

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)

財団法人 日本体育協会

スポーツ科学委員会

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)

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 浅 見 俊 雄¹⁾

班 員 青 木 純一郎²⁾ 福 永 哲 夫¹⁾ 吉 沢 茂 弘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 浅 見 俊 雄

はじめに

女子の体操やフィギュア、男女の水泳選手など、10代の選手がオリンピックや世界選手権といった世界の檜舞台で活躍しており、またこれらの種目では10代になる前から選手を目指した本格的なトレーニングが開始されている。こうした活躍に刺激されて、日本でもその他のスポーツ種目、特に子供に人気のある野球、サッカー、バレーを始め、いろいろな種目で低年齢からのスポーツ活動が盛んになってきている。

こうした低年齢層のスポーツ活動、それもスポーツ遊びの域を超えた本格的なスポーツトレーニングはごく最近始められたことなので、まだ経験の積み重ねもないし、科学的な研究分析もほとんどされていないことから、何をどの程度トレーニングしたらいいのかという理論が組み立てられないままに、実践の方が試行錯誤的にどんどん進行しているのが現状であろう。

その結果、早期からのトレーニングによって一流選手へとすくすく育っていく場合もある反面、将来大きく育つであろう芽を若いうちに摘みとってしまったり、ねじまげてしまったりする例も出て来ている。発育途上にあって、大人とは基本的に違う子供の身体に対して、大人と同じような内容のトレーニングを課すということが特に問題

となるようである。骨や関節に強過ぎる負荷をかけてしまったり、1回の負荷は弱くてもくり返しの運動を強要して過度の疲労に追いこんだりして、急性や慢性の障害を招き、選手生命を若くして断たれたり、スポーツ活動は続けられても、障害に悩まされながら一流選手への夢を断念したりする例が数多く見られる。

1. 現実の問題から提出された課題

こうした一部でのやり過ぎといえる子供のスポーツ活動がある一方で、学校での体育の授業以外には積極的な身体運動の場をほとんど持たない子供達の数も多くなっている。というよりも大多数の子供達はこういう状態におかれているといってよいのではないだろうか。学校から帰ってくるとすぐ塾とか稽古通い、家に帰ってくればテレビというような生活で、外で走り回って遊ぶという時間もないし、遊びたくとも安全に遊べる場所や、仲間がないというのが現実の姿であるようだ。こうした実態は、子供の正常の発育にとって必要不可欠な身体運動による刺激すら十分でないという状態を招き、高脂血症や糖尿病といった成人病が子供の世界にまで入りこんで来ているのは極端な例としても、体格は大きくなったが体力はそれに伴っていないという一般的な傾向を見せているのである。

これを文部省のデータから身長と背筋力の関係で見たのが図1である。手元にあった昭和44年と

1) 東京大学教養学部 2) 順天堂大学体育学部 3) 宇都宮大学教育学部

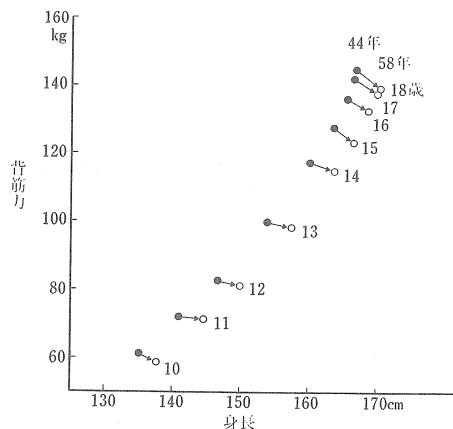


図1 昭年44年度と58年度の年齢別にみた身長と背筋力の比較（男子）一文部省報告書による

58年というほぼ15年間の男子の身長と背筋力の推移を見てみると、身長は各年齢ともほぼ3cm程度大きくなっているが、背筋力の方はすべての年齢で低下しており、特に高校生でその低下が著しくなっていることが示されている。女子でも傾向はまったく同じである。

筋力は筋の断面積に比例するものであり、身長に比例して筋も大きくなるとすれば、筋の断面積は身長の2乗に比例して大きくなるはずである。とすれば、身長が5%伸びれば筋の断面積は10.25%増え、したがって筋力も10.25%増と身長の伸びよりも大きな伸びを示すはずである。ところが実際は、身長は伸びているのに、筋力は身長以上に伸びるどころか逆に低下しているのである。

