     | 10 rpm        |          |      | 30 rpm  |      |          | 50 rpm          |       |      | 10 rpm |      |        | 30 rpm |     |     |     |
|       |     | B T           | A T      | B T  | A T     | B T  | A T      | B T             | A T   | B T  | A T    | B T  | A T    | B T    | A T | B T | A T |
| 2 nd  | M   | 5.11          | 4.31***↓ | 3.53 | 3.17    | 2.07 | 1.63*↓   | 7.01            | 6.61  | 5.50 | 5.10   | 4.33 | 3.61*↓ |        |     |     |     |
|       | SD  | 0.92          | 1.04     | 0.69 | 0.90    | 0.72 | 0.69     | 1.25            | 1.47  | 1.22 | 1.46   | 1.29 | 1.03   |        |     |     |     |
| 4 th  | M   | 4.81          | 5.83**   | 3.45 | 4.14*   | 1.95 | 2.68**   | 6.41            | 7.69* | 4.76 | 6.08*  | 3.48 | 4.75** |        |     |     |     |
|       | SD  | 0.72          | 1.08     | 0.63 | 0.63    | 0.37 | 0.53     | 1.18            | 1.52  | 1.29 | 0.92   | 1.29 | 1.17   |        |     |     |     |
|       | M   | 5.86          | 5.16**↓  | 4.37 | 3.69**↓ | 3.09 | 2.19***↓ | 7.64            | 7.28  | 6.13 | 5.69*↓ | 4.75 | 4.30   |        |     |     |     |
|       | SD  | 0.47          | 0.71     | 0.56 | 0.43    | 0.48 | 0.39     | 0.91            | 0.53  | 0.65 | 0.81   | 0.83 | 0.80   |        |     |     |     |
|       | F   | 5.63          | 5.21*↓   | 4.16 | 3.80    | 2.44 | 2.26     | 7.09            | 6.63  | 5.54 | 5.84   | 4.06 | 4.41   |        |     |     |     |
|       | SD  | 0.64          | 0.72     | 0.44 | 0.45    | 0.75 | 0.36     | 0.90            | 0.81  | 1.00 | 0.76   | 0.91 | 0.85   |        |     |     |     |

BT : トレーニング前, AT : トレーニング終了直後

\*\*\* : P &lt; 0.001 , \*\* : P &lt; 0.01 , \* : P &lt; 0.05

59.3%の増加<sup>7)</sup>が報告されている。また8.2±1.3歳の男子について、油圧式トレーニング器を用いて、動的筋力トレーニング効果をみた Weitman, E. ら<sup>23)</sup>は、動的筋力は増加したものの周径囲は増加しなかったことから、筋肥大は生ぜずに筋力が増加することが子どもの特徴であるとしている。

本研究の結果は、思春期前児童では静的筋力トレーニングにより最大筋力および筋断面積は増加を示すものの、両者の比である単位断面積当たりの筋力に増加が示されなかった。このことから思春期前児童では成人と比較して、筋量増加に見合った筋力発揮がなされていないことが特徴であると言えよう。

この原因として、子どもでは成人に比べ解糖能力が低いことが指摘されており<sup>5,14)</sup>、特に解糖反応の速度に影響を及ぼすとされる PFK 活性水準が子どもではもともと低く<sup>4)</sup>、無酸素性トレーニングによっても成人ほど同酵素は増加しない<sup>6)</sup>ことなどが考えられる。

#### (4) 等速性最大筋力

TGにおいて等速性最大筋力は、トレーニング後に低下する傾向が示された(表 I - 7)。特に50rpm の肘関節伸展力では、2, 4年の男女で統計上有意な低下が示された。

本研究のトレーニング方法は、静的筋力発揮であった為に、動的筋力が増加しない事に対しては、トレーニング効果の特異性として考えられる。しかしながらトレーニングした筋に対して、拮抗作用をもつ筋(上腕三頭筋)の動的筋力を高速で発揮する場合ほど、トレーニング後の値の低下が著しかったことについての解釈は不明である。

### 要 約

小学生 2, 4 学年児童(95名)を対象に筋力トレーニングを行わせ、主に筋断面積と筋力からトレーニング効果の有無を検討することを目的とした。トレーニング群(以下 TG, 63名)は以下に述べるトレーニングを行い、コントロール群(以下 CG, 32名)には特に運動制限を加えず、通常の学校生活を営むよう指示した。トレーニング内容は、肘関節静的最大屈曲の10秒間維持を3分以上の休憩を挟んで3回行うことを1セットとし、頻度は

1日2セット、1週隔日の3日、期間は1986年9月22日から1986年12月13日までの12週間とした。トレーニング効果判定のための測定として、肘関節屈曲、伸展の静的および動的筋力をロードセルあるいは Cybex II を用いて、また上腕組織横断面積は超音波法により測定した。また各被検者の骨年齢を TW 2 法により算出した。

結果は以下のとおりである。

- 1) 骨年齢の分布は2年生では5.3歳から10.3歳、4年生では7.9歳から11.9歳の範囲を示し、殆どの被検者は正常の発育段階にあった。
- 2) 身長、体重、および上腕長は、12週間のトレーニング期間前後で TG および CG とも統計上有意に増加した。
- 3) 上腕の全断面積は、TG の2年男子および4年女子また CG の2年女子において統計上有意な増加が見られた。
- 4) 除脂肪組織断面積は、TG の4年女子を除く各学年男女で統計的に有意な変化を示さなかった。同様に皮下脂肪断面積および骨断面積も、TG の2年男子を除く全ての集団で統計的に変化が示されなかった。
- 5) 全筋断面積に統計上有意な増加が見られたのは、TG の4年女子(8.43%, 1.26cm<sup>2</sup>)のみであった。
- 6) 屈筋群の断面積は、TG では全集団とも増加傾向を示し、この増加は2年女子(13.81%, 0.68cm<sup>2</sup>, P<0.01), 4年男子(14.91%, 0.94cm<sup>2</sup>, P<0.001)および4年女子(16.89%, 1.10cm<sup>2</sup>, P<0.001)において統計上有意であった。
- 7) トレーニング中の筋力増加傾向について見ると、2年生では男女ともトレーニングの初期にある水準まで達し、それ以降はほぼ一定かあるいは、一旦低下して増加を示す傾向が見られた。これに対して4年生では、トレーニング期間全般に渡って筋力の増加傾向が示された。
- 8) 右肘関節屈曲力は、TG において各学年の男女とも統計上有意な増加を示し、ロードセルから得られたトレーニング前後の筋力増加率は、2年男子で17.4% (P<0.01), 2年女子で20.3% (P<0.001), 4年男子で22.2%

( $P < 0.001$ ), 4年女子で25.4% ( $P < 0.01$ )であった。これに対してCGの肘関節屈曲力は、各学年の男女の全集団において統計的に変化が示されなかった。

9) 単位断面積当たりの屈曲力は、TGでは2年男子のみに統計上有意な増加が見られ、他の集団では統計的に変化しなかった。

10) 以上のことから思春期前児童を対象とした静的筋力トレーニングでは、筋力および筋断面積は増加を示すものの、単位断面積当たりの筋力に有意な増加が示されないことが特徴であった。

本研究を行うにあたって被検者となって頂いた東京都目黒区立駒場小学校の生徒の皆さんおよび、トレーニングを管理して頂いた池田成治校長、山下真理子先生、山本俊夫先生に深く感謝いたします。また骨年齢の算出にあたっては、東京女子医科大学第二病院小児科の村田光範教授および多田羅裕子助手に御協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) American Academy of Pediatrics (1983) Weight training and weight lifting : information for the pediatrician. *Phys. Sport-med.*, 11, 157-161.
- 2) Dons, B., Bollerup, K., Bonde-Petersen, F., & Hancke, S. (1979) The effect of weight-lifting exercise related to muscle fiber composition and muscle cross-sectional area in humans. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 40, 95-106.
- 3) Duda, M. (1986) Prepubescent strength training gains support. *The Physician and Sports Medicine*, 14(2), 157-161.
- 4) Eriksson, B.O., Gollnick, P. D., & Saltin, B. (1973) Muscle metabolism and enzyme activities after training in boys 11-13 years old. *Acta Physiol. Scand.* 87, 485-497.
- 5) Eriksson, B.O., Karlsson, J., & Saltin, B. (1971) Muscle metabolites during exercise in pubertal boys. *Acta Paediatr. Scand. (Suppl)*, 217, 154-157.
- 6) Fournier, M., Ricci, J., Taylor, A.W., Ferguson, R.J., Montpetit, R.R., & Chaitman, B.R. (1982) Skeletal muscle adaptation in adolescent boys : sprint and endurance training and detraining. *Med. Sci. Sports Exersice*, 14, 453-456.
- 7) 福永哲夫 (1978) ヒトの絶対筋力——超音波法による体肢組成・筋力の分析——, 杏林書院, 東京。
- 8) 福永哲夫, 浅見俊雄, 奥山秀雄, 角田直也 (1985) 思春期前のトレナビリティに関する研究 (第1報) ——II 小学生男子に対する筋力トレーニングの効果——, 昭和59年度 日本体育協会スポーツ医・科学的研究報告, IV, 21-27.
- 9) 福永哲夫, 浅見俊雄, 船渡和男, 池川繁樹, 金久博昭 (1986) 思春期前のトレナビリティに関する研究 (第2報) ——I 筋力トレーニングが思春期前児童の筋力および上腕断面組成に及ぼす効果——, 昭和60年度 日本体育協会スポーツ医・科学的研究報告, V, 4-16.
- 10) 船川幡夫 (1971) 形態にあらわれた発育促進現象, 体育の科学, 21, 432-437.
- 11) Hellebrandt, F.A. (1951) Cross education : Ipsilateral and contralateral effects of unimanual training. *J. Appl. Physiol.* 4, 136-144.
- 12) 猪飼道夫 (1971) 日本人の体力の推移, 体育の科学, 21, 438-442.
- 13) Ikai, M., & Fukunaga, T. (1968) Calculation of muscle strength per cross-sectional area of human muscle by means of ultrasonic measurement. *Int. Z. Angew. Physiol.*, 26, 26-32.
- 14) Inbar, O., & Bar-Or, O. (1986) Anaerobic characteristics in male children and adolescents. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 18, 264-269.
- 15) Milner-Brown, H.S., Stein, R.B., & Lee, R.G. (1975) Syncronization of human motor

- units : possible roles of exercise and supraspinal reflexes. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, 38, 245–254.
- 16) Pfeiffer, R.D., & Francis, R.S., (1986) Effects of strength training on muscle development in prepubescent, pubescent, and postpubescent males. *The Physician and Sports Medicine.*, 14, 134–143.
- 17) Rarick, G.L., & Larsen, G. (1959) The effects of variations in the intensity and frequency of isometric muscular effort on the development of static muscular strength in prepubescent males. *Int. Z. Angew. Physiol.*, 18, 13–21.
- 18) Servedio, F.J., Bartels, R.L., FACSM, Hamlin, R.L., Teske, D., Shaffer, T., & Servedio, A. (1985) The effects of weight training, using olympic style lifts, on various physiological variables in prepubescent boys. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 17, 288 (abstract).
- 19) Sewall, L., & Micheli, L.J. (1986) Strength training for children. *J. Pediatr. Orthop.*, 6, 143–146.
- 20) Tanner, J.M., Whitehouse, R.H., Marshall, W.A., Healy, M.J.R., & Goldstein, H. (1975) Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW2 Method), Academic Press.
- 21) Young, A., Stokes, M., Round, J.M., & Edwards, R.H.T. (1983) The effect of high-resistance training on the strength and cross-sectional area of the human quadriceps. *Eur. J. Clin. Inv.*, 13, 411–417.
- 22) Vrijens, J. (1978) Muscle strength development in the pre- and postpubescent age. *Med. Sport*, 11, 152–158.
- 23) Weltman, A., Janny, C., Rians, C.B., Strand, K., Berg, B., Tippitt, S., Wise, J., Cahill, B. R., & Katch, F.I. (1986) The effects of hydraulic resistance strength training in pre-pubertal males. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 18, 629–638.

## <総 説>

### 思春期前児童を対象とした筋力トレーニングの効果に関する研究

船 渡 和 男 福 永 哲 夫 浅 見 俊 雄

筋力トレーニングによって筋力が増加することは成人についてはかなり実証されている。しかし思春期前の子供についても成人と同様な効果が得られるか否かについては実験的検証が成されていなかった。このために現在では、子供に対する筋力トレーニングの効果と安全性が論争の焦点となっている。American Academy of pediatricsは「Weight training の効果は思春期後の競技者では最大であり、思春期前の競技者では最小である。」と示唆しており、その根拠として思春期前の児童では、循環しているアンドロゲンが不十分である為に筋力の向上は得られないとしている<sup>1)</sup>。これに対しても、循環しているアンドロゲンが少ない女性においても、10週間の Weight training で筋肥大は示されないが、筋力は統計上有意に増加したことが示されている<sup>11)</sup>。

以下、思春期前児童を対象とした筋力トレーニングの効果について、主に筋力の増加について言及している論文を紹介する。

Vrijens, J (1978)<sup>9)</sup>は、8週間の resistive exercise を思春期前および後の男子に行わせた。その結果、思春期後の子供ではトレーニング後に筋力の増加が見られたが、思春期前の子供では筋力の増加が示されなかったことから、筋力トレーニングは思春期前児童に対しては効果はない結論している。

これに対して Rarick, G.L. と Larsen, G<sup>6)</sup>, Servedio, F.J.<sup>7)</sup>, Pfeiffer, R.D と Francis, R.S.<sup>5)</sup>, Sewall, L と Micheli, L.J.<sup>8)</sup>, および Weltman, A. ら<sup>10)</sup>は、思春期前の男女においても適切な筋力トレーニングによって筋力は増加すると報告している。

Rarick, G.L. と Larsen, G (1959)<sup>6)</sup>は、思春期前

男子27名を対象に、isometric wrist flexion をトレーニングとして、筋力トレーニングの効果について強度と頻度から検討している。トレーニング方法は、E 1 グループでは  $\frac{2}{3}$  max の負荷強度を6秒間維持することを1日1回4週間行ったのに對して、E 2 グループでは 80% max の負荷で6秒間を1日8回4週間行った。その結果、最大筋力では E1 グループで平均 12%, また E2 グループで平均 29% の増加がみられた。しかし両グループ間の差は統計的に有意でなかったことから、「負荷強度は最大の  $\frac{2}{3}$ , 頻度は1日1回であれば、それ以上の強度あるいは頻度でトレーニングした場合と効果は同じである」という Hettinger の説が思春期前児童に対しても適用されることを指示している。

Servedio, F.J. ら (1985)<sup>7)</sup>は思春期前児童 ( $11.9 \pm 0.5$  歳, Tanner maturity scale = 1.4  $\pm$  0.6) について、週3日の Snatch および Clean and jerk といった Olympic style lifts のトレーニングをしている者 (6名) と、彼等のクラスメイトで全くトレーニングに参加していない者 (6名) について、トレーニング前とトレーニング 8 週後の変化を調べた。その結果、Cybex を用いて求めた肩関節の等速性屈曲力はトレーニングしている児童では、コントロール群より統計的 ( $P < 0.05$ ) に大きな値を示した。またトレーニングによって、心容積が大きくなつた為に心拍出量の増加が示されたことと、収縮期血圧は変わらずに拡張期血圧が低下したことを報告している。これらのことから結論として、思春期前児童が Weight lifting を行うことは安全でありかつ、成人と同様のトレーニング効果が期待できるであろうとしている。

Pfeiffer, R.D. と Francis, R.S. (1986)<sup>5)</sup>は、思春

期前, 中, 後の男子について筋力トレーニング効果の比較を行った。被検者を, 生殖器および恥骨の発育をもとに Tanner stage 1を思春期前 ( $n=15$ )とし, Tanner stage 2から4を思春期( $n=15$ ), Tanner stage 5を思春期後 ( $n=10$ )としてそれぞれトレーニング群とコントロール群を構成した。トレーニング効果の判定は, Cybex を用いて30度／秒と120度／秒で肘関節と膝関節の屈曲力と伸展力について測定した。筋力トレーニングは, Universal machine および free weights を用いて4種目の主運動 (leg extension, leg curl, bench press, biceps curl) と5種目の補助運動 (rowing, shoulder extension, leg press, sit-ups, butterflies) から構成した。主運動は1日3セット, 各種目について10回ずつを行い, 負荷はそれぞれ1セット目は10PMの50%, 2セット目は10RMの75%, 3セット目は10RMの100%と漸増した。トレーニング頻度は週3日であり, 期間は9週間であった。この結果, トレーニング群はコントロール群に比較して, 膝関節屈曲力を除いて統計上有意に增加了(図1)。また, トレーニング群のなかで思春期前, 中, 後の被検者間について筋力増加を比較してみると, 全部で16種目のテスト項目の内, 3種目 (right knee flexion の30度／秒, left elbow flexion の

120度／秒, および knee extension の120度／秒)で思春期前児童が思春期中あるいは思春期後の児童に比べて統計上有意な增加を示した。また思春期中あるいは思春期後の児童が取り立てて統計上有意な増加を示したテスト項目はなかった(図2)。この知見は今まで言っていた, 筋力トレーニングの効果は思春期以降でなければ得られないという定説を覆すものであり, 思春期前児童に対する筋力トレーニングは, 筋力に急激な増加をもたらすことを示している。

Sewall, L.と Micheli, L.J. (1986)<sup>9</sup>は, 18名の思春期前男女 (2人はtanner stageが2, 残りはTanner stageが1)を対象に, トレーニング群とコントロール群に分けて, トレーニング群には1日25分から30分で, 週3日のresistive exercise programを9週間施した。その結果, トレーニング群では平均の筋力で42.9%の増加率が示されたのに対し, コントロール群でのそれは9.5%であった。

Weltman, A.ら (1986)<sup>10</sup>は, 6歳から11歳 (平均8.2歳)までの男子29名 (トレーニング群19名, コントロール群10名)について筋力トレーニングの効果を調べた。トレーニング方法は, 油圧マシンを用いての biceps/triceps, bench press, qua-

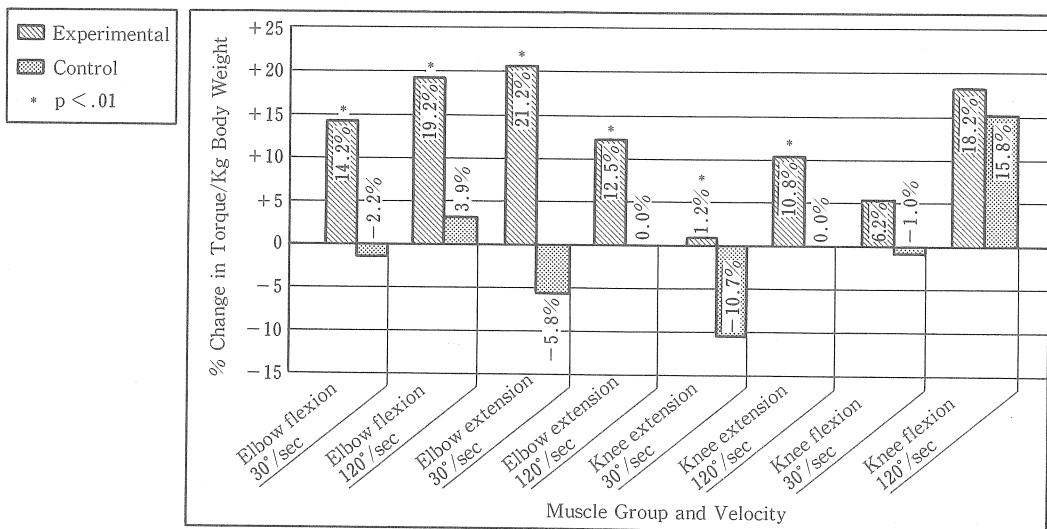


Figure 1. Percentage changes in strength in the right limbs of the experimental ( $n=33$ ) and control ( $n=31$ ) groups.

Pfeiffer, R.D., and Francis, R.S. (1986)<sup>5</sup>

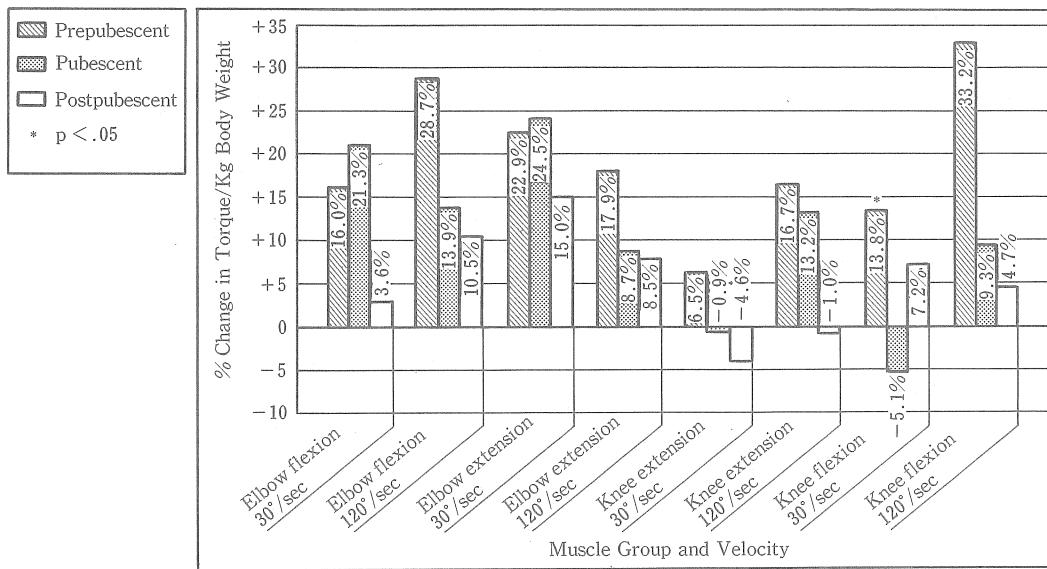


Figure 2. Mean strength changes in the right limbs of the experimental group according to maturity level. The group included 14 prepubescents, ten pubescents, and nine postpubescents.  
Pfeiffer, R.D., and Francis, R.S. (1986)<sup>5)</sup>

driceps/hamstrings, shoulder press, abduction/adduction hip, butterfly, forearm conditioner, jump squat から構成されるサーキットトレーニングであった。この筋力トレーニングを30分間行い、その前後に5分から7分のwarm upとcool downを組込んで合計45分間のトレーニングを週3回、14週間に渡って行った。効果判定の為の測定として、KIM COM を用いて肘と膝の屈曲および伸展の短縮性の等速性筋出力を、30度／秒と90度／秒の動作速度で測定した。その結果、上記の計8動作で発揮された筋出力全てにおいてトレーニング後に増加が示され、その増加率は18.5%から36.6%であった。また performance test として行った立幅跳びあるいは垂直跳びで、トレーニング群はそれぞれ3.0%，10.4%の増加を示し、コントロール群に比べて有意な増加を示した。またトレーニング群で、トレーニング後に各四肢の周径囲が有意に増加しないで筋力のみに増加が示されたことから、筋収縮に参加する運動単位の同期化および数の増加といった、神経支配の改善によって筋力増大が生じたことを推察している。また油圧装置を用いての筋力トレーニングの安全性に関しては、筋および骨組織のシンチグラフィの結果、傷害は認められなかった。

一方、トレーニングによる筋量の変化について検討した報告はほとんど見られない。従って筆者らの研究結果を以下に示した。

本報告書第1報<sup>3)</sup>では、小学校1，3，5年生の男子それぞれ20名について腕立て伏臥腕屈伸を運動負荷としたトレーニングを8週間行った。その結果、1，3年生児童において上腕三頭筋の断面積が統計上有意に増加した。また本報告書第2報<sup>4)</sup>および本報告書に示した第3報では、小学校1年から5年の男女計115名を対象に12週間にわたる肘関節屈曲の静的トレーニングを行った。その結果、上腕の筋断面積は、男子では1年生を除いた全ての学年で、また女子では2年生を除いた全ての学年で統計上有意に増加した。これらのこととは、思春期前児童においても、筋力トレーニングにより筋肥大が生じる可能性のあることを示唆している。

