

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)

財団法人 日本体育協会

スポーツ科学委員会

昭和60年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告

No.V 思春期前のトレナビリティに関する研究（第2報）

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⁾ 福永哲夫²⁾ 加賀谷淳子³⁾

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

日本体育協会のスポーツ科学委員会が3カ年を予定して、「思春期前のトレナビリティに関する研究」をとりあげた経緯については、昨年の第1報で説明されている。その要点を簡単にまとめれば次ぎの通りである。

①競技力向上の立場から：国際競争力の向上のためには、早期からの一貫した選手強化が不可欠の条件である。しかし、子供に対しては、どのような内容と量のトレーニングがなされるべきかを明確にしなければならない。目先の勝利にだけ目が奪われて、いたずらに成人のトレーニングの原理の何分の一かを与えるだけでは、子供の成長の芽を摘みとってしまったり、障害を招く恐れもある。

②国民スポーツの立場から：国民の健康を考えたとき、子供への適切な運動プログラムの提供が必要である。そのためには、子供の健全な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なければならない。

この2点を共通理解として、昨年度は、福永・

浅見（東京大学）班が筋力について、また吉沢（宇都宮大学）班と青木（順天堂大学）班が全身持久力について、それぞれパイロットスタディ的な内容の実験研究を展開した。その詳細は前報に報告されている通りである。

本年度は、それらの結果および内外の文献の考证を踏まえて、また数次にわたる研究上の情報交換や連絡調整を行いながら、福永・浅見班および青木班は、昨年に引き続いだぞぞ筋力および全身持久力について研究を発展させた。また、幼少年期における調整力の重要性に鑑み、新たに加賀谷（日本女子体育大学）班を設けて、調整力のトレナビリティの研究にも取組んだ。

各班の研究の詳細はそれぞれの報告書に譲ることとして、ここではその概要をかい摘まんでまとめておきたい。

筋 力 福永・浅見班は、昨年の腕立伏臥腕屈伸を負荷運動とする動的筋力トレーニングに対して、今年は新たに簡易な可搬型の等尺性筋力トレーニング機を開発して、小学生にたいする静的筋力トレーニングの効果を研究した。

対象は、小学校1、3および5年生で、トレー

1)順天堂大学体育学部

2)東京大学教養学部

3)日本女子体育大学体育学部

ニング群として1年生男子8名女子7名、3年生男子10名女子7名、5年生男女各10名の計52名を用いた。一方、コントロール群は1年生男子8名女子6名、3年生男子8名女子9名、5年生男子8名女子8名の計47名であった。

トレーニング開始時点における彼等の暦年齢の平均値（標準偏差）は、1年生が6.99（0.28）歳、3年生が9.06（0.30）歳、5年生が11.02（0.27）歳であった。一方、生理学的年齢として、X線撮影からTW2法を用いて骨年齢を算定した結果、1年生は6.27（0.98）歳、3年生は8.48（0.89）歳、5年生は10.77（1.22）歳であって、平均値で見るかぎり暦年齢と有意差は無く、正常な発育を呈している集団であった。

トレーニングは、新たに開発した筋力トレーニング機を1、3、5学年のトレーニング群の教室に2～3台ずつ配置し、肘関節の静的最大屈曲を10秒間維持することを20秒から60秒の休息を挟んで、3回行わせることを1セットとして、一日の午前と午後に分けて2セット行わせた。トレーニング頻度は週3回で、期間は1985年9月30日から同12月21日までの12週間であった。

トレーニング群およびコントロール群とも、トレーニング開始前、トレーニング6週終了後、およびトレーニング終了直後に、以下の測定を行った。

1. 身体計測（身長、体重、上腕周径囲）
2. Cybexによる静的および動的筋力
3. 超音波による上腕断面の組成

その結果、筋断面積は、トレーニング群において1年生男女を除くすべてのグループで統計的に有意に増大（10.3%）したのに対し、コントロール群では増大しなかった。また、トレーニング群の肘関節の静的最大伸展力も統計的に有意に増大（17.5%）する傾向が強かったが、屈曲力の増大はほとんどみられなかった。単位断面積当たりの筋力は、トレーニング群の5年生男子に統計的に有意な増加が示された。

全身持久力 青木班は、8歳の男児29名を対象にして、自転車エルゴメータおよびトレッドミルによる全身持久性トレーニングを、週3回の頻度で4週間行った。

彼等を最大酸素摂取量の平均値が等しくなるように、以下の5群に分けた。

1.90%	$\dot{V}O_{2\max}$ × 5分	B-90群	n = 6
2.70%	$\dot{V}O_{2\max}$ × 30分	B-70群	n = 5
3.60%	$\dot{V}O_{2\max}$ × 30分	B-60群	n = 6
4.70%	$\dot{V}O_{2\max}$ × 10分	T-70群	n = 6
5.	Control	C群	n = 6

ただし、B群は自転車エルゴメータで、またT群はトレッドミルでトレーニングした。

いずれの群もトレーニングの前後で、自転車エルゴメータ（T群はトレッドミルでも）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行った。

その結果、最大酸素摂取量、最大換気量、最高心拍数などの生理機能には、いずれの群にも有意なトレーニング効果が得られなかつた。また、体力テストの結果も、全ての群で上体起こしと握力に増加傾向が認められたが、トレーニング内容による差は得られなかつた。

前回と今回の結果を組合せると、次ぎの3点が検討できることになる。

1. 強度が異なり、時間が等しい。

$$80\% \quad \dot{V}O_{2\max} \times 5\text{分}$$

$$90\% \quad \dot{V}O_{2\max} \times 30\text{分}$$

$$60\% \quad \dot{V}O_{2\max} \times 30\text{分}$$

$$70\% \quad \dot{V}O_{2\max} \times 15\text{分}$$

2. 強度が等しく、時間が異なる。

$$70\% \quad \dot{V}O_{2\max} \times \begin{cases} 10\text{分} \\ 30\text{分} \end{cases}$$

$$60\% \quad \dot{V}O_{2\max} \times \begin{cases} 15\text{分} \\ 30\text{分} \end{cases}$$

3. トレーニング様式が異なる。

$$70\% \quad \dot{V}O_{2\max} \times \begin{cases} 10\text{分} \cdot \text{自転車エルゴ} \\ 10\text{分} \cdot \text{トレッドミル} \end{cases}$$

これらの組合せはいずれも成人では効果が期待できるものであるが、子供では証明できなかつた。同時に、一日の心拍数も記録したが、個人差が非常に大きかつた。今後この辺を考慮した分析が必要であることが示唆されている。

調整力 加賀谷班は、小学校2年生と4年生の男女児童に、局所的な筋の反復動作であるステッピングと、体重移動を伴うシャトルランを用いた

敏捷性トレーニングを行わせた。

研究の対象となった児童は、2年生男子76名、女子85名、4年生男子70名、女子67名の合計298名であった。そのうち男子74名、女子78名がトレーニング群として、週3回、6週間にわたり、次ぎのいずれかのトレーニングを行った。残りはコントロール群として参加した。

1. 10秒間のステッピング×2セット／日
2. 5m×10回往復走×2セット／日

トレーニングの前後に、5秒間のステッピングを2回、5m×10回の往復走タイム、身長、体重および皮下脂肪厚を測定した。

その結果、思春期前の児童においては、ステッピングとシャトルランとの間には相関が無く、シャトルランのトレーニングによってステッピング

回数に、またステッピングのトレーニングによってシャトルランの所要時間にトレーニング効果を生じさせることはなかった。しかし、ステッピングのトレーニングによって、ステッピング回数は有意な増加を示し、その増加はコントロール群に比べて有意に大きかった。

したがって、思春期前児童の敏捷性には、トレーニングの可能性が示唆されるが、その効果に特異性がある点に配慮が必要であろう。

・ · · ·

筋力および全身持久力については2年にわたり運動プログラムの基本条件の多くが検討され、また調整力の研究も緒についた。最終年度を迎える今後とも研究班の検討会を密にして、本課題の解明に当たる予定である。

| 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

報告者 福永哲夫 浅見俊雄
研究協力者 船渡和男¹⁾ 池川繁樹²⁾
金久博昭³⁾

はじめに

筋力トレーニングにより筋線維の太さが増すことにより筋肥大が生じ筋出力は増加し、しかも両者の比である絶対筋力も増加することは周知の事実である^{1),2)}。すなわち筋は筋力トレーニング刺激を受けることにより、その形態と機能両面において適応を示す。しかしながらこのことは、動物の筋や人体筋では主に成人についてのみ得られた知見であり、筋や骨が急速に発育すると考えられる思春期からそれ以前の児童については実験的検証が得られていない。

一方近年において、思春期前の小学生児童は戦前の児童と比較して体格は顕著な発育を示しているものの体力面特に筋力の発達は伸び悩むかあるいは減少傾向にあることが指摘されている。その一方で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この年代まで広がって来ており、この時期に何をどの程度までトレーニングすべきなのかということが問題となっている。こうしたことから、思春期前児童の筋力に関するトレナビリティの有無を検討することが問題提起される。

そこで筆者らはすでに本報告第1報³⁾において、小学校1, 3, 5学年児童を対象に腕立伏臥屈伸による筋へのトレーニング効果を調べた。その結果、5年生の男子にのみ動的筋力においてわずかに増大をみたものの、筋断面積に統計上有意な増大をみるには至らなかった。

本研究では、筋力トレーニングを肘関節屈曲の単関節動作とし、またトレーニング強度を高めて小学校1, 3, 5学年の児童を対象に筋力トレーニングを行った。そして前報と同様に思春期前児童に関して筋力のトレナビリティの可能性について、筋出力および形態面として主に上腕の断面組成から検討することを目的とした。

方 法

1 被検者

被検者として東京都内の小学校児童1学年、3学年および5学年を対象にトレーニング調査を依頼した(附表I-1)。その結果トレーニング調査に同意が得られた者の中からトレーニング群およびコントロール群として各学年について男女それぞれ10名の総計120名を選択した。その中でトレーニング途中に病気のため欠席が多かったり、トレーニング前、中、後のトレーニング効果判定のための測定に参加できなかった者を除いた99名を本実験の資料収集の対象とした。トレーニング群とコントロール群について各学年および男、女のグループ毎に被検者数、歴年齢、骨年齢およびトレーニング前、中、後の身長と体重それぞれの平均値と標準偏差を表I-1に示した。

2 トレーニング処方

筋力トレーニングは、スマドレー式握力計(竹井機器社製)を改造して製作した持ち運び可能で簡易に机上に固定ができる筋力トレーニング器を用いて行った(写真I-1)。この筋力トレーニング器を1, 3, 5学年のトレーニング群の各教室に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い、その方法は写真I-1に示すよ

1) 東京大学教養学部

2) 日本女子大学

3) 國際武道大学

附表 I-1 被検者依頼書

筋力トレーニング調査についてのお願い

昭和60年 9月28日
東京大学教養学部
教授 深見俊雄

最近、青少年の体格はよくなっているが、その割に筋力が劣っていることが指摘されています。特に背筋力が弱い子供とか骨折し易い子供とかが社会的にも問題になっています。筋力を強くするためには、筋力トレーニング等によって筋肉に刺激を与えることが必要です。この筋力トレーニングの効果は成人では実験的に確認されているものの子供についてはわからていません。

そこで東京大学では筋力トレーニングが思春期前児童の筋力の強化に及ぼす影響について研究したいと考え、自黒区立駒場小学校の御協力を得て下記の調査を計画致しました。

この研究によって、思春期前児童においても筋力トレーニングを行えば筋力は強くなるのか否かの基礎的資料を得たいと考えております。

御協力のほど宜しくお願ひ致します。

- 記
 • トレーニング 1. 3. 5 学年の 1 クラスの児童を対象に筋力トレーニング器を使って上腕屈筋群（力こぶの筋肉）をトレーニングする。（危険はまったくありません。）
 1 回 10 秒を 3 回、これを 1 日に 2 度行う（計 6 回）週 3 回
 尚同学年の別のクラス（上記のトレーニングを行わない）の児童の測定結果と比較して効果を見る。

・期間 9月30日～12月21日（12週間）

・時間 昼食後と放課後

・場所 駒場小学校の各教室

トレーニングによって生じる筋肉の形態的及び機能的变化を調べるためにトレーニング前、中、後の 3 回東京大学教養学部体育科研究室に来て頂き測定を行います。測定はトレーニングを行った児童と行わなかった児童についておこないます。

日時は以下とのおりです。

トレーニング前： 10 月 5 日（土） 13:00～ トレーニングを行う児童
 トレーニング後： 10 月 12 日（土） 13:00～ トレーニングを行わない児童

トレーニング中：	11月 9 日（土） 13:00～ 11月 16 日（土） 13:00～	トレーニングを行っている児童 トレーニングを行っていない児童
トレーニング後：	12月 14 日（土） 13:00～ 12月 21 日（土） 13:00～	トレーニングを行わなかった児童 トレーニングを行った児童

測定日はいずれも土曜日の午後ですが、お子様には駒場小学校にお集まり頂いた上で、当研究室で責任をもって送迎をいたします。

また測定は遅くとも 5 時には終了いたします。

御協力頂けます場合には、お手数ですが同意書に御署名のうえ担任の先生にお渡しください。

連絡先 東京大学教養学部保健体育科
 TEL 467-1185 内線 284, 285
 船渡まで

-----キ----リ---ト-----リ-----

同 意 書

東京大学教養学部
 深見俊雄 殿

お 子 様 の 氏 名

年 組 ()

が筋力トレーニング調査に参加することに同意します。

昭和60年 月 日

御父母の氏名 印

御住所

T E L

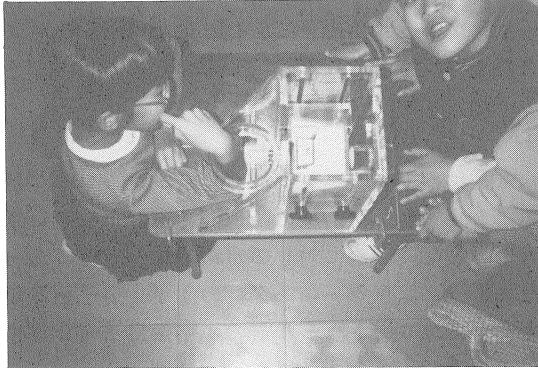


写真 I-1 トレーニング方法

うに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° になる様に固定し肘関節の静的最大屈曲を 10 秒間維持させた。このことを 1 分間以上の休息をはさんで 3 回行うことを 1 セットとし、一日の午前および午後に分けて 2 セット行なった。トレーニング頻度は原則として月曜から土曜まで 1 日おきに行う週 3 日とし、期間は 1985 年 9 月 30 日から同年 12 月 21 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付けとして、一日に行う 2 セットでの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）。

一方コントロール群は、通常の生活を営み、運動制限は与えなかった。

3 トレーニング効果判定のための測定

トレーニング群およびコントロール群ともトレーニング開始前、トレーニング 6 週終了時およびトレーニング終了直後にトレーニング効果判定のための測定を行った。測定項目は、身長、体重、骨年齢（トレーニング開始前のみ測定）、上腕の横断組成（筋、骨、皮下脂肪）および肘関節屈曲、伸展の等尺性最大筋力と動的筋力であり、身長、体重を除く全ての項目の測定部位は右腕とした。

骨年齢は手および腕関節の X 線撮影（Softex 社製 EMB 型を使用）により得られたフィルムを TW 2 法⁸⁾ を用いて評価した。

上腕の横断組織断面図は超音波法により求めた。

附表 I-2 トレーニングカード記録例

月日	1回目	2回目	月日	1回目	2回目	月日	1回目	2回目
1/2	7.15	7.0	1/7	11.0	10.0			
1/4	11.0	12.0	1/1	17.0	10.5			
1/5	9.15	10.0	1/6	13.0	14.5			
1/7	13.0	10.0	1/8	18.5	14.0			
1/9	12.0	13.5	1/9	16.5	15.5			
1/11	12.0	13.0	1/30	15.5	14.5			
1/15	12.0	11.0	1/2	17.5	16.0			
1/18	11.5	12.0	1/3	18.0	21.5			
1/19	12.0	12.0	1/4	20.0	23.5			
1/22	13.0	14.0	1/5	20.0	21.5			
1/24	11.5	11.0	1/6	21.0	23.5			
1/26	12.5	11.5	1/7	13.0	16.0			
1/29	10.0	11.5	1/9	14.5	18.5			
1/31	11.0	11.5	1/1	14.5				
2/2	12.5	11.5	1/3	20.0	20.0			
2/5	11.0	13.0	1/7	15.5	18.0			
2/7	10.5	12.0	1/14	17.0	15.0			
2/12	12.5	10.5						
2/19	14.0	10.5						

測定部位は上腕を自然に下垂伸展したときの肩峰点から橈骨点までの直線距離の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。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、上腕筋および伸筋群）、皮下脂肪および上腕骨の各横断面積をプランメータを用いてそれぞれ測定した。

肘関節屈曲、伸展の等尺性最大筋力は、Cybex II (Lumex New York 社製) を用いて測定した。測定は椅子座位で肘関節角度は屈曲が110度、伸展が130度に、上腕と体幹の成す角度は90度になるよう固定して行った。屈曲、伸展とも3試行ずつ実施し、そのうちの最大値を等尺性最大筋力とした。

動的筋力としては、Cybex IIを用いた等速性最大筋力を測定した。Cybex IIの設定運動速度は10 rpm, 30rpm, 50rpm の3種類で、肘関節完全伸展位から90度までの最大努力による屈曲、および肘関節角度90度から完全伸展位までの伸展位を交互に3回ずつ各運動速度で測定した。各運動速度で発揮されたトルク曲線の最大値から等速性最大筋力を求めた。

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検定を行い、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（a : p<0.001, b : p<0.01, c : p<0.05と表記し、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負記号を付した）。なお統計的処理はトレーニング群およびコントロール群それぞれの各学年、男女の集団（以下グループと記す）について行った。

結果および考察

1 歳年齢と骨年齢

トレーニング開始前での被検者の歳年齢の平均値（標準偏差）は、1年生では6.99(0.28)歳、3年生では9.06(0.30)歳、5年生では11.02(0.27)歳であった。一方骨年齢は1年生では6.27(0.98)歳、3年生では8.48(0.89)歳、5年生では10.77(1.22)歳であり、平均値でみるとかぎり歳年齢と有意な差ではなく全体としては正常な発育を呈している集団であった。しかし歳年齢と骨年齢の差を表I-1に示した各学年男女別についてみると、トレーニング群では1年生男子と3年生男子において、またコントロール群では3年生女子のグループにおいていずれも有意水準5%で骨年齢に低い値が示された。また各グループ内での骨年齢の分布範囲をみると、最大を示した集団はトレーニング群5年生男子で6.4歳、最小はトレーニング群1年生男子で1.2歳であった。

2 形態

(1) 身長、体重

身長は、トレーニング群およびコントロール群ともトレーニング前後の12週間で統計上有意に増大を示した。これに対し体重の増加が有意であったグループはトレーニング群の1年生男子と5年生女子またコントロール群の1年生男子と3年生男子のみであった。

(2) 上腕の組織断面積

上腕横断面の全体、除脂肪組織、脂肪、骨、筋の面積の変化を表I-2, 3に示した。

上腕の全断面積は、トレーニング群およびコントロール群の全ての学年において増加した。トレーニング群全体とコントロール群全体について全断面積の増加量（増加率）についてみると、トレーニング群での増加は2.52cm²(8.9%)であったのに対し、コントロール群では2.11cm²(7.3%)を示

し、トレーニング群において高い増加がみられた。また各グループ毎についてトレーニング前後で全断面積の増大が統計的に有意でなかったのは、トレーニング群では、1年生男女、3年生女子、コントロール群では3年生男子のみであった。

筋断面積は、トレーニング群では1年生男子を除く各グループにおいて統計上有意な増大を示し、トレーニング群全体としての増加量は 1.29cm^2 で増加率は10.3%であった。特にこの増加傾向は5年生に顕著であり、男子では 1.88cm^2 で12.5% ($p < 0.001$)、女子では 1.80cm^2 で12.7% ($p < 0.01$) の増加を示した。これに対して、コントロール群全体の増加量は 0.83cm^2 で増加率5.9%を示し各学年ともわずかに増加を示したもののが5年生女子 ($p < 0.01$) を除く各グループに統計上有意な増加は示されなかった。