「思春期前のトレーナビリティ」という研究テーマは、まさにこうした現実の問題から提出された課題である。競技力向上という立場からは、子供に対する早期からのスポーツ活動は望まれることであり、この時点からの一貫した選手強化が国際競争力の向上のためには不可欠の条件であるが、一貫したという場合、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が明らかにされなければならないし、それが明確に示されないと、つい目先の進歩や勝利に目を奪われて、子供のスポーツが過熱化してしまうことに繋がっていくということになるであろう。

また国民全体の健康を考えた場合、子供が健全に発育発達していくためには、最低どれだけの身

体運動が内容的にも量的にも必要なのか、またそういう身体運動によってどれだけ身体によい影響がもたらされるのかを明らかにすることが、発育期の身体運動をプログラムする上で絶対必要なことであろう。

競技力向上の立場からも、国民スポーツの立場からも、子供の時期のスポーツ活動のあり方は今大きな問題として問われているのであり、それに科学的な解明を加えて理論的根拠を提供することが、本会のスポーツ科学委員会としても重要なテーマであるという認識から、「思春期前のトレーナビリティ」が、本年から3ヵ年間を予定した研究プロジェクトとしてとりあげられたのである。

2. 研究過程の概略

研究班は浅見俊雄(東大、班長)、青木純一郎(順大)、福永哲夫(東大)、吉沢茂弘(宇都宮大)で構成され、本年は4回の会合を持って、研究課題の意味や内容についての情報交換、研究についての連絡調整や討議を行いながら、それぞれの研究機関において、それぞれ独自の研究テーマのもとに実験、調査を進めてきた。特に第2回目の会合では、この研究課題の主唱者のお一人である石河利寛教授(順大)をお招きして、子供の体力や本研究の課題について講義をいただき、さらに討議を重ねて、本研究についての共通の認識と理解を深めることができた。

青木、福永、吉沢班の研究については、それれに詳細に報告があるので、ここではその概略について紹介するに留めたい。

青木班(順大)は「思春期前児童(8歳)に対する持久性トレーニングの効果」というテーマで、思春期前の児童に対して生理的に一定の有酸素的運動を負荷して、トレーニング強度の差やトレーニングの有無が、児童の有酸素的能力にどのような影響を及ぼすかを検討した。対象は小学校第2学年の男子児童で、これを4群に分け、自転車エルゴメーターによる運動をそれぞれ、

トレーニング群

I 60% $\dot{V}O_{2\max}$ 15分
 II 70% $\dot{V}O_{2\max}$ 10分
 III 80% $\dot{V}O_{2\max}$ 5分

} のトレーニング
 コントロール群……トレーニングを行わない。

の強度と時間で、週3回のトレーニングを4週間行わせて、 $\dot{V}O_{2\max}$ （最大酸素摂取量）、PWC₁₇₀および文部省の体力診断テストによって測られる体力がどのように変化するかを調べた。

また同時に、体育授業時間中および児童の1日の心拍数の変化を記録して、日常生活および体育授業中に、どの程度の有酸素的な身体運動が行われているかについても分析を行なった。

その結果、運動持続時間と PWC₁₇₀においてトレーニンググループのいずれかのグループで若干の増加の傾向を示したもの、最大酸素摂取量、最大換気量、運動能力においてはトレーニングによる増加は認められなかった。日常生活や体育時間での心拍数測定と合わせて、思春期前の児童の場合は日常生活での運動が活発であるため、成人では効果の表われた本実験での運動負荷の程度では、発育に伴うパフォーマンスの発達に対しては若干の貢献はあっても、最大酸素摂取量に対する発達刺激にはならないのであろうと結論している。

福永班（東大）は、「小学生男子に対する筋力トレーニングの効果」というテーマで、研究を進めた。小学生に対しては特に筋力を意図したトレーニングは行うべきではないというのが現在の共通の認識ではあるが、先にあげた筋力の低下というような現象がある以上、もう少し積極的に筋力ということを考えていよいのではないかということもあって、あえてとりあげたテーマであった。