1985年開かれた American Orthopaedic Society for Sports Medicine (AOSSM) の strength training workshop あるいは、National Strength and Conditioning Association (NSCA) の声明文 (1985) は、思春期前児童に対する筋力トレーニングを推奨している<sup>2)</sup>。つまり、適切なトレーニングプログラムが組まれて、よく指導かつ管理されている限り、筋力トレーニングは安全であると

している。また、実際に児童が行うにあたっては、正しいフォームができるまでは負荷をかけないと、15回正しいフォームができるようになったら1ポンドから3ポンドずつ負荷を増していくこと、トレーニング時間は20分から30分とし、1週間に2回から3回行うことを薦めるといったようにかなり具体的に示されている。

以上のように思春期前児童を対象として筋力トレーニングの効果を検討した研究の多くは、1985年ごろから着手され始めている。従って、トレーニング効果に関して統一的見解を示すことは早計であろう。しかし本文に示した数少ない研究結果から、トレーニング効果のうち筋力の増加という点にのみ限って結論を示すとすれば、「思春期前児童では筋力トレーニングを行っても筋力は増加しない」という以前の定説は覆され、成人と同様の効果が期待できると言えよう。

今後は、思春期前児童に対して実際に筋力トレーニングを施す場合の、管理面およびプログラムの確立が明示される必要があろう。また、トレーニングによる筋量の変化および、無酸素性代謝能力あるいは神経一筋系の改善などの機能面の変化、さらには、整形外科的な立場から筋の障害などの安全面についての検討が必要となろう。

## 文 献

- 1) American Academy of Pediatrics (1983) Weight training and weight lifting : information for the pediatrician. *Phys. Sport-med.*, 11, 157-161.
- 2) Duda, M. (1986) Prepubescent strength training gains support. *The Physician and Sports Medicine.*, 14(2), 157-161.
- 3) 福永哲夫, 浅見俊雄, 奥山秀雄, 角田直也 (1985) 思春期前のトレナビリティに関する研究 (第1報) —II 小学生男子に対する筋力トレーニングの効果—, 日本体育協会スポーツ科学研究報告, IV, 21-27.
- 4) 福永哲夫, 浅見俊雄, 船渡和男, 池川繁樹, 金久博昭 (1986) 思春期前のトレナビリティに関する研究 (第2報) —I 筋力トレーニングが思春期前児童の筋力および上腕断面組成に及ぼす効果—, 日本体育協会スポーツ科学研究報告, V, 4-16.
- 5) Pfeiffer, R.D., & Francis, R.S., (1986) Effects of strength training on muscle development in prepubescent, pubescent, and postpubescent males. *The Physician and Sports Medicine.*, 14, 134-143.
- 6) Rarick, G.L., & Larsen, G. (1959) The effects of variations in the intensity and frequency of isometric muscular effort on the development of static muscular strength in prepubescent males. *Int. Z. Angew. Physiol.* 18, 13-21.
- 7) Servedio, F.J., Bartels, R.L., FACSM, Hamlin, R.L., Teske, D., Shaffer, T., & Servedio, A. (1985) The effects of weight training, using olympic style lifts, on various physiological variables in prepubescent boys. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 17, 288 (abstract).
- 8) Sewall, L., & Micheli, L.J. (1986) Strength training for children. *J. Pediatr. Orthop.*, 6, 143-146.
- 9) Vrijens, J. (1978) Muscle strength development in the pre- and postpubescent age. *Med. Sport*, 11, 152-158.
- 10) Weltman, A., Janny, C., Rians, C.B., Strand, K., Berg, B., Tippitt, S., Wise, J., Cahill, B. R., & Katch, F.I. (1986) The effects of hydraulic resistance strength training in pre-pubetal males. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 18, 629-638.
- 11) Wilmore, J.H. (1974) Alteration in strength, body composition and anthropometric measurements consequent to a 10-week weight training program. *Med. Sci. Sports*, 6, 133-138.

## II. 小学1年生と6年生の敏捷性トレーニングの効果

報告者 加賀谷 淳子

研究協力者 小西 由里子<sup>1)</sup>

敏捷性の測度のひとつとして、脳幹小脳系の機能に依存して発達する体肢の急速反復速度がよく用いられている。それは、幼児期から小学校期において発達が著しいとされているが<sup>12)</sup>、その時期のトレーニングが敏捷性の発達に対して有効であるかどうかについてはまだ十分明らかにされていない。著者達はすでに思春期前の小学校2年生と4年生のステッピングトレーニングはこの時期の発育による敏捷性の発達を上回る効果を生じさせることを報告した。<sup>10)</sup>そこで本研究では、さらに低年齢の小学校1年生の敏捷性トレーニングの効果を調べるとともに、思春期の入口にある小学校6年生にも同様のトレーニングを行わせて効果の有無を明らかにすることにより、思春期前児童の敏捷性トレーニングの意義を検討しようとするものである。本研究で用いたトレーニングは局所的急速反復動作である座位ステッピングと、脚を交互にステップすることにより、身体を速やかに前方へ移動させる短距離疾走であり、それらが、刺激に対する反応の速さ、反復速度および短距離タイムにどのような効果を与えるかについても比較検討することを目的としている。

### 方 法

#### 1. 被検者

東京都内の公立小学校に在籍する小学校1年生男女89名と6年生男女87名を対象とした。そして各学年男女とも、それぞれ2つのトレーニング群とコントロール群の3群にわけた。各群別の被験者の内訳は表II-1, 2の中に示す通りである。

なお、6年生女子40名のうち初経のみられたのは22名(55%)であった。

#### 2. トレーニング方法

各学年の男女ともそれぞれ3群にわけ、そのうち2群をトレーニング群、他をコントロール群とした。トレーニング群は座位ステッピングをトレーニングとするステッピングトレーニング群と30m走をトレーニングとする30m走トレーニング群にわけ、次のようにしてトレーニングを行った。

##### 1) ステッピングトレーニング

椅子座位姿勢をとり、できるだけ速く両脚交互にステップする。1セット10秒間とし、休憩をはさんで2セット行わせた。

##### 2) 30m走トレーニング

30m走を2回実施した。原則としては校庭で直線距離を30mダッシュさせたが、雨の日は体育館内で15mの往復走を2回行わせた。また、時々はグループ対抗のリレーを取り入れ、被験者に興味をもたせるようにした。

トレーニングは週3回、朝の始業開始後15~20分の間に実施した。トレーニング期間は昭和61年9月から10月の間の6週間であった。

#### 3. トレーニング効果の測定

トレーニング効果を見るためトレーニング前後に次のような測定を行った。

##### イ) ステッピングテスト

被験者は椅子座位姿勢をとり、両足を左右別々のステッピング台(ストレインゲージ貼布)の上においた。椅子の高さを調節し、膝関節が直角になるようにして、腕を体側に沿わせ、両手で椅子を

1) 日本女子体育大学

表II-1 小学校1年生の敏捷性トレーニング効果

|                            | ステッピングトレーニング群   |                  |                  |                  | 30m走トレーニング群      |                  |                  |                  | コントロール群          |                  |                  |                  |
|----------------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|                            | 男子(N=22)        |                  | 女子(N=12)         |                  | 男子(N=20)         |                  | 女子(N=8)          |                  | 男子(N=16)         |                  | 女子(N=11)         |                  |
|                            | トレーニング前         | トレーニング後          | トレーニング前          | トレーニング後          | トレーニング前          | トレーニング後          | トレーニング前          | トレーニング後          | トレーニング前          | トレーニング後          | トレーニング前          | トレーニング後          |
| 身長(cm)                     | 121.4<br>± 4.14 | 121.8<br>± 4.11  | 120.0<br>± 6.22  | 121.1<br>± 6.07  | 119.9<br>± 4.25  | 121.0<br>± 4.53  | 120.6<br>± 4.77  | 121.2<br>± 5.16  | 119.9<br>± 3.17  | 120.3<br>± 3.39  | 120.1<br>± 4.89  | 120.6<br>± 4.70  |
| 体重(kg)                     | 23.8<br>± 3.48  | 24.1<br>± 3.55   | 22.3<br>± 3.69   | 22.7<br>± 3.72   | 23.4<br>± 2.80   | 24.1<br>± 2.62   | 23.2<br>± 4.61   | 23.5<br>± 4.88   | 22.2<br>± 2.92   | 22.8<br>± 3.00   | 23.0<br>± 3.34   | 23.4<br>± 3.41   |
| 皮下脂肪厚<br>上腕背部(mm)          | 10.55<br>± 3.46 | 9.98<br>± 3.52   | 9.88<br>± 2.61   | 10.46<br>± 2.94  | 10.10<br>± 2.38  | 9.90<br>± 2.74   | 9.94<br>± 2.73   | 9.88<br>± 3.30   | 9.53<br>± 3.44   | 9.03<br>± 3.44   | 11.00<br>± 3.28  | 10.23<br>± 3.43  |
| 皮下脂肪厚<br>肩甲骨下(mm)          | 6.66<br>± 2.84  | 6.96<br>± 3.12   | 5.21<br>± 0.99   | 6.42<br>± 1.38   | 6.27<br>± 1.59   | 6.68<br>± 2.25   | 5.81<br>± 2.12   | 6.56<br>± 2.26   | 5.59<br>± 1.67   | 5.81<br>± 1.95   | 6.77<br>± 2.54   | 7.66<br>± 3.40   |
| 第1歩目から<br>ステッピング<br>(回/5秒) | 40.36<br>± 5.48 | 42.45<br>± 6.62  | 43.23<br>± 5.80  | 44.52<br>± 3.21  | 42.29<br>± 6.37  | 41.81<br>± 6.18  | 39.84<br>± 5.52  | 39.93<br>± 6.00  | 42.06<br>± 5.53  | 43.66<br>± 5.05  | 39.90<br>± 5.18  | 40.34<br>± 5.75  |
| 刺激から第1歩<br>までの時間(秒)        | 35.70<br>± 5.22 | 37.98<br>± 5.42  | 38.08<br>± 4.96  | 39.62<br>± 3.13  | 38.08<br>± 5.71  | 37.40<br>± 5.96  | 35.65<br>± 5.34  | 34.59<br>± 4.90  | 37.69<br>± 5.60  | 39.51<br>± 4.64  | 35.56<br>± 4.77  | 36.07<br>± 5.25  |
| 30M走(秒)                    | 0.605<br>± 0.25 | 0.493<br>± 0.105 | 0.625<br>± 0.089 | 0.506<br>± 0.056 | 0.528<br>± 0.127 | 0.514<br>± 0.116 | 0.556<br>± 0.056 | 0.563<br>± 0.081 | 0.570<br>± 0.124 | 0.488<br>± 0.066 | 0.596<br>± 0.101 | 0.511<br>± 0.086 |

\* P &lt; 0.05, \*\* P &lt; 0.01, \*\*\* P &lt; 0.001

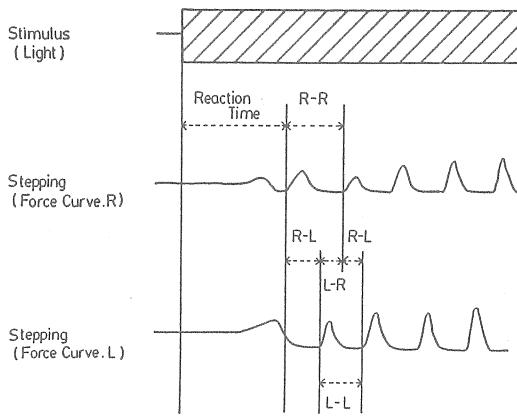
X ± S.D

表II—2 小学校6年生の敏捷性トレーニング効果

|                             | ステッピングトレーニング群    |                    |                  |                  | 30M走トレーニング群      |                  |                  |                  | コントロール群          |                  |                  |                  |
|-----------------------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|                             | 男子(N=17)         |                    | 女子(N=13)         |                  | 男子(N=17)         |                  | 女子(N=15)         |                  | 男子(N=13)         |                  | 女子(N=12)         |                  |
|                             | トレーニング前          | トレーニング後            | トレーニング前          | トレーニング後          | トレーニング前          | トレーニング後          | トレーニング前          | トレーニング後          | 第1回              | 第2回              | 第1回              | 第2回              |
| 身長(cm)                      | 148.7<br>± 8.71  | 149.4**<br>± 8.90  | 148.7<br>± 6.10  | 149.5<br>± 5.78  | 145.5<br>± 4.05  | 145.5<br>± 4.02  | 147.5<br>± 5.01  | 147.6<br>± 4.80  | 151.2<br>± 9.42  | 152.1<br>± 9.68  | 150.2<br>± 4.18  | 150.4<br>± 4.26  |
| 体重(kg)                      | 40.1*<br>± 11.28 | 41.3***<br>± 11.86 | 38.8<br>± 7.64   | 39.6<br>± 7.26   | 35.7<br>± 3.96   | 36.1<br>± 3.82   | 37.7<br>± 4.93   | 38.7<br>± 4.67   | 42.4<br>± 10.50  | 43.6<br>± 10.52  | 46.3<br>± 6.50   | 46.9<br>± 6.17   |
| 皮下脂肪厚<br>上腕背部(mm)           | 10.79<br>± 4.50  | 11.62**<br>± 4.98  | 11.73<br>± 3.61  | 10.73<br>± 2.85  | 9.12<br>± 3.57   | 9.41<br>± 3.52   | 10.50<br>± 3.25  | 11.62<br>± 3.73  | 11.31<br>± 6.36  | 11.58<br>± 6.76  | 16.04<br>± 4.64  | 15.67<br>± 3.77  |
| 皮下脂肪厚<br>肩甲骨下(mm)           | 8.35<br>± 5.99   | 9.18<br>± 6.60     | 8.57<br>± 2.66   | 9.23<br>± 3.13   | 6.77<br>± 3.04   | 8.09<br>± 3.78   | 8.04<br>± 2.67   | 11.14<br>± 4.34  | 8.62<br>± 4.07   | 10.35<br>± 5.77  | 14.67<br>± 5.13  | 15.83<br>± 5.28  |
| 第1歩目からの<br>ステッピング<br>(回/5秒) | 54.83<br>± 5.65  | 54.38<br>± 4.49    | 54.96<br>± 4.92  | 56.92<br>± 4.75  | 56.01<br>± 5.40  | 58.08<br>± 4.86  | 56.55<br>± 5.63  | 57.61<br>± 3.40  | 55.85<br>± 5.49  | 57.62<br>± 5.91  | 51.36<br>± 2.47  | 52.27<br>± 3.25  |
| 刺激から次の<br>ステッピング<br>(回/5秒)  | 49.48<br>± 4.71  | 49.98<br>± 4.69    | 50.77<br>± 4.99  | 52.47<br>± 4.91  | 52.31<br>± 4.10  | 53.85<br>± 4.80  | 52.09<br>± 5.74  | 53.01<br>± 3.64  | 52.16<br>± 5.77  | 53.87<br>± 5.73  | 46.93<br>± 2.35  | 48.36<br>± 3.61  |
| 刺激から第1歩<br>までの時間(秒)         | 0.439<br>± 0.083 | 0.386**<br>± 0.052 | 0.392<br>± 0.039 | 0.372<br>± 0.067 | 0.393<br>± 0.063 | 0.396<br>± 0.072 | 0.405<br>± 0.049 | 0.379<br>± 0.047 | 0.373<br>± 0.050 | 0.362<br>± 0.070 | 0.412<br>± 0.047 | 0.388<br>± 0.077 |
| 30M走(秒)                     | 5.91<br>± 0.53   | 5.94<br>± 0.41     | 5.83<br>± 0.32   | 5.94<br>± 0.32   | 5.60<br>± 0.26   | 5.86<br>± 0.52   | 5.91<br>± 0.32   | 5.89<br>± 0.34   | 5.58<br>± 0.26   | 5.66<br>± 0.23   | 5.88<br>± 0.45   | 5.90<br>± 0.28   |

\* P &lt; 0.05, \*\* P &lt; 0.01, \*\*\* P &lt; 0.001

 $\bar{X} \pm SD$



図II-1 ステッピングの記録とステップ間隔の計測

R-R: 右脚から右脚へのステップ間隔  
 L-L: 左脚から左脚へのステップ間隔  
 R-L: 右脚から左脚へのステップ間隔  
 L-R: 左脚から右脚へのステップ間隔

つかむようにした。被検者の前方1m離れた壁の眼の高さに、白色ネオンランプがつくようにした。被検者は、検者の合図によってランプを注視し、ランプの点灯と同時にできるだけ速く両脚を交互に動かしてステッピングを行った。ステッピングの時間は6秒間である。休憩をはさんで2回実施した。

#### (1) 反応の速さ、ステップ数、ステップ間隔の測定

ステッピングテストにより得られた記録を模式図で示すと図II-1の通りである。これには刺激時点と左右それぞれのステッピングを示す力曲線が記録されている。そこで刺激から第1歩開始までの時間（反応時間）と第1歩めから5秒間の左右のステップ数を調べた。以上については2回実施したうちの成績のよい方を個人の代表値とした。次に第1歩から5秒間のステップ数の多い試行について、反応時間と刺激から5秒間のステップ数を調べるとともに、図に示したように、右脚から右脚（R-R）、左脚から左脚（L-L）、右脚から左脚（R-L）、左脚から右脚（L-R）の4種のステップ間隔を測定した。

#### (2) ステッピング中の筋電図

各学年の男子の中から各群3名ずつ選び、ステッピング中の筋電図を表面電極法（有線）により記録した。被験筋は僧帽筋、右脚の大脛直筋、左右脚の腓腹筋（内側）および右の前胫骨筋であった。記録には4チャンネルのインクレス記録器（日本電気三栄K・K製）を用い、左の腓腹筋と僧帽筋は交互に記録した。

#### 2) 30m走タイムの測定

校庭につくられた30mの直線コースを用いて30m疾走に要するタイムを測定した。測定は1回に4人ずつ行い、休憩をはさんで2回実施した。タイムは1人の被検者に対して2人の検者がストップウォッチを用いて計測し、その平均値を各試行の値とし、2試行のうち短い方の値を個人の代表値とした。

#### 3) 形態

トレーニング前後に身長、体重、皮下脂肪厚（上腕背部、肩甲骨下）の測定を行った。

## 結果

### 1. 形態の変化

身長、体重、皮下脂肪厚の学年別、性別、トレーニング群別の平均値±SDを表II-1、2に示した。1年生（表II-1）ではどの群においてもトレーニングをはさんだ6週間後の身長の平均値は有意に増加した。しかし、6年生（表II-2）では男子の3群のうち2群は有意に増加したが女子の身長は有意な変化を示さなかった。体重もトレーニング後の方が平均値が高く、統計的に有意差を示すものが多かった。

上腕背部の皮下脂肪厚はトレーニングによって一定の方向の変化を示さなかった。肩甲骨下の皮下脂肪厚は平均値ではいずれもトレーニング後高い値を示したが、統計的に有意差があったのは男女合わせて12群のうち3群にすぎなかった。

### 2. ステッピングに対するトレーニング効果

#### 1) ステッピング開始時の反応の速さ

光刺激からステッピングの第1歩開始までの反応の速さは表II-1、2に示す通りである。トレーニング前、1年生の平均値は男子0.528～0.605

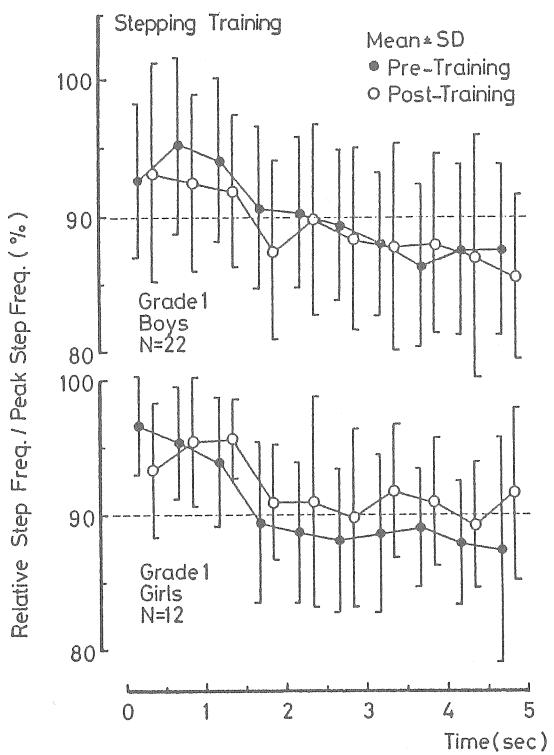
秒, 女子0.556~0.625秒であったが, 6年生は男女ともこれより速く, 男子0.373~0.439秒, 女子0.392~0.412秒であった。

トレーニングによる変化をみると1年生では, ステッピングトレーニング群の反応時間が男女とも有意 ( $P < 0.001$  と  $P < 0.01$ ) な短縮を示し, トレーニング後の平均値はそれぞれ0.493秒と0.506秒になった。しかし, 他はコントロールの男子の群が5%水準で有意差を示した以外は30m走トレーニング群でもコントロール群でも有意な変化はみられなかった。一方, 6年生は, どの群もトレーニング後の平均値は小さかったが, 有意差のあったのはステッピングトレーニング群の男子のみであった。従ってステッピング開始時の反応の速さはステッピングトレーニング群のみ効果があったといえる。

## 2) 5秒間のステッピング回数

5秒間の両足交互のステッピング回数については刺激から5秒間と, 第1歩開始から5秒間の2つの値を表II-1, 2に示した。

トレーニング前の刺激から5秒間のステッピング回数は, 1年生では35.6~38.1回, 6年生は46.9~52.3回の範囲にあり, 6年生の方が10~15回高い値を示した。次に反応時間を除いて第1歩から5秒間のステッピング回数をみると1年生は39~44回, 6年生は51~57回の範囲にありどちらも約5回の差がみられた。刺激から5秒間のステッピング回数は, 刺激に対する反応の速さも含まれて評価されているが, 第1歩から5秒間のステッピング回数は反復速度だけをあらわしている。1年, 6年ともに両者の間には $r=0.95\sim0.99$  ( $P < 0.001$ ) の相関があった。次に同一試行における反応時間と刺激から5秒間のステッピング回数の関係をみるとトレーニング前の1年生男子は $r=-0.336$  ( $n=58$ ), 女子は $r=-0.053$  ( $n=31$ ) となり男子は5%水準で有意であった。6年生も男子 $r=-0.567$  ( $P < 0.01$ ,  $n=47$ ), 女子 $r=-0.395$  ( $P < 0.05$ ,  $n=40$ ) でいずれも有意の相関があり, 反応時間が速いほど刺激から5秒間のステッピング回数が多いことがわかった。しかし, 反応時間と第1歩ステップから5秒間のステッピング回数との関係をみるとトレーニング前後とも有意

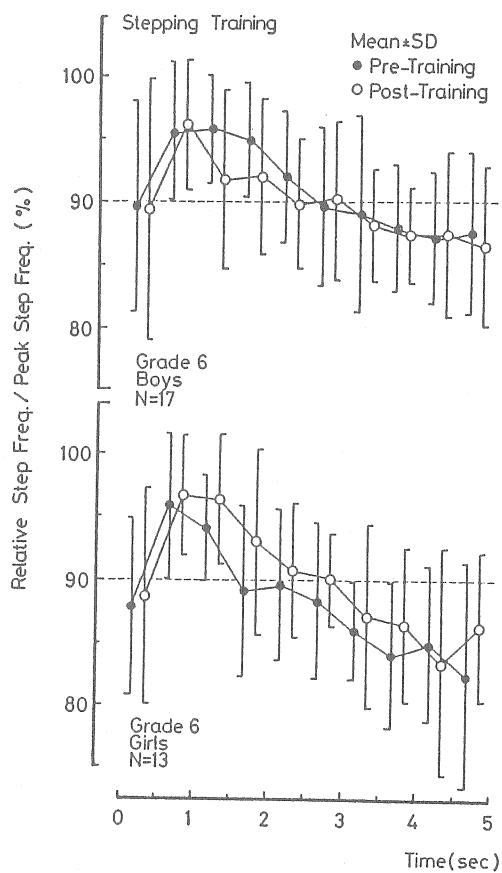


図II-2 時間経過とともに步数の低下度  
(小学校1年生のステッピングトレーニング群)