筋断面積の増加に統計上有意な差が示されたトレーニング群において屈筋群と伸筋群に分けて各断面積の変化を調べた。屈筋群の増加は全体で平均 0.30cm^2 で4.4%の増加率であった。その中で1年生男女と3年生男女の増加率は-1.9%(1年生男子)から1.9%(1年生女子)の範囲にありいずれのグループも統計上有意に増加しなかった。これに対して5年生男女の増加率はそれぞれ12.2% ($p < 0.01$), 11.8% ($p < 0.05$) を示し統計上有意であった。一方伸筋群の増加は平均 0.94cm^2 で、1年生男子を除いてこの増加は統計上有意であった。またトレーニング群全体の伸筋の増加率は14.6%を示し、屈筋群の増加率と比較して約3倍であった。特に屈筋群に比較して伸筋群の増加率が著しかったのは1年生男女および3年生男女であり、5年生では男女とも屈筋群とほぼ同量の増加率であった。

皮下脂肪断面積は、コントロール群では3年生男子と5年生女子を除く各グループにおいて統計上有意な増加を示した。これに対しトレーニング群においては全グループとも統計上有意な増加はみられなかった。

骨断面積は、コントロール群では統計上有意な変化はみられなかったものの、トレーニング群の3年生男子 ($p < 0.01$), 5年生男子 ($p < 0.001$) 女子 ($p < 0.05$) において増加した。

以上の結果よりトレーニング、コントロール両群とも12週間で上腕の全断面積は増大した。さらにこの増大は、トレーニング群においては筋断面積および骨断面積の増大に起因しているのに対し、コントロール群では皮下脂肪断面積が上腕断面全体の面積増加を招いていることが特徴であった。

福永¹⁾は13歳の男女を対象に本実験のトレーニング処方とほぼ同様の筋力トレーニングを施した結果、筋断面積において男子では平均6.3% (0.8cm^2), 女子では5.2% (1.1cm^2) の増加を示した。本研究のトレーニング群における同面積の増加は平均10.3% (1.29cm^2) であり増加率にして福永の報告した値の約2倍の増大であった。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以後の青少年および成人を対象としたものであるが、思春期前児童を対象とした本研究の結果からみると、小学生児童においても筋力トレーニングにより筋肥大が生ずる可能性が示唆される。

本研究では写真1-1に示したように機能解剖学的にみて、上腕屈筋群の筋力トレーニングを意図とするものであった。それにもかかわらず伸筋群の断面積においても顕著な増加がみられた。すなわち伸筋群にも筋力トレーニング刺激が与えられた結果筋肥大を生じたと考えられる。そこで本研究のトレーニング方法から上腕伸筋群へのトレーニングの可能性についてみると以下の二点が考えられる。先ず肘関節屈曲動作中、トレーニング児童において相反的神経支配が明確でなく⁴⁾、上腕の拮抗両筋の共働収縮が関与した。第二点として解剖学的に上腕三頭筋長頭は肩関節と肘関節をまたぐ二関節筋であるために、肩関節を中心とした上腕の内転動作が関与した。しかしながら、特に1, 3学年の低学年児童において屈筋群断面積の増大はみられず伸筋群断面積にのみ有意な増大がもたらされたことへの解釈は不明である。

筋断面積の増大が顕著であったトレーニング群の5年生においては、上腕骨断面積にも統計上有意な増大がみられた。このことは、筋力トレーニングが第二次性徴を迎つつある児童の骨形成においても影響を及ぼしている可能性があることを推察させる。

トレーニング群

表 I-1 各学年における被検者の齢年齢、骨年齢、および身長と体重の変化

grade	sex	n		calendar age (yrs)				bone age (yrs)				body height (cm)				body weight (kg)			
				max.	min.	range		BT	MT	AT		BT	MT	AT		BT	MT	AT	
1st	M	8	m	6.9	6.2	6.8		116.4	117.0	117.6 b		21.9	22.3	22.5 b					
	F	7	m	7.0	6.5	8.7	4.6	4.1	120.0	120.2	121.0 b		24.3	24.7	24.9				
3rd	M	10	m	9.0	8.1	9.9	6.5	3.4	129.6	129.8	130.6 a		29.2	30.6	31.2				
	F	7	m	9.0	8.6	10.0	7.6	2.4	126.8	127.1	127.8 b		26.2	26.8	27.0				
5th	M	10	m	11.0	10.7	14.1	7.7	6.4	140.1	140.4	141.1 c		4.6	4.6	4.7				
	F	10	m	10.9	10.7	11.8	9.1	2.7	139.7	140.3	141.2 a		9.1	9.0	9.2				
									7.5	7.1	7.4		39.7	40.6	40.6 c				
													12.5	12.5	12.5				

コントロール群

grade	sex	n		calendar age (yrs)				bone age (yrs)				body height (cm)				body weight (kg)			
				max.	min.	range		BT	MT	AT		BT	MT	AT		BT	MT	AT	
1st	M	8	m	7.0	6.4	7.8		5.1	2.7	120.4		120.7	121.4 b	24.8		25.2	25.6 a		
	F	6	m	7.0	6.0	7.8	4.8	3.0	117.1		4.7	4.6	4.5	6.4	6.5	6.3			
3rd	M	8	m	9.0	8.8	9.5	7.4	2.1	131.8		4.0	4.0	3.8	2.2	2.3	2.0			
	F	9	m	9.0	8.3	9.3	6.4	2.9	127.5		4.5	4.6	4.8	8.4	8.2	8.4			
5th	M	8	m	11.1	10.8	12.1	9.2	2.9	140.9		6.4	6.4	6.4	4.7	4.9	4.2			
	F	8	m	11.2	10.9	11.5	9.5	2.0	141.2		4.3	4.2	4.3	3.2	3.4	3.9			

a : P<0.001、 b : P<0.01、 c : P<0.05、 BT : トレーニング前、 MT : トレーニング6週終了時、 AT : トレーニング終了直後

トレーニング群

表 I-2 上腕の組織断面積の変化 (cm²)

grade	sex	whole				△				lean				fat				bone			
		BT	MT	AT	AT-BT	BT	MT	AT	BT	MT	AT	BT	MT	AT	BT	MT	AT				
1st	M	24.8 9.6	25.7 7.9	26.2 7.6	1.4	12.5 2.6	13.2 1.4	13.5 1.3	12.3 7.5	12.5 6.8	12.7 6.9	1.0 0.3	1.4 0.3	1.6 0.2	1.3 0.2	1.3 0.2	1.3 0.2				
	F	m SD	24.4 7.0	27.2 9.0	27.6 7.9	3.2	11.0 1.9	13.2 3.7	12.9 2.8	13.4 5.0	14.1 5.8	14.8 5.9	1.0 0.2	1.6 0.2	1.4 0.2	1.6 0.2	1.3 0.2	1.3 0.2			
3rd	M	29.6 12.6	31.3 12.6	31.9 b 13.1	2.3	14.8 3.0	15.7 3.1	15.9 b 14.9	14.9 9.8	15.7 10.0	16.0 10.1	1.3 0.3	1.6 0.3	1.6 0.3	1.6 0.3	1.7 b 0.3	1.7 b 0.3	1.7 b 0.3			
	F	m SD	25.5 3.1	27.5 3.4	27.8 2.6	2.3	12.2 1.9	14.0 1.6	13.7 c 1.6	13.3 1.8	13.5 3.9	14.2 2.4	1.1 0.4	1.1 0.4	1.1 0.4	1.4 0.3	1.4 0.3	1.4 0.3			
5th	M	m SD	30.3 8.4	32.5 8.5	33.3 a 9.0	3.0	16.6 2.6	18.7 3.1	19.1 a 3.1	13.7 7.3	13.8 6.7	14.2 7.1	1.6 0.3	2.1 0.3	2.1 0.4	2.2 a 0.4	2.2 a 0.4	2.2 a 0.4			
	F	m SD	36.7 13.6	38.0 13.0	39.6 b 13.7	2.9	15.6 3.0	16.6 2.5	17.6 b 3.6	21.1 11.0	21.4 11.0	21.9 10.4	1.3 0.2	1.7 0.2	1.7 0.2	1.7 c 0.5	1.7 c 0.5	1.7 c 0.5			

コントロール群

grade	sex	whole				△				lean				fat				bone			
		BT	MT	AT	AT-BT	BT	MT	AT	BT	MT	AT	BT	MT	AT	BT	MT	AT				
1st	M	m SD	25.9 9.9	27.6 9.5	28.4 c 10.9	2.5	14.4 3.9	14.5 3.4	14.8 4.2	11.40 6.19	13.2 6.6	13.6 b 7.0	1.5 0.4	1.6 0.3	1.6 0.3	1.6 0.3	1.6 0.3	1.6 0.3			
	F	m SD	25.5 2.8	29.5 3.9	28.2 c 3.2	2.7	12.3 0.9	13.7 1.5	12.5 0.7	13.20 2.72	15.8 4.1	15.7 b 3.1	1.2 0.3	1.5 0.2	1.5 0.2	1.5 0.2	1.5 0.2	1.5 0.2			
3rd	M	m SD	34.9 11.0	35.6 11.3	36.0 12.2	1.1	16.3 2.9	16.8 3.1	16.7 2.7	18.68 8.55	18.8 8.5	19.3 10.2	1.7 0.2	1.7 0.2	1.7 0.2	1.7 0.2	1.7 0.2	1.7 0.2			
	F	m SD	27.4 4.6	28.1 4.1	28.8 c 4.3	1.4	14.2 1.6	13.8 1.4	14.4 1.8	13.27 4.17	14.3 3.7	14.3 b 3.8	1.7 0.2	1.4 0.2	1.4 0.2	1.4 0.2	1.4 0.2	1.4 0.2			
5th	M	m SD	30.8 5.9	32.5 6.0	32.8 b 6.7	2.0	17.6 2.3	18.5 2.3	18.7 c 2.8	13.16 4.85	13.9 4.8	14.1 c 4.7	2.0 0.2	2.0 0.2	2.0 0.2	2.2 0.3	2.2 0.3	2.2 0.3			
	F	m SD	33.1 4.1	34.3 4.3	36.1 a 4.5	3.0	16.4 1.5	17.1 1.9	18.0 b 1.9	16.79 3.85	17.2 3.0	18.0 3.2	1.9 0.3	1.9 0.3	1.9 0.3	1.9 0.3	1.9 0.3	1.9 0.3			

a : P<0.001、b : P<0.05、c : P<0.05、BT : ボルトトレーニング前、MT : ボルトトレーニング6週終了時、AT : ボルトトレーニング終了直後

トレーニング群

表 I-3 上腕の組織断面積の変化 (cm²)

grade	sex	muscle				flexor				m. biceps brachii				m. brachialis				extensor		△	
		BT	MT	AT	AT-BT	BT	MT	AT	AT-BT	BT	MT	AT	BT	MT	AT	BT	MT	AT	AT-BT		
1st	M	11.5	11.8	12.2	0.7	5.3	5.0	5.3	0.0	3.0	2.7	2.0	2.3	2.3	2.2	6.2	6.9	6.9	0.7		
	SD	2.3	1.3	1.2		1.0	0.7	0.6		0.6	0.4	0.3	0.5	0.5	0.3	1.5	0.9	0.9	0.7		
3rd	F	m	10.1	11.6	11.5 c	1.4	4.8	5.0	4.9	0.1	2.6	2.7	2.5	2.2	2.3	2.4	5.3	6.6	6.6 b	1.3	
	SD	1.8	3.1	2.6		0.7	1.0	1.1		0.6	0.5	0.5	0.3	0.5	0.7	1.1	2.2	1.6			
5th	M	m	13.4	14.0	14.2 c	0.8	6.2	5.9	6.3	0.1	3.6	3.3	3.4	2.7	2.6	2.8	7.2	8.1	7.9 b	0.7	
	SD	2.8	2.8	2.9		1.5	1.3	1.5		0.9	0.7	0.9	0.7	0.8	0.7	1.8	1.8	1.5			
F	m	11.1	12.8	12.2 c	1.2	5.3	5.2	5.3	0.1	3.1	2.8	2.0	2.2	2.3	2.3	5.8	7.6	6.9 b	1.1		
	SD	1.6	1.6	1.5		0.8	0.7	0.7		0.5	0.7	0.7	0.6	0.3	0.2	1.0	1.6	1.0			
M	m	15.0	16.7	16.9 a	1.9	6.7	7.4	7.5 b	0.9	3.8	4.2	4.5 b	3.0	3.2	3.1	8.3	9.3	9.4 b	1.1		
	SD	2.3	2.8	2.8		1.3	1.4	1.3		0.8	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	1.3	1.6	1.6			
F	m	14.2	14.9	15.9 b	1.8	6.5	6.8	7.5 c	0.8	3.6	3.9	3.3 b	2.9	3.2	3.2	7.7	8.1	8.5 c	0.7		
	SD	2.8	2.2	3.2		1.5	1.3	1.8		0.8	0.9	0.9	0.7	0.6	0.7	1.0	1.5	1.7			

コントロール群

grade	sex	muscle				flexor				m. biceps brachii				m. brachialis				extensor		△	
		BT	MT	AT	AT-BT	BT	MT	AT	AT-BT	BT	MT	AT	BT	MT	AT	BT	MT	AT	AT-BT		
1st	M	m	12.9	12.9	13.2	0.3	6.1	5.6	5.3-c	-0.8	3.4	3.3	3.0-c	2.8	2.3	2.3	6.8	7.3	7.9 b	1.1	
	SD	3.7	3.3	4.0		1.6	1.3	1.6		0.9	0.8	0.9	0.8	0.6	0.8	0.6	2.2	2.1	2.4		
3rd	F	m	11.1	12.2	11.3	0.2	5.0	5.5	4.9	-0.1	2.8	3.3	2.7	2.3	2.2	2.2	6.1	6.7	6.4	0.4	
	SD	0.9	1.5	0.4		0.4	1.0	0.4		0.1	0.7	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.7	0.7	0.5		
5th	M	m	14.5	15.1	15.1	0.5	6.6	6.6	6.5	-0.2	3.4	3.7	3.4	3.2	2.9	3.0	7.9	8.5	8.5	0.6	
	SD	2.7	2.9	2.5		1.1	1.2	1.0		0.5	0.9	0.7	0.6	0.5	0.6	0.5	1.8	1.9	1.7		
F	m	12.5	12.4	13.0	0.5	5.7	5.2	6.0	0.3	3.1	3.0	3.3	2.6	2.2	2.6	6.9	7.1	7.1	0.2		
	SD	1.5	1.3	1.6		0.7	0.4	0.6		0.2	0.4	0.4	0.5	0.2	0.5	1.0	1.1	1.3			
M	m	15.5	16.6	16.5	1.0	7.0	7.5	7.3	0.2	3.7	4.2	4.0	3.3	3.3	3.2	8.5	9.0	9.3	0.7		
	SD	2.2	2.2	2.7		1.1	1.2	1.2		0.7	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6	1.4	1.2	1.6			
F	m	14.4	15.2	16.1 b	1.7	5.9	6.3	6.8	0.9	3.4	3.4	3.8	2.5	2.8	3.0 c	8.6	9.0	9.3	0.7		
	SD	1.3	1.7	1.8		1.0	0.8	0.5		0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	1.3	1.5			

a : P<0.001、b : P<0.01、c : P<0.05、BT : トレーニング前、MT : トレーニング6週終了時、AT : トレーニング終了直後

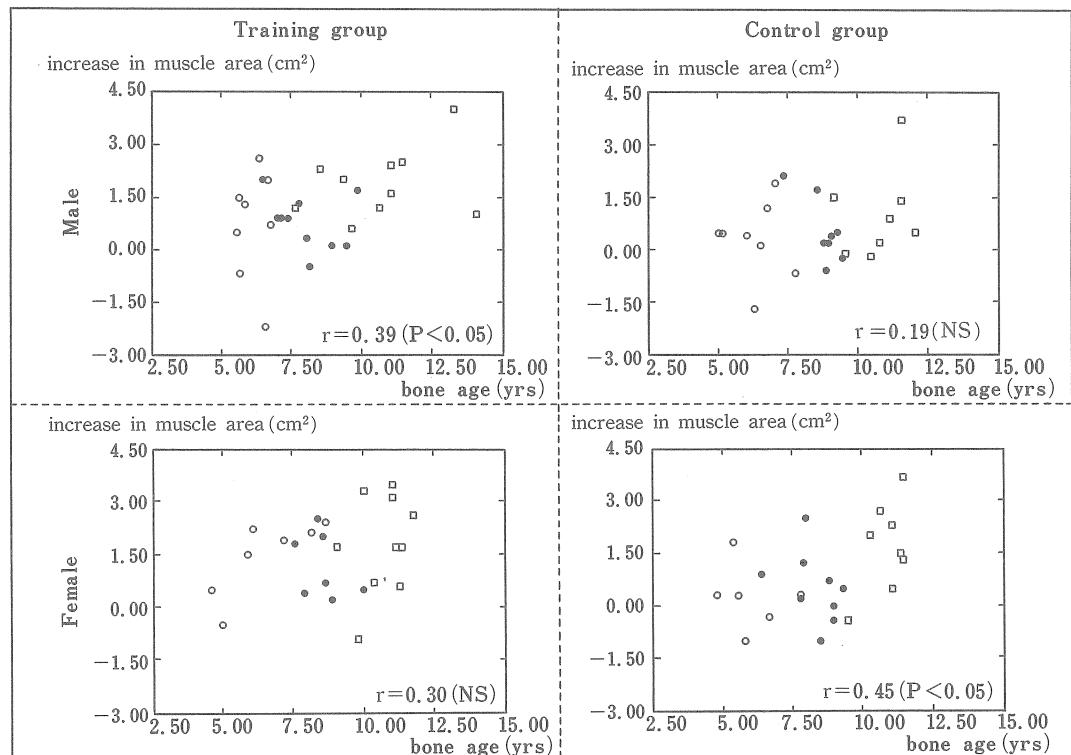


図 I-1 骨年齢と筋断面積増加量の関係：○1年生、●3年生、□5年生

(3) 骨年齢と筋断面積増加量

骨年齢(Y)とトレーニング前後の筋断面積増加量(X)の関係を図I-1に示した。1, 3, 5学年全体の相関関係における相関係数(r)と回帰式(r が有意であったもののみ)は以下のとおりである。

$$\begin{aligned} \text{男子トレーニング群: } & \hat{Y} = -0.58 + 0.20 \times, \\ & r = 0.39 \quad (P < 0.05) \\ \text{男子コントロール群: } & r = 0.19 \quad (\text{NS}) \\ \text{女子トレーニング群: } & r = 0.30 \quad (\text{NS}) \\ \text{女子コントロール群: } & \hat{Y} = -1.39 + 0.26 \times, \\ & r = 0.45 \quad (P < 0.05) \end{aligned}$$

骨年齢は生理学的年齢として身体の発育段階を適確に捉えることができ⁷⁾、さらに体力・運動能力の発達を評価する際にも正しい評価の基準となる⁵⁾とされている。図I-1は生理学的年齢が高い早熟傾向にある者が筋力トレーニングあるいは12週間の発育成長期間において筋断面積にも多くの増加をもたらすか否かを検討した事になる。その結果、トレーニング群男子およびコントロール

群女子においていずれも5%水準で有意な正の相関関係がみられた。しかし両群について図I-1に示す各学年毎の散布図をみるといずれも5年生の分布の相関関係における直線性の強さが全体の相関関係を高めている傾向がみられる。またこの5年生については他の二群(男子コントロール群と女子トレーニング群)においても統計上有意ではないが、1, 3年生と比較して正の相関関係が高まる傾向にあった。従ってトレーニング群ではトレーニングにより筋断面積の増大は確実に生ずるものそれを骨年齢との関係からみる限りにおいて、筋断面積の増大は第二次性徵に向う筋の発育加速現象の影響が考えられる。なお1年生では女子のトレーニング群において統計上有意な正の相関関係($r = 0.79, P < 0.05$)がみられた。また図I-1に示す四群に共通して3年生ではいずれも有意ではないが負の相関関係が出現する傾向にあることが注目され、当学年において今後さらに詳しい筋の発育・発達の研究が必要であると考えられる。