研究の内容は、小学生1, 3, 5年の男子児童各10名を対象として、腕立伏臥腕屈伸を運動負荷として、各人の最高反復回数の $\frac{1}{2} \times 3$ セットを1日の負荷として、週3回のトレーニングを8週間行い、腕屈曲、伸展について、等尺性筋力と動的筋力、筋断面積、腕立伏臥腕屈伸回数などの測定項目の変化を、トレーニングを行わなかった各学年男子各10名の変化と比較検討した。

その結果トレーニング負荷と同じ運動である腕立伏臥腕屈伸の回数はトレーニング群において著しい向上を見せたが、筋力そのものは5年生において若干トレーニング群の方が伸びているものの、1, 3年生はコントロール群と同程度の伸び、すなわち発育に伴うと思われる程度の伸びしか示さなかった。また筋断面積においても筋力同様著しいトレーニング効果は認められなかった。負荷が不十分であったのか、ある年齢に達しないとトレーニング効果が大きくならないのかは、今後の検討を待たねばならないとした。

吉沢班では、「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)」というテーマで、ある小学校が体育授業以外に行っている体力づくり運動（さまざまな器具と運動ステーションを設け、そこを周回する）が、呼吸循環系を中心としてどのような負荷を与える体力向上にどんな効果を与えているかを測定調査した。2年生男子19名、女子18名を対象に、運動実施時の心拍数を測定して運動の負荷量を調査し、最大酸素摂取量やその他の体力テストによって効果を測定した。最大酸素摂取量はほぼ全員に向上が見られて、平均して10%以上の伸びを示した。

その他の測定項目においても向上をみせていてこうした運動刺激が体力向上に有効なことを示しているが、コントロール群との比較がないために、これだけで結論づけることはまだ無理がある。

以上3班の本年度の研究は、いずれも初年度のパイロット・スタディ的な内容であって、これらの結果からすでに何らかの結論が導き出せるという性質のものではない。本年度の研究結果に合わせて内外の文献をも参照し、研究班による検討会を持って、来年度以降の研究計画を練って、本課題の解明のための研究を進めていく予定である。

I 思春期前児童(8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 吉田 博幸¹⁾ 高岡 郁夫¹⁾

体力のトレーナビリティ（被訓練性）はライフ・ステージのどこでトレーニングするかによって大きく異なることが予想される。そしてそれを明らかにすることは競技力の向上はもとより健康・体力づくりにも重要なポイントになることはいうまでもない。

しかし、発育期においては、発育とトレーニング刺激との差を区別することは難かしく、トレーニング効果についてのこれまでの研究の知見は必ずしも一致していない。^{15) 16) 17) 28)} 特に発育期における持久性トレーニングについては、その可否も含めて、論議すべき点が多々残されている。

今回は、思春期前の児童に焦点をあてて、彼等に成人で得られた持久性体力向上のための運動処方の原理³²⁾をあてはめ、全身持久性および体力一般に対するトレーナビリティを検討した。

<研究方法>

1. 被験者

本研究の被験者は千葉県習志野市立〇小学校第2学年の健康な男子児童24人であった。彼らは、1~3組からそれぞれ9人ずつクラス担任によって選ばれた。選定の基準は、運動能力が平均的である者とした。トレーニング開始時には27人いたトレーニング・グループの被験者の中には、トレーニング中に風邪をひきトレーニングを中止せざるを得なくなった者が3人いた。従って、被験者の総数は24人となった。

これらの被験者全員に対して、自動解析装置付デジタル心電計（日本光電ECG-7103）を用いて標準12誘導安静心電図の測定をトレーニング前に行なった。この結果と校医による健康診断の結果より、本研究の被験者には心臓に疾患を持つ者はいなかった。

彼らのトレーニング前後の年齢、身長および体重の個人値およびグループごとの平均値と標準偏

差を表I-1に示した。これらの値は、全国平均値²⁵⁾および千葉県の平均値⁴⁾と比べて有意な差は認められなかった。

なお、実験に先立ち附表I-1に示した承諾書をクラス担任を経て保護者に配り了解を得た。

2. トレーニング効果判定のためのテスト

a. 自転車エルゴメータによる負荷漸増最大運動テスト

トレーニングの前後に自転車エルゴメータを用いて負荷漸増による最大運動テストを行ない、最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_{2\text{max}}$)、最大換気量 ($\dot{V}_{E\text{max}}$ BTPS)、最大呼吸交換比 (Rmax)、最高心拍数 (fHmax)、最大呼吸数 (fmax)、最大作業率、運動持続時間および PWC₁₇₀を求めた。なお、用いた自転車エルゴメータ (Monark) にはサドルの高さの調節に改良を加えた。