の相関はないことがわかった。

トレーニングによるステッピング回数(第1歩から5秒間)の変化をみると1年生男子のステッピングトレーニング群ではトレーニング前40.36±5.48回であったものが, トレーニング後は42.45±6.62回と4.9%の増加を示し, それは統計的に有意 ( $P < 0.01$ ) であった。しかし, コントロール群の男子のステッピング数も有意な増加を示したので, トレーニング群の増加とコントロール群の増加を比較したところ両者の間に有意差がなかった。女子もトレーニング後のステッピング回数は3%高い値を示したが統計的には有意差がなかった。また, 30m走トレーニング群は男女とも有意の変化を示さなかった。

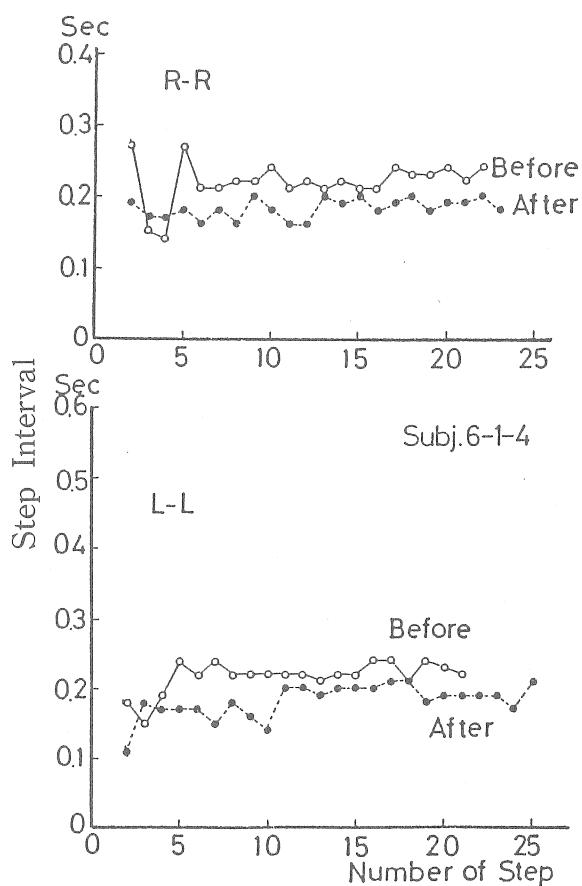
6年生では, ステッピングトレーニング群, 30m走トレーニング群, コントロール群のいずれにおいても男女とも有意な変化がみられなかった。



図II-3 時間経過にともなうステッピング数の低下度（小学校6年生のステッピングトレーニング群）

3) 最高ステップ数とステッピングの低下率  
時間経過に伴うステッピング速度の変化をみるために、第1歩開始から5秒間のステップ数を0.5秒間隔で調べた。0.5秒間のステップ数の最高値はステッピングトレーニング群においてはトレーニング前1年生男子 $4.49 \pm 0.67$ 、女子 $4.75 \pm 0.63$ 回であった。トレーニング後は男女それぞれ $4.75 \pm 0.74$ 回と $4.83 \pm 0.45$ 回になったが統計的には有意な変化ではなかった。6年生でも男子が5.96から6.06へ、女子は6.24から6.33回となり、平均値ではいずれもトレーニング後の方が高い値を示したが有意ではなかった。

次に時間経過によるステップ回数の低下度を、ステップ数のピーク値を100としてあらわし、学年別、性別の平均値 $\pm$ SDで示すと図II-2、3の通

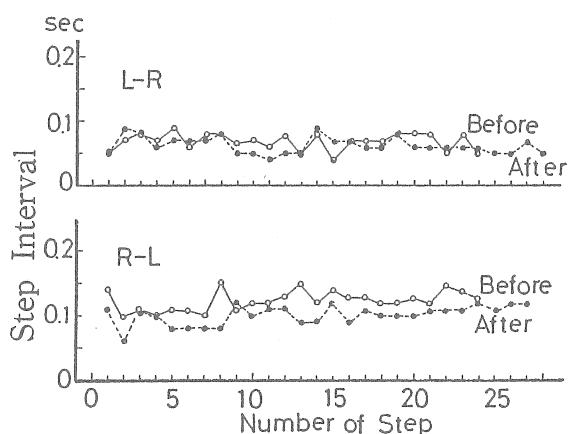


図II-4 同側のステップ間隔の変化  
(被検者は6年男子)  
R-R:右脚の間隔  
L-L:左脚の間隔

りとなる。これはステッピングトレーニング群のトレーニング前後の値を示したものである。男子は1年生も、6年生もともにトレーニング後はピーク値からの低下がおそらくあらわれる傾向がみられた。しかし5秒後の値に有意差はなかった。一方、女子は両学年ともトレーニングによる低下度の変化はみられなかった。

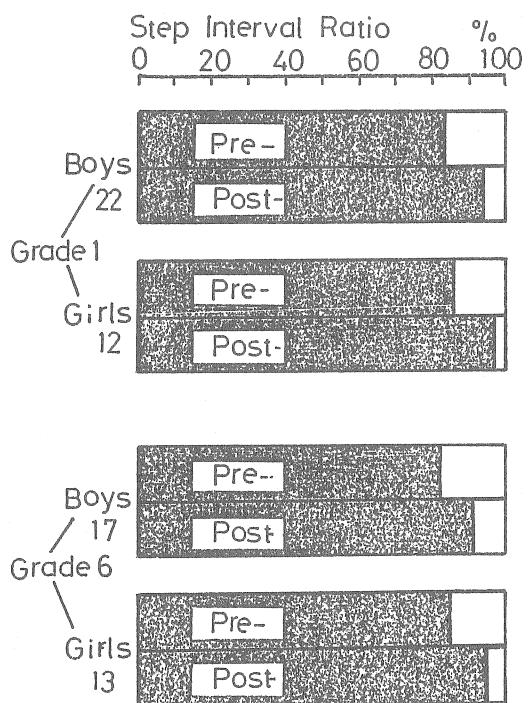
#### 4) ステップ間隔の変化

図II-4は6年生男子のトレーニング前後の同側のステップ間隔を、図II-5は対側へのステップ間隔をステップ順に示したものである。どちらも、ステップが続いても延長あるいは短縮するという傾向は見られなかった。そこで各人のステッ

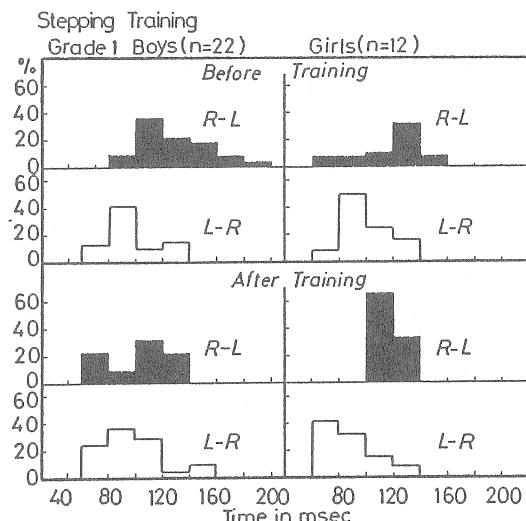


図II-5 対側へのステップ間隔の変化  
(被検者は6年男子)

L-R: 左から右脚へ  
R-L: 右から左脚へ



図II-7 対側への切り換え時間の比に対するトレーニングの影響 (ステッピングトレーニング)



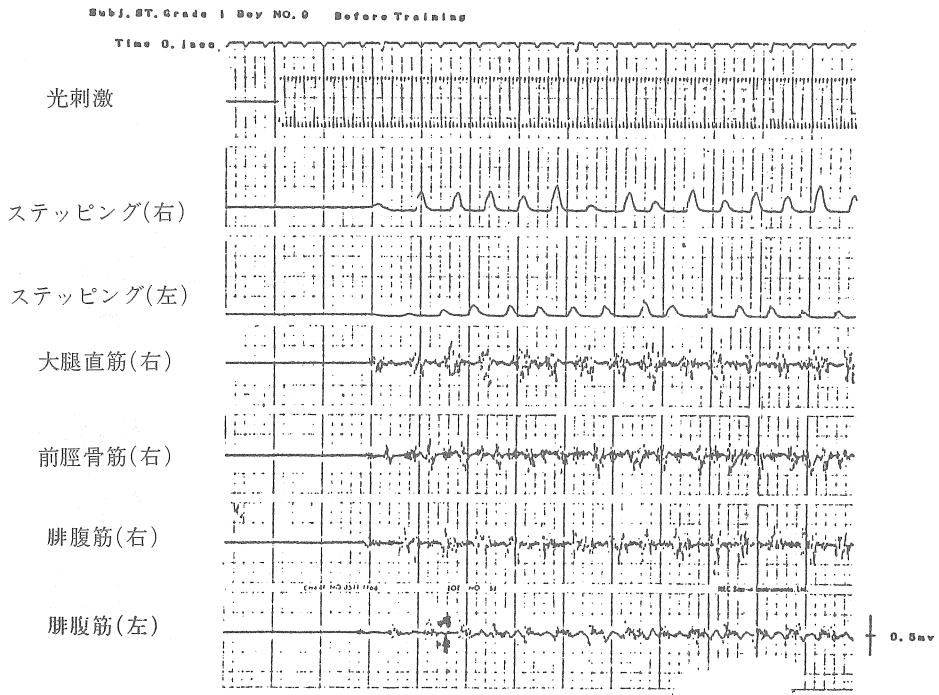
図II-6 対側への切り換え時間に対するトレーニングの影響 (1年生のステッピングトレーニング群の分布を示した)

ステップ間隔の平均値を用いてステップ間の長さを表すことにした。また、個人内のステップ間隔の変動の大きさを変動係数 ( $100 \cdot SD/\bar{x}$ )で示した。

同側間のステップ間隔は1年生では左右とも0.23～0.25秒の範囲にあり、左右間に有意差はなかった。トレーニング後はステッピングトレーニング群とコントロール群の男子では左右とも有意( $P < 0.05$ )に短縮した。ステッピングトレーニングの

女子もトレーニング後の方が小さい値を示したが、その差は有意でなかった。30m走トレーニング群の男女、コントロール群の女子はトレーニング前後でほぼ近似した平均値を示した。6年生においても同側のステップ間隔は左右差がなく0.17～0.19秒の間にあった。トレーニング前後を比較するとステッピングトレーニング群の女子は平均0.181秒から0.172秒へ有意( $P < 0.05$ )な短縮を示した。しかし、他はどの群においても有意差はみられなかった。

対側への切り換えの間隔をみるとトレーニング前は右から左への切り換えよりも、左から右への切り換え時間の方が短い群が多かった(図II-6)。その値は1年生では0.10～0.13秒、6年生では0.08～0.10秒の範囲にあった。しかし、トレーニング前後で有意差を示した群はなかった。対側へのステップの切り換え時間について、右から左へと左から右へのどちらが速いかを個人別に調べると1年生では全体の70%、6年生でも69%は左脚から右脚への切り換え時間が短かった。そこで各



図II-8 ステッピング中の筋電図  
(上は光刺激と左右のステッピングを示す)

人の切り換え時間の長かった方を100として速かった側の時間の割合を示すと図II-7のようになつた。これはステッピングトレーニング群について示したものである。1年生、6年生の男女ともトレーニング前は、対側への切り換える速い方の時間はおそい方に対して80~85%であったが、トレーニング後は90~97%に増加していた。すなわち、トレーニング後の方が右から左へと、左から右への切り換えがより均等に行われるようになったことがわかった。切り換えに要する時間をみるとトレーニング前に短い値を示した方の切り換え時間はトレーニング後もほぼ同じか、むしろやや延長する傾向を示し、おそかった方の切り換えはトレーニング後速くなる傾向を示した。このことが、トレーニング後の両者の比を100%に近づける要因になっていた。30m走トレーニング群とコントロール群には一定の変化はみられなかった。

同一個人内のステップごとの変動を変動係数からみると、トレーニング前後で有意差がなく、個

人におけるステップ間隔の変動の大きさはトレーニングによる変化がないといえる。

#### 5) ステッピング中の筋電図

1年生と6年生の男子各9名のステッピング中の筋電図を記録し、トレーニングによって筋の働き方に変化があらわれるかどうかを検討した。図II-8は、ステッピング中の筋電図(1年生男子、トレーニング前)の例である。光刺激が与えられて第1ステップ(右)を踏む前に右の大腿直筋、前脛骨筋、腓腹筋に小さな放電があり、準備の動作がおこっている。ステッピング中、右の前脛骨筋には、同側の腓腹筋の放電消失期に大きな放電がみられるが、同側の腓腹筋と大腿直筋が放電している時期にもそれより小さな放電を示した。しかし、トレーニング前後を比較して、筋放電の様式や、放電の相対的大きさにトレーニングによる変化があるとはいえない。僧帽筋についても一定傾向の変化はみられなかった。

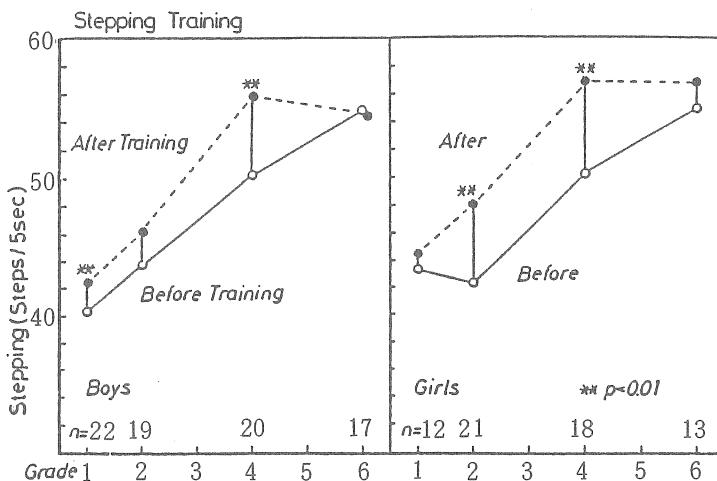
### 3. 30m走に対するトレーニング効果

30m走タイムの平均値とSDは表II-1, 2に示す通りである。トレーニング前の平均値は1年生では男女差はなく6.53~6.78秒であった。6年生は男子は5.58~5.91秒であった。しかし、どのトレーニング群でもトレーニングによって30m走タイムが短縮する傾向はみられなかった。

### 論 議

本研究の目的は思春期前にあたる小学校1年生と思春期に入る小学校6年生の敏捷性トレーニングに効果があるかどうかを明らかにすることであった。トレーニングの結果、小学校1年生ではステッピングトレーニングによりステッピング回数が増加し、その増加は男子では有意であった。しかし、コントロール群の増加と有意差はなく、発育量を上回るトレーニング効果があったとはいえない。幼児の急速反復動作のトレーニングについて山川(1957)<sup>17)</sup>は、5, 6歳男女の10秒間のタッピングでは3ヵ月で5歳児が180%, 6歳児は136%に増加し、さらにその効果は小学校2年生になっても残存していたと報告した。石河たち(1977)<sup>9)</sup>も4歳と6歳の男女の走運動を中心とした運動プログラムによりシグザグ走や反復横とびにトレーニング効果があったことを示している。一方、浅見たち(1984)<sup>18)</sup>は5歳男女のトレーニングで反復

横とび、タッピング、ステッピングなどが有意に増加したが、それはコントロール群の増加を上回るものではなかったとし、本研究の小学校1年生の結果もこれと一致した。この時期の幼少年の生活をみると遊びとして敏捷な動きを伴う活動が多く含まれている。<sup>11)</sup>従って、それをこえる内容をもつ敏捷性トレーニングを課さなければ効果はあらわれにくいと思われる。一方、本研究の6年生はどのトレーニングでも有意な効果は得られなかっ。本研究と前報<sup>10)</sup>の結果をまとめて小学生の敏捷性トレーニングの効果をステッピング回数で示すと図II-9のようになった。思春期前の小学校4年生まではトレーニングによりステッピング数の増加がみられるが、最も大きな増加を示したのは男女とも小学校4年生であった。小学校6年生では女子の半数以上に初経がみられ、思春期に入っていることが示された。そしてこの学年ではステッピング回数にトレーニング効果はみられなかった。これまでの報告のうち、寺田と古田(1982)<sup>15)</sup>は小学校1年生から6年生までの男女ともステッピングが有意に増加したことを示し、その効果は高学年ほど大きかったとしている。また金原たち(1969)<sup>13)</sup>も中学校3年生男子のステッピング回数が有意に増加したと述べている。彼等の研究と本研究の違いは、ステッピングの測定時間である。寺田と古田は10秒間のステッピング数を調べて効



図II-9 小学生のステッピングに対するトレーニング効果 (1, 6年生は本研究, 2, 4年生は前報<sup>10)</sup>の結果である)

果を判定しているが、本研究は5秒間のステッピング数を指標としている。本研究で示したようにステッピング速度は時間が経過するにつれて低下する。従って測定時間が長くなればスピードの持続能力の関与が大きくなる。また、合図からステッピング数を数えれば、反応の速さがステップ数を左右するが、それは、トレーニングによって短縮する。従って、ステッピングの速度だけでなく、その持続能力や反応のはやさも含めて敏捷性をとらえれば、思春期以降においてもトレーニング効果が期待できると思われる。

本研究で敏捷性の測度として用いた両脚交互のステッピングは、片脚の筋の拮抗筋に対する興奮と抑制の切り換え、すなわち相反的神経支配の巧みさと、その両側への切り換えの巧みさを見るものである。これには脳幹小脳系の機能が関与するプログラム化された動作の発現とみることができる。<sup>12)</sup>両脚のステッピングは片側だけで行うタッピングに比べて空間的調節がより重要な役割を果たしていると考えられる。本研究では右脚から左脚への切り換えと左脚から右脚への切り換え時間をわけて分析したところ、左脚への切り換え時間の長い者が多かった。ToborとKyprie(1980)<sup>16)</sup>はタッピングでは利手のタップ間隔が小さいと述べている。脚では手ほど利側と非利側の分化ははっきりしないが、切り換え時間に左右差があるので利側との関連を調べてみる必要があろう。この差はトレーニングにより小さくなり、ステップ間隔が均等に近づく傾向があった。これは左右の筋と拮抗筋に対する空間的、時間的調節がトレーニングで巧みに行われるようになったことを示唆している。

次にトレーニングに用いた運動と効果との関係を検討する。Hilsendorferたち(1969)<sup>6)</sup>は敏捷性は筋力やスピードとは別に敏捷性に適したプログラムによって向上することを示したが、その内容については十分な検討がなされていない。幼児を対象とした研究では、走運動を中心とした運動プログラムは調整力を高めるのに有効であり<sup>9)</sup>、ステッピングのような敏捷性を示す項目にも効果があつたと<sup>13)</sup>報告されている。また、金原たち(1969)<sup>18)</sup>は敏捷性を高めるトレーニングとしてステッピング

トレーニングを取り上げ、中学生では10秒間の2セット運動で十分な効果があげられることを示した。そこで本研究では、この2種のトレーニングを小学生に適用し、トレーニング効果を刺激に対する反応の速さ、反復速度、30m走から検討した。そしてステッピングトレーニング群には反応時間やステッピング回数に効果のみられる場合があったが、30m走トレーニングでは効果がみられないことがわかった。前報<sup>10)</sup>でも、小学校2年生と4年生のステッピングトレーニング群の急速反復速度にはトレーニング効果がみられたが、シャトルラントレーニングをした群ではステッピングに対して効果がなかった。生田(1984)<sup>8)</sup>たちもスプリントトレーニングは座位ステッピングに効果を与えるなかったと述べている。従って、浅見(1981)<sup>3)</sup>たちが幼児について明らかにしたように大筋群のトレーニングと小筋群のトレーニングは関連が薄く、効果は波及しないと考えられる。

また、反応の速さと動作の速さとの関係を調べたこれまでの研究は両者の間に相関がなく、2つは別々の要素であることを示している。<sup>5,7,14)</sup>本研究でも反応時間とステッピング回数の間には相関が得られなかった。しかし、1年生男女、6年生男子ではステッピングトレーニングによって反応時間の短縮もみられた。Henry(1952)<sup>5)</sup>は反応時間と動作の速度は無関係であるが動機づけされた刺激が与えられると両方が速くなると述べている。また Fairclough(1952)<sup>4)</sup>は動機づけを強化しながら反応と動作のスピードをトレーニングした場合トレーニングの効果は波及し、手のトレーニングは足のスピードを増加させると報告し、逆に動機づけを強化しないとその効果は他の部位に転移しないことを示した。したがって敏捷性トレーニングが被検者の意欲や動機づけを高めるものであれば、反応の速さと反復速度、局所運動と全身運動という異なる内容をもつスピードにも効果があらわれる可能性はあると思われる。しかし、本研究の結果やこれまでの報告では敏捷性やスピード高めるトレーニングと効果との関係は特異的であることが多い。その意味からすれば、子供の身体の敏捷性を高めようとするならば、トレーニングの内容は限られた運動様式に固定せずに多様な内

容を含むことが望ましいと考えられる。

### まとめ

本研究の目的は小学校1年生と6年生の敏捷性トレーニングに効果があるかどうかを明らかにすることである。トレーニングはステッピングを10秒間2セット行うステッピングトレーニングと30m走を2回行う30m走トレーニングの2種とした。トレーニングは1日1回、週3回、全部で6週間行った。対象は1年生男子58名、女子31名、6年男子47名、女子40名であり、各学年男女ともこれを2つのトレーニング群とコントロール群に分けた。なお、6年生女子のうち初経のみられたのは22名であった。得られた結果を要約すると以下の通りである。

1) ステッピング開始の合図である光刺激から第1ステップまでの時間(反応時間)は、ステッピングトレーニング群の1年生男女と6年生男子にトレーニング後有意な短縮がみられたが、30m走トレーニング群とコントロール群の変化は有意ではなかった。

2) 5秒間のステップ回数は、ステッピングトレーニング群の1年男子に有意な増加がみられ、 $40.36 \pm 5.48$ から $42.45 \pm 6.62$ に有意( $P < 0.01$ )に増加した。しかし、コントロール群も有意な増加を示し、トレーニング群の増加量はこれを上回るものではなかった。ステッピングトレーニングの1年女子、6年男女および30m走トレーニング群の1年、6年男女ともトレーニングによるステップ回数の有意な変化はなかった。

3) 0.5秒毎のステッピング数を時間経過と共にみると、徐々に低下を示したが、トレーニングによって5秒後の低下率が変わる傾向は見られなかった。ステッピング中の筋電図にもトレーニングによる変化はみられなかった。

4) ステップ間隔を、右から左脚への間隔と、左から右脚への間隔に分けて比べると右への切り換える方が速い人が多かった。各人の遅い方の間隔を100として他のステップ間隔を見るとトレーニング前は80-85%であったが、ステッピングトレーニング群ではトレーニング後90-97%になり、左右均等なステップをするようになったことが示

された。30m走トレーニング群ではこのような変化はみられなかった。

5) 本研究の結果と前報の2年生、4年生の結果を併せて、ステッピングからみた敏捷性トレーニングの効果をまとめると、思春期前の児童ではトレーニング効果がみられたがコントロールと比較して明らかな効果が認められたのは2年と4年生であった。思春期に入る6年生では効果がみられなかった。

6) 敏捷性トレーニングに用いた運動と効果との関係をみると、本研究の30m走トレーニングは前報のシャトルラントレーニングと同様に、局所的な急速反復動作であるステッピングに効果を与える、逆にステッピングトレーニングでは全身運動の速度を向上させることはできなかった。従って、敏捷性トレーニングの効果の現れ方は特異的であると考えられる。

本研究の機会を与えて下さった世田谷区立烏山北小学校校長赤松恒夫先生はじめ実験に協力して下さった担任の諸先生方に感謝の意を表します。また実験に協力し、資料整理にあたった日本女子体育大学運動生理学研究室の伏見まり、谷川加奈、森須磨子さんの労を多とし、ここにお礼申し上げます。

### 文 献

- 1) 浅見高明、小宮山伴与志、渋川侃二、石島 繁：幼児の体力トレーニング効果の検討。体力科学12：83-91，1984.
- 2) 浅見高明、小宮山伴与志、渋川侃二、石島 繁：測定値の日間変動からみた幼児の体力トレーニング効果の検討。体育科学：13：103-110，1985.
- 3) 浅見高明、渋川侃二、多田 繁：児童の調整力トレーニングに関する研究(2) 体育科学9：137-148，1981.
- 4) Fairclough, R.H. : Transfer of motivated improvement in speed of reaction and movement. Res. Quart. 23 : 20-27, 1952.
- 5) Henry, F.M. : Independence of reaction and movement times and equivalence of senso-

- ry motivators of faster response. Res. Quart. 23 : 43-53, 1952.
- 6) Hisendager, D.R., M.H. Strow, and K.J. Ackerman : Comparison of speed, strength and agility exercise in the development of agility. Res. Quart. 40 : 71-75, 1969.
- 7) Hodgkins, J : Reaction time and speed of movement in males and females of various ages. Res. Quart. 34 : 335-343, 1963.
- 8) 生田香明, 栗原崇志, 中塘二三生, 播本定彦 : スプリント・トレーニングが疾走能力および敏捷性・筋力・パワーに与える効果. 体育学研究29 : 227-235, 1984.
- 9) 石河利寛, 清水達雄, 勝亦肱一 : 幼児を対象とした調整力トレーニングの実験的研究(2)走運動種目を中心とした運動プログラムの効果について. 体育科学5 : 183-191, 1977.
- 10) 加賀谷淳子, 小西由里子 : 思春期前児童の敏捷性トレーニングの効果. 昭和60年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 No.V 思春期前のトレーナビリティに関する研究 (第2報) : 30-43, 1986.
- 11) 加賀谷淳子, 横関利子 : 幼児の日常生活の運動量. 体育の科学. 31 : 245-252, 1981.
- 12) 河崎英武 : 成長期における急速反復運動能力に関する調査研究. 民族衛生12 : 290-302, 1944.
- 13) 金原 勇, 高松 薫, 広橋義一, 三浦望慶 : 敏捷性トレーニングに関する実験的研究—1 セットの至適運動時間, 至適セット数, セット間の至適休息時間などについて. 東京教育大学スポーツ研究所報 7 : 11-31, 1969.
- 14) Szmodis, I., T. Szabo, M. Rendi, Z. Temesi, and J. Meszaros : Performance in plate-tapping and simple serial reaction time of children aged 5-14. Children and Sport Ed. by J. Ilmarinen and Valimaki, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1984.
- 15) 寺田光世, 古田善伯 : 発育期の敏捷性トレーニングに関する研究. デサントスポーツ科学3 : 183-189, 1982.
- 16) Todor, J.I. and P.M. Kyprie : Hand differences in the rate and variability of rapid tapping. J. Motor Behav. 12 : 57-62, 1980.
- 17) 山川 純 : 幼児の急速反復運動能力の練習効果に関する研究. 民族衛生23 : 107-116, 1957.