トレーニング群

表 I-4 等尺性最大筋力の変化 (kg)

grade	sex		elbow extension			△	elbow flexion			△
			BT	MT	AT	AT-BT	BT	MT	AT	AT-BT
1st	M	m	6.1	6.5	8.0 b	1.9	5.5	4.9	5.4	0.0
		SD	1.0	0.9	0.9		0.7	0.6	1.6	
	F	m	5.8	5.9	7.2 c	1.3	4.9	4.9	6.0 c	1.1
		SD	1.2	0.8	0.8		1.1	1.1	0.4	
3rd	M	m	7.9	8.4	8.7 c	0.8	6.7	7.1	7.4	0.7
		SD	1.6	1.6	2.1		1.4	1.2	2.0	
	F	m	6.7	7.4	7.0	0.4	5.6	6.0	5.9	0.2
		SD	0.6	0.6	0.5		0.9	0.9	0.8	
5th	M	m	7.4	8.8	10.1 c	2.7	7.9	7.3	8.2	0.3
		SD	1.5	1.4	1.3		1.7	1.7	2.0	
	F	m	8.5	8.1	8.3	-0.2	8.2	7.7	7.7	-0.4
		SD	1.3	2.2	1.6		1.4	1.2	1.2	

コントロール群

grade	sex		elbow extension			△	elbow flexion			△
			BT	MT	AT	AT-BT	BT	MT	AT	AT-BT
1st	M	m	6.2	6.8	7.0	0.8	5.1	5.8	6.1 c	1.1
		SD	2.0	1.7	1.6		1.1	1.1	1.4	
	F	m	5.6	6.4	6.7	1.0	4.4	4.9	5.4 a	1.0
		SD	0.9	1.0	1.2		0.9	0.8	0.9	
3rd	M	m	9.4	9.8	9.8	0.3	8.2	7.6	8.2	0.0
		SD	1.7	1.6	1.7		0.7	0.5	1.2	
	F	m	6.8	7.5	7.6 c	0.8	6.9	6.8	6.4	-0.5
		SD	1.0	1.1	0.8		0.7	0.9	0.7	
5th	M	m	10.5	10.2	10.0	-0.5	10.0	9.0	8.0-a	-2.0
		SD	2.7	0.8	1.6		1.6	1.9	1.3	
	F	m	8.7	9.8	8.5	-0.2	8.3	0.0	7.2-c	-1.2
		SD	1.8	1.4	1.5		1.3	0.0	1.3	

a : P<0.001, b : P<0.01, c : P<0.05

BT : トレーニング前、 MT : トレーニング 6 週終了時、 AT : トレーニング終了直後

2 筋 力

肘関節屈曲、伸展の等尺性最大筋力の変化を表 I-4 に単位断面積当たりの筋力の変化を表 I-5 にまた等速性最大筋力の変化を表 I-6 に示した。

(1) 等尺性最大筋力

トレーニング群全体についてみるとトレーニング前後の屈曲力の増加量(増加率)はそれぞれ0.3 kg (5.7%), 伸展力では1.17kg (17.5%)を示し、伸展力に大きな増加がみられた。一方コントロール群全体では屈曲力で-0.25kg (-1.0%), 伸展力で0.3kg (5.7%)の増加であった。このように特

にトレーニング群の伸展力において顕著な増加が示された訳であるがその中で、1年生男子 (P < 0.01) 女子 (P < 0.05), 3年生男子 (P < 0.05), 5年生男子 (P < 0.05) の増大が統計的に有意であり、各グループにおける増加率はそれぞれ30.6%, 23.0%, 10.5%, 37.1%であった。なおこの四グループのうち1年生男子を除く他の三グループでは前述した様に上腕伸筋群の断面積に統計上有意な増加がみられている。一方、トレーニング群5年生男女の各グループにおいては上腕屈筋群断面積に統計上有意な増加をみたものの、

屈曲力は両グループとも増加しなかった。

前述した13歳の男女について筋力トレーニングを行った福永の結果¹⁾においては、男子で64%，女子で93%の最大筋力の増加率を得ている。これに對して本研究のトレーニング群にみられた筋力増加率の最大値は、男子では5年生の37.1%，女子では1年生の23.0%であり福永の報告した値に對して男子では約1/2，女子では約1/4の増加率しか得られなかった。しかし前述した様に筋断面積においては、福永の報告¹⁾と比較して本実験では約2倍の増加率がみられたことから、思春期前児童は筋力トレーニングによって筋断面積からみた筋の形態面においては著しいトレーニング効果を示すものの、筋力出からみた機能面におけるトレナビリティーは思春期以降に報告されている値よりもかに低くなると言える。

(2) 単位断面積当たりの筋力

表I-5に示したトレーニング前後の筋の断面積当たりの筋力に統計上有意な増加がみられたのはトレーニング群の5年生男子における伸展力($P < 0.01$)とコントロール群の1年生男子の屈曲力($P < 0.001$)のみであった。この二グループについてみると、トレーニング群5年生男子では筋断面積および筋力の両者が統計上有意に増加したうえでの単位断面積当たりの筋力の増加であるが、コントロール群1年生男子での単位断面積当たりの筋力の増大は筋断面積が -0.79cm^2 と統計上有意($P < 0.05$)に減少していることに起因している。

福永の13歳男子を対象とした報告¹⁾では、筋力トレーニングにより単位断面積当たりの筋力において54%の増加を示しているが、本研究におけるトレーニング5年生男子の増加率は22.5%であった。またトレーニング群5年生男子を除く他のトレーニング群のグループでは、トレーニングにより筋断面積の増大は得られるもののその割合以上の筋力の増大が得られないために単位断面積当たりの筋力の増加を導いていないことになる。この原因としては、筋力発揮の際の神経支配の改善⁶⁾および確実には検証されていない筋線維レベルでの質的変化²⁾の2点で思春期前児童は成人と比較して発育・発達が十分でないためと考えられる。

(3) 等速性最大筋力

表I-5 単位断面積当たりの筋力の変化(kg/cm²)
トレーニング群

grade	sex		elbow extension			elbow flexion		
			BT	MT	AT	BT	MT	AT
1st	M	m	5.0	4.7	5.7	5.2	4.9	5.0
		SD	1.1	0.6	0.7	1.1	0.8	1.4
	F	m	5.4	4.7	5.6	5.0	4.8	6.2
		SD	0.9	1.1	1.6	0.7	0.9	1.2
3rd	M	m	5.5	5.2	5.3	5.4	6.0	5.8
		SD	1.0	0.8	0.8	0.8	1.1	1.0
	F	m	5.7	4.9	5.0	5.2	5.8	5.5
		SD	0.9	1.1	0.5	0.9	0.9	1.1
5th	M	m	4.4	4.7	5.3 b	5.9	4.9	5.3
		SD	0.8	0.6	0.5	1.2	0.6	0.5
	F	m	5.5	4.9	4.9	6.3	5.6	5.2-c
		SD	1.1	0.7	0.6	0.9	1.0	1.1

コントロール群

grade	sex		elbow extension			elbow flexion		
			BT	MT	AT	BT	MT	AT
1st	M	m	4.6	4.7	4.4	4.1	5.1	5.8 a
		SD	1.3	0.7	0.8	0.5	0.4	0.7
	F	m	4.7	4.7	5.1	3.6	4.4	5.4
		SD	1.0	0.3	0.8	1.4	0.7	0.8
3rd	M	m	5.9	5.7	5.6	6.1	5.8	6.2
		SD	0.8	0.9	0.7	0.7	0.7	0.7
	F	m	5.0	5.2	5.4	6.0	6.4	5.3
		SD	1.0	0.9	1.1	0.5	0.9	0.8
5th	M	m	6.2	5.6	5.3	7.0	5.9	5.4-a
		SD	1.7	0.6	0.9	0.7	0.7	0.8
	F	m	4.9	5.4	4.5	6.9	6.6	5.2-b
		SD	0.9	0.6	0.6	0.6	1.3	1.0

a : $P < 0.001$, b : $P < 0.01$, c : $P < 0.05$

BT : トレーニング前

MT : トレーニング6週終了時

AT : トレーニング終了直後

動的筋力についてみると、トレーニング前後で統計上有意に増加が示されたのは、トレーニング群では10rpmの伸展力で1年生女子($P < 0.001$), 30rpmの伸展力で同じく1年生女子($P < 0.05$)のみであり、一方コントロール群では10rpmの伸展力で1年生男子($P < 0.05$)と女子($P < 0.05$), 50rpmの屈曲力で1年生男子($P < 0.05$)のみであった。他のグループにおいては統計上有意に減少を示

トレーニング群

表 I-6 等速性最大筋力の変化(kg)

grade	sex	10rpm						30rpm						50rpm					
		elbow extension			elbow flexion			elbow extension			elbow flexion			elbow extension			elbow flexion		
		BT	MT	AT	BT	MT	AT	BT	MT	AT	BT	MT	AT	BT	MT	AT	BT	MT	AT
1st	M	5.6	5.9	6.4	4.3	3.7	4.2	4.5	4.6	5.0	3.2	2.8	2.8	3.3	3.5	3.5	1.9	1.7	1.8
	SD	0.8	0.6	0.9	0.8	0.5	0.6	0.6	0.6	1.0	0.5	0.5	0.6	0.5	0.8	0.6	0.6	0.5	0.5
3rd	F	5.0	5.3	6.4 a	4.3	3.7	4.3	4.1	4.3	4.9 c	3.4	2.6	3.3	2.9	2.9	3.3	1.8	1.2	1.6
	SD	1.0	0.9	0.8	0.6	0.7	0.7	1.2	0.8	0.9	0.6	0.7	0.7	1.1	0.5	0.7	0.8	0.5	0.5
5th	M	6.4	6.7	6.9	5.5	5.0	5.4	5.7	5.5	5.9	4.3	4.0	4.3	4.4	4.5	4.9	2.0	2.7	3.2
	SD	1.6	1.7	2.4	1.4	1.4	1.8	1.3	1.1	1.8	1.0	1.0	1.4	1.0	0.9	1.3	0.7	0.6	1.0
5th	F	5.4	6.1	5.3	4.8	4.7	4.2	4.7	5.2	4.4	3.9	3.7	3.1-b	3.7	3.9	3.9	2.4	2.3	2.4
	SD	0.6	0.7	0.8	0.6	0.4	0.7	0.6	0.4	1.0	0.4	0.5	0.2	0.7	0.5	0.8	0.1	0.5	0.3

コントロール群

grade	10rpm						30rpm						50rpm						
	elbow extension			elbow flexion			elbow extension			elbow flexion			elbow extension			elbow flexion			
	BT	MT	AT	BT	MT	AT	BT	MT	AT	BT	MT	AT	BT	MT	AT	BT	MT	AT	
1st	M	5.1	6.1	6.1 c	4.3	4.2	4.7	4.2	4.6	5.2	3.5	2.7	3.6	3.2	3.4	3.9	2.3	1.7	2.5 c
	SD	1.3	1.3	1.4	0.8	1.0	1.2	1.5	1.4	1.5	0.7	1.1	1.1	0.9	1.0	1.2	0.6	0.8	0.7
3rd	F	5.2	6.1	6.2 c	4.0	3.9	4.1	4.3	4.7	5.0	3.1	2.9	3.1	3.0	3.2	3.3	1.9	1.8	2.2
	SD	0.8	1.0	0.9	0.8	0.4	0.7	1.0	0.5	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.8	0.6	0.5	0.6	0.5
5th	M	7.8	8.1	8.0	6.1	5.5	5.9	6.9	6.3	6.7	4.7	4.1	4.5	5.0	5.1	5.3	3.6	2.9	3.1-d
	SD	1.7	1.1	1.6	0.8	0.9	0.9	0.9	0.8	1.0	0.7	0.4	0.7	1.2	1.0	1.0	0.4	0.5	0.5
5th	F	6.7	6.7	6.1	5.5	4.9	4.6-c	5.7	5.7	5.4	4.7	3.7	3.5-b	4.1	4.3	4.2	3.3	2.4	2.4-d
	SD	1.0	0.6	1.1	0.6	0.7	1.0	0.9	0.8	0.8	0.4	0.6	0.8	0.7	0.6	0.7	0.5	0.3	0.7

a : P<0.001、 b : P<0.01、 c : P<0.05、 BT : トレーニング前、 MT : トレーニング6週終了時、 AT : トレーニング終了直後

す結果となった。また単位断面積当たりの等尺性最大伸展力が統計上有意に増大したトレーニング群5年生男子は、動的筋力ではいずれの運動速度においても増加しなかった。

一方、特にコントロール群では、10rpmから50rpmへと高速での筋力発揮になるに従って統計上有意に減少する傾向があり、このことは筋力発揮時の大脳の興奮水準⁹⁾の変動あるいは高速での筋力発揮におけるスキルの介在による測定値の偏りに依るものと考えられ、動的筋力測定の困難性をはらんでいるものと思われる。

要 約

思春期前と考えられる小学校1, 3, 5学年児童99名を対象に、トレーニング群には12週間に渡る肘関節屈曲の筋力トレーニングを行なわせた。その結果筋出力および主に筋の断面積からみた形態面の変化について、筋力トレーニングを行なわなかったコントロール群と比較した。

得られた主な結果は以下のとおりである。

1. トレーニング群、コントロール群において上腕の全断面積にそれぞれ8.9%, 7.3%の統計上有意な増加がみられた。
2. 全筋断面積は、トレーニング群において1年生男子を除くすべてのグループで統計上有意に増大したのに対し、コントロール群では全グループにおいて統計上有意に増大しなかった。またトレーニング群の全筋断面積において屈筋群の増加が有意であったのは5年生男女のみであったのに対し、伸筋群では1年生男子を除く全グループ統計上有意に増加した。
3. 皮下脂肪断面積は、コントロール群で3年生男子を除く全グループで統計上有意に増加した。統計上有意に増加を示したが、トレーニング群では全グループで増大は示されなかった。
4. 骨断面積の増大は、トレーニング群の3年生男子と5年生男女の3グループにおいて統計上有意であった。
5. 骨年齢と筋断面積増加量の相関関係は、男子トレーニング群と女子コントロール群において統計上有意であった。また同相関関係において、3年生では負の相関係数を、また5年

生では正の相関係数を示す傾向にあった。

6. 等尺性最大筋力については、伸展力でトレーニング群において統計上有意に増加する傾向が強かったのに対し、屈曲力の増大は殆どみられなかった。一方コントロール群では伸展力は殆ど変化しなかった。
7. 単位断面積当たりの筋力は、トレーニング群の5年生男子のみに統計上有意な増加がみられた。
8. 動的筋力は、トレーニング群およびコントロール群の殆どのグループにおいて増加しなかった。

謝辞

本研究の被検者依頼を快く引き受けて下さり絶大なる御協力を戴いた東京都目黒区立駒場小学校校長池田成治先生および教頭國元通子先生はじめとする諸先生ならびに児童諸君に深く感謝申し上げます。また骨年齢の算出にあたっては、東京女子医科大学小児科の村田光範教授および多田羅裕子先生に御協力を戴いた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 福永哲夫：「ヒトの絶対筋力—超音波による体肢組成・筋力の分析」。杏林書院, 1978.
- 2) 福永哲夫：筋の活動性肥大と筋力。J. J. Sports Sci., 2(1): 13—22, 1983.
- 3) 福永哲夫, 浅見俊雄, 奥山秀雄, 角田直也：思春期前のトレーニング効果（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, 1985.
- 4) 猪飼道夫, 山川純子：反復動作における動作の乱れの筋電図学的研究。体育学研究, 5: 340—344, 1953.
- 5) 栗本閑夫：体力運動能力プロフィール—骨年齢による比較—。新体育, 43(9): 22—27, 1973.
- 6) Milner-Brown, H. S., R. B. Stein, and R. G. Lee: Syncronization of human motor units: possible roles of exercise and supraspinal reflexes. Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol., 38: 245—254, 1975.
- 7) 高石昌弘, 藤村京子：思春期発育に関する総合的研究—骨年齢による身長年間増加量および初潮年齢の検討—。小児科学年鑑（1975～76年版）: 180—184, 1975.

- 8) Tanner, J. M., R. H. whitehonse, W. A. Marshall, M. J. R. Healy, and H. Goldstein : Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW2 Method), Academic Press, 1975.
- 9) 矢部京之助：「人体筋出力の生理的限界と心理的限界」。杏林書院, 1977.

II 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）

報告者 青木 純一郎

研究協力者 長沢 純一¹⁾ 高岡 郁夫¹⁾

吉田 博幸¹⁾

研究方法

思春期前の幼少年の全身持久力に対するトレーニング（被訓練性）に関しては、いまだその有無を含め科学的基準が確立していない²²⁾。これは、幼少年の持久力向上に必要なトレーニングの強度や時間について、十分な資料が集積されていないことに加え、発育の影響が、トレーニングによって生じる効果と同時に結果に反映して、結果の解釈を困難にしている¹⁰⁾¹³⁾ことにもよっている。

このため前報¹¹⁾では、成人のために作定された時間と強度の基準²⁴⁾を用いて、自転車エルゴメータにより、80% $\dot{V}O_{2max}$ 5分、70% $\dot{V}O_{2max}$ 10分および60% $\dot{V}O_{2max}$ 15分という3種類のトレーニングを行い、その試行効果を検討した。この結果、PWC₁₇₀および運動持続時間にトレーニング前後で有意差が認められたものの、いずれの群においても最大酸素摂取量には有意な変化が観察されなかった。差が認められなかった原因については、トレーニングの時間が短かかったこと、また日常生活の活動水準が高いため、付加的なトレーニングの効果を確認しにくいだろうことが推測された。

そこで、本年度は昨年の結果を踏まえ、前報よりも高い強度、もしくは長時間のトレーニングを行い、思春期前児童に及ぼす、最大および最大下の運動能力を示すパラメータの向上の可能性を明らかにすることを目的とした。また、一部トレッドミルによるトレーニングを行い、エルゴメトリーの違いによる差についても検討を加えることとした。

1 被験者

本研究の被験者は千葉県習志野市の大久保小学校2年生男子29名 (8.1 ± 0.2 歳) であった。被験者の条件としては、本研究の実施時間を11月に予定したため、曆年齢をできる限り等しくする目的で秋に生まれた児童であることとした。人選はクラス担任が行い、本人の承諾をとった。また被験者の保護者に対し、あらかじめ付表II-1に示した同意書によって了解を得た。

実験をはじめるに先立ち、全員に自動解析装置付デジタル心電計（日本光電ECG-7103）によって、標準12誘導の安静心電図を記録した。この結果と校医による健康診断の資料から、実験に不適な疾患を持つ児童のいないことを確認した。

被験者のトレーニング前の身長および体重はそれぞれ 126.1 ± 5.0 cmおよび 26.1 ± 3.9 kgであった。これは、同年代の全国平均値¹⁸⁾および千葉県の平均値³⁾とほぼ同等であった。トレーニング前後の年齢、身長および体重をグループ別に表II-1に示した。これらの群間には、いずれの項目にも有意な差は認められなかった。

2 実験手順

(1) 最大運動テストおよび体力テスト

トレーニング効果を判定するために、トレーニング期間の前後に、全被験者を対象に、前報¹¹⁾にならって自転車エルゴメータによる最大運動テストおよび国際標準体力テスト¹⁴⁾を行った。なお、両テストともトレーニングの前後で、同一の被験者に同一の験者が当たるように配慮した。

(2) トレーニング・プログラム

最大酸素摂取量が均質になるように、被験者を

1) 順天堂大学体育学部

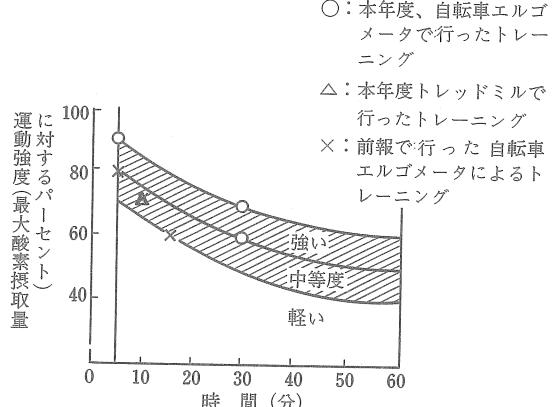
付表II-1 被験者の依頼および同意書

持久力トレーニング調査についてのお願い	
昭和60年10月17日 順天堂大学体育学部 助教授 青木純一郎	
<p>最近の子供は持久力がないとよく言われています。そこで、本大学では持久的トレーニングが、特に小学校低学年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に調査を計画致しました。御協力のほどよろしくお願ひ致します。</p>	
記	
・トレーニング	固定式自転車をこぐ、又はトレッドミル走 1回5~30分、週3回
・期間	10月21日~11月30日
・時間	放課後（月曜日から金曜日までは4:10、土曜日は12:00までには下校できるようになります。）
・場所	大久保小学校または順天堂大学
<p>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ができるか（最大酸素摂取量）という測定をします。また、1日の活動量を知るために、1日中の心拍数の測定を数名の児童を対象に行います。御協力頂けます場合には、お手数ですが同意書に御署名のうえ10月19日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221または248まで御電話下さい。</p>	
-----キリトリ-----	
同 意 書	
順天堂大学体育学部 青木 純一郎 殿	昭和60年10月 日
	保護者の氏名 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。