負荷は0.25kpから始め、9分目までは3分毎に0.25kpずつ増し、その後は1分毎に0.25kpずつ漸増してexhaustionに至らしめた。ペダル回転数は毎分60回転とし、exhaustionの判定は、験者の励ましにもかかわらず被験者がペダリングのリズムに合わせられない状態が続いたときとした。

採気はダグラスバッグ法によって、運動中2~3、5~6、8~9分の各1分間および9分以後は1分毎に被験者がexhaustionに至るまで連続的に行なった。採集した呼気は直ちに湿式実験用精密ガスマータ（品川製作所WT-10）で計量し、その一部を酸素分析器（Beckman OM-11）および医用ガス分析器（Beckman LB-2）によって、それぞれO₂およびCO₂濃度について分析した。なお、これらの分析器はあらかじめショランダーミクロガス分析器（日本製）によって分析した既知濃度の標準ガス較正した。

心拍数は胸部双極誘導により心電図を連続的に記録し、1分毎にそのR棘を数えることによって得た。呼吸数はサーミスター法によって求めた。

PWC₁₇₀は初めの3段階の運動負荷における心

1) 順天堂大学体育学部

拍数一作業率関係から最小自乗法により回帰直線を求め、外挿または内挿によって算出した。このときの正確な作業率を決定するために、動輪の回転数を1回転ごとに光検出ダイオードを用いてカウントした。

被験者は自転車エルゴメータ、測定器具および測定手順に慣れるために、あらかじめ十分練習を行なった。

行なった。

b. 体力テスト

トレーニングの前後に、国際標準体力テスト²³⁾に準拠して、上体起こし、立位体前屈、握力、立ち幅とび、シャトルランおよび持久走(800m)の6種目のテストを行なった。なお、立ち幅とびは砂場、持久走はグランドで1週138mのトラック

表I-1. トレーニング前後の年齢、身長および体重

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)
トレーニング I						
R S	8.4	120.7	24.5	8.5	121.6	25.0
N I	7.9	117.0	20.8	7.10	118.2	21.0
K T	8.0	116.8	23.6	8.1	118.8	23.5
T O	8.2	123.0	25.5	8.3	124.6	25.8
T S	8.5	130.9	26.2	8.6	131.1	27.5
E T	8.4	141.1	44.5	8.5	141.5	45.0
\bar{x}	8.2	124.9	27.5	8.3	126.0*	28.0
S D	0.3	8.6	7.8	0.3	8.2	7.9
トレーニング II						
Y M	8.8	125.5	27.5	8.9	126.2	28.0
H I	7.10	125.6	24.0	7.11	125.8	24.2
H Is	7.11	127.3	24.5	8.1	127.7	25.0
K K	8.1	118.2	21.0	8.2	119.2	21.5
Y O	8.1	127.6	28.8	8.2	129.6	29.0
K S	7.11	131.1	29.0	8.0	132.3	29.7
\bar{x}	8.1	125.9	25.8	8.2	126.8*	26.2**
S D	0.3	3.9	2.9	0.3	4.0	2.9
トレーニング III						
S M	8.3	127.4	25.0	8.4	127.8	26.0
K Y	8.5	120.9	25.5	8.6	123.6	27.0
K Ya	8.1	123.9	25.5	8.2	123.2	25.8
N I	8.2	128.2	25.5	8.3	129.4	25.5
S K	7.10	124.2	24.4	7.11	125.2	24.5
R T	8.4	127.9	24.0	8.5	128.2	25.0
\bar{x}	8.2	125.4	25.0	8.3	126.2	25.6*
S D	0.2	2.7	0.6	0.2	2.4	0.8
コントロール						
H I	7.9	122.9	24.0	7.10	123.0	24.0
Y M	8.2	116.1	19.0	8.3	116.0	19.1
K N	8.3	126.9	24.5	8.5	126.7	24.5
A K	7.10	126.9	24.8	7.11	127.7	25.2
T S	8.5	128.1	28.0	8.6	128.4	28.2
M T	8.6	128.0	29.5	8.7	129.1	29.5
\bar{x}	8.2	124.8	24.9	8.3	125.2	25.1
S D	0.3	4.3	3.3	0.3	4.5	3.3