## ＜総 説＞

### 思春期前児童の敏捷性のトレナビリティ

加賀谷 淳 子

敏捷性というのは身体全体あるいはその一部分の動きのすばやさをさしている。それは筋収縮速度と筋を支配する神経衝撃の射出の様式によって決まるところである。<sup>12)</sup>ここでは敏捷性を刺激への反応の速さ、筋収縮の速さ、動作の切り換えるの速さからとらえ、<sup>23)</sup>その発達とトレーニング可能性を論じることにする。

#### 1) 発育過程からみた思春期前児童の敏捷性

敏捷性の発達の経過を知り、思春期前の子供の発達段階を明らかにすることは、その時期の子供の敏捷性トレーニングを論ずる上で重要な手がかりとなる。

はじめに、局所的な急速反復動作であるタッピングとステッピングの発達をみると、梅澤(1944)<sup>30)</sup>は幼児の10秒間のタッピングを調べ、男女とも4歳から学童期までながらかに増加することを示した。幼児期に続く学童期のタッピング回数は6歳で毎秒3回、10歳で4回、16歳で5回というように年齢とともに増加している(河崎)<sup>21)</sup>。河崎のデーターから年齢間の増加量を求めるとき、男女とも6歳から11歳までの増加が大きくそれ以後は増加が小さくなる傾向があった。測定時間の長いタッピングテストの結果は反復速度とその持続力の両方をみることになるがSzmodisたち(1984)<sup>26)</sup>の30秒間のタッピングも、男女ともに10歳までの増加が著しい。座位ステッピングについては金原たち(1986)<sup>22)</sup>が、小学校1年生から5年生までの発達速度が大きく、それ以後は速度が低下することを示した。

反応時間はタッピング回数(Szmodisたち<sup>26)</sup>あるいはステッピング回数(加賀谷と小西)<sup>18)</sup>とは相関がなく、ともに独立した要素であるとされて

いる。Szmodisたち(1984)<sup>26)</sup>は光と音刺激に対する手の反応時間が4歳から14歳まで徐々に短縮することを示した。また、Hodgkins(1963)<sup>11)</sup>、Thomasたち(1981)<sup>28)</sup>はともに光刺激に対する手の反応時間を発育期の子供から成人まで測定し、前者は6~12歳、後者は9~11歳の間の向上が最も大きいことを示した。またThomasたちによれば、反応時間は予測時間と有意な相関があり、小学校期の子供では反応時間の短縮は予測時間の短縮を伴っている。全身反応時間は体重を移動させて反応するので手や足の局所反応と異なり、筋系の関与が大きくなる。Ikai(1966)<sup>13)</sup>は6~17歳の全身反応時間は6歳から14歳まで徐々に低下し、それ以後の短縮は少ないと述べている。特に12歳までの低下が著しい。Andoたち(1978)<sup>11)</sup>も全身反応時間を動作開始時間と動作時間とにわけて7~13歳の男子について発達をみているが、それによるとどちらの要素も年齢とともに低下することが示された。そして、9、11、12歳の反応時間の決定には、動作開始時間よりも動作時間の貢献が大きいことを示した。従って9歳以降の全身反応時間の発達は神経系要因よりも筋収縮速度のような筋系要因によって変わることになる。

動きの敏捷性をとらえるもうひとつの測度は体肢の移動速度である。これも反応時間とは相関がなく反応の速さと動作のスピードとは独立した要素と考えられる(Hodgkins, 1984)<sup>11)</sup>。

Hodgkinsは6~84歳の男女の手の動作時間を調べ反応時間より若年である15歳でピーク値に達することを示した。Sugden(1980)<sup>25)</sup>は6、8、9、12歳の男女のタッピングの動作時間が、6歳と12歳、6歳と10歳の間に有意差があり、この間の発

達の著しいことを示した。また Hay (1981)<sup>8)</sup> もこの時期の動作時間の減少の大きいことを認めた。

以上のように、反復速度、反応時間、動作時間から敏捷性の発達をみると5、6歳から10~12歳の間の発達が最も著しく、その後の増加は小さくなつて14~15歳で成人値に近くなるといえる。また、どの項目についても発達過程に明らかな男女差はない。従って、思春期前の子供は、最も敏捷性の発達の著しい時期にいることになる。

## 2) 思春期前児童の敏捷性のトレーニングの効果

敏捷性は敏捷な動作から構成されるトレーニングによって向上するとされている (Hilsendager)<sup>10)</sup>。そこではじめに敏捷性トレーニングに用いられた運動と効果のあらわれ方との関係を検討する。石河たち (1977)<sup>15)</sup> は幼児では走運動種目を中心としたトレーニングで調整力が向上すると述べているが、実際に効果のあった項目は、全身的な移動の速さをみるジグザグ走やサイドステップであり、棒反応時間には効果はみられない。浅見たち (1981)<sup>4)</sup> も大筋群と小筋群の調整力は関連が薄く、全身運動によるトレーニングは部分的な筋の敏捷性に効果を生じないことを幼児で示した。同様なことは小学生についても検討され、シャトルランや30m走のような全身運動では局所的な敏捷性は向上せず、逆に局所的なトレーニングは全身的な敏捷性の向上につながらないことが示された (加賀谷と小西)<sup>18,19)</sup>。成人についてのこの種の研究は多く、身体の異なる部分のトレーニング効果、筋収縮スピードの異なるトレーニングの効果、筋収縮の張力の異なるトレーニングの効果は転移しにくいとされているが<sup>6,9,11,14,20)</sup>、子供においてもこの種のトレーニング効果は特異的にあらわれると考えられる。そこで思春期前児童のトレーナビリティを論ずるためにこれまでの研究のうち、トレーニングに用いた運動と効果判定に用いた運動の様式が類似しているものだけを取り上げ、効果の有無とその大きさをみることにする。

浅見たち<sup>2)</sup> は5、6、7歳児にタッピングとステッピングのトレーニングを行わせ、それがトレーニング群で有意に増加したことを示したが、同様にコントロール群も増加を示したので両群で有意

差がなかったという。しかし、山川<sup>33)</sup> は5、6歳児に、2週間ずつ4期のタッピング練習を行わせ、各練習期に向上が認められたのみならず、練習を中止して2年後までその効果が残存したことを明らかにしている。幼児期に続く小学生の児童に10秒間のステッピングトレーニングを1日2セット、週3回行わせた加賀谷と小西 (1986)<sup>17)</sup> の実験では、小学校2年生と4年生にコントロール群を上回る増加が認められたが、思春期に入る6年生では効果がなかった。<sup>18)</sup> しかし、寺田と古田 (1982)<sup>27)</sup> は10秒間のステッピングを週3回、残りの日は10秒間1セットのステッピングをトレーニングとして課し、1年から6年までの男女のいずれにおいてもコントロールを上回る効果を認めている。さらに年齢の上の中学生についても金原 (1986)<sup>22)</sup> たちが座位ステッピングの効果を認めている。従って、反復速度からみると、思春期前児童ではトレーニング効果があると考えられる。しかし、その効果が幼児期や思春期以降のトレーニングに比べて大きいかどうかは明らかでない。

次に反応の速さについてみると、幼児の棒反応時間は、タッピング、ステッピング、棒反応を内容とするトレーニングによって短縮した (浅見たち<sup>4)</sup>)。また小学生のステッピングトレーニングでもステップ開始時の反応時間は、トレーニング後有意に短縮した (加賀谷と小西)<sup>18)</sup>。反応時間は子供のみならず成人でもトレーニング効果のあることが認められている (渡辺たち<sup>31)</sup>) ので、最も効果が大きく、かつ効果の残存に適した年齢を明らかにする必要がある。反応時間の遅速は運動野からのインパルスの流出と筋収縮時間によって決まるとしているので (Wood<sup>32)</sup>、Andoたち<sup>11)</sup>、反応時間のトレーニング至適年齢を明らかにすることはそれらの要因の変化に適した時期を明らかにすることもある。

動作に対する神経系の調整能(すなわち調整力)は敏捷性と密接な関係にある。これは幼児期のトレーニングで向上するとされているが<sup>2,3,4,15)</sup>、Bachman<sup>5)</sup> は6~12歳よりも思春期に入ってから (12~17歳) の方が向上が大きいことを示している。この点についても今後系統的な研究が必要である。

表II-3 子供の敏捷性の発達

| 著 者<br>(発 表 年)              | 被 檢 者                                      |                    | 測 定 内 容                          | 発 育 発 達 の 特 徴                                                   |
|-----------------------------|--------------------------------------------|--------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
|                             | 性 年 齢                                      | 人 数                |                                  |                                                                 |
| 河 崎<br>(1944)               | 5～17歳<br>男女                                | 男 1,621<br>女 2,267 | タッピング<br>10秒間値 (5"×2)            | 5歳から17歳まで年齢とともに増加。<br>12歳までの増加が著しい。<br>性差は明らかでない。               |
| 梅 澤<br>(1944)               | 4～6歳<br>男女                                 | 1,412              | タッピング<br>10秒間                    | 4歳から学童期へなだらかに増加。                                                |
| Hodgkins<br>(1963)          | 6～84歳<br>男女                                | 450                | 光に対する手の反応時間、動作時間                 | 反応時間：19歳まで増加。<br>6～12歳の増加が大きい。<br>動作時間：ピークは男女とも15歳。             |
| Ikai<br>(1966)              | 6～17歳<br>男女                                | 245                | 全身反応時間<br>(光)                    | 14歳まで漸減。<br>12歳までの低下が顕著。                                        |
| 金原たち<br>(1968)              | 小学校 1,3,5年<br>中 学 1,2,3<br>高 校 1,2,3<br>男女 | 男女各50              | 座位ステッピング<br>(10秒)                | 小学生は学年が進むにつれて増加。<br>小5以後は発達速度低下。<br>10秒間の低下率は学年が進むと小。<br>男女差なし。 |
| Andoたち<br>(1978)            | 7～13歳 男<br>普通児<br>精神遅滞児                    | 107<br>43          | 全身反応時間<br>(光)                    | 普通児では反応時間、動作開始時間、動作時間とも年齢とともに低下。<br>動作時間の影響大。                   |
| Sugden<br>(1980)            | 6, 8, 9, 12歳<br>男女                         | 80                 | タッピング<br>単一<br>連続                | 動作時間は年齢とともに有意に向かう。<br>6歳と12歳、6歳と10歳の間に有意。                       |
| Hay (1981)                  | 5, 7, 9, 11歳<br>男女                         | 各12名               | 動作時間 (手)                         | 年齢とともに速度増。<br>5歳と7歳、9歳と11歳の間に有意差。                               |
| Thomasたち<br>(1981)          | 7, 9, 11, 13,<br>20歳<br>男女                 | 各15名               | 手の反応時間<br>(光)<br>予測反応時間          | 反応時間は小学校期、年齢とともに低下。<br>予測時間は9～11歳の向上大。<br>両者は有意に相関。             |
| Schellekens<br>たち<br>(1984) | 5, 6, 7, 8, 9歳<br>成人<br>男女                 | 各15名               | タッピング<br>正確に<br>はやく              | タッピング間隔は6～9歳と5歳で有意差あり。                                          |
| Szmodisたち<br>(1984)         | 4.4～14.8歳<br>男女                            | 男 596<br>女 289     | タッピング (30秒)<br>反応時間 (手)<br>(音と光) | タッピング：5歳から14歳までの間に2倍。<br>10歳までの増加大。<br>反応時間：タッピングと類似。           |

表II-4 子供の敏捷性トレーニング

| 著者<br>(発表年)       | 被検者<br>性年齢<br>(人数)                            | トレーニング方法                                   |                       | トレーニング効果                                                        |                                                                                           |
|-------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   |                                               | 運動様式                                       | 頻度・期間                 | 効果判定項目                                                          | 効果の有無                                                                                     |
| 石河たち<br>(1977)    | 4, 6歳男女<br>トレーニング 71<br>コントロール 102            | 走を中心とした複合運動                                | 3/週<br>6週間            | とびこしくぐり<br>ジグザグ走<br>反復横とび<br>棒反応時間                              | 棒反応時間を除き、すべて有意に増加。<br>コントロールとも有意差のあるもの多い。                                                 |
| 浅見たち<br>(1981)    | 5, 6, 7歳男女<br>TG, CG各学年<br>(男女10~20)          | 1. 全身的調整力トレーニング<br>2. 身体部分的調整力トレーニング       | 5~6/週<br>60"×2<br>1ヶ月 | とびこしくぐり<br>ジグザグ走<br>反復横とび<br>棒反応時間<br>タッピング<br>ステッピング<br>全身反応時間 | 全身的トレーニングはとびこしくぐり、ジグザグ走、反復横とびに効果<br>身体部分的トレーニングはタッピング、ステッピング、棒反応時間に効果。                    |
| 浅見たち<br>(1984)    | 平均年齢<br>5.0~5.2歳                              | ランニング、反復横とび、おにごっこなど                        | 4~5/週<br>5週間          | 反復横とび<br>タッピング<br>ステッピング<br>全身反応時間<br>握力<br>垂直跳<br>ジグザグ走        | 男女共通に有意なのは、反復横とびとタッピング。<br>他に有意な項目が多いが、いずれもコントロールの増加を上回らない。                               |
| 山川<br>(1957)      | 5, 6歳<br>男女<br>(26)                           | タッピング(数取器) 10秒×5                           | 毎日<br>2週間<br>4期       | 10秒間タッピング<br>5回の平均値                                             | 各期で増加。2年後にも効果残存。                                                                          |
| 寺田と古田<br>(1982)   | 小1~6年<br>(7~12)<br>男女<br>(TG各約20)<br>(CG各約20) | 座位ステッピング<br>10"×3(3/週)<br>10"×1(3/週)       | 毎日<br>15日間<br>2期      | ステッピング<br>(10")<br>両足交互のステッピングの片足の回数                            | トレーニングですべての群で有意に増。コントロールを上回る。                                                             |
| 加賀谷と小西<br>(1986)  | 小2, 小4<br>男女<br>(298)                         | 座位ステッピング<br>(10"×2)<br>シャトルラン<br>(5m×10×2) | 3/週<br>6週間            | 座位ステッピング<br>(5")<br>シャトルラン                                      | 小2, 小4ともステッピングトレーニング群のステッピングは有意に増。コントロールを上回る。<br>シャトルラントレーニング群はステッピングは増加せず。シャトルランは2年のみ効果。 |
| 加賀谷と小西<br>(1987)  | 小1と小6<br>男女<br>(176)                          | 座位ステッピング<br>(10"×2)<br>30m走(2回)            | 3/週<br>6週間            | 座位ステッピング<br>(5")<br>30m走                                        | ステッピングトレーニング群のステッピング1年男子は有意に増。6年男女は増加せず。30m走トレーニングではステッピング増加せず。30m走タイムはどちらも効果なし。          |
| 金原たち<br>(1969)    | 中学3年男                                         | 座位ステッピング<br>1セット10" or 20"<br>1~4セット       | 3/週<br>12週            | 座位ステッピング                                                        | 有意に増加。<br>10" 2セットのトレーニングで十分効果あり。                                                         |
| Bachman<br>(1961) | 6~26歳<br>男女<br>(320)                          | 台上バランス<br>はしごのぼり                           | 10試行                  | 台上バランス<br>はしごのぼり                                                | 増加量は6~12歳は変化なし。<br>12~17歳で有意な増加。                                                          |

これまでの報告をまとめると思春期前は、発育による敏捷性の発達が最も盛んな時期にあたる。敏捷性トレーニングの効果については、幼児期から思春期以降まで効果があるとする研究が多い。効果の有無の相違はトレーニングとして用いた運動の様式が適切であったかどうかによると思われる。年齢によるトレーニング効果の大きさの比較は今後十分なされなければならないが、今までの研究結果からすれば思春期前の子供の敏捷性はトレーニング内容が適切であれば効果のあることは明らかである。しかし、その効果のあらわれ方は特異的であり、使用する筋群、インパルス射出の様式、筋収縮のスピード、筋の張力が異なれば効果は転移しにくい。従って子供の身体全体の敏捷性を高めるためのトレーニングは多様な運動をその内容とすることが望ましく、限られた運動のみを用いない方がよいことが示された。

## 文 献

- 1) Ando, H., S. Wakabayashi and K. Yabe : Cross-sectional study on reaction time of mentally retarded children. *J. ment. Defic. Frs.* 22 : 11-17, 1978.
- 2) 浅見高明, 小宮山伴与志, 渋川侃二, 石島 繁 : 幼児の体力トレーニング効果の検討。体力科学12 : 83-91, 1984.
- 3) 浅見高明, 小宮山伴与志, 渋川侃二, 石島 繁 : 測定値の日間変動からみた幼児の体力トレーニング効果の検討。体育科学 13 : 103-110, 1985.
- 4) 浅見高明, 渋川侃二, 多田 繁 : 児童の調整力トレーニングに関する研究(2) 体育科学 9 : 137-148, 1981.
- 5) Bachman, J.C. : Motor learning and performance as related to age and sex in two measures of balance coordination. *Res. Quart.* 32 : 123-137, 1961.
- 6) Clarke, D.H. and F. Henry : Neuromotor specificity and increased speed from strength development. *Res. Quart.* 32 : 315-325, 1961.
- 7) Fairclough, R.H. : Transfer of motivated improvement in speed of reaction and movement. *Res. Quart.* 23 : 20-27, 1952.
- 8) Hay, L. : The effect of amplitude and accuracy requirements on movement time in children. *J. Motor Behav.* 13 : 177-186, 1981.
- 9) Henry, F.M. : Independence of reaction and movement times and equivalence of sensory motivators of faster response. *Res. Quart.* 23 : 43-53, 1952.
- 10) Hisendager, D.R., M.H. Strow, and K.J. Ackerman : Comparison of speed, strength and agility exercise in the development of agility. *Res. Quart.* 40 : 71-75, 1969.
- 11) Hodgkins, J. : Reaction time and speed of movement in males and females of various ages. *Res. Quart.* 34 : 335-343, 1963.
- 12) 猪飼道夫, 芝山秀太郎 : 動作の敏捷性—その生理学的背景—。体育の科学15 : 149-156, 1965.
- 13) Ikai, M. : Work capacity of the Japanese related to age and sex. *J. Sports Med.* 6 : 100-105, 1966.
- 14) 生田香明, 栗原崇志, 中塘二三生, 播本定彦 : スプリント・トレーニングが疾走能力および敏捷性・筋力・パワーに与える効果。体育学研究29 : 227-235, 1984.
- 15) 石河利寛, 清水達雄, 勝亦紘一 : 幼児を対象とした調整力トレーニングの実験的研究(2) 走運動種目を中心とした運動プログラムの効果について。体育科学 5 : 183-191, 1977.
- 16) Jensen, B.E. : Pretask speed training and movement complexity. *Res. Quart.* 47 : 657-665, 1976.
- 17) 加賀谷淳子, 小西由里子 : 思春期前児童の敏捷性トレーニングの効果。昭和60年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告書 No.V 思春期前のトレーニングに関する研究(第2報) : 30-43, 1986.
- 18) 加賀谷淳子, 小西由里子 : 小学校1年生と6年生の敏捷性トレーニングの効果。昭和61年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告

- 思春期前のトレナビリティ(第3報)1987 印刷中
- 19) 加賀谷淳子, 横関利子: 幼児の日常生活の運動量. 体育の科学31: 245-252, 1981.
  - 20) Kamen, G., W. Kroll and S.T. Zigon: Fractioned reaction time in power-trained and endurance-trained athletes under conditions of fatiguing isometric exercise. J. Motor Behav. 13: 117-129, 1981.
  - 21) 河崎英武: 成長期における急速反復運動能力に関する調査研究. 民族衛生12: 290-302, 1944.
  - 22) 金原 勇, 高松 薫, 袖山 紘, 広箸義一: 敏しよう性トレーニングに関する基礎的研究(その2) -敏しよう性の発育段階差・性差と敏しよう性トレーニング- 東京教育大学スポーツ研究所報 6: 46-54, 1968.
  - 23) 金原 勇, 高松 薫, 広橋義一, 三浦望慶: 敏捷性トレーニングに関する実験的研究-1 セットの至適運動時間, 至適セット数, セット間の至適休息時間などについて. 東京教育大学スポーツ研究所報 7: 11-31, 1969.
  - 24) Schellekens, J.M.H., A.F. Kalverboer and C. A. Scholten: The micro-structure of tapping movements in children. J. Motor Behav. 16: 20-39, 1984.
  - 25) Sugden, D.A.: Movement speed in children. J. Motor Behav. 12-125-132, 1980.
  - 26) Szmodis, I., T.Szabo, M. Rendi, Z. Temesi, and J. Meszaros: Performance in plate-tapping and simple serial reaction time of children aged 5-14. Children and Sport Ed. by Ilmarinen and Valimaki, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1984.
  - 27) 寺田光世, 古田善伯: 発育期の敏捷性トレーニングに関する研究. デサントスポーツ科学 3: 183-189, 1982.
  - 28) Thomas, J.R., J.D. Gallagher and G.J. Purvis: Reaction time and anticipaction time: Effects of development. Res. Quart. 52: 359-367, 1981.
  - 29) Todor, J.I. and P.M. Kyprie: Hand differences in the rate and variability of rapid tapping. J. Motor Behav. 12: 57-62, 1980.
  - 30) 梅澤菊枝: 急速反復運動能力の幼児期に於ける発達. 民族衛生12: 303-307, 1944.
  - 31) 渡辺俊男, 川原ゆり, 松下清子: 反応時の研究. 体育学研究12: 24-34, 1967.
  - 32) Wood, G.A.: An electrophysiologiccal model of human visual reaction time. J. Motor Behav. 9: 267-274, 1977.
  - 33) 山川 純: 幼児の急速反復運動能力の練習効果に関する研究. 民族衛生23: 107-116, 1957.