次の5群に分けた。

- ① 自転車エルゴメータによるトレーニング群
 - a) B-90群：90% $\dot{V}O_{2max}$ の強度で5分間のトレーニングを行う。（n=6）。
 - b) B-70群：70% $\dot{V}O_{2max}$ の強度で30分間のトレーニングを行う。（n=5）。
 - c) B-60群：60% $\dot{V}O_{2max}$ の強度で30分間のトレーニングを行う。（n=6）。
- ② トレッドミルによるトレーニング群
 - d) T-70群：70% $\dot{V}O_{2max}$ の強度で10分間のトレーニングを行う。
- ③ コントロール群
 - e) C群：(n=6)。

なお、T-70群については、日本体育協会スポーツ科学委員会日中青少年体力研究班の方法に従って、別途にトレッドミルによる最大運動テストも行わせた。これは、トレッドミルに3度の傾斜をつけ、100m/分より2分毎に20m/分ずつスピードを漸増するものであった。トレッドミル群のトレーニングは、この時得られた最大酸素摂取量



図II-1 前報¹⁾および本報のトレーニング処方の強度と時間の組み合わせ²⁴⁾

の70%に相当する強度とした。なお、設定した強度はトレーニング中の心拍数をモニターして確認した。

本研究で行ったトレーニングの時間および強度の設定は、前報と比較して次のような関係にある（図II-1）。

表II-1 トレーニング前後の年齢、身長および体重

群	被験者	トレーニング前			トレーニング後		
		年齢 (年・月)	身長 (cm)	体重 (kg)	年齢 (年・月)	身長 (cm)	体重 (kg)
B-90	1	7.10	122.9	22.2	7.11	123.1	22.9
	2	8.01	120.1	24.7	8.02	120.5	24.7
	3	8.06	122.4	25.2	8.07	121.4	25.6
	4	7.10	133.2	30.2	7.11	133.5	31.0
	5	8.01	125.9	29.0	8.20	122.6	29.0
	6	8.03	130.8	27.0	8.40	131.6	27.1
	平均 値	8.01	125.9	26.4	8.02	125.5	26.7
B-70	標準偏差	0.03	4.7	2.7	0.03	5.1	2.7
	7	8.02	115.8	19.8	8.03	116.0	20.1
	8	7.11	127.8	29.0	8.00	128.3	29.4
	9	7.08	121.1	21.8	7.09	121.3	22.6
	10	8.04	134.6	37.0	8.05	134.9	37.6
	11	8.00	122.9	24.0	8.01	123.6	24.1
	平均 値	8.00	124.4	26.3	8.01	124.8	26.7
B-60	標準偏差	0.03	6.4	6.2	0.03	6.4	6.2
	12	8.00	132.8	26.6	8.01	133.1	27.0
	13	7.10	124.3	26.4	7.11	124.7	27.0
	14	8.01	117.7	21.8	8.02	118.2	22.0
	15	8.03	133.3	28.5	8.04	133.2	30.2
	16	8.01	117.6	20.0	8.02	118.3	20.2
	17	8.04	124.9	30.2	8.05	125.4	30.2
T-70	平均 値	8.01	125.1	25.6	8.02	125.5	26.1
	標準偏差	0.02	6.3	3.6	0.02	6.1	3.8
C	18	8.00	126.9	27.6	8.01	127.0	28.0
	19	7.11	129.9	29.0	8.00	129.1	29.0
	20	8.02	129.7	35.4	8.03	130.5	36.0
	21	7.11	122.3	21.8	8.00	122.7	21.8
	22	8.02	126.9	25.4	8.03	127.0	25.8
	23	8.02	130.9	25.2	8.03	131.6	25.6
	平均 值	8.01	127.8	27.4	8.02	128.0	27.7
C	標準偏差	0.01	2.9	4.2	0.01	2.9	4.3
	平均 値	8.01	126.1	26.1	8.02	126.3	26.5
	標準偏差	0.02	5.0	3.9	0.02	5.1	4.0

- ①時間が等しく、強度が異なるトレーニング
- a) 短時間のトレーニング
 - ・ $\dot{V}O_{2max}$ 5分 (前報) : $\dot{V}O_{2max}$ 5分 (B-90群)
 - b) 比較的長時間のトレーニング
 - ・ $\dot{V}O_{2max}$ 30分 (B-60群) : $\dot{V}O_{2max}$ 30分 (B-70群)

- ②強度が等しく、時間が異なるトレーニング
- ・ $\dot{V}O_{2max}$ 10分 (前報) : $\dot{V}O_{2max}$ 30分 (B-70群)
 - ・ $\dot{V}O_{2max}$ 15分 (前報) : $\dot{V}O_{2max}$ 30分

- ③運動様式の異なるトレーニング
- ・自転車エルゴメータにより $\dot{V}O_{2max}$ 10分 (前報) : トレッドミルにより $\dot{V}O_{2max}$ 10分 (T-10群)

トレーニングは、10月29日から11月25日までの4週間であり、頻度は、いずれのトレーニング群も週3回（原則として隔日）とした。トレッドミルによるトレーニングは順天堂大学において、その他はすべて大久保小学校において行なった。エルゴメトリーを行った時の平均室温および平均相対湿度は、大久保小学校では $17.7 \pm 1.8^\circ\text{C}$ および $65.7 \pm 8.8\%$ であり、順天堂大学では $20.0 \pm 1.0^\circ\text{C}$ および $60.0 \pm 5.0\%$ に設定した恒温恒湿装置室内で行った。

(3) 1日(24時間)の心拍数の測定

各グループから無作為に抽出した12名の被験者に対し、ドッジボール大会を1時間含んでいるが、トレーニングのない1日を選んで24時間の心拍数記録を行った。心拍数の記録は、心拍数記録装置（VINE 社製ハートメモリ VHM 1-012）を用いた。記録装置は、被験者が学校に到着後10分ほどして装着した。記録開始時刻は午前8時から8時15分の間であった。

1日の活動内容は翌朝記録装置をはずした後、各被験者に口頭で質問した。また保護者に対しても質問紙をくばり確認をとった。

また、最大運動テスト時に得られた酸素摂取量一心拍数関係から、覚醒時の総酸素摂取量と、睡眠中は、身長と体重から計算した基礎代謝の10%減²⁰⁾として、総酸素摂取量を求め1日の消費エネルギーを推定した。

(4)統計処理

グループ間の平均値の差については対応のないtテスト（両側）を、トレーニング前後の差については対応のあるtテスト（両側）を用いて検定を行った。有意水準は $P < 0.05$ とした。

実験結果

(1)呼吸循環機能の最大値

トレーニング前の最大酸素摂取量は平均 $1.05 \pm 0.15 \text{ l}/\text{分}$ 、体重あたり $40.4 \pm 5.9 \text{ ml/kg}\cdot\text{分}$ であった。この値は、他の報告⁹⁾に見られる日本人8歳の値と近似していた。

トレーニングの前後で得られた最大酸素摂取量、最大換気量、最大呼吸交換比、最高心拍数、運動持続時間および PWC_{170} を表II-2に示した。トレーニング前では、トレッドミル群とコントロール群の間に、体重あたりの PWC_{170} だけに5%水準で有意差が認められた。しかしトレーニング後では、コントロール群の値がやや減少したため、すべての群間で有意な差は観察されなかった。また、群毎のトレーニング前後に有意差は観察されなかった。

運動持続時間および PWC_{170} においては、自転車でトレーニングを行った3つの群では増加傾向が認められたが、いずれも統計的に有意ではなかった。最大酸素摂取量においては、自転車70%群とコントロール群に増加傾向が認められた。T-70群がトレッドミルで測定した値を表II-3に示した。最大酸素摂取量、体重あたりの最大酸素摂取量、最大換気量、最大呼吸交換比および運動持続時間のうち、最大呼吸交換比に有意な増加がみられた($P < 0.05$)。被験者の多くは、運動持続時間が延長したが、最大酸素摂取量および最大換気量は不变もしくは低下の傾向を示していた。

(2)一般体力要素の変化

トレーニングの前後に国際標準体力テストの結果を表II-4に示した。いずれの項目も、トレーニング前では群間に有意な差はなかった。しかし、トレーニング後においてはB-60群とC群との間の握力に差が認められた($P < 0.05$)。

群毎にみると、C群では上体おこしに有意な増加が($P < 0.05$)、また800m走では有意な低下が

表II-2 トレーニング前後の運動負荷テストの各パラメータの値

群	被験者	最大酸素摂取量 (1/分) 前 後		最大換気量 (1/分) 前 後		最大呼吸交換比 前 後		最高心拍数 (拍/分) 前 後		運動持続時間 (秒) 前 後		PWC ₁₇₀ (kgm/分) 前 後	
		(ml/kg·分)		(ml/kg·分)									
B-90	1	1.050	1.023	47.3	44.7	40.9	31.2	0.82	0.83	191	193	677.9	671.9
	2	1.028	1.081	41.6	43.8	39.4	42.6	0.84	0.85	176	185	686.2	704.2
	3	1.339	1.238	53.1	48.4	61.5	45.1	1.02	0.90	180	175	765.0	738.6
	4	1.165	1.086	38.6	37.0	47.2	43.9	0.97	1.09	186	193	717.8	744.6
	5	0.992	1.014	34.2	35.0	34.4	43.8	0.91	1.04	175	181	686.0	767.3
	6	0.881	0.991	32.6	36.6	32.1	38.2	0.92	0.93	172	180	691.7	761.4
	平均 値	1.076	1.072	41.2	40.9	42.6	40.8	0.91	0.94	181	185	704.1	723.8
B-70	標準偏差	0.144	0.082	7.2	5.0	9.7	4.8	0.07	0.10	7	7	30.0	30.8
	7	1.081	0.861	51.4	42.9	33.9	24.3	0.94	0.74	168	159	692.1	608.2
	8	1.148	1.251	39.6	42.5	40.0	45.7	0.90	0.88	156	163	770.0	804.4
	9	1.069	1.279	46.1	56.6	55.2	54.4	1.14	0.91	195	192	720.0	737.1
	10	1.285	1.480	34.7	39.5	41.6	52.0	0.90	0.94	168	174	776.3	806.6
	11	0.818	0.904	34.1	37.5	29.9	33.4	0.91	0.99	195	190	617.0	635.8
	平均 値	1.068	1.155	41.2	43.8	40.1	42.0	0.96	0.89	176	176	715.1	718.4
B-60	標準偏差	0.154	0.236	6.7	6.7	8.6	11.4	0.09	0.08	16	14	58.2	83.1
	12	1.235	1.163	46.4	43.1	42.5	34.0	0.90	0.85	181	174	766.3	718.5
	13	1.220	1.014	46.2	37.6	41.1	31.3	0.88	0.76	193	180	702.1	679.4
	14	0.876	1.015	40.2	46.1	35.2	35.9	0.87	0.91	184	182	684.7	662.6
	15	1.085	1.120	38.1	37.1	35.0	40.8	0.86	1.06	177	182	687.7	792.2
	16	0.901	0.807	45.0	40.0	37.6	32.3	0.98	0.84	190	196	675.3	656.4
	17	1.003	1.021	33.2	33.8	36.5	39.3	0.85	0.92	171	186	669.3	740.5
T-70	平均 値	1.053	1.023	41.5	39.6	38.0	35.6	0.89	0.89	183	183	697.6	708.3
	標準偏差	0.141	0.112	4.8	4.1	2.9	3.5	0.04	0.09	7	7	32.4	48.0
	18	1.184	1.192	42.9	42.6	44.9	40.1	1.02	0.87	185	186	773.0	739.1
	19	0.878	0.836	30.3	28.8	32.9	30.3	0.88	0.77	149	140	677.4	585.0
	20	1.244	0.952	35.2	26.4	60.9	45.1	0.96	0.98	199	210	736.2	697.1
	21	0.775	0.748	35.6	34.3	27.1	22.8	0.87	0.86	191	184	684.7	608.9
	22	1.246	0.885	49.1	34.3	51.5	31.8	0.93	0.90	196	190	721.1	636.7
C	23	1.072	0.803	42.6	31.4	39.5	30.2	0.96	0.86	185	167	727.1	675.0
	平均 値	1.067	0.903	39.3	33.0	42.8	33.4	0.94	0.87	184	180	719.9	657.0
	標準偏差	0.182	0.144	6.2	5.2	11.3	7.3	0.05	0.06	17	22	32.1	52.6
	24	0.991	0.920	39.6	36.5	29.1	28.3	0.83	0.73	169	151	867.5	619.2
	25	1.159	1.039	43.9	39.1	42.4	35.4	0.87	0.78	161	159	630.4	675.9
	26	0.995	1.060	41.1	42.4	38.2	36.8	0.93	0.77	186	175	690.5	665.3
	27	0.842	0.905	34.0	35.7	34.4	40.9	0.86	1.00	154	163	670.1	676.1
C	28	0.898	1.216	35.3	47.9	35.0	45.1	0.99	0.95	191	201	700.0	723.0
	29	0.920	1.014	39.7	43.7	38.5	33.9	0.98	0.84	191	185	697.1	666.8
	平均 値	0.968	1.026	38.9	40.9	36.3	36.7	0.91	0.85	175	172	709.3	671.1
	標準偏差	0.101	0.103	3.4	4.3	4.1	5.3	0.06	0.10	15	17	74.6	30.2
	平 均 値	1.045	1.032	40.1	39.5	39.9	37.5	0.92	0.89	180	179	709.0	696.5
	標 準 偏 差	0.152	0.163	6.5	6.2	8.4	7.5	0.07	0.09	13	15	49.1	59.0
	2.7												

* : P<0.05 グループ間

表II-3 トレッドミルによる運動負荷テストにおける各パラメータの値

項目	最大酸素摂取量 (1/分) 前 後		最大換気量 (1/分) 前 後		最大呼吸交換比 前 後		最高心拍数 (拍/分) 前 後		運動持続時間 (秒) 前 後	
	(ml/kg·分)		(ml/kg·分)							
18	1.538	1.310	56.0	46.9	59.6	46.7	1.09	1.16	196	194
19	1.345	1.226	47.1	42.9	55.0	50.1	0.96	1.07	186	190
20	1.598	1.599	45.7	44.3	69.3	64.3	1.07	1.08	206	206
21	1.186	1.209	54.0	55.6	37.3	43.9	1.04	1.04	206	209
22	1.278	1.281	51.7	50.0	46.0	48.6	0.95	1.03	209	204
23	1.322	1.413	53.8	56.2	45.5	50.6	1.00	1.09	206	206
平均 値	1.378	1.340	51.4	49.3	52.1	50.7	1.02†	1.10	202	202
標準偏差	0.144	0.134	3.8	5.2	10.5	6.5	0.05	0.04	8	7
平 均 値	1.045	1.032	40.1	39.5	39.9	37.5	0.92	0.89	13	15
標 準 偏 差	0.152	0.163	6.5	6.2	8.4	7.5	0.07	0.09	49.1	59.0
2.7										

† : P<0.05 トレーニング前後

表II-4 トレーニング前後の体力テストの記録

群	被験者	上体おこし (回) 前 後	立位体前屈 (cm) 前 後	握 力 (kg) 前 後	立ち幅とび (cm) 前 後	シャトルラン (秒) 前 後	800m走 (秒) 前 後
B-90	1	21 20	6 9	12.5 12.0	154 166	13.3 13.6	209 214
	2	17 20	15 14	11.0 12.5	151 152	13.9 13.5	257 262
	3	22 21	6 9	12.0 14.5	160 162	12.2 11.6	209 205
	4	14 21	7 10	11.5 10.5	164 145	14.9 14.4	269 275
	5	16 18	2 1	13.5 14.5	152 140	14.1 14.1	243 238
	6	8 18	13 13	13.5 14.0	149 152	13.3 13.6	219 229
	平均 値	16 20	8 9	12.3 13.0	155 153	13.6 13.5	234 237
B-70	標準偏差	5 1	5 4	0.9 1.5	5 9	0.8 0.9	24 25
	7	18 19	2 6	9.0 12.0	150 147	12.9 13.9	210 223
	8	16 16	7 13	12.5 12.0	148 153	15.4 13.5	218 227
	9	18 17	7 10	12.0 12.5	147 150	14.0 13.6	240 246
	10	19 22	7 7	13.0 13.0	158 159	12.5 12.9	228 229
	11	14 21	7 4	9.0 11.0	150 143	14.3 16.8	253 250
	平均 値	17 19	6 8	11.1 12.1	151 150	13.8 14.1	231 235
B-60	標準偏差	2 2	2 3	1.7 0.7	4 5	1.0 1.4	15 11
	12	16 18	9 15	14.5 15.0	162 157	12.8 12.7	208 215
	13	22 22	7 7	12.0 13.0	145 157	12.9 13.1	223 228
	14	20 23	13 11	13.5 12.5	174 171	12.3 12.2	217 206
	15	11 18	3 7	14.5 16.5	158 156	13.8 14.4	249 268
	16	15 18	13 10	10.5 12.5	149 136	14.8 14.9	224 234
	17	14 13	11 8	11.5 12.5	155 134	15.0 14.6	258 259
T-70	平均 値	16 19	9 10	12.8 13.7-	157 152	13.6 13.7	228 235
	標準偏差	4 3	4 3	1.5 1.5	9 13	1.0 1.0	15 22
	18	20 20	10 12	12.0 13.5	163 176	12.8 12.9	225 237
	19	20 19	7 9	13.0 13.5	146 142	13.3 12.9	223 228
	20	7 12	5 7	12.0 11.0	131 142	14.6 15.6	260 274
	21	21 24	5 7	9.0 10.0	143 149	15.5 15.5	217 280
	22	10 13	7 6	11.0 10.0*	147 145	14.3 14.1	236 243
C	23	18 18	7 7	16.0 15.5	157 155	13.5 14.2	218 226
	平均 値	16 18	7 8	12.1 12.3	148 152	14.0 14.2	230 248
	標準偏差	5 4	2 2	2.1 2.1	10 12	0.9 1.1	15 21
	24	20 21	10 12	12.0 12.0	149 134	12.3 12.9	203 205
	25	23 24	3 7	11.0 12.0	161 172	12.4 12.9	208 220
	26	7 12	9 10	10.5 11.0	145 146	13.9 15.0	249 256
	27	24 27	6 4	11.0 11.0	183 169	15.7 14.4	236 256
平 均 値	28	18 26	10 12	9.0 10.5	160 158	13.2 15.5	222 248
	29	13 16	8 10	13.0 13.0	146 140	14.8 16.7	228 245
	標準偏差	18-†-21	8 9	11.1 11.6	157 153	13.7 14.6	224-†-238
	6 5	3 3	1.2 0.8	13 14	1.2 1.4	16 19	
	標準偏差	5 4	3 3	1.7 1.6	10 11	1.0 1.2	18 21