* : P < 0.05

トレーニング前後

** : P < 0.01

を使って行ない、他の種目はすべて室内で行なった。

3. トレーニング・プログラム

24人の被験者をトレーニング・グループ($n=18$)およびコントロール・グループ($n=6$)に分け、前者をさらに次の3グループに分けた。

①トレーニング・グループI : 60% $\dot{V}O_{2\text{max}}$ の強度で15分間のトレーニングを行なう($n=6$)

②トレーニング・グループII : 70% $\dot{V}O_{2\text{max}}$ の強度で10分間のトレーニングを行なう($n=6$)

③トレーニング・グループIII : 80% $\dot{V}O_{2\text{max}}$ の強度で5分間のトレーニングを行なう($n=6$)
これらのグループは、各グループの $\dot{V}O_{2\text{max}}$ が等しくなるようになつた。トレーニングは自転車エルゴメータを用い、ペタル回転頻度は60rpmとした。頻度は1日置きに週3日とした。

トレーニング期間は1985年1月21日から2月16日までの4週間であった。トレーニング・グループの被験者たちのトレーニングへの出席率は94%であった。

附表 I - 1 被験者への依頼書

持久力トレーニング調査についてのお願い

昭和60年1月11日
順天堂大学体育学部
助教授 青木純一郎

最近の子供は持久力がないとよく言われています。しかし、ただ訓練すれば持久力が身につくかというと、そうもないものです。そこで本大学では、持久的トレーニングが、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。従来の体育活動の基礎的な資料が皆無に近く、明らかになっていないので、この調査を通して持久力とトレーニングの関係を明らかにしたいものです。
御協力のほどよろしくお願ひ致します。

記

- | | |
|---------|---|
| ・トレーニング | 固定式自転車をこぐ
1回5~15分、週3回 |
| ・期間 | 1月16日~2月23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致します。) |
| ・場所 | 大久保小学校(3階会議室) |

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。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。

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1月14日までに担任の先生にお渡し下さい。

連絡先 順天堂大学体育学部運動生理学研究室
TEL 77-2181 内線 248 高岡か吉田まで

.....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1月 日
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。

4. 学校生活中および体育授業中の心拍数の測定

各グループから3人ずつを無作為に選択し、学校生活中の心拍数の測定を行なった。測定には心拍メモリー（VINE）を用いた。被験者が朝学校へ着きしだい装置を取り付け、放課後帰宅前に取りはずした。なお、トレーニング・グループIおよびIIの被験者がそれぞれ1人ずつ風邪のため欠席したので、総数は10人であった。

また、本研究の被験者全員に対して、体育授業中の心拍数の測定を行なった。測定には心拍メモリーまたはハートコード・システム232(三栄測器)を用いた。なお、ここでも風邪のため体育授業を欠席した者が5人いたので総数は19人であった。

5. トレーニング中の心拍数の測定

負荷漸増最大運動テストと同様の方法で、トレーニング中の心拍数を1, 3, 4週目に測定した。測定の対象者は各グループから3人ずつ無作為に選んだ。

6. 測定条件

本研究の測定およびトレーニングはすべてO小学校内で行なった。エルゴメトリーを行なったときの平均室温は $15.0 \pm 2.5^{\circ}\text{C}$ 、平均相対湿度は $58.6 \pm 10.6\%$ であった。

7. 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テストを用いた。検定はすべて両側検定であり、有意水準は $P < 0.05$ とした。

＜研究結果＞

1. 自転車エルゴメータによる負荷漸増最大運動テスト

トレーニングの前および後に得られた $\dot{V}_{\text{o}2 \text{ max}}$, $\dot{V}_{\text{E} \text{ max}}$, R_{max} , fH_{max} , f_{max} , 最大作業率, 運動持続時間およびPWC₁₇₀を、それぞれ表I-2および表I-3に示した。トレーニング前では、PWC₁₇₀を除くすべてのパラメータでグループ間に有意差は認められなかった。PWC₁₇₀は、トレーニング・グループIIIがトレーニング・グループIおよびIIよりも有意に大きかった（それぞれ, $P < 0.05$ および $P < 0.01$ ）。体重当たりでは、トレーニング・グループIとIII($P < 0.01$), トレーニング・グループIIとIII($P < 0.01$)およびトレーニ