### III. 思春期前児童（9, 10および11歳）に対する持久性トレーニングの効果

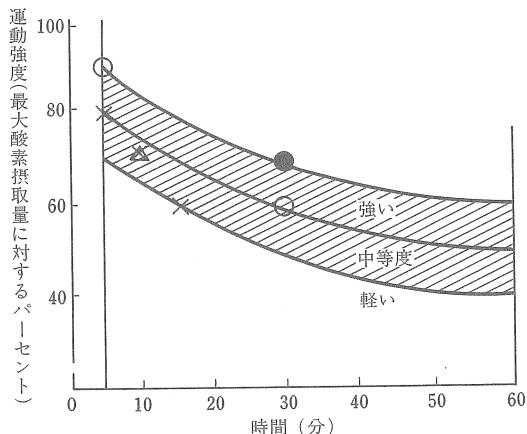
報告者 青木 純一郎

研究協力者 福原 早葉子<sup>1)</sup> 高岡 郁夫<sup>1)</sup>

長沢 純一<sup>1)</sup>

#### 目的

思春期前児童に対する全身持久力のトレーナビリティについて、第1報<sup>1)</sup>および第2報<sup>2)</sup>では8歳男児を対象に、強度(60, 70, 80および90% VO<sub>2</sub>max)と時間(5, 10, 15および30分)をいろいろ組み合わせたプムグラム<sup>13)</sup>でトレーニングの効果を検討した(図III-1)。その結果、いずれのトレーニング群にも最大酸素摂取量(以下、VO<sub>2</sub>max)の有意な向上は確認されなかった。



図III-1 トレーニング処方の強度と時間の組み合わせ

- 60年度、自転車エルゴメーターで行ったトレーニング
- △ 60年度、トレッドミルで行ったトレーニング
- × 59年度、自転車エルゴメーターで行ったトレーニング
- 本年度、自転車エルゴメーターで行ったトレーニング

Bar-or<sup>3)</sup>は、思春期前児童を対象とした研究において、彼らのトレーナビリティは成人で予想されるよりも低く、特に10歳以下の年齢で、その傾向が強いと述べている。また、小林<sup>9)</sup>は身長の発育速度がピークになる時点(the age of peak height velocity: PHV)以前—およそ12歳—ではVO<sub>2</sub>maxの増大は少なく、トレーニングの影響も少ないと考えている。従って8歳児で全身持久力のトレーニング効果が得られなかつたことは、予想される現象であったかもしれない。

そこで、本報では第1報<sup>1)</sup>および第2報<sup>2)</sup>の被験者を9歳および10歳の被験者として再び採用し、さらに11歳群を加えて、全身持久力のトレーニング効果の現われ方を検討した。また、同時に彼らの24時間の心拍数を記録し、日常の生活活動水準を観察した。

#### 研究方法

##### 1. 被験者

本研究の被験者は千葉県習志野市立大久保小学校の9, 10および11歳男児、それぞれ12名、合計36名であった(表III-1)。9歳および10歳群は、過去2年間の被験者の中から身長および体重が平均的な( $\pm 1$  SD以内)児童を、また、11歳群は形態および運動能力が同校において平均的な水準にある児童を選出した。その結果、彼らの身長および体重の平均値は千葉県<sup>4)</sup>および全国<sup>14)</sup>の同年齢の児童と大きく異なるものではなかった。

実験に先立ち実験対象の保護者に対し、附表III-1に示した同意書によって承諾を得た。さらに、校医による健康診断および専門医による標準12誘導の安静心電図のチェックの結果から被験者とし

1)順天堂大学体育学部

表III-1 被験者の年齢および形態的特徴

|         | 年齢<br>(年・月) | 身長<br>(cm) | 体重<br>(kg) |
|---------|-------------|------------|------------|
| 9歳児     |             |            |            |
| トレーニング群 |             |            |            |
| 永松修     | 9.04        | 139.8      | 43.0       |
| 寺瀬陽平    | 9.02        | 119.8      | 22.0       |
| 島信貴     | 8.11        | 132.5      | 31.0       |
| 若松義隆    | 8.08        | 126.5      | 25.0       |
| 渡辺亮亮    | 9.00        | 128.1      | 26.5       |
| 朝比奈和徳   | 8.10        | 139.4      | 37.0       |
| 平均値     | 9.00        | 131.0      | 30.8       |
| 標準偏差    | 0.03        | 7.1        | 7.3        |
| コントロール群 |             |            |            |
| 宮原健     | 8.11        | 134.3      | 35.0       |
| 金沢和輝    | 9.01        | 125.8      | 27.0       |
| 三ツ橋和徳   | 8.10        | 130.4      | 31.5       |
| 梅村有希    | 9.01        | 131.6      | 29.5       |
| 長谷川浩司   | 9.02        | 136.5      | 27.0       |
| 大野正憲    | 9.06        | 127.0      | 28.0       |
| 平均値     | 9.01        | 130.9      | 29.7       |
| 標準偏差    | 0.03        | 3.8        | 2.9        |
| 10歳児    |             |            |            |
| トレーニング群 |             |            |            |
| 伊藤大樹    | 9.06        | 131.6      | 27.5       |
| 井口信治    | 9.11        | 139.0      | 28.5       |
| 杉本龍平    | 10.01       | 128.2      | 29.5       |
| 森本諭     | 10.00       | 136.7      | 30.5       |
| 中村勝利    | 10.01       | 135.6      | 29.5       |
| 村越裕     | 9.11        | 124.5      | 22.5       |
| 平均値     | 9.11        | 132.6      | 28.0       |
| 標準偏差    | 0.02        | 5.0        | 2.6        |
| コントロール群 |             |            |            |
| 三ツ橋泰明   | 10.10       | 134.8      | 32.0       |
| 稻岡大志    | 9.08        | 135.6      | 27.5       |
| 山口堅一    | 9.10        | 131.4      | 30.0       |
| 高田学     | 10.03       | 137.5      | 37.0       |
| 石川典督    | 9.06        | 125.8      | 24.0       |
| 岡田知     | 9.11        | 132.7      | 31.0       |
| 平均値     | 10.00       | 133.0      | 30.3       |
| 標準偏差    | 0.02        | 3.8        | 4.0        |
| 11歳児    |             |            |            |
| トレーニング群 |             |            |            |
| 新島健治    | 11.02       | 138.5      | 31.5       |
| 渡辺裕     | 11.02       | 147.0      | 40.0       |
| 藤井充     | 11.03       | 141.7      | 37.5       |
| 藤城直人    | 11.01       | 141.9      | 36.0       |
| 大野竜昭    | 10.11       | 139.2      | 32.5       |
| 服部大輔    | 10.08       | 134.1      | 28.5       |
| 平均値     | 11.00       | 140.4      | 34.3       |
| 標準偏差    | 0.02        | 3.9        | 3.9        |
| コントロール群 |             |            |            |
| 武内肇     | 11.02       | 138.0      | 32.5       |
| 松井工司    | 11.06       | 142.1      | 37.5       |
| 楠川能生    | 11.04       | 142.1      | 38.5       |
| 寺瀬竜二    | 11.01       | 132.8      | 30.0       |
| 斎藤孝栄    | 10.07       | 135.5      | 33.0       |
| 中田英毅    | 10.09       | 138.7      | 30.0       |
| 平均値     | 11.01       | 138.2      | 33.6       |
| 標準偏差    | 0.04        | 3.4        | 3.3        |

ての健康状態を確認した。

## 2. 実験手順

### (1) 負荷漸増最大運動テストおよび国際標準体力テスト

トレーニング効果を判定するため、トレーニングの前後の全被験者に対して、前報<sup>12)</sup>にならって自転車エルゴメータによる負荷漸増最大運動テスト（以下、最大運動テスト）および国際標準体力テスト（以下、体力テスト）を行った。

### (2) トレーニング・プログラム

各年齢において、単位体重あたりの  $\dot{V}O_{2\max}$  が等しくなるように配慮して、被験者をトレーニング群（T 群）とコントロール群（C 群）に分けた。

トレーニングは、自転車エルゴメータにより 70 %  $\dot{V}O_{2\max}$  で 1 日 30 分間行わせた。頻度は原則として隔日に週 3 日とした。なお、1 週間毎にトレーニング中の心電図を記録し、強度を確認した。

### (3) 24時間の心拍数の記録と消費カロリー量の推定

被験者全員に対して、トレーニング期間中の任意の 1 日について、心拍数記録装置（VINE 社製ハートメモリー VHM-012）を用いて、24時間の心拍数を記録した。1 日の活動内容は、被験者に対する聞き取り（主として学校内および通学時間について）および保護者に対する質問紙法（主として家庭内のことについて）によって確認した。

覚醒時の消費カロリーは、上記で記録された心拍数と最大運動テストで得られた心拍数-酸素摂取量関係から、 $RQ=0.9$ 、酸素消費量 1 ℥あたり 4.924kcal として計算した<sup>16)</sup>。睡眠中については各年齢における 1 日あたりおよび単位体重あたりの基礎代謝量（9, 10 および 11 歳 - 42.5, 39.6 および 37.2kcal/kg・日）の 10%<sup>10)</sup>減としてそれぞれの体重と睡眠時間から求めた。

### (4) トレーニング期間および環境条件

トレーニング期間は 1986 年 10 月 20 日より 11 月 15 日までの 4 週間とした。

トレーニングおよび最大運動テストはいずれも大久保小学校で行った。その間の平均室温および相対的湿度は、それぞれ  $20.2 \pm 2.5^{\circ}\text{C}$  および  $59.0 \pm 7.2\%$  であった。

表III-2 トレーニング前後の負荷漸増最大運動テストの記録

|         | 運動持続時間<br>(秒) |       | 最大換気量<br>(ℓ/分) |      | 最高心拍数<br>(拍/分) |      | 呼吸交換比 |       | 最大酸素摂取量<br>(ℓ/分) |       | 最大酸素摂取量<br>(mℓ/kg・分) |      |
|---------|---------------|-------|----------------|------|----------------|------|-------|-------|------------------|-------|----------------------|------|
|         | 前             | 後     | 前              | 後    | 前              | 後    | 前     | 後     | 前                | 後     | 前                    | 後    |
| 9歳児     |               |       |                |      |                |      |       |       |                  |       |                      |      |
| トレーニング群 |               |       |                |      |                |      |       |       |                  |       |                      |      |
| 永松修     | 863.7         | 893.7 | 51.7           | 54.5 | 177            | 182  | 0.99  | 0.94  | 1.514            | 1.708 | 35.2                 | 40.7 |
| 寺瀬陽平    | 623.2         | 608.9 | 26.9           | 26.1 | 170            | 165  | 0.84  | 0.85  | 0.969            | 0.911 | 44.2                 | 41.4 |
| 島信貴     | 753.7         | 845.8 | 47.4           | 45.6 | 173            | 160  | 0.87  | 0.90  | 1.352            | 1.559 | 43.9                 | 49.5 |
| 若松隆義    | 758.1         | 724.6 | 52.3           | 44.0 | 196            | 175  | 1.06  | 0.94  | 1.303            | 1.288 | 52.1                 | 51.5 |
| 渡辺亮     | 583.6         | 679.3 | 32.3           | 34.9 | 190            | 180  | 0.82  | 0.85  | 0.916            | 1.015 | 34.8                 | 37.6 |
| 朝比奈和徳   | 762.3         | 803.4 | 44.3           | 57.3 | 186            | 187  | 1.05  | 0.92  | 1.314            | 1.429 | 35.5                 | 38.6 |
| 平均値     | 724.1         | 759.3 | 42.5           | 43.7 | 182            | 175  | 0.94  | 0.90  | 1.228            | 1.318 | 41.0                 | 43.2 |
| 標準偏差    | 93.9          | 98.1  | 9.6            | 10.7 | 9              | 10   | 0.10  | 0.04  | 0.214            | 0.283 | 6.4                  | 5.3  |
| コントロール群 |               |       |                |      |                |      |       |       |                  |       |                      |      |
| 宮原健     | 716.2         | 742.7 | 35.4           | 45.0 | 160            | 159  | 0.81  | 0.90  | 1.014            | 1.154 | 29.0                 | 33.8 |
| 金沢和輝    | 743.3         | 746.2 | 51.3           | 44.4 | 180            | 179  | 1.01  | 0.85  | 1.111            | 1.180 | 41.1                 | 43.7 |
| 三ツ橋和徳   | 706.5         | 789.4 | 53.7           | 38.6 | 194            | 193  | 0.97  | 0.89  | 1.488            | 1.331 | 47.2                 | 42.9 |
| 梅村有希    | 666.8         | 669.2 | 40.7           | 38.3 | 182            | 177  | 0.79  | 0.90  | 1.119            | 1.131 | 37.9                 | 37.0 |
| 長谷川浩司   | 711.3         | 773.5 | 45.5           | 40.1 | 185            | 177  | 0.87  | 0.92  | 1.301            | 1.323 | 48.2                 | 48.1 |
| 大野正憲    | 704.5         | 689.5 | 41.9           | 38.8 | 174            | 153  | 0.87  | 0.94  | 1.338            | 1.177 | 47.8                 | 42.1 |
| 平均値     | 708.1         | 735.1 | 44.8           | 40.9 | 179            | 173  | 0.89  | 0.90  | 1.229            | 1.216 | 41.9                 | 41.3 |
| 標準偏差    | 22.5          | 42.9  | 6.3            | 2.8  | 11             | 13   | 0.08  | 0.03  | 0.161            | 0.080 | 6.9                  | 4.7  |
| 10歳児    |               |       |                |      |                |      |       |       |                  |       |                      |      |
| トレーニング群 |               |       |                |      |                |      |       |       |                  |       |                      |      |
| 伊藤大樹    | 803.2         | 796.1 | 57.7           | 45.2 | 196            | 186  | 1.04  | 0.94  | 1.347            | 1.445 | 49.0                 | 52.5 |
| 井口信治    | 734.9         | 836.9 | 40.6           | 40.2 | 193            | 190  | 0.94  | 0.93  | 1.251            | 1.477 | 43.9                 | 50.9 |
| 杉本龍平    | 777.6         | 754.7 | 48.7           | 43.2 | 193            | 183  | 1.13  | 0.96  | 1.203            | 1.339 | 40.8                 | 45.4 |
| 森中勝利    | 711.6         | 808.3 | 45.3           | 46.7 | 172            | 170  | 1.06  | 0.93  | 1.076            | 1.292 | 35.3                 | 43.9 |
| 村越裕     | 711.8         | 864.0 | 48.0           | 54.2 | 174            | 188  | 0.90  | 0.95  | 1.235            | 1.518 | 41.9                 | 52.3 |
| 638.5   | 737.2         | 32.7  | 42.6           | 180  | 188            | 0.85 | 1.04  | 0.913 | 1.063            | 40.6  | 47.6                 |      |
| 平均値     | 729.6         | 799.5 | 45.5           | 45.4 | 185            | 184  | 0.99  | 0.96  | 1.170            | 1.361 | 41.9                 | 48.8 |
| 標準偏差    | 52.7          | 43.8  | 7.7            | 4.5  | 10             | 7    | 0.10  | 0.04  | 0.140            | 0.143 | 4.1                  | 3.4  |
| コントロール群 |               |       |                |      |                |      |       |       |                  |       |                      |      |
| 三ツ橋泰明   | 772.3         | 847.3 | 54.3           | 55.3 | 194            | 184  | 0.99  | 1.00  | 1.492            | 1.582 | 46.6                 | 49.4 |
| 稻岡大志    | 702.2         | 750.5 | 45.9           | 55.0 | 190            | 193  | 0.99  | 1.00  | 1.287            | 1.323 | 46.8                 | 49.9 |
| 山口堅一    | 747.3         | 796.0 | 39.7           | 46.2 | 171            | 180  | 0.89  | 0.90  | 1.248            | 1.449 | 41.7                 | 46.0 |
| 高田学     | 757.6         | 797.5 | 42.7           | 48.7 | 183            | 185  | 0.85  | 0.91  | 1.284            | 1.534 | 34.3                 | 41.5 |
| 石川典知    | 693.2         | 717.6 | 35.1           | 35.1 | 180            | 175  | 0.83  | 0.92  | 0.990            | 1.172 | 41.5                 | 47.8 |
| 岡田      | 716.4         | 777.5 | 38.3           | 37.9 | 194            | 191  | 0.86  | 0.93  | 1.254            | 1.355 | 40.5                 | 44.4 |
| 平均値     | 731.5         | 781.1 | 42.7           | 46.4 | 185            | 185  | 0.90  | 0.94  | 1.259            | 1.403 | 41.9                 | 46.5 |
| 標準偏差    | 29.3          | 40.5  | 6.2            | 7.7  | 8              | 6    | 0.06  | 0.04  | 0.146            | 0.137 | 4.1                  | 2.9  |
| 11歳児    |               |       |                |      |                |      |       |       |                  |       |                      |      |
| トレーニング群 |               |       |                |      |                |      |       |       |                  |       |                      |      |
| 新島健治    | 814.0         | 829.6 | 48.7           | 50.6 | 186            | 186  | 1.01  | 0.95  | 1.391            | 1.610 | 44.2                 | 49.5 |
| 渡辺裕     | 867.5         | 987.2 | 55.6           | 63.6 | 185            | 183  | 1.01  | 1.03  | 1.605            | 1.905 | 40.1                 | 47.6 |
| 藤井充     | 852.5         | 876.5 | 48.3           | 43.2 | 161            | 163  | 0.83  | 0.91  | 1.589            | 1.478 | 42.4                 | 39.6 |
| 藤城直人    | 649.3         | 793.3 | 41.3           | 42.2 | 184            | 176  | 0.85  | 0.89  | 1.144            | 1.412 | 31.8                 | 39.2 |
| 大野竜昭    | 758.3         | 790.6 | 42.0           | 35.7 | 190            | 181  | 0.93  | 0.85  | 1.335            | 1.361 | 41.1                 | 40.6 |
| 服部大輔    | 727.7         | 810.1 | 39.9           | 47.5 | 175            | 180  | 0.87  | 0.96  | 1.145            | 1.415 | 40.2                 | 50.2 |
| 平均値     | 778.2         | 847.9 | 46.0           | 47.1 | 180            | 178  | 0.92  | 0.93  | 1.368            | 1.530 | 40.0                 | 44.5 |
| 標準偏差    | 75.7          | 68.6  | 5.5            | 8.7  | 10             | 7    | 0.07  | 0.06  | 0.186            | 0.185 | 3.9                  | 4.7  |
| コントロール群 |               |       |                |      |                |      |       |       |                  |       |                      |      |
| 武内肇     | 740.9         | 783.9 | 45.4           | 41.6 | 201            | 192  | 0.90  | 0.96  | 1.305            | 1.323 | 40.2                 | 41.4 |
| 松井工司    | 851.7         | 836.0 | 43.0           | 53.0 | 170            | 166  | 0.90  | 1.02  | 1.549            | 1.613 | 41.3                 | 41.4 |
| 川能生     | 897.5         | 915.8 | 54.1           | 54.8 | 187            | 198  | 0.95  | 0.99  | * 1.701          | 1.774 | 44.2                 | 44.9 |
| 寺瀬竜二    | 793.5         | 816.3 | 51.3           | 48.1 | 194            | 188  | 1.00  | 0.98  | 1.443            | 1.553 | 48.1                 | 51.8 |
| 斎藤孝栄    | 788.8         | 853.3 | 42.6           | 43.9 | 182            | 190  | 0.89  | 1.01  | 1.310            | 1.497 | 39.7                 | 44.7 |
| 中田英毅    | 723.0         | 692.0 | 36.3           | 36.2 | 166            | 160  | 0.94  | 1.05  | 1.097            | 1.028 | 36.6                 | 36.0 |
| 平均値     | 799.2         | 816.2 | 45.5           | 46.3 | 183            | 182  | 0.93  | 1.00  | 1.401            | 1.465 | 41.7                 | 43.4 |
| 標準偏差    | 60.2          | 68.5  | 5.9            | 6.5  | 12             | 14   | 0.04  | 0.03  | 0.193            | 0.237 | 3.6                  | 4.8  |

トレーニング前後の比較 + ..... P &lt; 0.05

++ ..... P &lt; 0.01

グループ間の比較 \* ..... P &lt; 0.05

## (5) 統計処理

各群のトレーニング前後の変化およびT群とC群の平均値の差は、Studentのtテストを用いて両側検定を行い、危険率5%以下を有意とした。

## 研究結果

### 1. 最大運動テスト

トレーニング前後に行われた最大運動テストの結果を表III-2に示した。

最大運動テストの持続時間は、トレーニング前には9歳：716.1±68.7、10歳：730.6±42.7および11歳：788.7±69.2秒であった。群間に有意な差は認められなかった。トレーニング後、すべての年齢群で運動持続時間は延長する傾向にあり(9歳：759.3±98.1、10歳：799.5±43.8および11歳：847.9±68.6分)，特に10および11歳群では有意であった( $P<0.05$ )。C群についても、T群同様に増加の傾向が認められた。

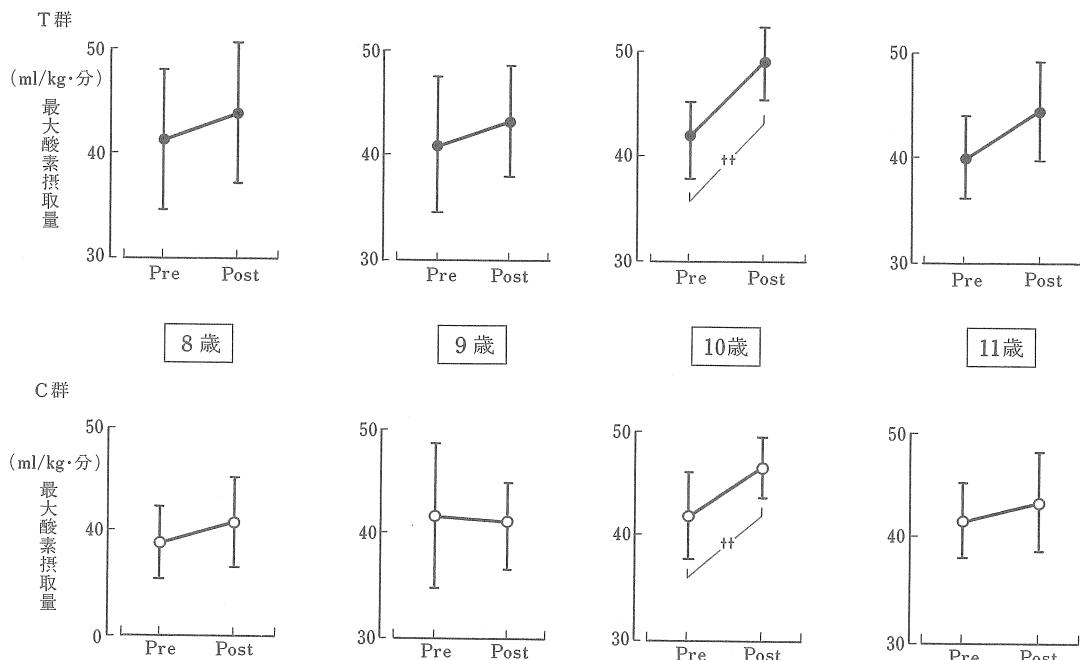
最大換気量は、トレーニング前に9、10および11歳でそれぞれ $43.6\pm0.2$ 、 $44.1\pm7.1$ および $45.7\pm5.6 \ell/\text{分}$ で、加齢に伴って増加する傾向があった

が、その差は有意ではなかった。また、トレーニングによる有意な変化は認められなかった。

最高心拍数は、9歳： $181\pm10$ 、10歳： $185\pm9$ および11歳： $182\pm11$ 拍/分でいずれにも群差は認められなかった。4週間後における年齢のトレーニング群では減少する傾向あったがいずれも有意ではなかった。