*: P<0.05 グループ間

†: P<0.05 トレーニング前後

みられた($P < 0.05$)。上体おこしおよび握力については全群に増加傾向がみられた。

(3) 1日の心拍数

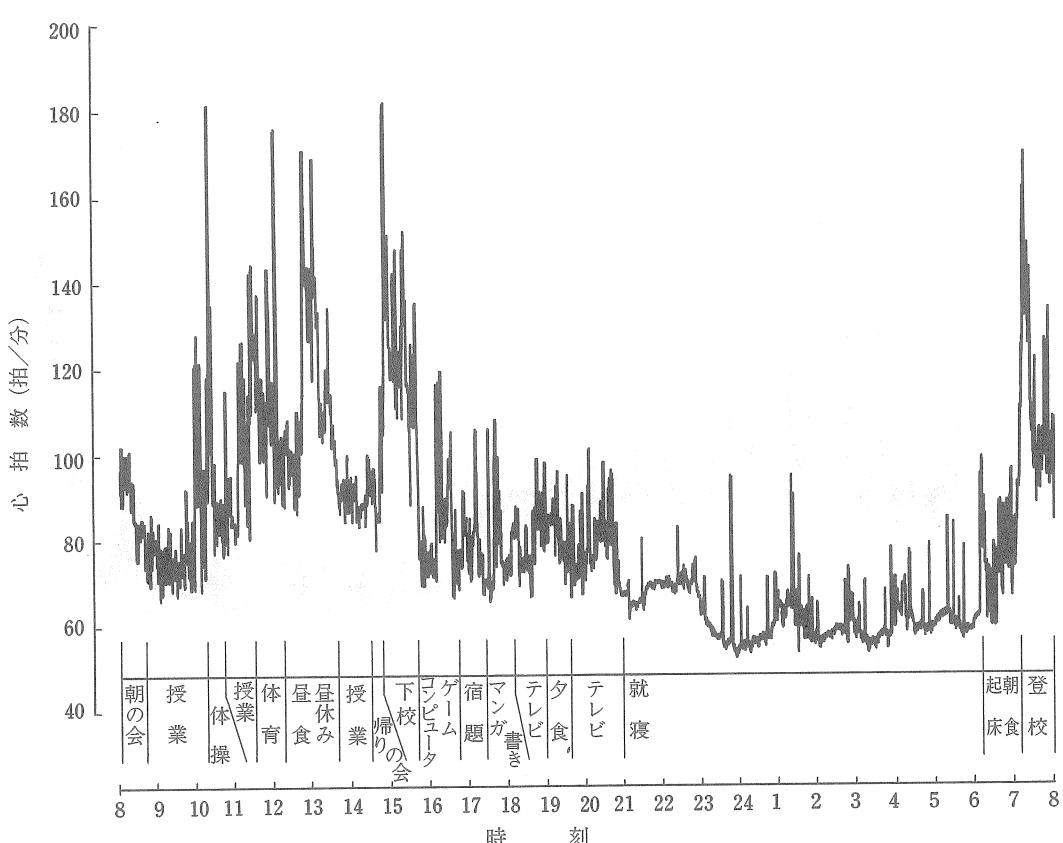
表II-5に24時間の心拍数の平均値、最高値および最低値を示した。在校時および睡眠中に電極がはがれた者がおり、結果として測定は7名となった。覚醒時の心拍数は平均で99拍/分であり、睡眠中を含む全日では平均86拍/分であった。一日の心拍数の変化をみると、在校時では、10時、11時30分、12時30分および4時を中心としたピークが4つみられ、また翌朝7時30分から8時にかけて心拍数が上昇している。これはそれぞれ、休み時間、正規の体育授業、昼食後の休み時間、下校時および登校時に対応している。

図II-2～3は、心拍数の平均値が最も低かった被験者15および平均値が最も高かった被験者2の24時間の変化を示したものである。覚醒時、被験者15では最高が181拍/分、最低が59拍/分、被験

者2の最高および最低はそれぞれ187拍/分および64拍/分であった。表II-6は被験者15および被験者2の覚醒時の心拍数の相対的割合を示したものである。被験者15では80～90拍/分の頻度が最も高く、被験者2では100～110拍/分が中心であり、覚

表II-5 24時間の心拍数測定結果
(拍/分)

被験者	平均値		最高値	最低値	
	覚醒時	睡眠時	全 日	覚醒時	全 日
1	101	67	88	184	63
2	110	80	98	187	64
8	96	68	85	168	64
11	95	67	84	204	64
15	91	62	81	181	59
22	105	58	85	186	53
28	96	65	84	185	66
平均 値	99	67	86	185	62
標準偏差	6.1	6.3	5.1	9.8	4.1
					4.7



図II-2 被験者15の一日の心拍数動態

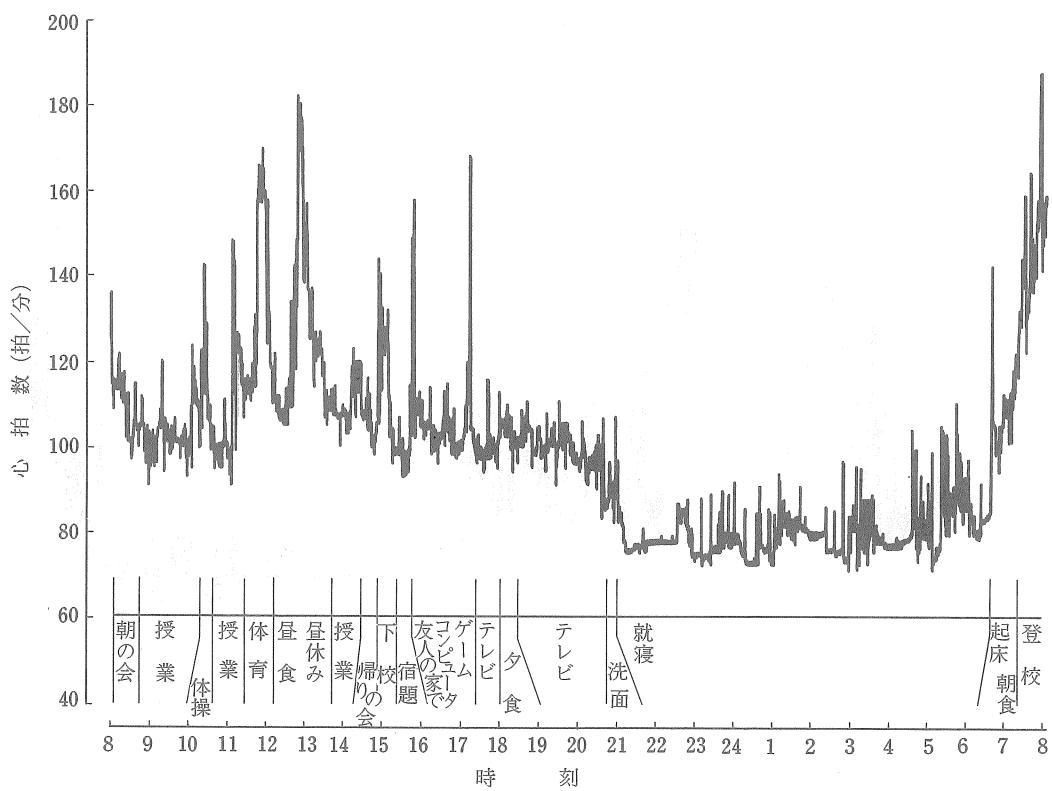
表II-6 被験者15および2の覚醒時的心拍数の相対的割合

(%)

被験者	心拍数(拍/分)	60~79	80~99	100~119	120~139	140~159	160~179	180~
15		34.1	40.1	15.2	6.8	2.9	0.6	0.3
2		1.0	24.3	59.6	9.8	3.0	2.0	0.3

表II-7 1日のエネルギー消費量 (kcal)

項目 被験者	覚醒 時 代 謝	睡眠 時 代 謝	1日の消費 カロリー
1	1420.1	286.7	1707
2	2035.5	289.8	2325
8	1544.4	315.2	1860
11	2234.9	281.4	2516
15	1550.5	321.0	1872
22	1605.2	343.3	1948
28	1383.5	309.6	1693
平均 値	1682.0	306.7	1989
標準偏差	306.4	20.5	290



図II-3 被験者2の一日の心拍数動態

表II-8 最大運動負荷テストの結果より予想されたトレーニング中の心拍数と、実際にトレーニング中に得られた心拍数
(拍/分)

被験者		予想心拍数	実際の心拍数
B-90	1	179	173
	2	178	172
	3	165	162
	4	180	188
	5	153	155
	6	155	154
平均値		168	167
標準偏差		11	12
B-70	7	129	134
	8	132	134
	9	156	153
	10	154	167
	11	133	130
平均値		141	144
標準偏差		12	14
B-60	12	131	130
	13	134	117
	14	134	127
	15	129	134
	16	124	120
	17	127	125
平均値		130	126
標準偏差		4	6
T-70	18	160	153
	19	139	146
	20	164	181
	21	165	162
	22	164	172
	23	161	159
平均値		158	162
標準偏差		9	12

醒時の平均では19拍/分という差があった。

(4) 1日のカロリー消費量

表II-7に身長、体重から算出した基礎代謝量および1日のカロリー消費量を示した。1日の平均消費エネルギー量は、1989±290kcalであり、8歳の基準値¹²⁾をやや上まわる程度であった。

(5) トレーニング中の心拍数

トレーニング4週目の心拍数を表II-8に示した。実測値と予測値との間の差は、B-90群、B-70群、B-60群およびT-70群でそれぞれ-1

%, +2%, -3%および+3%であり、いずれも目標とした強度における心拍数とほぼ一致していた。

考 察

本研究は前報¹⁾のトレーニング強度と時間の不足を補う形で行われたので、両者の結果を課題ごとに整理して考察した。

(1) 時間が等しく、強度が異なるトレーニング

80% $\dot{V}O_{2max}$ 5分および90% $\dot{V}O_{2max}$ 5分の2群では最大酸素摂取量のトレーニングによる有意な変化は観察されなかった（それぞれ+4%および±0%）。最大下の運動効率を示すPWC₁₇₀においては、トレーニングの前後でそれぞれ+1%および+7%であった。

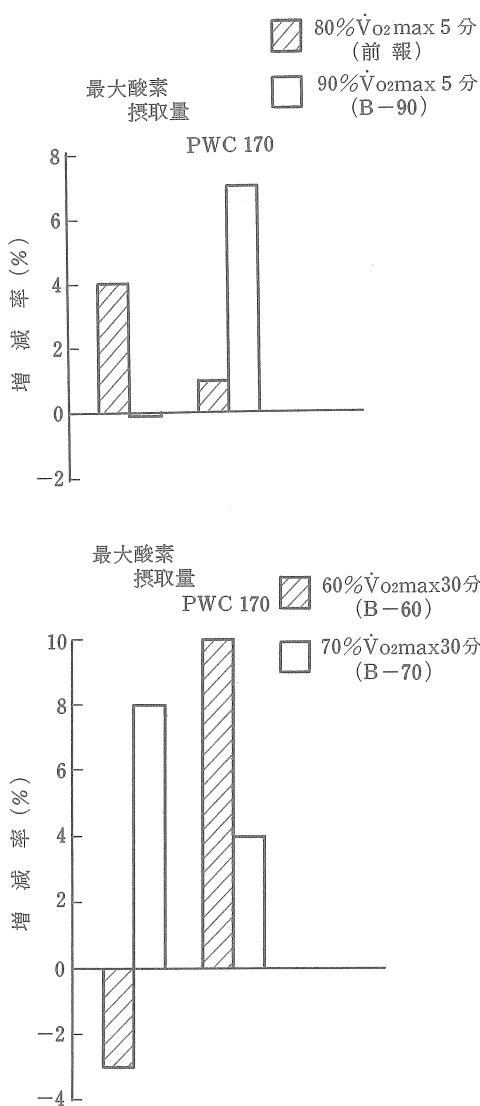
同様に、60% $\dot{V}O_{2max}$ 30分と70% $\dot{V}O_{2max}$ 30分では最大酸素摂取量の変化はそれぞれ-3%, +8%であった。PWC₁₇₀においては、同様にそれぞれ+10%および+4%であった。これらの関係を図II-4に示した。増加傾向を示すパラメータにおいても、強度に依存する傾向はみられなかった。

MassicotteとMacnab¹⁶⁾は、11~13歳の児童を対象に、運動中(12分間)の心拍数が170~180拍/分、150~160拍/分および130~140拍/分になるような3群を設定してトレーニング実験を行ったが、170拍/分以上のグループにのみ最大酸素摂取量の有意な増加があったことを報告した。本実験においては、B-90群のトレーニング中の心拍数が170拍/分に近い値であった(167±12拍/分)が、時間が5分間と短かかったためにその効果が得られなかつたのかも知れない。

最大酸素摂取量が増大したとするLussierとBuskirk¹⁵⁾およびEriksonとKoch⁶⁾は、トレーニング時の心拍数はいずれも170拍/分以上であった。このうちLussierとBuskirk¹⁵⁾は10分間以上(35分間まで)の走トレーニングを含むものであった。したがって、最大酸素摂取量に対するトレーニング効果を確認するためには、高強度でより長時間のトレーニングを検討する必要があるように思われる。

(2) 強度が等しく、時間が異なるトレーニング

70% $\dot{V}O_{2max}$ 10分と70% $\dot{V}O_{2max}$ 30分とを比較



図II-4 トレーニング時間が等しく、強度が異なる組み合わせによる効果の差

すると、最大酸素摂取量の変化はそれぞれ+2%および-8%であり、PWC₁₇₀は+27%および+4%といずれも増加傾向を示したが、有意なものではなかった。

60% V̄O_{2max}15分とV̄O_{2max}30分では、PWC₁₇₀において、15分のトレーニングで37%の増加を示し、これは有意であったが($P < 0.05$)、30分のトレーニングでは10%増にとどまり、有意な差ではなかった。このように、70% V̄O_{2max}および60%

V̄O_{2max}のいずれの強度においても時間の延長によるトレーニング効果の増加傾向はみられなかつた(図II-5)。

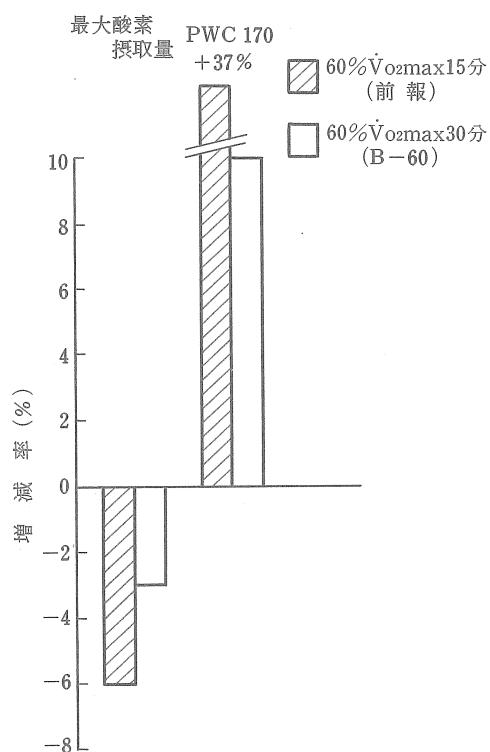
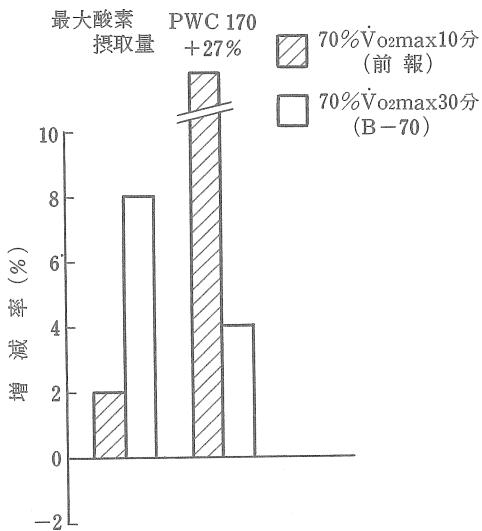
StewartとGutin²³⁾は、10~12歳の子供に週4日の頻度で8週間、ペース走またはオールアウト走を課した結果、最大運動のパラメータ向上はみられなかつたが、最大下の心拍数は減少したと報告した。本研究においても最大酸素摂取量に増加の傾向はみられていないが、PWC₁₇₀においてはその多くに増加傾向を認めた。成人では、トレーニングによって同一強度の運動に対する心拍数が減少するが、このことは思春期前の被験者においても同様だと考えられる⁵⁾¹⁵⁾¹⁶⁾²⁶⁾。

(3)運動様式の異なるトレーニング

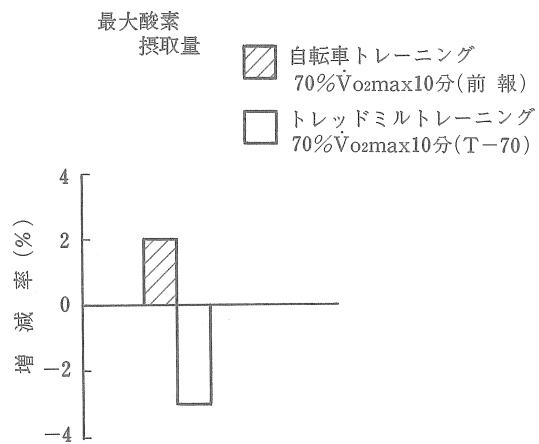
トレッドミルで測定した最大酸素摂取量は同一被験者が自転車エルゴメータで測定したときのものよりも、前値で1.3倍、後値で1.5倍大きい値であった。T-70群では、トレッドミルおよび自転車エルゴメータのいずれの測定においても、最大酸素摂取量の増加傾向はみられなかつた。前報¹⁾において行った自転車エルゴメータによる70% V̄O_{2max}10分の最大酸素摂取量の増加率は2%であり、本研究のトレッドミルによる70% V̄O_{2max}10分のトレーニングでは-3%であった。このように、70% V̄O_{2max}10分というトレーニングの設定は、運動様式の違いにもかかわらず、最大酸素摂取量を向上させる結果とはならなかつた(図II-6)。

思春期前の子供についての実験結果が一致せず、特に最大酸素摂取量に対するトレーニング効果が得にくく⁴⁾⁷⁾理由として、小林¹¹⁾は、思春期前では、トレーニングの強度や量の多少によるよりも、筋や心臓などの器質的発達がトレーニングによって引き起こされにくいためではないかとしている。一方、MirwaldとBoiley¹⁷⁾は、子供の一日の活動量が多く高強度であるためであるとしている。また、Bar-Or²⁾、StewartとGutin²³⁾も同様に子供は一日の活動量が多く、トレーニングがそれを上まわる運動でないため、トレーニングの効果を得にくいのではないかと述べている。

本研究での24時間の心拍数の変化は、図2に示される通りである。学校生活中は心拍数の変動が



図II-5 トレーニング強度が等しく、時間が異なる組み合わせによる効果の差



図II-6 運動様式の違いによる効果の差

認められるが、午後4時以降には大きな変動はみられない。これは、当日の日没が早く（17時06分）、下校時刻後には遊びまわることができないのに加えて、帰宅後も塾もしくはコンピュータゲームに時間を費やしており、学校生活以外では身体活動はほとんど行われていないことによっている。Gilliam ら⁸⁾は、子供が1日のうちで心臓血管系の体力を向上させるのに十分な強度は心拍数で160拍/分以上だとし、これ以上の心拍数の上昇を示す時間は短かいものであるとした。本研究では、Gilliam ら⁸⁾のあげた160拍/分のレベルを越えているのは、被験者15で約0.6%，被験者2で約1.6%であった。図II-2のように、子供は高い心拍数を日常生活で経験しているが、高い心拍数を維持することはほとんどない²¹⁾。このことは、最大酸素摂取量に顕著な変化がみられないことは、子供は日常の活動水準が高いことによる、と必ずしも断定できないことを示すものだと思われる²²⁾。

一方、本研究において、一日の心拍数からエネルギー消費量を推定した被験者のうち、C群の1名を除く6名のエネルギー消費量を低い順になると、トレーニングによる PWC₁₇₀の増加傾向が認められたのは、消費量の低い方から3名までであった。例数は少ないが、このことは、活動水準が低い者ほどトレーニング効果が表われやすいことを示すものであるかも知れない。

中野¹⁹⁾および山岡と蜂須賀²⁵⁾は、体育授業中に測定した心拍数から、活発な子供と非活発な子供

の活動量には大きな差があることを確認している。したがって、成人の“trained”と“untrained”にみられる生理機能の差と同様のことが、子供では日常の活動水準の違いによる差として表われ、結果にマスクをかけていることも考えられる。

また、覚醒時の平均心拍数に19拍/分もの差がある被験者15および2の例のような被験者間において、同一の規準を作定していくことに疑問も残る。よって今後、さらに多くの被験者について資料を得る必要があるだろう。

本研究の目的は、前報をもとに成人のためのトレーニング処方の基準を思春期前児童に適用して、持続的運動能力の向上の可能性と、もし可能であるならば、その強度もしくは時間を明らかにすることであった。

その結果、今回設定したような負荷強度および時間では、最大酸素摂取量をはじめとする最大運動能力のパラメータには有意な差は認められなかった。自転車エルゴメータでトレーニングを行った3つのグループでは、PWC₁₇₀にいずれも増加の傾向を認めたが、有意なものではなかった。今後、最大酸素摂取量向上のためのトレーニング効果を確認するためには、時間については30分以上のトレーニング、強度については、心拍数170拍/分以上のトレーニングを設定し検討する必要があると思われる。また、一日の心拍数動態のさらに広範囲な調査から、日常の活動水準とトレナビリティの相互関係を明らかにしていく必要があると思われた。

要 約

- 1 思春期前児童の全身持久力についてのトレナビリティを検討するため、成人のための処方を用いて、トレーニング実験を行った。
- 2 8歳の男児29名を被験者として、トレーニングの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行った。被験者の最大酸素摂取量の平均値がほぼ等しくなるように、B-90群(90% $\dot{V}O_{2max}$ 5