ング・グループIIとコントロール・グループ ($P < 0.05$) の間に有意差が認められた。PWC₁₇₀にこのような差が生じたのは、グルーピングの基盤が $\dot{V}_{\text{o}2 \text{ max}}$ だけであったため、たまたまトレーニング・グループIIIに PWC₁₇₀ の値が大きな者が3人(SM, KY および RT) 集まってしまったためである。

トレーニング後では、トレーニング・グループIIにおいて R_{max} および運動持続時間が有意に増加し（それぞれ, $P < 0.05$ および $P < 0.05$ ），コントロール・グループとの間にいずれも有意な差が生じてしまった（それぞれ, $P < 0.05$ および $P < 0.05$ ）。PWC₁₇₀はトレーニング・グループIおよびIIにおいて増加の傾向を示し、前者では有意であった($P < 0.05$)。そのため、トレーニング前にみられたトレーニング・グループIIIとの差がなくなった。また、コントロール・グループにおいてはPWC₁₇₀は減少の傾向を示したため、絶対値ではトレーニング・グループIIIと($P < 0.05$), 相対値ではトレーニング・グループI ($P < 0.05$) およびIII ($P < 0.05$) と有意義な差が認められた。

各パラメータごとにトレーニング前後の平均値を図I-1に示した。最大作業率およびPWC₁₇₀はトレーニング・グループでは増加する傾向を示したが、コントロール・グループではこの傾向はみられなかった。

各グループにおけるトレーニング前後の $\dot{V}_{\text{o}2 \text{ max}}$ の絶対値および相対値を図I-2に、 $\dot{V}_{\text{E} \text{ max}}$, fH_{max} および f_{max} を図I-3に、最大作業率および運動持続時間を図I-4に、PWC₁₇₀の絶対値および相対値を図I-5に、それぞれ個人値をプロットした。いずれのパラメータにおいてもグループ間に特定の傾向はみられなかったが、最大作業率およびPWC₁₇₀はトレーニングの前よりも後の方が大きい値を示す被験者がトレーニング・グループに多かった。

2. 体力テスト

トレーニング前後に行なった国際標準体力テストの結果を表I-4に示した。トレーニング前では、トレーニング・グループIIIとコントロール・グループとの間で立位体前屈およびシャトルランに有意差がみられた（それぞれ, $P < 0.05$ および

表 I-2. 運動負荷テストにおける各パラメータの値(トレーニング前)