$\dot{V}O_{2\text{max}}$ が得られた時の呼吸交換比は、9、10および11歳で $0.91\pm0.09$ 、 $0.94\pm0.09$ および $0.92\pm0.06$ で、年齢群差はなかった。4週間後、C群は上昇の、逆にT群は減少する傾向にあったが有意ではなかった。

トレーニング前の $\dot{V}O_{2\text{max}}$ ( $\ell/\text{分}$ )は、9歳： $1.228\pm0.190$ 、10歳： $1.215\pm0.150$ および11歳： $1.385\pm0.190 \ell/\text{分}$ で、10歳群がやや小さかった。そのため、11歳群と10歳群の差は有意となった( $P<0.05$ )。4週間後、すべての年齢のT群に $\dot{V}O_{2\text{max}}$ の増加が見られた(9歳： $1.318\pm0.283$ 、10歳： $1.361\pm0.143$ 、11歳： $1.530\pm0.185 \ell/\text{分}$ )。しかし、その変化が統計的に有意であったのは10歳群だけであった( $P<0.01$ )。



図III-2 年齢別に見た持久性トレーニングが  
単位体重あたり最大酸素摂取量におよぼす効果  
(8歳児のデータは第2報<sup>2)</sup>)

++  $P < 0.01$

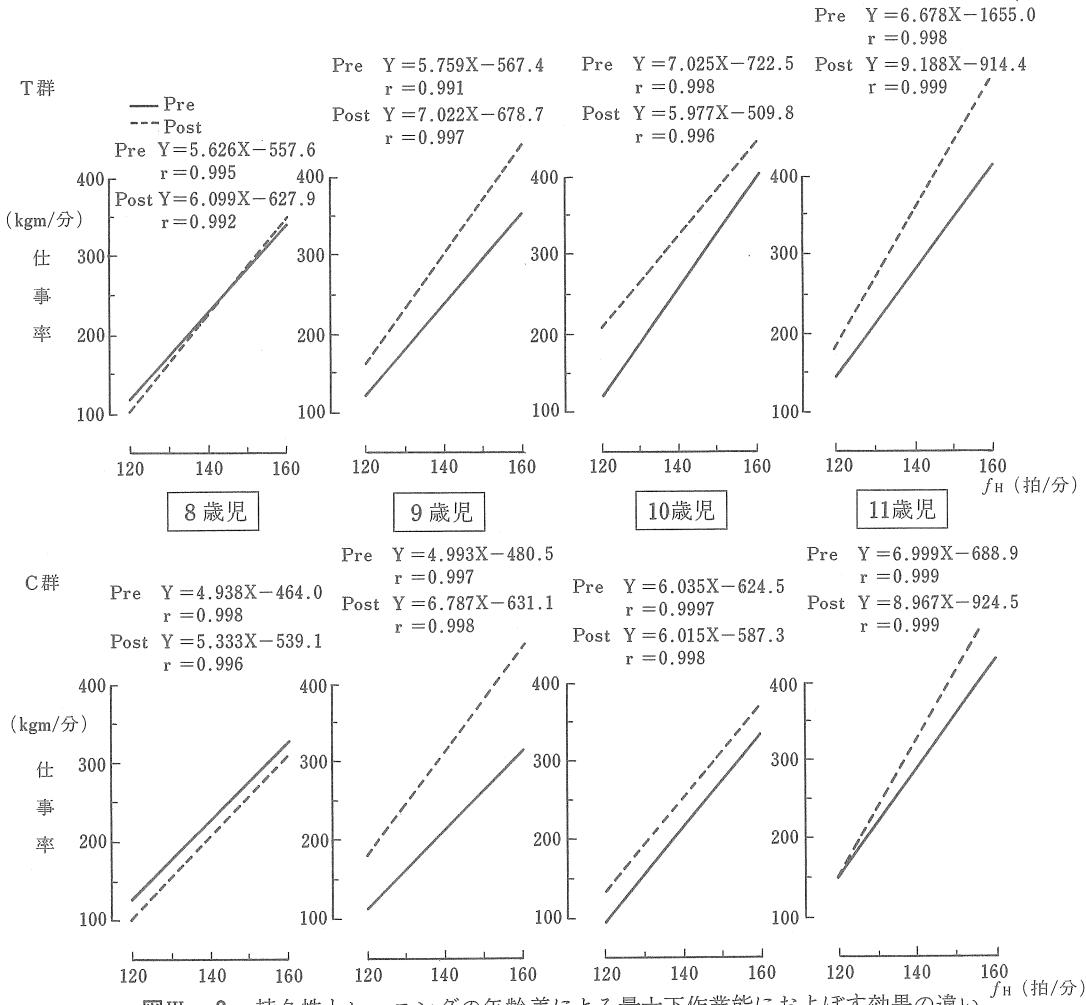
一方、C群も10歳群だけが有意な増加( $1.259 \pm 0.146$ から $1.403 \pm 0.137 \text{ l/分}$ )を示した( $P < 0.01$ )。

トレーニング前後の単位体重あたりの  $\dot{V}O_{2\max}$  の変化を図III-2に示した。トレーニング前値は9, 10および11歳で $41.4 \pm 6.7$ ,  $41.9 \pm 4.1$ および $40.8 \pm 3.9 \text{ ml/kg \cdot 分}$ であった。これらの値に群差は認められなかった。4週間後のT群は、すべての年齢群で増加の傾向にあったが、統計的に有意性が認められたのは10歳群だけであった。しかし、10歳群は同時にC群も有意な増加を示した( $P < 0.01$ )。

次に、最大運動テストのはじめの3段階における

心拍数—仕事率との関係を最小自乗法によって直線回帰し、群別に図III-3に示した。最大下の心拍応答は、すべての年齢で改善の傾向が見られ、特に10および11歳群でT群がC群の変化を上回っていた。

トレーニング前後の  $PWC_{170}$  の変化は表III-3に示した。トレーニング前の  $PWC_{170}$  は、9歳： $397.7 \pm 144.8$ , 10歳： $438.7 \pm 95.7$ および11歳： $490.6 \pm 139.2 \text{ kg m/分}$ と加齢に伴って高い値を示したが群差は有意ではなかった。4週間後、すべての群の  $PWC_{170}$  は増加する傾向にあったがいずれも有意ではなかった。



図III-3 持久性トレーニングの年齢差による最大下作業能におよぼす効果の違い  
(8歳児のデータは第2報<sup>2)</sup>)

表III-3 トレーニング前後のPWC<sub>170</sub>の記録

|         | PWC <sub>170</sub><br>(kgm/分) |        | PWC <sub>170</sub> /kg<br>(kgm/kg・分) |      |
|---------|-------------------------------|--------|--------------------------------------|------|
|         | 前                             | 後      | 前                                    | 後    |
| 9歳児     |                               |        |                                      |      |
| トレーニング群 |                               |        |                                      |      |
| 永松修     | 827.5                         | 667.4  | 19.2                                 | 15.9 |
| 寺瀬陽平    | 316.9                         | 346.1  | 14.4                                 | 15.7 |
| 島信貴     | 477.1                         | 942.6  | 15.4                                 | 29.9 |
| 若松義隆    | 359.8                         | 428.2  | 14.4                                 | 17.1 |
| 渡辺亮     | 213.2                         | 303.3  | 8.0                                  | 11.2 |
| 朝比奈和徳   | 377.3                         | 457.0  | 10.2                                 | 12.2 |
| 平均値     | 428.6                         | 524.1  | 13.6                                 | 17.0 |
| 標準偏差    | 194.8                         | 219.8  | 3.6                                  | 6.1  |
| コントロール群 |                               |        |                                      |      |
| 宮原健     | 416.9                         | 1013.6 | 11.9                                 | 29.0 |
| 金沢和輝    | 363.5                         | 326.8  | 13.5                                 | 12.1 |
| 三ツ橋和徳   | 340.9                         | 446.3  | 10.8                                 | 14.4 |
| 梅村有希    | 283.2                         | 370.7  | 9.6                                  | 12.6 |
| 長谷川浩司   | 409.0                         | 457.9  | 15.1                                 | 16.7 |
| 大野正憲    | 387.4                         | 574.0  | 13.8                                 | 20.5 |
| 平均値     | 366.8                         | 531.6  | 12.5                                 | 17.6 |
| 標準偏差    | 45.4                          | 229.0  | 1.9                                  | 5.8  |
| 10歳児    |                               |        |                                      |      |
| トレーニング群 |                               |        |                                      |      |
| 伊藤大樹    | 539.8                         | 382.3  | 19.6                                 | 13.9 |
| 井口信治    | 339.2                         | 425.8  | 11.9                                 | 14.7 |
| 杉本龍平    | 558.3                         | 558.2  | 18.9                                 | 18.9 |
| 森本諭     | 560.4                         | 708.2  | 18.4                                 | 22.8 |
| 中村勝利    | 524.7                         | 613.4  | 17.8                                 | 21.2 |
| 村越裕     | 315.4                         | 371.4  | 14.0                                 | 16.1 |
| 平均値     | 473.0                         | 509.9  | 16.8                                 | 17.9 |
| 標準偏差    | 103.9                         | 125.8  | 2.8                                  | 3.3  |
| コントロール群 |                               |        |                                      |      |
| 三ツ橋泰明   | 403.5                         | 471.2  | 12.6                                 | 14.7 |
| 稻岡大志    | 389.3                         | 361.9  | 14.2                                 | 13.2 |
| 山口堅一    | 555.1                         | 598.1  | 18.5                                 | 19.0 |
| 高田学     | 376.0                         | 366.8  | 10.2                                 | 9.9  |
| 石川典督    | 380.0                         | 382.9  | 15.8                                 | 15.6 |
| 岡田知     | 322.6                         | 429.6  | 10.4                                 | 14.1 |
| 平均値     | 404.4                         | 435.1  | 13.6                                 | 14.4 |
| 標準偏差    | 71.9                          | 82.3   | 2.9                                  | 2.7  |
| 11歳児    |                               |        |                                      |      |
| トレーニング群 |                               |        |                                      |      |
| 新島健治    | 486.8                         | 393.5  | 15.5                                 | 12.1 |
| 渡辺裕     | 575.8                         | 850.2  | 14.4                                 | 21.3 |
| 藤井充     | 831.4                         | 956.3  | 22.2                                 | 24.8 |
| 藤城直人    | 263.4                         | 851.3  | 7.3                                  | 23.6 |
| 大野竜昭    | 408.1                         | 390.1  | 12.6                                 | 11.6 |
| 服部大輔    | 352.8                         | 483.6  | 12.4                                 | 16.7 |
| 平均値     | 486.4                         | 654.2  | 14.1                                 | 18.4 |
| 標準偏差    | 182.9                         | 236.4  | 4.5                                  | 5.2  |
| コントロール群 |                               |        |                                      |      |
| 武内肇     | 418.6                         | 540.9  | 12.9                                 | 16.6 |
| 松井工司    | 585.8                         | 862.0  | 15.6                                 | 22.1 |
| 楠川能生    | 597.0                         | 797.1  | 15.5                                 | 20.2 |
| 寺瀬竜二    | 496.2                         | 591.7  | 16.5                                 | 19.7 |
| 斎藤孝栄    | 431.2                         | 354.7  | 13.1                                 | 10.6 |
| 中田英毅    | 439.7                         | 472.1  | 14.7                                 | 15.5 |
| 平均値     | 494.8                         | 603.1  | 14.7                                 | 17.5 |
| 標準偏差    | 2.6                           | 176.8  | 1.3                                  | 3.8  |

## 2. 体力テスト

トレーニング前後に得られた国際標準体力テストの結果を表III-4に示した。

上体おこしは、トレーニング前（9, 10および11歳がそれぞれ18±4, 21±5および19±3回）に年齢差はなく、トレーニング後、11歳群だけに有意な増加が得られた（P<0.01）。

立位体前屈はトレーニング前に9歳：7±3, 10歳：10±5および11歳：8±5cmであった。4週間後に減少を示す群もみられたが、トレーニングおよび発育に伴う一定の傾向は認められなかった。

トレーニング前の握力は加齢に伴って高い値を示す傾向があった（9歳：15±2, 10歳：16±2および11歳：18±4kg）が、トレーニングによる変化は認められなかった。

立幅跳びも加齢に伴って高値となる（9歳：150±14, 10歳：152±10および11歳：164±11cm）傾向にあったが、トレーニングによる有意な影響は認められなかった。

シャトルランは、トレーニング前には9歳：12.6±0.8, 10歳：12.1±0.5および11歳：12.4±0.9秒で3群の差は有意ではなかった。また、トレーニングによる有意な変化も認められなかった。

800m走は、トレーニング前に9, 10および11歳は228±18, 207±6および217±9秒であった。これらの値は10歳群と他の2群との間に統計的に有意な差が確認された（P<0.01）。

## 3. 24時間の心拍数および1日の消費カロリー

一部の被験者のデータが完全にとれなかたため、9および10歳群ではそれぞれ6名、および11歳群では9名、合計21名の心拍数について処理し、表III-5に示した。

24時間総心拍数は9歳：115,258, 10歳：125,054および11歳：126,342拍で、加齢に伴い多くなる傾向にあった。また、覚醒時の平均心拍数は9, 10および11歳で92, 98および98拍/分で、全日平均では81, 87および88拍/分であった。最高値も11歳群で最も高く（180±11拍/分）、9および10歳は同レベルであった（170±11および170±4拍/分）。

表III-4 トレーニング前後の国際標準体力テストの記録

|               | 上体おこし(回)                         |                                  | 立位体前屈(cm)                     |                                | 握力(kg)                           |                                  | 立幅とび(cm)                               |                                        | シャトルラン(秒)                                    |                                                                                           | 800m走(分・秒)                                   |                                              | 800m走(秒)                               |                                        |
|---------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
|               | 前                                | 後                                | 前                             | 後                              | 前                                | 後                                | 前                                      | 後                                      | 前                                            | 後                                                                                         | 前                                            | 後                                            | 前                                      | 後                                      |
| 9歳児           |                                  |                                  |                               |                                |                                  |                                  |                                        |                                        |                                              |                                                                                           |                                              |                                              |                                        |                                        |
| トレーニング群       |                                  |                                  |                               |                                |                                  |                                  |                                        |                                        |                                              |                                                                                           |                                              |                                              |                                        |                                        |
| 永松瀬陽平島若松渡朝比奈  | 23<br>20<br>14<br>14<br>20<br>20 | 23<br>19<br>16<br>21<br>20<br>15 | 6<br>6<br>4<br>7<br>4<br>7    | 3<br>-2<br>-5<br>4<br>0<br>7   | 16<br>14<br>14<br>15<br>12<br>14 | 17<br>13<br>14<br>11<br>10<br>15 | 144<br>160<br>155<br>141<br>142<br>162 | 155<br>149<br>160<br>131<br>138<br>132 | 12.0<br>12.3<br>12.6<br>12.9<br>12.3<br>14.0 | 12.7<br>12.9<br>13.8<br>13.7<br>16.1<br>15.9                                              | 3.52<br>3.27<br>3.27<br>3.50<br>4.10<br>4.07 | 4.04<br>3.31<br>3.29<br>4.34<br>4.11<br>4.46 | 232<br>207<br>207<br>230<br>250<br>247 | 244<br>211<br>209<br>274<br>251<br>286 |
| 平均 値          | 19                               | 19                               | 6                             | 1                              | 14                               | 13                               | 151                                    | 144                                    | 12.7                                         | 14.2                                                                                      | 3.49                                         | 4.06                                         | 229                                    | 246                                    |
| 標準偏差          | 3                                | 3                                | 1                             | 4                              | 1                                | 2                                | 9                                      | 11                                     | 0.7                                          | 1.3                                                                                       | 0.17                                         | 0.29                                         | 17                                     | 29                                     |
| コントロール群       |                                  |                                  |                               |                                |                                  |                                  |                                        |                                        |                                              |                                                                                           |                                              |                                              |                                        |                                        |
| 宮原金沢三ツ橋梅長谷川大野 | 18<br>18<br>22<br>9<br>18<br>22  | 19<br>21<br>21<br>11<br>17<br>21 | 8<br>16<br>9<br>6<br>5<br>9   | 9<br>14<br>5<br>1<br>2<br>10   | 17<br>12<br>14<br>12<br>19<br>16 | 18<br>14<br>14<br>13<br>18<br>18 | 123<br>143<br>159<br>130<br>174<br>165 | 140<br>139<br>158<br>132<br>168<br>156 | 14.4<br>11.9<br>12.0<br>13.3<br>12.3<br>11.6 | 13.0<br>12.7<br>12.1<br>12.6<br>11.6<br>11.5                                              | 3.48<br>4.02<br>3.41<br>4.10<br>3.16<br>3.38 | 4.00<br>4.12<br>3.53<br>4.09<br>3.15<br>3.34 | 228<br>244<br>221<br>250<br>196<br>218 | 240<br>252<br>233<br>245<br>195<br>214 |
| 平均 値          | 18                               | 18                               | 9                             | 7                              | 15                               | 16                               | 149                                    | 149                                    | 12.6                                         | 12.3                                                                                      | 3.46                                         | 3.50                                         | 226                                    | 230                                    |
| 標準偏差          | 4                                | 4                                | 4                             | 5                              | 3                                | 2                                | 19                                     | 13                                     | 1.0                                          | 0.6                                                                                       | 0.18                                         | 0.20                                         | 18                                     | 20                                     |
| 10歳児          |                                  |                                  |                               |                                |                                  |                                  |                                        |                                        |                                              |                                                                                           |                                              |                                              |                                        |                                        |
| トレーニング群       |                                  |                                  |                               |                                |                                  |                                  |                                        |                                        |                                              |                                                                                           |                                              |                                              |                                        |                                        |
| 伊藤口杉森中村越      | 26<br>22<br>23<br>22<br>22<br>24 | 23<br>21<br>21<br>19<br>18<br>20 | 8<br>3<br>19<br>4<br>16<br>14 | 6<br>2<br>17<br>4<br>16<br>12  | 15<br>13<br>17<br>15<br>18<br>15 | 11<br>10<br>16<br>15<br>13<br>10 | 144<br>148<br>160<br>151<br>173<br>161 | 165<br>169<br>156<br>159<br>160<br>159 | 11.6<br>12.3<br>12.5<br>12.1<br>11.8<br>11.5 | 12.7<br>12.3<br>12.2<br>12.8<br>12.3<br>12.4                                              | 3.16<br>3.22<br>3.30<br>3.31<br>3.35<br>3.21 | 3.17<br>3.26<br>3.22<br>3.29<br>3.29<br>3.17 | 196<br>202<br>210<br>215<br>211<br>201 | 197<br>206<br>202<br>209<br>209<br>197 |
| 平均 値          | 23                               | 20                               | 11                            | 10                             | 16                               | 13                               | 156                                    | 161                                    | 12.0                                         | 12.5                                                                                      | 3.26                                         | 3.23                                         | 206                                    | 203                                    |
| 標準偏差          | 1                                | 3                                | 6                             | 6                              | 2                                | 2                                | 10                                     | 4                                      | 0.4                                          | 0.2                                                                                       | 0.07                                         | 0.05                                         | 7                                      | 5                                      |
| コントロール群       |                                  |                                  |                               |                                |                                  |                                  |                                        |                                        |                                              |                                                                                           |                                              |                                              |                                        |                                        |
| 三ツ橋稻岡山口高石川岡   | 23<br>7<br>22<br>19<br>18<br>21  | 20<br>4<br>23<br>15<br>12<br>22  | 5<br>10<br>11<br>8<br>12<br>7 | 4<br>7<br>7<br>6<br>9<br>4     | 15<br>15<br>17<br>18<br>12<br>7  | 15<br>12<br>18<br>17<br>8<br>16  | 155<br>140<br>173<br>159<br>148<br>134 | 165<br>151<br>148<br>162<br>148<br>157 | 11.9<br>13.0<br>11.2<br>11.9<br>12.4<br>12.8 | 12.4<br>12.6<br>11.9<br>11.7<br>12.7 <br;="" data-bbox="151 1732 1224 1762">12.4</br;=""> | 3.24<br>3.25<br>3.25<br>3.36<br>3.25<br>3.36 | 3.27<br>3.24<br>3.27<br>3.30<br>3.16<br>3.31 | 204<br>205<br>205<br>216<br>205<br>216 | 207<br>204<br>207<br>210<br>196<br>211 |
| 平均 値          | 17                               | 18                               | 9                             | 6                              | 16                               | 14                               | 147                                    | 161                                    | 12.2                                         | 12.4                                                                                      | 3.29                                         | 3.26                                         | 209                                    | 206                                    |
| 標準偏差          | 6                                | 5                                | 2                             | 2                              | 2                                | 3                                | 8                                      | 7                                      | 0.6                                          | 0.4                                                                                       | 0.05                                         | 0.05                                         | 5                                      | 5                                      |
| 11歳児          |                                  |                                  |                               |                                |                                  |                                  |                                        |                                        |                                              |                                                                                           |                                              |                                              |                                        |                                        |
| トレーニング群       |                                  |                                  |                               |                                |                                  |                                  |                                        |                                        |                                              |                                                                                           |                                              |                                              |                                        |                                        |
| 新島渡藤井藤城大野服部   | 19<br>19<br>17<br>18<br>20<br>18 | 21<br>22<br>18<br>19<br>22<br>19 | 11<br>11<br>2<br>4<br>8<br>9  | 13<br>13<br>5<br>6<br>7<br>13  | 11<br>21<br>22<br>17<br>16<br>15 | 14<br>22<br>23<br>15<br>16<br>14 | 170<br>165<br>166<br>154<br>145<br>150 | 180<br>163<br>155<br>145<br>146<br>154 | 12.9<br>12.9<br>11.6<br>14.6<br>12.9<br>11.5 | 12.7<br>13.4<br>11.7<br>12.7<br>12.3<br>12.2                                              | 3.34<br>3.29<br>3.28<br>3.56<br>3.47<br>3.22 | 3.43<br>3.26<br>3.27<br>3.36<br>3.37<br>3.21 | 214<br>209<br>208<br>236<br>227<br>202 | 223<br>206<br>207<br>216<br>217<br>201 |
| 平均 値          | 19                               | 20                               | 8                             | 10                             | 17                               | 17                               | 158                                    | 157                                    | 12.7                                         | 12.5                                                                                      | 3.36                                         | 3.32                                         | 216                                    | 212                                    |
| 標準偏差          | 1                                | 2                                | 3                             | 4                              | 4                                | 4                                | 9                                      | 12                                     | 1.0                                          | 0.5                                                                                       | 0.12                                         | 0.08                                         | 12                                     | 8                                      |
| コントロール群       |                                  |                                  |                               |                                |                                  |                                  |                                        |                                        |                                              |                                                                                           |                                              |                                              |                                        |                                        |
| 武内井川寺斎藤中田     | 16<br>15<br>17<br>24<br>23<br>20 | 12<br>16<br>20<br>26<br>29<br>21 | 8<br>2<br>17<br>5<br>14<br>3  | 10<br>3<br>7<br>-1<br>13<br>-2 | 20<br>23<br>21<br>14<br>22<br>13 | 18<br>26<br>20<br>12<br>16<br>11 | 186<br>165<br>150<br>172<br>175<br>168 | 168<br>161<br>148<br>148<br>167<br>187 | 11.9<br>12.1<br>12.3<br>12.1<br>11.2<br>12.6 | 13.7<br>12.3<br>13.0<br>12.1<br>11.1<br>14.4                                              | 3.45<br>3.36<br>3.39<br>3.44<br>3.29<br>3.40 | 3.40<br>3.27<br>3.39<br>3.32<br>3.29<br>3.50 | 225<br>216<br>219<br>224<br>209<br>220 | 220<br>207<br>219<br>212<br>209<br>230 |
| 平均 値          | 19                               | 21                               | 8                             | 5                              | 19                               | 17                               | 169                                    | 167                                    | 12.0                                         | 12.8                                                                                      | 3.39                                         | 3.36                                         | 219                                    | 216                                    |
| 標準偏差          | 3                                | 6                                | 6                             | 6                              | 4                                | 5                                | 11                                     | 12                                     | 0.4                                          | 1.1                                                                                       | 0.05                                         | 0.08                                         | 5                                      | 8                                      |