分: n = 6), B-70群(70% $\dot{V}O_{2max}$ 30分: n = 5), B-60群(60% $\dot{V}O_{2max}$ 30分: n = 6), T-70群(トレッドミルによる70% $\dot{V}O_{2max}$ 10分: n = 6)およびC群(コントロール: n = 6)に分けた。T-70群は、さらにトレッドミルによる最大運動テストも併せて行った。

- 3 トレーニングはT-70群はトレッドミルで、他のトレーニング群は自転車エルゴメータを用いて行い、頻度は週3日、期間は4週間とした。
- 4 いずれのグループにおいても、トレーニング前後で最大酸素摂取量の増加はみられなかった。また、最大換気量、最高心拍数においても有意な変化はみられなかった。

PWC₁₇₀は、自転車エルゴメータでトレーニングした3群では増加傾向がみられた。体力テストでは全群で上体おこしおよび握力において増加傾向がみられた。

- 5 児童では、一日の心拍数の変動が大きく、高い心拍数を経験しているが、高い心拍数を維持することはほとんどなかった。また心拍数から推定したエネルギー消費量の低いものにPWC₁₇₀の増加がみられた。
- 6 以上のように、本研究で設定した範囲の負荷強度および時間は最大運動能力のパラメータに変化はみられず、また強度の増加および時間の延長によるトレーニング効果の増大は認められなかった。思春期前の児童では、日常生活の活動水準の差によってトレナビリティが異なることが推測された。

謝辞

本研究の実施にあたり、多くの御配慮をいただいた習志野市立大久保小学校校長渡辺武先生、また実験を行うにあたり非常に好意的に御協力下さった同校教頭三橋啓輔先生ならびに第2学年のクラス担任であった高地典子先生、奥村恵美子先生、大野義久先生および佐伯典子先生に、深甚なる感謝の意を表します。

文 献

- 1) 青木純一郎, 吉田博幸, 高岡郁夫: 息春期前児童(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 息春期前のトレーナビリティに関する研究(第1報): 4-20, 1984.
- 2) Bar-Or, O. : Pediatric Sports Medicine for the Practitioner. Springer-Verlag : Berlin, 1983.
- 3) 千葉県企画部統計課: 千葉県統計年鑑: 1983.
- 4) Daniels, J. and N. Oldridge : Changes in oxygen consumption of young boys during growth and running training. Med. Sci. Sports 3 : 161-165, 1971.
- 5) Ekblom, B. : Effect of physical training in adolescent boys. J. Appl. Physiol. 27 : 350-355, 1969.
- 6) Eriksson, B. 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.
- 7) Gilliam, T. B. and P. S. Freedson : Effects of a 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.
- 8) 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.
- 9) Ikai, M. and K. Kitagawa : Maximum oxygen uptake of Japanese related to sex and age. Med. Sci. Sports 4 : 127-131, 1972.
- 10) 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.
- 11) 小林寛道: 日本人のエアロビックパワー。杏林書院: 東京, 1982.
- 12) 厚生省保健医療局健康増進栄養課(編): 日本人の栄養所養量。第一出版: 東京, 1985.
- 13) Krahenbuhl, G. S., J. S. Skinner and W. M. Kohrt : Developmental aspects of maximal aerobic power in children. Exercise and Sport Science Reviews 13 : 503-538, 1985.
- 14) Larson, L. A. (ed) : Fitness, Health, and Work capacity: International standards for assessment. Macmillan : New York, 1974.
- 15) Lussier, L. and E. R. Buskirk : Effects of endurance training regimen on assessment of work capacity in prepubertal children. Ann. New York Acad. Sci. 301 : 734-747, 1977.
- 16) Massicotte, D. R. and R. B. J. Macnab : Cardiorespiratory adaptations to training at specified intensities in children. Med. Sci. Sports 6 : 242-246, 1974.
- 17) Mirwald, R. L. and D. A. Bailey : Longitudinal comparison of aerobic power in active and inactive boys aged 7.0 to 17.0 years. Ann. Human Biol. 8 : 405-414, 1981.
- 18) 文部省体育局: 昭和59年度体力・運動能力調査報告書: 1985.
- 19) 中野偉夫: 中学校における体育実技授業の運動量の生理学的評価の試み。都留文科大学研究紀要 10 : 75-82, 1974.
- 20) 沼尻幸吉: 活動のエネルギー代謝。財団法人労働科学研究所: 神奈川, 1974.
- 21) Pels III, A. E. and D. L. Geenen : Physical activity pattern assessment of second-, fifth-, and seventh-grade children. Exercise Physiology Current Selected Research 1 : 193-206, 1985.
- 22) Rowland, T. W. : Aerobic response to endurance training in prepubescent children: a critical analysis. Med. Sci. Sports 17 : 493-497, 1985.
- 23) Stewart, K. and B. Gutin : Effects of physical training on cardiorespiratory fitness in children. Res. Quart. 47 : 110-120, 1976.
- 24) 体育科学センター編: スポーツによる健康づくり運動カルテ。講談社: 東京, 1983.
- 25) 山岡誠一, 蜂須賀弘久: テレメタリングによる小学校体育授業の分析。体育科学 10 : 85-89, 1982.
- 26) 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.

III 思春期前児童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¹⁾

ヒトの身体的能力を遺伝的条件によって制限される最大限界まで高めるにはどの年齢でトレーニングを行うのが最もよいかについては、まだはっきりした結論が出されていない。スポーツのためのトレーニング開始が低年齢化し、思春期前の児童には及ぶ風潮のある今日、この問題は早急に明らかにされなければならない重要な課題である。そのためには、発育期のある時期に与えられたトレーニングの効果があるかどうかを、その時点でのトレーニング効果の有無から検討するとともに、その人の将来にわたる身体的能力の開発に対して有効かどうかを明らかにしなければならない。しかしこれまで、思春期前児童のトレーニング効果の研究は少なく、この時期のトレーニングがその時点での児童の身体的能力の向上に役立つかどうかについて一致した見解は得られていない。また、体力要素別にみても、筋力や有酸素的作業能については思春期前児童のトレーニング効果がいくつか報告^{1,2,3,11)}されているが、思春期前に著しい発達を示す^{8,10)}とされている敏捷性についての報告は少ない。

そこで本研究では、思春期前に相当する小学校2年生と、特に女子では思春期直前と考えられる小学校4年生に、敏捷性トレーニングを行わせ、その効果の有無と、2年生と4年生の効果の大きさを比較することを目的としてトレーニング実験を行った。敏捷性のとらえ方はいくつかあるが、ここでは局所的な動作の反復速度をみるものとしてステッピングを取りあげ、体重移動を伴う動作の速度をみるものとして50mの往復走(5m×10回)のシャトルラン)をとりあげた。

方 法

1. 被検者

東京都内の2つの公立小学校(C校とK校)に在籍する2年生と4年生の男女児童298名を被検者とし、トレーニング群とコントロール群にわけた。被検者の年齢は2年生は7.5~8.5歳、4年生は9.5~10.5歳の範囲にあった。被検者の内訳および群ごとの平均年齢は表III-1~5に示す通りである。なお、2年生、4年生女子のうち初経のみられた者は1名であり、この1名と、トレーニングを4回以上欠席したものは、結果の処理の段階で被検者から除外した。

2. トレーニングの方法

トレーニングに用いた運動は次の2種類である。

- 1) ステッピングによるトレーニング
椅子座位で10秒間できるだけはやく両脚を交互にステップする。1回に2セット実施した。
- 2) シャトルランによるトレーニング
5m間隔に引いた2本の直線の間ができるだけ早く5往復(5m×10回)させた。1回に2セット実施した。

ステッピング・トレーニングはK校の2年生40名と4年生38名に行わせ、同校の2年生43名と4年生37名をコントロール群とした。シャトルラン・トレーニングはC校の2年生42名と4年生32名に行わせ、同校の2年生36名と4年生30名をコントロール群とした。

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60年10月から11月の6週間であった。

3. トレーニング効果の測定

トレーニング前後に身長、体重、皮下脂肪厚(上

1) 日本女子体育大学体育学部

表III-1 身長、シャトルラン、ステッピングの相互関係

		2年		4年	
		男子	女子	男子	女子
K校	N	42	41	40	35
	身長-シャトルラン	-0.154	-0.111	0.305	-0.177
	身長-ステッピング	-0.016	-0.141	-0.009	0.115
C校	シャトルラン-ステッピング	-0.137	-0.228	-0.157	-0.353*
	N	34	44	30	32
	身長-シャトルラン	0.164	-0.293	0.066	-0.110
	身長-ステッピング	0.012	0.245	0.043	-0.053
	シャトルラン-ステッピング	-0.171	-0.339*	-0.583**	-0.407**

*P<0.05, **P<0.01

腕背部と肩甲骨下縁)を測定するとともに、次のような測定をトレーニング前後に行い、トレーニング効果を調べた。なお、筋電図以外の項目は全被検者について測定を実施した。

1) ステッピング回数

被検者は椅子姿勢をとり、腕は体側に沿わせて椅子を手でつかんだ。そして両足をストレングージを貼布した台上におき、できるだけはやく両脚交互のステッピングを6秒間行った。そして記録された張力曲線から、はじめの5秒間のステップ数(ステップ間隔から換算)をスタートから2.5秒までと2.5秒から5秒までとにわけて数えた。測定は休息をはさんで2回実施した。

2) ステッピングの筋電図

ステッピング・トレーニング群(K校)のうち、2年男子5名、4年男子5名およびコントロール群の男子各3名、計16名のステッピング中の筋電図を表面電極導出により記録した。被検者の選択はクラス担任が行い、各クラスの中位の運動能力をもつものを、50m走のタイムを基準にして選んだ。筋電図の記録には多用途テレメーター(三栄測器KK製)を用いた。被検筋は、いずれも右側の三角筋、僧帽筋、広背筋、腓腹筋、外側広筋、大腿屈筋群であった。

3) シャトルランの所要時間

体育館内に5m間隔の2本の直線を引き、できるだけ早くその間を5往復させ、その所要時間を

測定した。測定は休息をはさんで2回実施した。折り返し点では、ラインを踏むかまたぐかすることとし、ラインに達しないうちに折り返した場合は、休息の後やりなおしさせた。また、往復する際、直線距離を大きく逸脱しないようにするために、1人ずつコースを作り、そのコースを用いて数名を同時に測定した。

4. 統計処理

トレーニング前後の差および試行回数別の差の検定は対応のあるtテスト(両側)を用い、有意水準は5%とした。群間の差は対応のないtテスト(両側、P<0.05)を用いた。

結 果

1. 形態、ステッピング、シャトルランの相互関係

ステッピングとシャトルランのテストは、2回ずつ実施したので、トレーニング前の値を用いて、第1試行と第2試行の関係を調べた。学年別・男女別にステッピング回数をみると、第1試行より第2試行の方がやや低い平均値を示す群が多かったが、その差は2%以下であり、第1試行と第2試行の平均値間に有意差はみられなかった。シャトルランは逆に第2試行の方がやや成績がよく各群の所要時間の平均値は短かかった。その差は5%以下であり、統計的な有意差はなかった。また、ステッピングとシャトルランの第1試行と第2試

行の間の相関係数はほとんどが0.81~0.96の範囲にあったが、C校の2年男女および4年男子のステッピングはそれより低く0.58~0.69であった。しかし、いずれも1%水準で有意であった。そこで本研究では、2回実施したうち、成績のよい方をトレーニング前およびトレーニング後の値として用いた。

次に、身長と敏捷性を示すシャトルランおよびステッピングとの関係を調べた(表III-1)。対象とした2つの学校別に、学年別性別の身長とステッピング、身長とシャトルランの関係をみると、いずれにおいても有意の相関は得られなかった。

シャトルランとステッピングの間の相関は2年生ではC校の女子が5%水準で有意であった他は有意の相関関係が得られなかつたが、4年生ではC校の男女がともに1%水準で、K校の女子が5%水準で有意の相関があった。

2. ステッピングおよびシャトルランに対するトレーニング効果

ステッピング・トレーニング群、シャトルラン・トレーニング群およびコントロール群の身長、体

重、皮下脂肪厚、ステッピング(5秒間値)の平均値±SDは表III-2, 3, 4, 5に示す通りである。

トレーニング後の身長、体重は2年、4年の男女、トレーニング群、コントロール群とも、トレーニング前に比べて高い平均値を示し、そのほとんどが統計的に有意な増加であった。

1) ステッピングに対するトレーニング効果

図III-1はステッピング・トレーニング群とコントロール群のトレーニング前後の5秒間のステッピング回数を個人値で示したものである。2年、4年男女ともに、トレーニング後あるいはコントロール群の2回めの測定値の方がトレーニング前より高い値を示しているものが多い。また、2年男子はトレーニング群とコントロール群の分布に大きな相違はないが、2年女子と4年の男子、女子のグループではトレーニング群のトレーニング後の値はコントロール群より高い値を示す者が多かった。

図III-2は、シャトルラン・トレーニングを実施した児童のステッピング回数の変化を示したも

表III-2 ステッピング・トレーニンググループ(2年)の測定結果(Mean ± SD)

	Training Group				Control Group			
	Boys (N=19)		Girls (N=21)		Boys (N=23)		Girls (N=20)	
	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
Age(yrs) \bar{x} (Range)	8.0 (7.75-8.50)		7.9 (7.50-8.42)		7.9 (7.50-8.17)		8.0 (7.75-8.42)	
Height (cm)	124.1 ± 4.24	124.2 ± 4.29	123.3 ± 5.47	123.8* ± 5.59	123.3 ± 4.66	123.5 ± 4.63	122.7 ± 4.89	123.0* ± 4.75
Weight (kg)	24.5 ± 3.07	25.4** ± 3.17	25.1 ± 4.54	25.9** ± 4.58	24.7 ± 4.08	25.1** ± 3.95	24.4 ± 4.43	24.9** ± 4.52
Skinfold thickness Arm (mm)	8.53 ± 2.68	8.95* ± 2.39	10.31 ± 3.40	11.71** ± 3.58	9.50 ± 3.05	9.63 ± 2.94	9.80 ± 2.89	9.98 ± 2.87
Skinfold thickness Subscapular(mm)	4.87 ± 1.30	4.61* ± 1.24	7.26 ± 3.79	7.45 ± 3.90	6.54 ± 2.53	6.02** ± 2.31	6.20 ± 2.90	6.32 ± 3.35
Shuttle run (sec)	20.84 ± 1.14	21.06 ± 1.56	21.77 ± 1.27	22.9** ± 1.46	20.50 ± 1.60	21.27** ± 1.73	21.10 ± 0.92	22.36 ± 1.48
Stepping (times/5")	43.76 ± 5.43	46.08 ± 6.20	42.35 ± 4.21	48.05** ± 6.31	43.89 ± 5.38	45.61** ± 6.20	39.04 ± 4.52	42.41** ± 5.42

*P<0.05, **P<0.01

表III-3 ステッピング・トレーニンググループ（4年）の測定結果 (Mean±SD)

	Training Group				Control Group			
	Boys (N=20)		Girls (N=18)		Boys (N=20)		Girls (N=17)	
	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
Age(yrs) \bar{x} (Range)	10.0 (9.5-10.25)		10.1 (9.67-10.42)		10.0 (9.50-10.42)		10.1 (9.58-10.42)	
Height (cm)	135.4 ± 7.19	135.8** ± 7.22	135.9 ± 4.87	136.5** ± 4.96	134.6 ± 4.48	135.4** ± 4.61	134.3 ± 7.32	135.2* ± 7.02
Weight (kg)	32.9 ± 8.24	33.2* ± 8.46	32.3 ± 5.63	33.3** ± 5.66	31.8 ± 5.37	32.7** ± 5.70	29.7 ± 5.69	30.5** ± 5.71
Skinfold thickness Arm (mm)	11.10 ± 5.27	11.08 ± 5.29	11.94 ± 3.71	11.81 ± 3.46	10.15 ± 3.34	10.35 ± 3.95	10.32 ± 2.91	10.32 ± 2.77
Skinfold thickness Subscapular(mm)	7.80 ± 4.60	7.60 ± 5.15	8.25 ± 3.58	7.86** ± 3.30	7.33 ± 4.03	7.00 ± 4.49	6.91 ± 2.76	6.38** ± 2.60
Shuttle run (sec)	18.07 ± 1.43	18.64** ± 1.54	19.45 ± 1.00	20.27** ± 1.30	17.94 ± 0.97	18.42* ± 1.24	18.56 ± 0.93	19.04 ± 1.22
Stepping (times/5")	50.28 ± 4.34	55.87** ± 3.82	50.29 ± 6.82	56.88** ± 7.19	53.40 ± 6.84	51.80 ± 5.21	50.32 ± 4.65	53.75** ± 5.55

*P<0.05、 **P<0.01

表III-4 シャトルラン・トレーニンググループ（2年）の測定結果 (Mean±SD)

	Training Group				Control Group			
	Boys (N=18)		Girls (N=24)		Boys (N=16)		Girls (N=20)	
	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
Age(yrs) \bar{x} (Range)	8.0 (7.58-8.42)		7.9 (7.50-8.42)		8.0 (7.50-8.50)		8.0 (7.58-8.50)	
Height (cm)	127.9 ± 5.07	129.2** ± 5.13	123.5 ± 7.09	124.4** ± 6.68	125.9 ± 6.52	126.8** ± 6.63	123.8 ± 5.53	124.9** ± 5.62
Weight (kg)	27.5 ± 6.50	27.8* ± 6.60	23.9 ± 4.25	24.3** ± 4.17	25.8 ± 6.11	25.9 ± 5.97	23.9 ± 4.31	24.1* ± 4.30
Skinfold thickness Arm (mm)	9.58 ± 4.20	10.72** ± 4.35	11.23 ± 4.13	10.50 ± 3.62	9.44 ± 4.70	9.91 ± 4.69	10.03 ± 3.05	10.83* ± 2.76
Skinfold thickness Subscapular(mm)	6.57 ± 4.87	7.78 ± 4.67	6.44 ± 4.51	7.08** ± 3.99	6.97 ± 3.55	7.34 ± 4.08	6.48 ± 3.50	7.60** ± 3.65
Shuttle run (sec)	21.03 ± 1.42	19.14** ± 1.53	22.84 ± 1.47	19.85** ± 1.36	21.28 ± 1.45	20.24* ± 1.77	21.37 ± 1.43	21.21 ± 1.79
Stepping (times/5")	42.98 ± 3.90	44.47 ± 3.94	42.76 ± 4.08	44.09 ± 4.56	43.53 ± 5.58	45.10 ± 5.14	42.99 ± 3.55	45.45** ± 4.48

*P<0.05、 **P<0.01

表III-5 シャトルラン・トレーニンググループ（4年）の測定結果 (Mean±SD)

		Training Group				Control Group			
		Boys (N=17)		Girls (N=15)		Boys (N=13)		Girls (N=17)	
		Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
Age(yrs) \bar{x} (Range)	9.9 (9.50-10.25)			10.0 (9.50-10.50)		10.0 (9.58-10.50)		10.0 (9.50-10.42)	
Height (cm)	135.2 ± 5.83	136.5** ± 5.87	138.6 ± 6.00	140.6** ± 6.74	137.0 ± 5.49	138.0** ± 5.32	138.3 ± 5.38	139.8** ± 5.58	
Weight (kg)	31.6 ± 7.09	31.8 ± 7.12	33.7 ± 6.42	34.4** ± 6.79	32.6 ± 6.84	33.0 ± 6.69	34.4 ± 7.91	35.0* ± 8.40	
Skinfold thickness Arm (mm)	11.50 ± 4.63	11.15 ± 4.40	12.57 ± 3.48	12.10 ± 3.32	11.89 ± 4.97	12.12 ± 5.18	13.61 ± 4.82	12.21** ± 5.07	
Skinfold thickness Subscapular(mm)	8.39 ± 4.71	7.97 ± 5.06	8.20 ± 3.57	8.60 ± 3.33	8.39 ± 5.17	8.12 ± 5.00	10.99 ± 7.16	10.85 ± 6.85	
Shuttle run (sec)	19.49 ± 1.02	19.93 ± 1.82	19.76 ± 1.29	19.83 ± 1.20	19.68 ± 1.89	19.76 ± 2.04	19.74 ± 1.52	19.59 ± 1.83	
Stepping (times/5")	49.31 ± 6.41	47.90 ± 5.16	48.81 ± 4.71	51.45 ± 4.62	51.35 ± 7.63	52.55 ± 7.50	50.27 ± 7.56	51.00 ± 7.78	