トレーニング前後の比較

+ ..... P &lt; 0.05

++ ..... P &lt; 0.01

グループ間の比較

\* ..... P &lt; 0.05

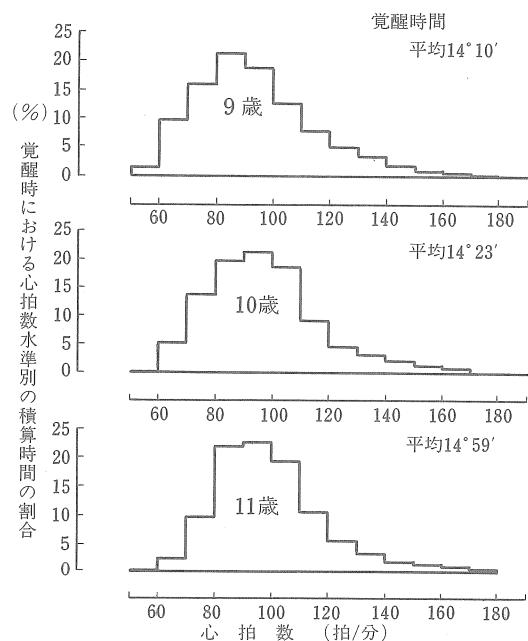
表III-5 被験者の24時間心拍数および消費カロリー

|       | 平均 値 |     |     | 最高値 | 最 低 値 |     | 総心拍数    | 消費 カ ロ リ ー |     |       |
|-------|------|-----|-----|-----|-------|-----|---------|------------|-----|-------|
|       | 覚醒時  | 睡眠時 | 全 日 | 覚醒時 | 覚醒時   | 全 日 |         | 覚醒時        | 睡眠時 | 全 日   |
| 9歳児   |      |     |     |     |       |     |         |            |     |       |
| 永松修   | 92   | 71  | 85  | 169 | 77    | 65  | 119,004 | 1,233      | 601 | 1,842 |
| 島信貴   | 92   | 61  | 78  | 173 | 61    | 51  | 111,672 | 2,198      | 473 | 2,671 |
| 渡辺亮   | 87   | 62  | 77  | 188 | 64    | 52  | 109,434 | 1,540      | 382 | 1,922 |
| 宮原健   | 80   | 73  | 77  | 158 | 60    | 59  | 109,718 | 923        | 456 | 1,379 |
| 三ツ橋和徳 | 110  | 66  | 92  | 177 | 76    | 56  | 131,153 | 2,280      | 445 | 2,725 |
| 梅村有希  | 90   | 53  | 77  | 156 | 56    | 43  | 110,568 | 1,370      | 366 | 1,736 |
| 平均 値  | 92   | 64  | 81  | 170 | 66    | 54  | 115,258 | 1,591      | 454 | 2,045 |
| 標準偏差  | 9    | 7   | 6   | 11  | 8     | 7   | 7,812   | 495        | 76  | 492   |
| 10歳児  |      |     |     |     |       |     |         |            |     |       |
| 森本諭   | 87   | 61  | 76  | 176 | 63    | 49  | 112,523 | 2,375      | 396 | 2,771 |
| 稻岡大志  | 113  | 90  | 104 | 176 | 63    | 59  | 148,516 | 2,156      | 370 | 2,526 |
| 山口堅一  | 104  | 82  | 94  | 165 | 82    | 68  | 134,442 | 2,556      | 474 | 3,030 |
| 高田学   | 100  | 72  | 89  | 167 | 63    | 56  | 125,163 | 1,158      | 483 | 1,645 |
| 石川典督  | 90   | 58  | 78  | 168 | 57    | 50  | 112,293 | 1,980      | 309 | 2,289 |
| 岡田知   | 91   | 65  | 81  | 167 | 56    | 51  | 117,385 | 1,309      | 392 | 1,701 |
| 平均 値  | 98   | 71  | 87  | 170 | 64    | 56  | 125,054 | 1,922      | 404 | 2,327 |
| 標準偏差  | 9    | 11  | 10  | 4   | 9     | 7   | 13,021  | 520        | 60  | 515   |
| 11歳児  |      |     |     |     |       |     |         |            |     |       |
| 渡辺裕   | 97   | 76  | 88  | 161 | 67    | 62  | 127,423 | 2,241      | 523 | 2,764 |
| 藤井充   | 95   | 63  | 84  | 181 | 59    | 50  | 119,434 | 2,158      | 420 | 2,578 |
| 藤城直人  | 99   | 70  | 88  | 194 | 61    | 58  | 126,397 | 1,783      | 318 | 2,101 |
| 大野竜昭  | 97   | 72  | 89  | 177 | 60    | 60  | 125,004 | 1,324      | 370 | 1,694 |
| 武内肇   | 102  | 70  | 90  | 166 | 76    | 55  | 130,343 | 1,703      | 389 | 2,092 |
| 松井工司  | 89   | 67  | 81  | 181 | 60    | 49  | 115,748 | 1,512      | 424 | 1,936 |
| 寺瀬竜二  | 113  | 92  | 104 | 199 | 88    | 63  | 151,299 | 1,873      | 359 | 2,232 |
| 斎藤孝栄  | 95   | 58  | 82  | 182 | 54    | 49  | 117,311 | 1,409      | 381 | 1,790 |
| 中田英毅  | 97   | 71  | 86  | 175 | 63    | 49  | 124,117 | 2,156      | 376 | 2,532 |
| 平均 値  | 98   | 71  | 88  | 180 | 65    | 55  | 126,342 | 1,795      | 396 | 2,191 |
| 標準偏差  | 6    | 9   | 6   | 11  | 10    | 6   | 9,935   | 321        | 54  | 347   |

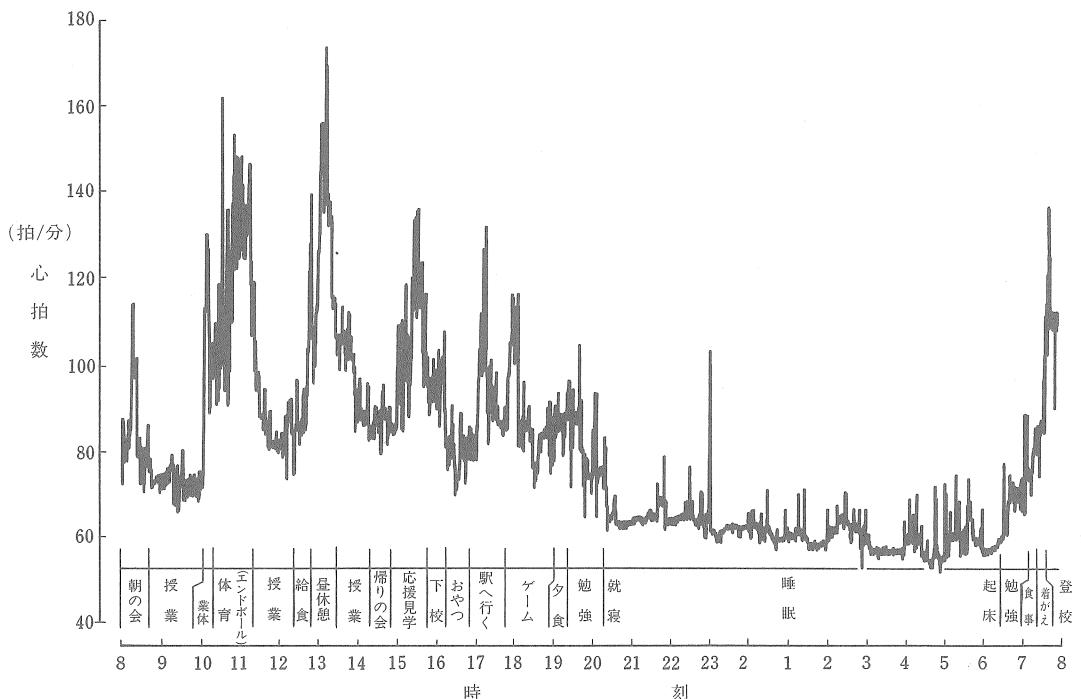
推定された消費カロリーは、9, 10および11歳で  $2,046 \pm 492$ ,  $2,327 \pm 515$  および  $2,191 \pm 347$  kcal であった。

また覚醒中の各心拍数水準別（10拍／分毎）の積算時間の割合を図III-4に示した。それぞれの年齢における最頻値は9歳で80-90拍／分（21.3%）、10および11歳群で90-100拍／分（21.3および22.6%）であり、年齢の高い群程、高心拍水準の割合が大きい傾向にあった。

24時間における心拍数のピークは、ほとんどの児童に共通して、午前中の「業間体育（業体）」、昼休みとそれに続く清掃、放課後から帰宅の間および登校直後のランニングに見られた（図III-5）。



図III-4 覚醒時における心拍数水準別の積算時間の割合



図III-5 24時間心拍数の記録例－9歳-T群-島-

## 附表III-1

## 持久的トレーニング・調査についてのお願い

昭和61年10月3日  
順天堂大学体育学部  
助教授 青木純一郎

今日、幼少年期における持久的トレーニングが、身体に及ぼす影響についてはまとまった結論もなく、その是非についても問われております。そこで本大学では、持久的トレーニングが小学校3、4、5年生児童の全身持久力に及ぼす影響について研究したいと考え、大久保小学校のご協力を得て下記のような調査を計画致しました。どうかご協力をお願い致します。

## 記

|         |                                                                                                            |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ・トレーニング | 固定式自転車をこぐ<br>1回30分、週3回                                                                                     |
| ・期間     | 10月14日(火)～11月22日(土)                                                                                        |
| ・時間     | 放課後 月曜日から金曜日までは4:30(10月)、4:10(11月)、土曜日は12:00までには下校できるようになります。但し、5年生については、委員会のある土曜日は12:30になる時がありますのでご了承下さい。 |
| ・場所     | 大久保小学校                                                                                                     |

トレーニングの前と後に、心電図の検査およびどれだけの酸素を体内に取り入れることができるか(最大酸素摂取量)という測定をします。また、トレーニング前、中に一日の活動量を知るために24時間の心拍数の測定を行います。結果はトレーニング終了後にお渡ししますので御活用頂きたいと思います。

ご協力頂けます場合には、お手数ですが同意書にご署名のうえ10月6までに担任の先生にお渡し下さい。なお、疑義がございましたら 77-2181内線248または221までお電話下さい。

----- キ リ ト リ -----

## 同 意 書

順天堂大学体育学部  
青木 純一郎 殿

昭和61年10月 日

御父兄の氏名

印

お子様の氏名  
( ) がトレーニング調査に参加することに同意します。

## 考 察

本研究では9, 10および11歳群に行ったトレーニングを、第2報<sup>2)</sup>の8歳群でも行っているので、8歳から11歳までをまとめて考察した。

8歳から11歳の各年齢における最大運動テストおよび体力テストのほとんどの項目の標準値には加齢に伴う一定の傾向が示されている。しかし、本研究では運動持続時間、最大換気量、PWC<sub>170</sub>および握力にしかそのような傾向は見られなかった。

VO<sub>2max</sub>の絶対値も、発育発達に伴い徐々に増加していくことが認められているが<sup>5)7)18)</sup>、本研究の10歳群は9歳群よりも低値を示した。これらの原因は、第1報<sup>1)</sup>および第2報<sup>2)</sup>での8歳の被験者を再び用いたため、得られたデータがそれぞれの年齢の測定範囲を逸脱するものではなかった。

各年齢群の平均単位体重当りのVO<sub>2max</sub>は40.0±5.3から41.9±4.1ml/kg・分の範囲にあった。この値は、松井ら<sup>11)</sup>(38.3±4.73から44.4±4.79ml/kg分)および勝田ら<sup>8)</sup>(35.5±6.7から41.6±6.0ml/kg・分)とほぼ同水準のものであった。4つの年齢群間では統計的な有意差は見られなかつたが、8, 9および10歳間には加齢に伴い増加する傾向があった。しかし11歳群における減少は他の研究にも観察されて<sup>7)8)11)18)</sup>いるように、体重増加量とVO<sub>2max</sub>の絶対値の増加との割合が10歳以前とは異なっていたためと思われる。

### 1) 体力テストの成績

体力テストは本邦の標準値<sup>14)</sup>と比較した結果、本報が上体起こしおよびシャトルランでやや高い値、立位体前屈ではほぼ等しい値、逆に握力および立幅跳びに若干の低値が示された。

4週間のトレーニング後、11歳群のほとんどの項目は増加傾向があったが、有意に向上した体力要素は、上体起こしおよび立位体前屈だけであった。全体として、持久的トレーニングは体力テストの結果に影響をおよぼすことは少なかった。特に改善が予想された800m走においても、8歳および9歳群では逆に記録が悪くなる現象が見られた。

### 2) VO<sub>2max</sub>

9歳のT群は、朝比奈を除く他の5名が8歳の時にも同様のトレーニングを経験していることか

ら、8歳と9歳で単位体重当りのVO<sub>2max</sub>がトレーニングに対してどのような応答の違いを示すかを観察できた。両年齢でのトレーニング初期値はほぼ等しく(41.2および41.0ml/kg・分)、増加の割合もわずかに9歳群の方が大きいだけで(5.7および6.3%)トレーニングに対する応答はほとんど変わらなかった。C群も8歳群の1名が+35.4%と異常に大きく、それによって平均改善率が引き上げられていたと思われた。そこで、その1名を除いた場合、両年齢の変化率はほぼ等しく、成長による影響にもほとんど差はないと思われた。

4つの年齢の中で、単位体重当りのVO<sub>2max</sub>に有意な向上が見られた10歳群には、同時にC群の増加を認めており、発育による増加が大部分であったと推察された。トレーニング前後の変化率はT群が約16.8%であり、C群が約11.4%と、5%C群を上回った変化であったが、両群の変化率あるいはトレーニング後値に差を認めることはできなかつた。

本研究のような年齢の違いによる全身持久力のトレーニング効果の現れ方をみた研究にはWeberら<sup>15)</sup>の双子の3年齢(10, 13および16歳)を対象にしたものがある。本研究の10歳群のようなTおよびC群の大きな変化は、彼らの13歳群に観察されている。10週間の持久的トレーニングの結果、VO<sub>2max</sub>の絶対値は13歳T群で約14.2%, C群で16.0%であった。Weberら<sup>15)</sup>は、このことについて13歳という年齢は機能的な面において重要な発育発達の時期にあったことが原因していたと推察している。

このように10歳群について、単位体重当りのVO<sub>2max</sub>に改善は見い出せなかつたが、最大下の同一心拍数に対する仕事率は改善の傾向が見られた。これは、StewartとGutin<sup>12)</sup>の10-12歳を対象にした研究にも報告されており、最大能力に現れる効果以前に見られる現象と思われる。

11歳児の単位体重当りのVO<sub>2max</sub>には統計的な有意差はなかつたが、T群の改善率は約11.7%だったのに対してC群は約3.9%とトレーニングがVO<sub>2max</sub>の改善に大きく影響していると思われた。先に述べたWeberら<sup>15)</sup>は、10歳および16歳のC群の増加(それぞれ約11.8%および3.2%)に対して

T群は約23.5%および20.5%と有意な増加を報告している。

### 3) 日常生活の心拍数

トレーニング効果に影響をおよぼすと考えられる日常生活活動水準について検討するために第1報<sup>1)</sup>では学校生活中の10名および体育授業中の19名を、第2報<sup>2)</sup>では無作為に選出した7名の24時間心拍数の記録を行った（いずれも8歳児を対象とした）。そして、第2報<sup>2)</sup>では特に消費カロリーの低い方から3名にPWC<sub>170</sub>の増加傾向を見だしている。

本研究においては、合計21名の被験者の24時間心拍数の記録を行った。その結果は、厚生省によって報告されたエネルギー所要量<sup>10)</sup>（基礎代謝量、活動代謝量および特異運動的作用の和）とほぼ等しい値であった。

日常生活活動水準とVO<sub>2max</sub>の関係について、石河<sup>7)</sup>は運動の実施時間数の異なる運動群および非運動群の単位体重当りのVO<sub>2max</sub>の9, 10歳および11歳について、およそ1.6から3.2ml/kg・分の差で運動群が高いことを示している。本研究においても8歳群の中でも最も低い消費カロリーを示した宮原に最も低い単位体重当りのVO<sub>2max</sub>を、逆に最も高い消費カロリーを示した三ツ橋（和）に最も高いVO<sub>2max</sub>値を観察している。

このような傾向は10歳群にもほぼあてはまる現象であった。つまり、9および10歳のVO<sub>2max</sub>は日常の活動水準に影響を受けていると思われた。ところが、このことは11歳群には必ずしも当てはまらなかった。

また、トレーニング効果への影響は各年齢のT群が9, 10および11歳で3, 1および4名と不十分なサンプル数であった。そのため第2報<sup>2)</sup>で報告されたような活動水準の低い者程、トレーニング効果が現れやすいという傾向を見ることはできなかった。

一方、24時間の積算心拍数の分布には、各年齢間に大きな違いはなかった。しかし、覚醒時の平均心拍数は、加齢とともに高くなる傾向にあった。このことは各年齢間の活動パターンの違いを予測させるものであるが、本研究の結果からは明らかでない。

本研究では、年齢の違いがトレーニング効果の

現れ方にどのような影響をおよぼすかについて検討してきた。その結果、10歳群および11歳群には最大下の同一心拍数に対する仕事率に、11歳では単位体重当り VO<sub>2max</sub>に改善傾向が示された。小林<sup>9)</sup>は12歳以下の児童では持久性トレーニングの影響を受けにくいと考えた。その理由は、この時期の心臓容積およびその他の器質的な発達がトレーニングによって影響されにくいためであるとしている。本研究の結果は、Bar-Or<sup>3)</sup>の報告と一致して単位体重当り VO<sub>2max</sub>におよぼすトレーニング効果は、11歳以降に現れはじめることが示唆された。

## まとめ

1) 息春期前児童におよぼす持久性トレーニングの効果を明らかにすることを目的に、9, 10および11歳男児のそれぞれ12名（各トレーニング群6名、コントロール群6名）を対象に、自転車エルゴメータによって70% VO<sub>2max</sub>で30分間のトレーニングを週3日、4週間実施した。

2) トレーニング前後に自転車エルゴメータによる負荷漸増最大運動テストおよび国際標準体力テストを実施した。

3) 11歳群において、トレーニング前後の単位体重当りのVO<sub>2max</sub>は増加する傾向が見られた。また、いずれの群にも運動持続時間は延長する傾向にあったが、最大換気量および最高心拍数に特定の変化は観察されなかった。

4) 最大下の同一心拍数に対する仕事率は、10歳および11歳にトレーニングによる改善の傾向が見られたが、PWC<sub>170</sub>の値にはいずれの年齢群にも明らかな変化は観察されなかった。

5) 11歳群では、国際標準体力テストのほとんどの項目に増加傾向が見られたが、特に、上体起こしおよび立位体前屈には有意な向上が確認された（P<0.01）。

6) 24時間心拍数の記録より推測された消費カロリーは、9歳および10歳において日常生活活動水準が高いほど、大きい VO<sub>2max</sub>を持つ傾向があることを示した。

7) 以上の結果から、持久性トレーニングの効果は、およそ11歳頃から VO<sub>2max</sub>に影響をおよぼし始めると示唆された。

## <謝 辞>

擇筆にあたり、本研究の被験者として御快諾頂いた習志野市立大久保小学校の36名の児童の皆さんおよび御父兄の方々の御協力に対して深く感謝いたします。渡邊武校長、三ツ橋啓輔教頭ならびに喜舎場永輝先生には実験実施にあたり多大な御配慮を頂きました。また、山田、加藤、押田、磯野、寺本、白田、岡村、大塚諸先生方の御力添えに対し、謹んで御礼を申し上げます。

## 文 献

- 1) 青木純一郎、吉田博幸、高岡郁夫：思春期前児童（8歳）に対する持久性トレーニング効果。昭和59年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告書 No.IV 思春期前のトレナビリティに関する研究（第1報），4-20（1984）
- 2) 青木純一郎、長沢純一、高岡郁夫、吉田博幸：思春期前児童（8歳）に対する持久性トレーニングの効果（第2報）。昭和60年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告。No.V 思春期前のトレナビリティに関する研究（第2報），17-29（1985）
- 3) Bar-Or, O : Physiologic responses to exercise of the healthy child. In Pediatric sports medicine for the practitioner from physiologic principles to clinical applications. Springer-Verlag : New York, 1-65 (1983)
- 4) 千葉県企画部統計課：千葉県統計年鑑（1983）
- 5) Ikai, M. and K. Kitagawa : Maximum oxygen uptake of Japanese related to sex and age. Med. Sci. Sports 4 : 127-131 (1972)
- 6) 石河利寛：日本人のPWC<sub>170</sub>について。昭和44年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告 No.II 日本人のPWC<sub>170</sub>について。1-4 (1969)
- 7) 石河利寛：体力・運動能力に関する調査結果と考察。昭和55年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 No.I 発育期のスポーツ
- 活動が心身に及ぼす影響。（第4報）追跡3ヶ年のまとめ，103-125 (1980)
- 8) 勝田 茂、今野道勝、今野和子：児童の身体作業能力に関する研究。第1報 自転車エルゴメータによる児童の有酸素的作業能力について。体育学研究 16 : 17-23 (1971)
- 9) 小林寛道：日本人のエアロビックパワー。杏林書院：東京（1982）
- 10) 厚生省保健医療局健康増進栄養課編：日本人の栄養所要量。第一出版：東京（1984）
- 11) 松井秀治、三浦望慶、小林寛道、豊島進太郎、後藤サヨ子：小学生のステップテストに関する研究。第2報 小学生の最大酸素摂取量の発達とステップテスト。体育科学 2 : 33-41 (1974)
- 12) Stewart, K.J. and B. Gutin : Effects of physical training on cardiorespiratory fitness in children. Res. Quart. 47 : 110-120 (1976)
- 13) 体育科学センター編：体育科学センター方式 健康づくり運動カルテ。講談社：東京(1976)
- 14) 東京都立大学身体適性学研究室編：日本人の体力標準値 第3版。不昧堂：東京（1982）
- 15) Weber, G., W. Kartodihardjo, and V. Klissouras : Growth and physical training with reference to heredity. J. Appl. Physiol. 40 : 211-215 (1976)
- 16) 山本高司、北川 薫、坪内伸司、加藤好信、朝比奈一男：小学生男子（11歳）の1日の消費エネルギー量。体育科学 11 : 63-68 (1983)
- 17) Yoshida, T., T. Ishiko, and I. Muraoka : Effect of endurance training on cardiorespiratory functions of 5-year-old children. Int. J. Sports Med. 1 : 91-94 (1980)
- 18) 吉沢茂広、石崎忠利、本多宏子：日本の農村における幼児及び青少年（4-18歳）の有酸素的作業能の発達に関する研究。体育学研究 28 : 199-214 (1982).

## <総 説>

### 思春期前児童を対象とした持久的トレーニング

高岡 郁夫, 青木 純一郎, 福原 早葉子

成人を対象とした持久的トレーニングは酸素利用に関する生理学的、生化学的および解剖学的变化をもたらすことが知られている<sup>18)</sup>。また、効果的な運動プログラム作成のためのガイドラインも示されている<sup>1)26)</sup>。しかし、児童特に思春期前児童に対する持久性トレーニングの効果についての研究は数も少なく、その知見は必ずしも一致していない。そこで、持久性トレーニングが思春期前児童の有気的能力に及ぼす効果についての現在までの知見とその問題点を整理してみた。

思春期前児童を対象としたトレーニング実験の結果を表1にまとめた。この内、効果の指標として  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  を測定した研究が18あり残りの2つは最大下運動に対する心拍数応答が用いられた。

$\dot{V}O_{2\text{max}}$  測定のためテストはほとんどが自転車エルゴメータおよびトレッドミルであった。成人におけると同様、トレッドミルによる  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  値は、自転車エルゴメータのそれに比べて高かった。

限られた数の研究結果から思春期前児童に対する持久的トレーニングの効果を普遍化することは難しいけれども、7歳から13歳の児童の  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  がトレーニングによって有意に増加したことを示している。しかし、5-8歳の比較的低年齢児童に対するトレーニング実験は  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  に効果を認めているものが多く、思春期前児童の年齢とトレーナビリティについては未だ不明な点が数多く残されている。

#### 1) 児童の性、年齢および体力水準

表1にまとめられた研究の内、4例は男女混合のグループを用いている。思春期前後を通じて女児は男児に比べて低い  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  を示し、また体格、機能の発達のパターンも異なっている<sup>13)</sup>。思春期前

とはいって、この様に男女一緒の群の変化を平均的にみることが結果の解釈を困難にしていると考えられる。

発育による自然増の影響を除去し、トレーナビリティ効果を明解にするための研究には対照群の設定が必要である<sup>14)</sup>。しかし、対照群のない研究が6例を数えた。

成人の場合と異なり、発育期の1年は機能の発達に重大な意味をもつ。しかし、取り上げられた研究の大部分は、ある年齢範囲を持つグループを対象にしている。同一年齢の児童を対象とした研究は5例、しかも年齢間の比較をした研究はWeberら(1976)<sup>29)</sup>の双生児の研究だけである。

DanielsとOldridge(1971)<sup>7)</sup>は10-15歳の男児を22ヶ月間にわたってトレーニングをした。その結果、 $\dot{V}O_{2\text{max}}$ (1/分)は増加したが、体重あたりの  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  は変わらなかった。この研究は思春期前から思春期にまたがっており、体重の増加(9.2kg)により  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  の増加が相殺されたと考えられる。Bar-or(1983)<sup>5)</sup>が指摘するように、年齢によって  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  のトレーナビリティが変わるとすれば各年齢毎のグループに対するトレーニングの系統的検討が必要と考えられる。

浅野ら(1982)<sup>4)</sup>は  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  の初期値が53.8ml/kg・分の10-11歳の男児に対する水泳トレーニング後、 $\dot{V}O_{2\text{max}}$  に有意な変化を観察しなかった。一方、加賀谷ら(1975)<sup>15)</sup>は11-12歳の男児を対象に走トレーニングを行わせた結果、42.98から50.80ml/kg・分へと  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  が有意に向上することを観察した。この違いはトレーニングの内容によるものと考えられるが被験者の初期体力水準の違いも影響していると思われる。

## 2) トレーニングプログラムの内容

### a. 持続時間、頻度、強度および期間

トレーニングに用いられた持続時間は5分から120分までの範囲であった。前述の浅野ら<sup>4)</sup>および加賀谷ら<sup>15)</sup>の用いた時間はそれぞれ60-120分および5分であり、前者に効果は見られなかった。持続時間は組み合わされる強度とともに考えなければならない。青木ら(1985<sup>2)</sup>, 1986<sup>3)</sup>は成人のために作成された持続時間と強度の組み合わせ<sup>26)</sup>から6種のトレーニングを8歳児行った。しかし、いずれの群にも  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  に向上が認められなかつた。その内、90%  $\dot{V}O_{2\text{max}} \times 5$  分の組み合わせは加賀谷ら<sup>15)</sup>の88%  $\dot{V}O_{2\text{max}} \times 5$  分に類似していたが結果は相反したものとなつた。

Yoshida ら(1980)<sup>30)</sup>は幼児を対象にランニングを週5日および1日の頻度で行わせたが  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  には両群ともに有意な変化は見られなかつた。しかし、週5日のトレーニング群は最大下運動に対する心拍数応答に有意な減少を観察した。また、Ekblom(1969)<sup>8)</sup>は週2日のトレーニングで  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  に有意な向上を見い出した。しかし、全体としては週3~4日の頻度を用いた研究が多く、頻度の違いによる効果の差は見られなかつた。

思春期前児童に対するトレーニング実験においては厳密な運動強度の設定をした研究は少ない。いくつかは体育授業、クラブ活動、いくつかの要素を含んだ複合トレーニングが採用されている。これは日頃の運動が児童の体力にどのような影響を及ぼすのかを明らかにするという目的にはかなつてゐるが、思春期前児童の持久的トレーニングの効果をあいまいなものにしている一因と考えられる。

全体として、170-180拍/分あるいは75%  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  以上の強度を用いたトレーニングは  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  を有意に向上させた。

トレーニング期間の長短によってその効果が異なるとは考えられないようである。例えば、DanielsとOldridge<sup>7)</sup>は88週間、Yoshida ら<sup>30)</sup>は56週間にわたってトレーニングを継続したが  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  を改善できなかつた。一方、Missicotte と Macnab<sup>17)</sup>は6週間の自転車トレーニングを強い強度(170-180拍/分)で行えば  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  は向上し、中等度(150-

160拍/分), あるいは軽度(130-140拍/分)のトレーニングでは変化がなかつたとした。このことから  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  へのトレーニング効果は期間の長さより強度に、より依存すると考えられる。

Rowland ら(1985)<sup>21)</sup>は思春期前児童の有気的能力を向上させるための持久的トレーニングは成人のガイドライン<sup>1)</sup>に従つた強度と持続時間を取り入れるべきであるとしている。しかし、青木ら<sup>23)</sup>は成人のガイドライン<sup>26)</sup>に従つた6種の強度と時間の組み合わせによるトレーニングで効果を認めなかつた。

### b. トレーニング型式と効果判定のためのテスト型式

トレーニングの効果には特異性(specificity)のあるものがある<sup>18)</sup>ので、効果判定のためのテスト型式は十分検討されなければならない。ホッケー<sup>12)</sup>、水泳<sup>4)</sup>、体育授業<sup>10)25)</sup>によるトレーニングに対して自転車エルゴメータあるいはグラウンド5分間走で効果判定を行つた研究はいずれも有意な効果を観察しなかつた。

トレーニングに対し、同じ型式の効果判定を行つた研究の多くが  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  に有意な改善を報告している。従つて、トレーニングに用いられた筋活動に近い型式のテストが用いられるべきであろう。

## 3) 思春期前児童の生活水準と $\dot{V}O_{2\text{max}}$

児童は元来、じっとしていることが少なく、授業時間や昼休みなどは活発に動き回るため成人にくらべ日常の活動水準が高いことが推測される。もし、活動水準がトレーニング刺激をはるかに凌駕するものであれば、トレーニングの効果は明確にならない。

宮下ら(1983)<sup>19)</sup>は9-10歳の児童を対象に彼らの活動水準を%  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  で表した。その結果60%  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  以上の活動水準と  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  との間に有意な相関が得られた。一方、Gilliam と Freedson<sup>10)</sup>は児童の日常生活の活動のほとんどが本質的に短時間の激運動であることから、 $\dot{V}O_{2\text{max}}$  を改善するには十分でないとした。

児童の活動水準を調べた研究は最近多くなってきた<sup>11)22)28)</sup>。しかし、種々な因子が絡み合い、また大きな個人差も存在することから、未だ資料の蓄積の段階であるといえよう。従つて、児童の活動

表III-6 持久的トレーニングが思春期前児童の有気的能力におよぼす効果

| 著者(発表年)                         | 被検者             |     |    | トレーニング        |                         |         |                                                   |        | 効果測定のためのテスト | トレーニング効果                           |           |
|---------------------------------|-----------------|-----|----|---------------|-------------------------|---------|---------------------------------------------------|--------|-------------|------------------------------------|-----------|
|                                 | 年齢(歳)           | 性   | n  | 型式            | 持続時間(分)(距離)             | 頻度(週/週) | 強度                                                | 期間(週)  |             | $\dot{V}O_2 \text{ max}$ (ml/kg・分) | Submax fH |
| Yoshidaら(1980)<br>30)           | 5               | 男+女 | 25 | ランニング         | (750 ~ 1500 m)<br>( " ) | 5<br>1  | —                                                 | —      | ランニング       | 42.1 → 38.9                        | ↓         |
|                                 | 5               | "   | 21 | "             | —                       | —       | —                                                 | —      | "           | 43.5 → 41.6                        | →         |
|                                 | 5               | "   | 11 | コントロール        | —                       | —       | —                                                 | —      | "           | 41.6 → 42.8                        | →         |
| 吉沢と増田(1984)<br>31)              | 7-8             | 男   | 19 | 複合トレーニング      | 20-25                   | 4       | 170 bpm                                           | 12     | 自転車エルゴメータ   | 40.7 → 44.1*                       |           |
|                                 | "               | 女   | 19 | "             | "                       | "       | "                                                 | "      | "           | 33.8 → 40.0*                       |           |
| GilliamとFreedson<br>(1980) 10)  | 7-9             | 男+女 | 11 | エアロビック運動      | 25                      | 4       | 165 bpm                                           | 12     | 自転車エルゴメータ   | 43.4 → 42.9                        |           |
|                                 | "               | "   | 12 | 体育授業(コントロール)  | "                       | 2       | 150 bpm                                           | "      | "           | 40.5 → 40.9                        |           |
| 青木ら(1984)<br>2)                 | 8               | 男   | 6  | 自転車エルゴメータ     | 15                      | 3       | 60% $\dot{V}O_2 \text{ max}$                      | 4      | 自転車エルゴメータ   | 46.4 → 43.4                        |           |
|                                 | "               | "   | "  | "             | 10                      | "       | 70                                                | "      | "           | 45.5 → 45.8                        |           |
|                                 | "               | "   | "  | "             | 5                       | "       | 80                                                | "      | "           | 45.5 → 46.2                        |           |
|                                 | "               | "   | "  | コントロール        | —                       | —       | —                                                 | —      | "           | 46.0 → 43.5                        |           |
| 青木ら(1985)<br>3)                 | 8               | 男   | 6  | 自転車エルゴメータ     | 5                       | 3       | 90% $\dot{V}O_2 \text{ max}$                      | 4      | 自転車エルゴメータ   | 41.2 → 40.9                        |           |
|                                 | "               | "   | 5  | "             | 30                      | "       | 70                                                | "      | "           | 41.2 → 43.8                        |           |
|                                 | "               | "   | 6  | "             | 30                      | "       | 60                                                | "      | "           | 41.5 → 39.6                        |           |
|                                 | "               | "   | "  | トレッドミル走       | 10                      | "       | 70                                                | "      | 自+トレッドミル    | 39.3 → 33.0                        |           |
|                                 | "               | "   | "  | コントロール        | —                       | —       | —                                                 | —      | 自転車エルゴメータ   | 38.9 → 40.9                        |           |
| Savageら(1986)<br>23)            | 8.0             | 男   | 12 | 歩/ジョギング/走     | (2.4 ~ 4.8 km)<br>( " ) | 3       | 75% $\dot{V}O_2 \text{ max}$                      | 10     | トレッドミル      | 55.9 → 58.5*                       |           |
|                                 | 8.5             | "   | 8  | "             | "                       | "       | 40                                                | "      | "           | 52.2 → 54.6                        |           |
|                                 | 9.0             | "   | 10 | コントロール        | —                       | —       | —                                                 | —      | "           | 57.0 → 55.7                        |           |
| Brownら(1972)<br>6)              | 8-9             | 女   | 2  | ランニング         | 60-120                  | 4-5     |                                                   | 12     | トレッドミル      | 36.8 → 48.7*                       |           |
|                                 | 10-11           | "   | 2  | "             | "                       | "       |                                                   | "      | "           | 44.6 → 55.6*                       |           |
|                                 | 12-13           | "   | 3  | "             | "                       | "       |                                                   | "      | "           | 46.2 → 56.8*                       |           |
| LussierとBuskirk<br>(1977) 16)   | 8-12            | 男+女 | 16 | ランニング         | 45                      | 4       |                                                   | 12     | トレッドミル      | 55.6 → 59.4                        |           |
|                                 | "               | "   | 10 | コントロール        | —                       | —       | —                                                 | —      | "           | 53.1 → 53.9                        |           |
| VaccaroとClarke<br>(1978) 27)    | 9-11            | 男+女 | 15 | 水泳(選手)        | (3000-10000yds)         | 4       |                                                   | 28     | 自転車+トレッドミル  | 47.3 → 55.4*                       |           |
|                                 | "               | "   | 15 | コントロール        | —                       | —       | —                                                 | —      | "           | 46.8 → 49.0                        |           |
| StewartとGutin<br>(1976) 25)     | 10-12           | 男   | 13 | 体育授業(ランニング)   | 40                      | 4       | 90% $\dot{V}O_2 \text{ max}$ fH<br>115 bpm        | 8      | 自転車+トレッドミル  | 49.8 → 49.5                        | ↓         |
|                                 | "               | "   | 11 | " (ストレッチ他)    | "                       | "       | "                                                 | "      | "           | 48.4 → 49.2                        | →         |
| 浅野ら(1982)<br>4)                 | 10-11           | 男   | 17 | 水泳(インターバル)    | 60-120                  | 3-4     |                                                   | 8      | グラウンド5分走, 自 | 53.8 → 53.2                        |           |
|                                 | "               | 女   | 17 | "             | "                       | "       |                                                   | "      | "           | 47.4 → 47.0                        |           |
| Weberら(1976)<br>29)             | 10              | 男   | 4  | 走, ステップ, 自転車他 | —                       | 3       |                                                   | 10     | 自転車エルゴメータ   | 55.6 → 66.0*                       |           |
|                                 | "               | "   | 4  | コントロール        | —                       | —       | —                                                 | —      | "           | 55.2 → 58.8                        |           |
|                                 | 13              | "   | "  | 走, ステップ, 自転車他 | —                       | 3       |                                                   | 10     | "           | 43.9 → 48.6                        |           |
|                                 | "               | "   | 4  | コントロール        | —                       | —       | —                                                 | —      | "           | 44.6 → 49.0                        |           |
|                                 | 16              | "   | "  | 走, ステップ, 自転車他 | —                       | 3       |                                                   | 10     | "           | 48.1 → 56.4*                       |           |
| Rotsteinら(1986)<br>20)          | 10.2-11.6       | 男   | 16 | 走(インターバル)     | 45                      | 3       |                                                   | 9      | トレッドミル      | 54.2 → 58.6*                       |           |
|                                 | "               | "   | 12 | コントロール        | —                       | —       | —                                                 | —      | "           | 57.1 → 58.3                        |           |
| Ekbomら(1969)<br>8)              | 11              | 男   | 6  | 走(筋合力, ボール)   | 45                      | 2       | 130-180 bpm                                       | 24-128 | トレッドミル      | 53.9 → 59.4*                       | →         |
|                                 | "               | "   | 7  | コントロール        | —                       | —       | —                                                 | —      | "           | 49.9 → 50.2                        | →         |
| DanielsとOldridge<br>(1971) 7)   | 10-15           | 男   | 6  | ランニング         | —                       |         |                                                   | 88     | トレッドミル      | 59.5 → 58.3                        |           |
|                                 | "               | "   | 14 | "             | —                       | —       | —                                                 | 48     | "           | 60.6 → 59.6                        |           |
| 加賀谷ら(1975)<br>15)               | 11-12           | 男   | 5  | ランニング         | 5                       | 3       | 88% $\dot{V}O_2 \text{ max}$                      | 12     | トレッドミル      | 43.0 → 50.8*                       |           |
|                                 | "               | 女   | 5  | "             | "                       | "       | "                                                 | "      | "           | 39.0 → 44.5*                       |           |
| ErikssonとKoch<br>(1973) 9)      | 11-13<br>(11.7) | 男   | 9  | ランニング(含体操)    | 60                      | 3       | 170-180 bpm<br>(85-90% $\dot{V}O_2 \text{ max}$ ) | 16     | 自転車エルゴメータ   | 41.0 → 47.8*                       | ↓         |
| MissicotteとMachab<br>(1974) 17) | 11-13           | 男   | 9  | 自転車エルゴメータ     | 12                      | 3       | 170-180 bpm                                       | 6      | 自転車エルゴメータ   | 46.7 → 51.8*                       | →         |
|                                 | "               | "   | "  | "             | "                       | "       | 150-160 bpm                                       | "      | "           | 47.4 → 48.0                        | →         |
|                                 | "               | "   | "  | "             | "                       | "       | 130-140 bpm                                       | "      | "           | 46.6 → 48.2                        | →         |
|                                 | "               | "   | "  | —             | —                       | —       | —                                                 | "      | "           | 45.7 → 44.2                        | →         |
| ShasbyとHagerman<br>(1975) 24)   | 12-13           | 男   | 7  | 長距離走          | —                       | 3       |                                                   | 16     | トレッドミル      | —                                  | ↓         |
|                                 | "               | "   | 7  | インターバル走       | —                       | —       | —                                                 | —      | "           | —                                  | ↓         |
|                                 | "               | "   | 7  | コントロール        | —                       | —       | —                                                 | —      | "           | —                                  | →         |
| HamiltonとAndrew<br>(1976) 12)   | 12.7            | 男   | 12 | アイスホッケー(選手)   | —                       | 4       |                                                   | 28     | 自転車エルゴメータ   | —                                  | 測定せず      |
|                                 | 12.4            | "   | 10 | コントロール        | —                       | —       | —                                                 | —      | "           | —                                  | 測定せず      |

\* 有意な向上 ↓ 有意な減少  
→ 不変

水準が持続的トレーニングの効果を覆い隠しているか否かについては論議の分かれることである。児童に対する持続的トレーニングの効果は成人同様、運動強度に依存する。ゆえに、児童の日常活動水準を把握した上でトレーニング強度の設定が必要であろう。

### まとめ

思春期前児童に対する持続的トレーニングの効果を調べた研究の現在までの知見と問題点を整理した。

1) 持続的トレーニングは児童の  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  を向上させることは明らかである。しかし、5-8歳の低年齢児童に対するトレーニングには効果の見られないものが多く、年齢とトレナビリティに関しては今だ不明な点がある。

2) 思春期前児童に対する持続的トレーニングの効果についての矛盾は児童の性、年齢、初期体力水準および用いられたプログラムの違いによるものと考えられる。

3) トレーニングを構成する要素の内、運動強度が  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  の向上に大きな影響を与えていると考えられる。

4) 成人のために作成された運動プログラムのガイドラインを満たした多くの思春期前児童のトレーニング実験は  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  に有意な向上を観察した。

5) 児童の日常生活の活動水準と持続的トレーニングの効果との関係については、賛否両論があり、資料も不足している。

6) 今後、発育期にある児童の特性、およびトレーニング内容を厳密にコントロールした研究結果の積み重ねが望まれる。

### 文 献

- 1) American College of Sports Medicine : Position statement on the recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining fitness in healthy adults. Med. Sci. Sports 10 : vii-x (1978)
- 2) 青木純一郎、吉田博幸、高岡郁夫：思春期前

児童（8歳）に対する持久性トレーニングの効果。昭和59年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告 No.IV 思春期前のトレナビリティに関する研究。(第1報), 4-20 (1984)

- 3) 青木純一郎、長沢純一、高岡郁夫、吉田博幸：思春期前児童（8歳）に対する持久性トレーニングの効果(第2報)。昭和60年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告。No.V 思春期前のトレナビリティに関する研究。(第2報), 17-29 (1985)
- 4) 浅野勝巳、松坂晃、鈴木慎次郎：水泳による小学生児童（10-11歳）の有氣的トレーニングの効果に関する研究。体育科学 10 : 35-43 (1982)
- 5) Bar-Or, O : Pediatric sports medicine for the practitioner. Springer-Verlag : Berlin (1983)
- 6) Brown, C.H., J.R. Harrower, and M.F. Deeter : The effects of cross-country running on pre-adolescent girls. Med. Sci. Sports 4 : 1-5 (1972)
- 7) Daniels, J. and N. Oldridge : Changes in oxygen consumption of young boys during growth and running training. Med. Sci. Sports 3 : 161-165 (1971)
- 8) Ekblom, B : Effect of physical training in adolescent boys. J. Appl. Physiol. 27 : 350-355 (1969)
- 9) Eriksson, B.O. and G. Koch : Effect of physical training on hemodynamic response during submaximal and maximal exercise in 11-13-year old boys. Acta physiol. Scand. 87 : 27-39 (1973)
- 10) Gilliam, T.B. and P.S. Freedson : Effects of 12 week school physical fitness program on peak  $\dot{V}O_2$ , body composition and blood lipids in 7 to 9 year old children. Int. J. Sports Med. 1 : 73-78 (1980)
- 11) Gilliam, T.B., P.S. Freedson, D.L. Geenen, and B. Shahraray : Physical activity patterns determined by heart rate monitoring in 6-7 year-old children. Med. Sci. Sports

- 13 : 65-67 (1981)
- 12) Hamilton, P. and M. Andrew : Influence of growth and athletic training on heart and lung functions. *Europ. J. appl. Physiol.* **36** : 27-38 (1976)
- 13) Hughson, R. : Children in competitive sports -A multi-disciplinary approach. *Can. J. Appl. Spt. Sci.* **11** : 162-172 (1986)
- 14) 石河利寛：幼児期から思春期までの体力づくりとその効果。体育の科学 **32** : 395-398 (1982)
- 15) 加賀谷礒彦, 井上伸治, 宇賀永：走行スピードによる強度選定法を用いた小学生の持久性トレーニングの効果。体育科学 **3** : 131-138 (1975)
- 16) Lussier, L. and E.R. Buskirk : Effects of an endurance training regimen on assessment of work capacity in prepubertal children. *Ann. NY Acad. Sci.* **30** : 734-747 (1977)
- 17) Massicotte, D.R. and R.B.J. Macnab : Cardiorespiratory adaptation to training at specified intensities in children. *Med. Sci. Sports* **6** : 242-246 (1974)
- 18) McArdle, W.D., F.I. Katch, and V.L. Katch : Exercise physiology. Energy, nutrition, and human performance Lea & Febiger : Philadelphia, (1981)
- 19) 宮下充正, 跡見順子, 岩岡研典：心拍数からみた9~10歳男子の日常生活身体活動水準と $\dot{V}O_{2\text{max}}$ , LTとの関係。体育科学 **11** : 31-39 (1983)
- 20) Rotstein, A., R. Dotan, O. Bar-Or, and G. Tenenbaum : Effect of training on anaerobic threshold, maximal aerobic power and anaerobic performance of preadolescent boys. *Int. J. Sports Med.* **7** : 281-286 (1986)
- 21) Rowland, T.W. : Aerobic response to endurance training in prepubescent children : a critical analysis. *Med. Sci. Sports* **17** : 493-497 (1985)
- 22) Saris, W.H.M. : Habitual physical activity in children : methodology and findings in health and disease. *Med. Sci. Sports* **18** : 253-263 (1986)
- 23) Savage, M.P., M.M. Petratis, W.H. Thompson, K. Berg, J.L. Smith, and S.P. Sady : Exercise training effects on serum lipids of prepubescent boys and adult men. *Med. Sci. Sports* **18** : 197-204 (1986)
- 24) Shasby, G.B. and F.C. Hagerman : The effects of conditioning on cardiorespiratory function in adolescent boys. *J. Sports Med.* **3** : 97-107 (1975)
- 25) Stewart, K.J. and B. Gutin : Effects of physical training on cardiorespiratory fitness in children. *Res. Quart.* **47** : 110-120 (1976)
- 26) 体育科学センター編：体育科学センター方式 健康づくり運動カルテ。講談社：東京(1976)
- 27) Vaccaro, P. and D.H. Clarke : Cardiorespiratory alterations in 9 to 11 year old children following a season of competitive swimming. *Med. Sci. Sports* **10** : 204-207 (1978)
- 28) Verschuur, R. and H.C.G. Kemper : Habitual physical activity. *Med. Sport Sci.*, Vol. 20, Karger : Basel, 56-65 (1985)
- 29) Weber, G., W. Kartodihardjo, and V. Klissouras : Growth and physical training with reference to heredity. *J. Appl. Physiol.* **40** : 211-215 (1976)
- 30) Yoshida, T., T. Ishiko, and I. Muraoka : Effect of endurance training on cardio respiratory functions of 5-year children. *Int. J. Sports Med.* **1** : 91-94 (1980)
- 31) 吉沢茂広, 増田典子 : 7~8歳児童のトレーニング効果について(有酸素的能力を中心として)。昭和59年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告。No.IV 思春期前のトレナビリティに関する研究(第1報)。28-40 (1984)