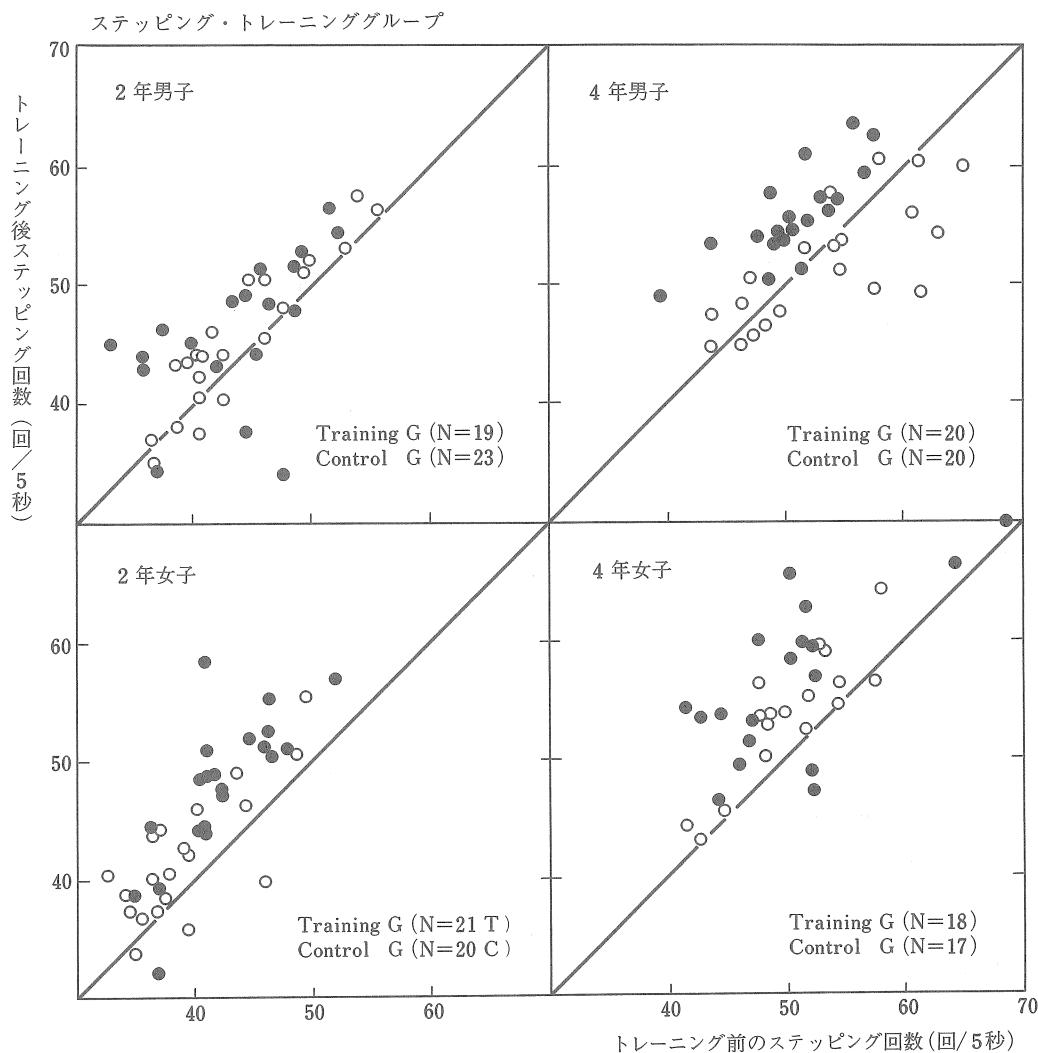
*P<0.05、 **P<0.01

表III-6 前半(0-2.5秒)と後半(2.5-5秒)のステッピング回数のトレーニング前後の比較

		Training Group				Control Group			
		Boys		Girls		Boys		Girls	
		Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
ステッピング・トレーニング	2年	Stepping 1 (0"-2.5") 22.20 ± 2.74	23.60 ± 3.24	21.78 ± 2.34	24.79** ± 3.30	22.74 ± 3.14	23.72* ± 3.52	20.47 ± 2.26	21.89* ± 3.02
		Stepping 2 (2.5"-5.0") 21.33 ± 3.00	22.59 ± 2.97	20.56 ± 2.03	23.26** ± 3.07	21.11 ± 2.49	21.90* ± 2.94	18.53 ± 2.40	20.52** ± 2.54
	4年	Stepping 1 (0"-2.5") 25.78 ± 2.32	28.75** ± 2.14	25.86 ± 3.71	28.91** ± 4.14	27.44 ± 3.71	26.52 ± 2.72	26.04 ± 2.60	27.53** ± 3.02
		Stepping 2 (2.5"-5.0") 24.51 ± 2.35	27.12** ± 1.79	24.43 ± 3.26	27.96** ± 3.41	25.86 ± 3.30	25.29 ± 2.61	24.28 ± 2.16	26.22** ± 2.63
シャトルラン・トレーニング	2年	Stepping 1 (0"-2.5") 22.21 ± 2.11	22.97 ± 2.22	22.08 ± 2.28	23.02* ± 2.37	22.25 ± 2.93	23.04 ± 2.82	21.76 ± 2.19	23.28** ± 2.30
		Stepping 2 (2.5"-5.0") 20.74 ± 2.20	21.44 ± 2.08	20.68 ± 1.95	21.07 ± 2.40	21.34 ± 3.11	22.06 ± 2.57	21.23 ± 1.87	22.17 ± 2.33
	4年	Stepping 1 (0"-2.5") 25.60 ± 3.24	24.88 ± 3.06	24.97 ± 2.73	26.08 ± 2.44	26.43 ± 4.07	27.20 ± 3.86	25.64 ± 3.82	26.70* ± 4.11
		Stepping 2 (2.5"-5.0") 23.68 ± 3.20	23.02 ± 2.69	23.84 ± 2.26	25.37* ± 2.50	24.92 ± 3.66	25.35 ± 3.77	24.63 ± 4.10	24.31 ± 3.74

Mean±SD

*P<0.05、 **P<0.01



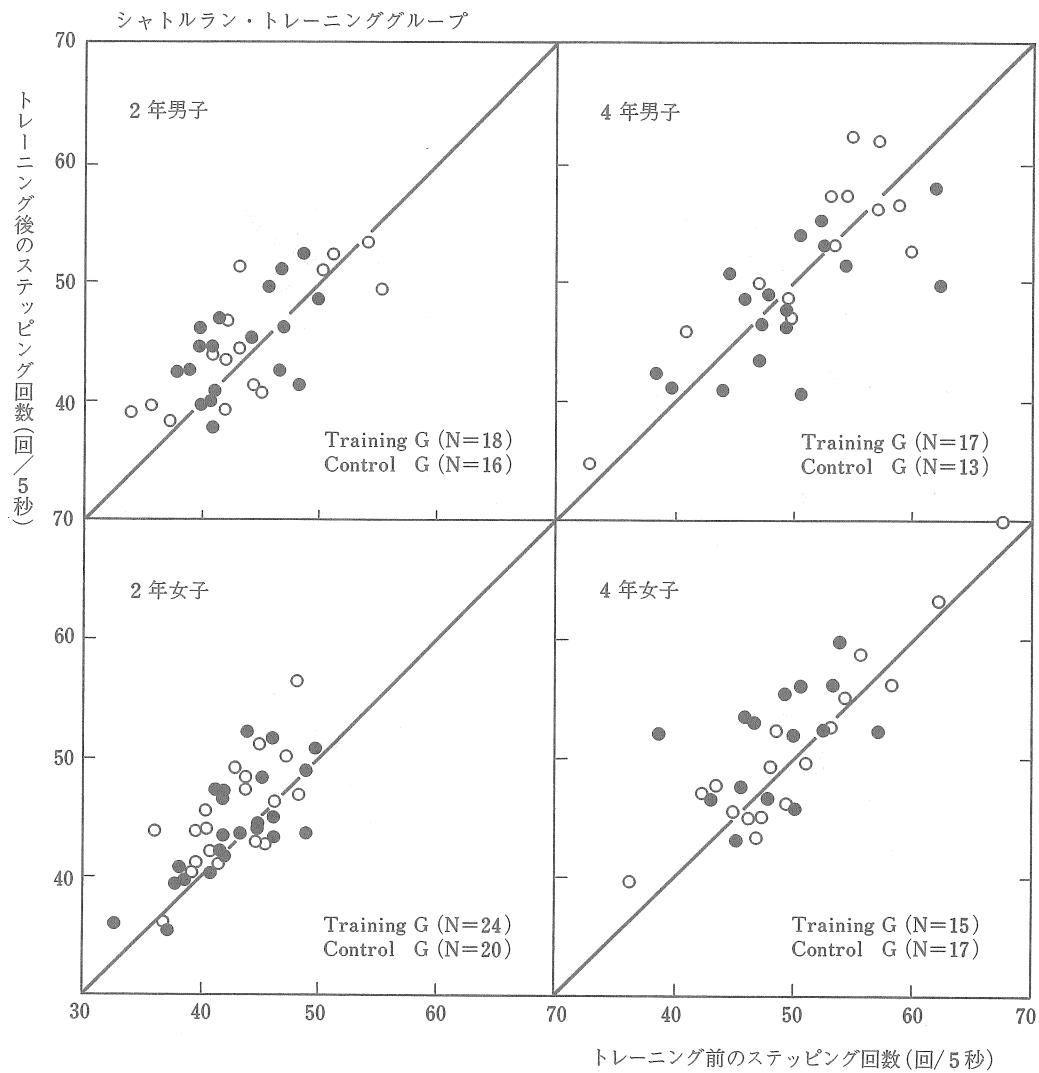
図III-1 トレーニング前後のステッピング回数の比較（ステッピング・トレーニンググループ）
 ● トレーニング群 ○ コントロール群

のである。トレーニング群、コントロール群ともにトレーニング前後で大きな相違はみられなかった。

5秒間のステッピング回数の平均値±標準偏差は表III-2～5に示す通りである。トレーニング前の値は同学年の男女間に統計的有意差はない、2年生は39～44回、4年生は49～54回の範囲の平均値を示した。2年生と4年生の男女別平均値(トレーニング群+コントロール群)を求めるとき、ステッピング・トレーニング群の男子は2年生43.83±5.34、4年生51.82±5.85回であり、両平均値間に

は統計的に有意差 ($P < 0.01$) があった。女子も2年生は 40.73 ± 4.62 であるのに対し、4年生はそれより有意 ($P < 0.01$) に高い 50.31 ± 5.78 回であった。シャトルラン・トレーニング群のステッピング回数の平均値も、男女とも2年生より4年生の方が有意 ($P < 0.01$) に高い値を示した。

次に、トレーニング前後のステッピング回数を比較すると、ステッピング・トレーニングを実施したグループは、いずれもトレーニング後の方が高い値を示し、2年生では男子平均46.18、女子48.05回、4年生では男子55.87、女子56.88回に達

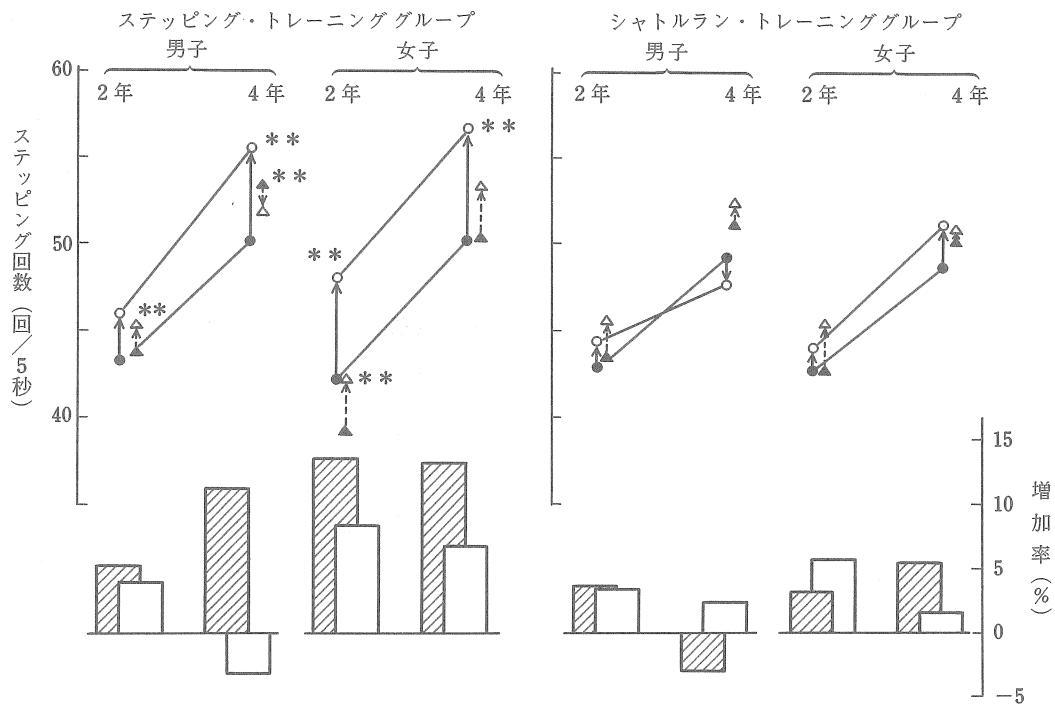


図III-2 トレーニング前後のステッピング回数の比較（シャトルラン・トレーニンググループ）
●トレーニング群 ○コントロール群

した。この増加は2年生男子を除き、他はいずれも1%水準で有意であった。一方、コントロール群も4年男子を除き、いずれもトレーニング後に相当する測定で有意($P < 0.01$)に高い値を示した。そこで、トレーニング群の増加量とコントロール群の増加量を比較したところ、2年女子と4年女子は5%の危険率で、4年男子は1%の危険率で、トレーニング群の方が有意に高い増加を示した。しかし、トレーニングによる変化量を2年生と4年生で比較したところ、男女とも増加量の平均値間に有意差がなかった($P > 0.05$)。すなわ

ち、ステッピングのトレーニングをしたグループの、ステッピング回数の増加はトレーニング効果と認められるものであり、その効果には、2年と4年の間に差がないことが示された。

5秒間のステッピングの回数を2.5秒で区切り、前半と後半にわけてその回数を比較すると表III-6の通りになった。どの群でも前半の方が高い平均値を示し、後半のステッピング回数は前半の91~98%に相当していた。そこでトレーニングによって5秒間のステッピング回数が有意の増加を示した群について、その増加がスタートから2.5秒



図III-3 ステッピング・トレーニンググループとシャトルラン・トレーニンググループのステッピングに対するトレーニング効果の比較

トレーニング群 ● ▲	トレーニング前 ○ コントロール群 ▲	トレーニング後 □ ○ ▲
-------------------	----------------------------------	--------------------------

* * P < 0.01 (トレーニング前値に対して)

までの回数の増加によるのか、後半の低下度の減少によるのかを検討した。その結果、トレーニング後5秒間のステッピング回数が有意な増加を示したすべての群で、ステッピングの回数は、前半も後半もそれぞれ有意な増加を示した。また、前半のステッピング回数に対する後半の回数の割合もトレーニングによる変化を示さなかった。

次にシャトルランのトレーニングをしたグループのステッピング回数をみると表III-4, 5のように、トレーニング後、統計的に有意な変化を示さなかった。コントロール群も2年女子を除き他はすべて統計的に有意な変化を示さなかった。

以上の結果をまとめると図III-3のようになる。ステッピング・トレーニングをしたグループのステッピング回数は5~14%の増加を示したのに対し、シャトルランのトレーニングをしたグループのステッピング回数は大きな増加を示さなかった。

ステッピングのトレーニングを行った2年生と4年生男子のうち各5名とコントロール群から各3名を選び、ステッピング中の筋電図を記録したところ次のようになつた。図III-4はトレーニング前に測定した2年男子のステッピング中の筋電図の例である。左側は第1試行のスタート時点の約1秒間と最後の1秒の筋電図であり、右側はそれに対応する第2試行の筋電図である。下肢筋の筋放電の時間的配列を力曲線の立ちあがり、すなわち、ステップを踏んだ時点を中心にその前後を比較すると、はじめに膝関節伸展のための大腿四頭筋の放電がおこり、それに続いて腓腹筋の放電がおこって、ステップを踏む動作が発現している。そして力曲線がベースラインに戻ると大腿屈筋群の放電がおこり、次のステップへの準備状態に入っている。また、ステップが短時間に2つ連続している例がみられるが、その場合の筋電図は、腓

腹筋では放電がみられるのに対して、大腿筋群の放電はみられない。したがって、このような場合には、膝関節の伸展を伴わず、足関節の伸展のみでステップしていることがわかる。一方、対側の下肢筋の筋電図を記録した別の被検者の例では、対側の大腿四頭筋の放電は、腓腹筋の放電終了から大腿四頭筋の放電開始までの間に開始している。すなわち、対側の大腿四頭筋の放電は、この図の大腿四頭筋と腓腹筋の放電休止あるいは減少期におこり、それはほぼ大腿屈筋群の放電期に相当している。上体の筋放電の様式は下肢に比べて個人による相違が大きかった。この被検者のように、三角筋の放電がみられる例もあれば放電のほとんどみられない例もあった。僧帽筋の放電は、持続的放電のある者、同側の大腿四頭筋の放電に同期した群化放電のある者、放電のほとんどみられない者にわかったが、2年、4年とも持続的放電のみられる例が多かった。

トレーニングによる変化をみると2年生では5名のうち3名は僧帽筋の放電が小さくなつたが、他の2名は変化を示さなかつた。**図III-4**の例のように、トレーニング前の第1試行よりも第2試行の方が僧帽筋の放電が減少する例もあつた。4年生男子では5名のうち2名に僧帽筋の筋電図に変化がみられた。そのうちの1例を**図III-5**に示した。トレーニング前には放電の休止が明らかでないが、トレーニング後は休止期あるいは明らかに放電減少の時期がみられた。本実験では僧帽筋の筋電図は右側しか記録していないので左側の僧帽筋の放電との関係は明らかでないが、右側に関する限り持続的放電が群化放電に変ったとみることができ。コントロール群の各3名の2回測定した筋電図を比較すると、トレーニング群の僧帽筋にみられるような変化を示す例はみられなかつた。

2) シャトルランに対するトレーニング効果

5m×10回のシャトルランに要する時間は表**III-2～5**に示すように2年より4年の方が短かく、また女子より男子の方が短かい。トレーニング前後を比較すると、トレーニング後の所要時間が有意に短縮したのはシャトルラン・トレーニングを行つた2年生男女（いずれもP<0.01）と2

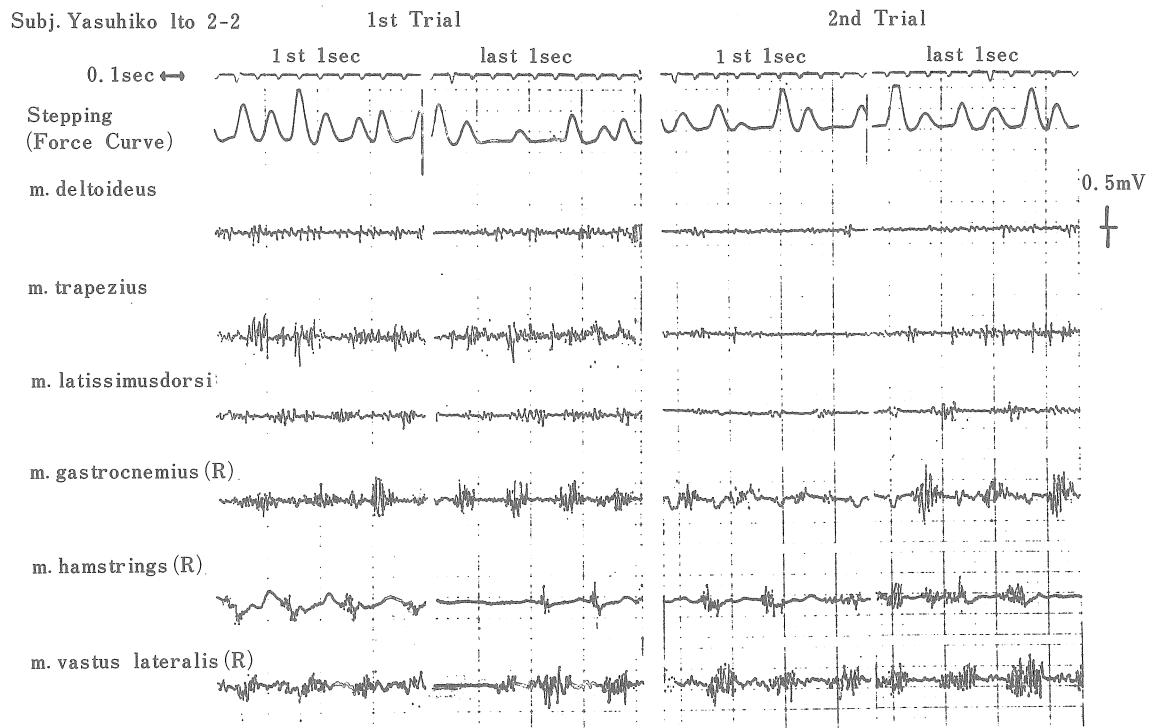
年生のコントロール群の男子（P<0.05）のみで、シャトルラン・トレーニング群の4年生は男女とも有意の変化を示さなかつた。ステッピング・トレーニング群はトレーニング後むしろ所要時間の延長がみられたが、その変化量はトレーニング群と比べて有意差はみられず（P<0.05）、トレーニング群の変化はステッピング・トレーニングによるものとはいえなかつた。

3) 身長別にみたステッピングとシャトルランに対するトレーニング効果

これまで対象とした児童の発育段階を小学校2年生と4年生という教育年齢でみてきた。それは暦年齢では、8歳と10歳に相当していた。そして、この2つの発育段階で比べてみると、ステッピング、シャトルランとともに4年生（10歳）の方が2年生（8歳）よりも有意に高い能力をもつことが示された。そこで次にそれらの発達が生理的年齢とどのように関連しているかをみるために、身長を指標として発育段階を区分し、ステッピングとシャトルランの変化を調べた。**図III-6**はステッピングトレーニングを実施した2年生と4年生の男女を身長によって分類し、トレーニング前後のステッピング回数を調べたものである。同一身長で比較すると、トレーニング後のステッピング回数はいずれも高い値を示している。そして女子ではどの身長においてもトレーニング後のステッピング回数の増加は統計的に有意であった。先に述べたように、男子の2年生はトレーニングによる増加が統計的には有意でなかつたが、身長別にすると身長120～125cmの児童のステッピングは有意（P<0.01）の増加を示した。すなわち、ステッピング・トレーニングによるステッピング回数の増加はトレーニング期間中の身長発育を上回るものであることがわかる。

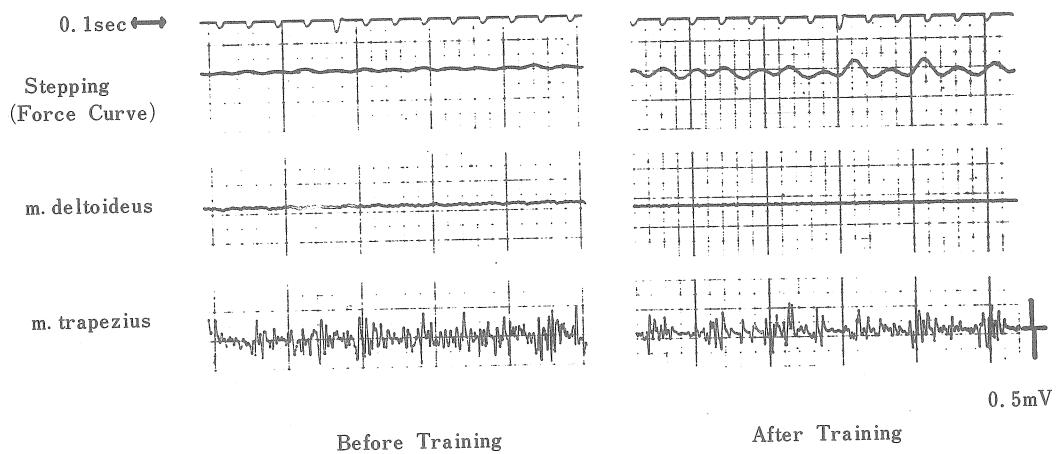
学年別群で比較した時ステッピングに対してトレーニング効果の得られなかつたシャトルラン・トレーニンググループについても同様に身長別比較を行つたが、身長との関係でみてもトレーニングによるステッピング回数の変化は明らかでなかつた。

シャトルランについては、シャトルラン・トレーニングを実施した男子のグループでは身長

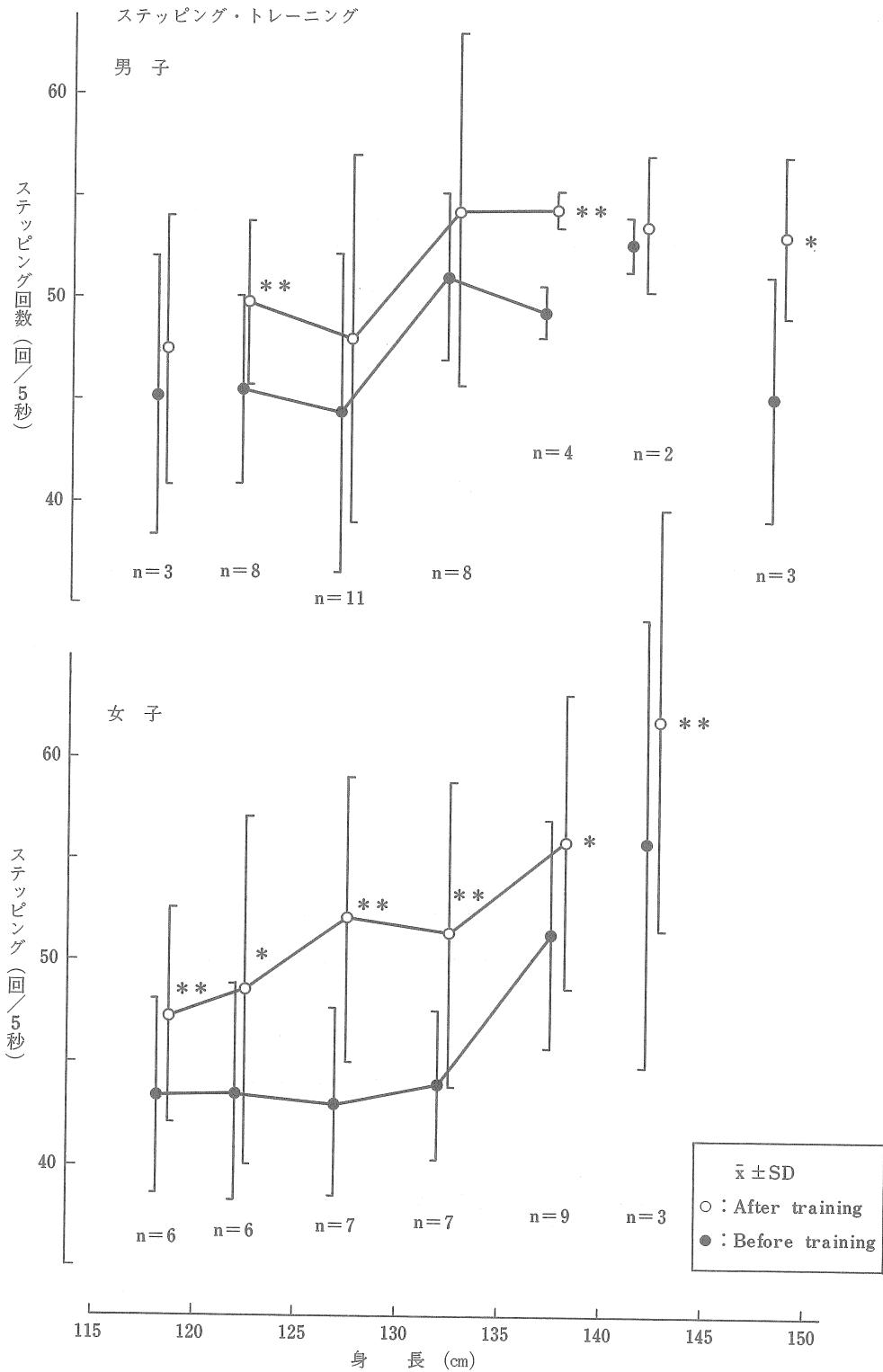


図III-4 ステッピングの筋電図
(左側は第1試行のスタート時と最後の1秒間、右側は第2試行)

Subj. Shinji Hirano 4-2



図III-5 トレーニング前後の僧帽筋の筋電図の比較



図III-6 身長との関連からみたステッピングに対するトレーニング効果
 $* P < 0.05$, $** P < 0.01$

120～125cmと身長130～135cmの群で有意 ($P < 0.01$ と $P < 0.05$) の短縮がみられたが、他の身長群では平均値は小さくなつたものの有意の変化は得られなかつた。一方、ステッピング・トレーニンググループのシャトルランは身長別にみても、トレーニング前後ではほぼ同じ平均値があるいはむしろトレーニング後の方が所要時間がやや長かつた。

論 議

思春期前児童に対する身体的トレーニングが体力の向上に効果があるかどうかについてはいくつかの報告がみられる。筋力や有酸素的作業能に対するトレーニング効果は思春期前の児童でもあるとするもの (Daniels と Oldridge²⁾, Brown たち¹⁾ と、効果がないとするもの (Daniels たち³⁾, Vrijens¹¹⁾ とがあり一致した知見が得られていない。一方、神経系の関与の大きな体力要素すなわち調整力や敏捷性の思春期前トレーニングに関する報告は少ない。そこで本研究では思春期前児童のトレーニングが敏捷性に対して効果があるかどうかを明らかにしようとした。敏捷性は局所的反復動作の速度を見る両脚交互のステッピングと 5m の距離を 5 往復するシャトルランの所要時間からみると、トレーニングにもそのいずれかを用いた。金原たち (1968)⁶⁾ は座位ステッピングで最大あるいはそれに近い速度が得られるのは、はじめの 2～5 秒であることを示した。本研究では金原たちのいう最大敏捷性の得られる 5 秒間のステッピング回数を測定し、前半の 2.5 秒と後半の 2.5 秒にわけて回数をみると有意差はなく、5 秒間の回数をもって最大反復速度をみると妥当であることを示した。一方、本研究で用いたトレーニング手段としてのステッピングは、持続時間を 10 秒間とし、2 セット行わせるものであった。これは金原たち⁷⁾ の示しているトレーニング至適時間および至適セットと一致するものであった。週 3 回、6 週間のトレーニングの結果、ステッピング・トレーニンググループではコントロール群の増加を有意に上回る有意のステッピング回数の増加があつた。そして、その増加は、初期の反復速度の維持、すなわち急速動作の持続によるものではなく最大反復速度そのものの増加であることが

示された。本研究の結果でも、また、金原たち⁸⁾ の報告からみても、ステッピングは発育によって増加する。しかし、本研究のトレーニング結果は、ステッピングを用いた敏捷性トレーニングが思春期前の児童において発育を上回る増加をひきおこすこと、すなわち、トレーニング効果のあることを示している。2 年生と 4 年生の比較では、トレーニング効果に有意差がみられなかつた。山川¹³⁾ は 5 歳と 6 歳の幼児にタッピング・トレーニングを行わせ、小学校高学年児童の平均値に達するような効果のあったことを報告している。したがつて、タッピングやステッピングのような反復動作による敏捷性トレーニングは、幼児から思春期前の児童にいたるまで効果のあることがわかつたが、年齢による効果の相違は明らかでなかつた。タッピングやステッピングのような急速反復動作が円滑におこなわれるためには、拮抗筋の筋放電が重なることなく交互におこることが重要であるとされている (猪飼と山川)⁹⁾。本研究で記録したステッピングの筋電図でも大腿四頭筋と大腿屈筋群の放電は交代してあらわれていた。片側だけのタッピングと異なり、両脚交互のステッピングでは対側の筋の放電との調整があり、神経支配はより複雑になる。トレーニングによる変化のうち多くの例でみられたのは、僧帽筋の筋電図の変化であり、そのあらわれ方は放電パターンの変化と放電量の減少である。練習によって一定動作時の筋放電量が減少することは Englehorn⁴⁾ も認めているところである。ここで注目されるのは僧帽筋の放電が持続的放電から群化放電に変る例のことである。これはおそらく同側の下肢の主働筋の放電と同期しているものであり、トレーニング前は対側の放電と分化しなかつたものが、トレーニング後は分化し、それによって放電消失期が出現したものと考えられる。したがつて、下肢の拮抗筋の円滑な放電の交代および対側との放電の交代は、僧帽筋のような上体の筋での放電が巧く行われることとなることと関連があるようと思われる。しかし、本研究の結果からはまだこの点については明らかでない。

一方、シャトルラン・トレーニングをしたグループのステッピングは明らかな増加を示さず、シ

シャトルランの所要時間はシャトルラン・トレーニング群の一部だけに有意の変化があったこととあわせてみると、Wrisberg と Mead¹²⁾が示すように、トレーニング効果のあらわれ方には特異性があると考えられる。すなわち、座位ステッピングと体重を負荷として行うシャトルランでは発揮される下肢筋の張力や筋収縮速度が異なり、ある張力、ある収縮速度でのトレーニング効果が他の張力および収縮速度の運動へは波及しなかったことを示唆している。これは、その動作をひきおこす神経系内のトレーニング効果に特異性のあることを意味するものである。

本研究で用いたシャトルランテストは Kemper と Verschuur⁵⁾の示した方法を用いている。しかし彼等はゴムマットを使用しているのに対し、本研究では体育館の木の床を用いたのでゴムの床よりも滑べる危険性があった。K校のトレーニング後のタイムが延長したのも床が原因としてあげられるかもしれない。実験方法を再検討する必要があるが、トレーニング前の2回の測定値間の相関係数がいずれも0.8以上であるので一応信頼性のあるものとして用いることができると考えられる。シャトルランに対するトレーニング効果はステッピングに対するほど顕著ではなかった。シャトルランは対側肢へのインパルスの切りかえの他に、体重を移動する速さが加わり、ステッピングに比べると下肢筋のパワーの要因が関与してくる。Vrijens¹¹⁾は10歳の思春期前の子供では、腕や脚の筋力トレーニングの効果はないと述べており、シャトルランの効果があらわれにくかったのも神経系の他に筋系の要素の関与の大きな動作であったためと思われる。

要 約

思春期前児童に対する敏捷性トレーニングの効果を明らかにするため、2つの公立小学校の2年、4年児童を対象に次のような実験を行った。トレーニングとしてK校の2年40名、4年38名には10秒間のステッピングを2セット行わせた。C校の2年42名、4年32名には5m×10回のシャトルランを2セット行わせた。どちらも学年別、男女別にコントロール群をもうけた。トレーニングは週

3回、6週間実施した。トレーニング効果をみるために、トレーニング前後に身長、体重、皮下脂肪厚、ステッピング(5秒)、シャトルラン(5m×10回)を行わせた。また、ステッピング・トレーニング群の男子のうち2年5名と4年5名およびコントロール群から各3名を選び、表面電極導出によりステッピング中の筋電図を記録した。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、シャトルランとともに第1試行と第2試行の間には有意な相関が得られた。

2. 学年別、男女別に身長とステッピング、身長とシャトルランの関係をみると、どのグループでも有意の相関は得られなかった。シャトルランとステッピングの間には、2年生では有意の相関が得られなかつたが、4年生では $r = -0.353 \sim 0.583$ ($P < 0.05$ あるいは $P < 0.01$) の有意の相関があった。

3. 身長、体重はトレーニング前に比べて統計的に有意な増加を示す群が多くかった。

4. 5秒間のステッピング数は男子は2年では 43.83 ± 5.34 回、4年は 51.82 ± 5.85 回であり、両平均値間には有意差 ($P < 0.01$) がみられた。女子も4年生 (50.31 ± 5.78 回) は2年生 (40.73 ± 4.62) に対し有意に高い値を示した。

5. ステッピング・トレーニング群のステッピング回数は、トレーニング後5~14%の増加を示し、2年生では46~48、4年生では55~57回の平均値を示した。これは2年男子を除き1%水準で有意の増加であった。

6. コントロール群のステッピング回数も有意の増加を示した。しかし、トレーニング群とコントロール群の増加量を比較するとトレーニング群の方が有意に高かった。

7. 2年と4年のステッピングの増加量には有意差がなかった。

8. 5秒間のステッピング回数をスタートから2.5秒で区切り、前半と後半にわけてトレーニング前後を比較すると、5秒間のステッピングが有意な変化を示した群では前半、後半ともに有意な増加を示した。また前半に対する後半のステップ数の比もトレーニング前後で変わらず91~98%に相当していた。すなわち、ステッピング数の増加は

スピードの持続能力の変化ではなく最大反復回数の増加によるものであることが示唆された。

9. シャトルラン・トレーニングを行ったグループのステッピング回数は有意な変化を示さなかった。

10. シャトルランに対するトレーニング効果はシャトルラン・トレーニンググループの2年生では有意な変化を示したが、4年生では有意の変化を示さなかった。また、ステッピング・トレーニング群ではトレーニングによる時間の短縮はみられなかった。

11. ステッピング時の筋電図をみると、トレーニング後の僧帽筋に変化のあらわれる例が多くみられた。変化の仕方は、トレーニング後の放電量の減少、あるいはトレーニング前に持続的に放電していたものがトレーニング後は放電が群化することなどであった。

12. 2年、4年という学年による区分をはずし、身長別にステッピングとシャトルランを整理するとステッピング・トレーニング群のステッピングでは有意の増加があったが、シャトルラン・トレーニング群のステッピングでは有意差がなかった。また、シャトルランはシャトルラン・トレーニング男子120～125cmと130～135cmで有意の短縮がみられたのみで他は有意の変化は示さなかった。

13. 以上のように、思春期前児童に対するステッピング・トレーニングは、ステッピング回数に対しては効果があったがシャトルランには有意な変化をおこさなかった。一方、シャトルランのトレーニング効果は、ステッピング・トレーニングほど顕著ではないが、2年生ではシャトルランの所要時間の短縮がみられた。しかし、ステッピングに対する効果はみられなかった。したがって、思春期前児童の敏捷性トレーニングは効果があるといえるが、効果のあらわれ方は与えられた刺激に対して特異的であると考えられる。

本研究の実施の機会を与えて下さいました世田谷区立千歳小学校校長興梠照先生、鳥山北小学校校長赤松恒夫先生に感謝の意を表します。また、実験に多大の御協力を賜った千歳小学校前田利親、小汲和子、鯨島宗一、高田和子、土屋真理子の諸

先生、鳥山北小学校の牛島妙子、高野千郷、山本米子、羽曾部陽先生に心からお礼申し上げます。

文 献

- 1) Brown, C. H., J. R. Harrower and M. F. Deeter : The effects of cross-country running on pre-adolescent girls. *Med. Sci. in Sports* 4 : 1-5, 1972.
- 2) Daniels, J. and N. Oldridge : Changes in oxygen consumption of young boys during growth and running training. *Med. Sci. in Sports* 3 : 161-165, 1971.
- 3) Daniels, J., N. Oldridge, F. Nagle and B. White : Differences and changes in Vo₂ among young runners 10 to 18 years of age. *Med. Sci. in Sports* 10 : 200-203, 1978.
- 4) Engelhorn, R. : Agonist and antagonist muscle EMG activity pattern changes with skill acquisition. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 54 : 315-323, 1983.
- 5) Kemper, H. C. G. and R. Verschuur : Motor performance fitness tests. *Med. Sport Sci.* (Karger, Basel) 20 : 96-106, 1985.
- 6) 金原 勇、高松 薫、小松邦江、三浦望慶：敏捷性トレーニングに関する基礎的研究（その1）—最大敏捷性の得られる諸条件について—東京教育大学スポーツ研究所報6 : 25-45, 1968.
- 7) 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.
- 8) 金原 勇、高松 薫、袖山 紘、広橋義一：敏捷性トレーニングに関する基礎的研究（その2）—敏捷性の発育段階・性差と敏捷性トレーニング—東京教育大学スポーツ研究所報6 : 46-54, 1968.
- 9) 猪飼道夫、山川純子：反復的動作に於ける動作の乱れの筋電図学的研究 体育学研究 1(5) : 340-344, 1953.
- 10) Thomas, J. R., J. D. Gallagher and G. J. Purvis : Reaction time and anticipation time : Effects of development. *Resarch Quarterly for Exercise and Sport* 52 : 359-367, 1981.
- 11) Vrijens, J. : Muscle strength development in the pre-and post-pubescent age. *Med. Sport* (Karger, Basel) 1 : 152-158, 1978.
- 12) Wrisberg, C. A. and B. J. Mead : Developing coincident timing skill in children : A comparison of training methods. *Res. Quart.* 54 : 67-74, 1983.
- 13) 山川純子：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.