被験者	最大酸素摂取量 l/分	最大酸素摂取量 ml/kg・分	最大換気量 (BTFS) l/分	最大呼吸交換比	最大心拍数 拍/分	最大呼吸数 回/分	最大作業率 kpm/分	運動持続時間 分'秒"		PWC ₁₇₀ kpm/kg・分
								運動持続時間 分'秒"	運動持続時間 分'秒"	
トレーニング I										
R S	1.268	51.8	50.5	1.02	197	68.0	549.0	12' 10" 0	360.1	14.7
N I	1.069	51.4	31.1	0.87	170	48.0	360.0	11' 34" 3	374.9	18.0
K T	1.077	45.7	37.0	0.94	178	67.0	432.0	11' 28" 3	342.5	14.5
T O	1.153	45.2	38.6	0.99	191	65.0	435.0	11' 00" 0	261.5	10.3
T S	1.115	42.5	34.8	0.93	181	57.5	427.5	11' 06" 0	283.0	10.8
E T	1.858	41.7	61.2	0.96	204	53.0	729.0	14' 27" 1	407.3	9.2
\bar{x} S D	1.267	46.4	42.2	0.95	186.8	59.8	488.8	11' 57" 6	338.2*	12.9**
	0.277	4.0	10.4	0.05	11.6	7.5	121.0	1' 10" 6	50.9	3.1
トレーニング II										
Y M	1.148	41.7	38.9	0.91	187	55.0	513.0	12' 10" 4	319.1	11.6
H I	0.911	38.0	32.9	1.00	184	49.0	420.0	10' 51" 1	318.0	13.3
H Is	1.058	43.2	36.7	0.87	176	70.0	420.0	11' 23" 3	304.6	12.4
K K	0.991	47.2	34.3	0.87	186	54.0	405.0	10' 19" 5	268.0	12.8
Y O	1.464	50.8	50.0	0.98	180	63.0	513.0	12' 04" 5	355.0	12.3
K S	1.510	52.1	51.1	0.94	187	57.5	525.0	12' 25" 6	374.1	12.9
\bar{x} S D	1.180	45.5	40.7	0.93	183.3	58.1	466.0	11' 32" 4	323.1***	12.6***
	0.229	5.0	7.3	0.05	4.1	6.8	51.4	45" 5	34.3	0.5
トレーニング III										
S M	0.961	38.4	31.0	0.84	159	54.0	397.5	11' 46" 4	522.0	20.9
K Y	1.063	41.7	31.3	0.90	160	49.0	432.0	11' 46" 9	535.5	21.0
K Ya	1.115	43.7	36.9	0.99	169	53.5	459.0	12' 17" 3	439.8	17.2
N I	1.214	47.6	37.5	0.99	190	53.5	504.0	12' 04" 7	355.8	14.0
S K	1.211	49.6	41.2	0.97	180	64.0	450.0	11' 06" 9	335.3	13.7
R T	1.252	52.2	45.4	1.11	186	58.5	525.0	12' 20" 3	502.5	20.9
\bar{x} S D	1.136	45.5	37.2	0.97	174.0	55.4	461.3	11' 53" 8	448.5	18.0
	0.101	4.7	5.1	0.08	12.1	4.7	42.7	24" 7	78.9	3.2
コントロール										
H I	1.239	51.6	41.4	0.99	194	61.0	546.0	12' 34" 1	315.1	13.1
Y M	0.983	51.7	33.3	0.94	176	56.0	397.5	11' 02" 1	362.2	19.1
K N	1.112	45.4	49.1	1.05	164	62.0	420.0	10' 51" 3	330.5	13.5
A K	1.046	42.7	39.9	0.82	153	78.0	306.0	10' 08" 0	418.3	17.1
T S	1.190	42.5	33.5	0.87	171	40.0	435.0	11' 11" 5	368.2	13.2
M T	1.239	42.0	46.3	1.08	184	69.5	504.0	12' 12" 6	407.3	13.8
\bar{x} S D	1.135	46.0	40.6	0.96	173.7	61.1	434.8	11' 19" 9	366.9	15.0
	0.097	4.2	5.9	0.09	13.3	11.8	76.8	49" 4	37.2	2.3

※ : P<0.05 ** : P<0.01 *** : P<0.001

表 I-3. 運動負荷テストにおける各パラメータの値(トレーニング後)

被験者	最大酸素摂取量 $\ell/\text{分}$	最大換気量 (BTIPS) $\ell/\text{分}$	最大換気量 交換比		最高心拍数 指/分	最大呼吸数 回/分	最大作業数 kpm/分	運動持続時間 分'秒"	FWC ₁₇₀ kpm/分
			m ℓ /kg・分	BTIPS/m ℓ					
トレーニング I	1.240	49.6	41.7	1.04	180	67.5	504.0	11' 27" 0	470.7
R S	0.979	46.6	33.4	1.02	167	50.0	442.5	11' 18" 1	412.9
N T	0.983	41.8	32.2	0.97	172	59.0	397.5	11' 08" 6	315.4
K T	0.895	36.7	25.7	0.96	182	49.0	442.5	11' 15" 9	376.2
T O	1.253	45.6	42.9	1.07	180	64.0	567.0	12' 38" 6	541.7
T S	1.812	40.3	60.7	1.12	203	45.0	858.0	15' 27" 8	659.5
\bar{x} S D	1.194	43.4	39.4	1.03	180.7	55.8	535.3	12' 12" 7	462.7†
	0.308	4.3	11.2	0.06	11.3	8.3	154.0	1' 32" 3	113.1
トレーニング II	1.232	44.0	44.0	1.08	181	55.5	486.0	12' 07" 3	428.5
Y M	1.096	45.3	36.6	1.07	182	49.0	495.0	12' 22" 1	467.8
H I	1.440	57.6	62.1	1.18	202	81.5	514.5	12' 24" 3	299.5
H Is	0.862	40.1	25.7	0.97	189	48.0	405.0	10' 56" 0	300.2
K K	1.267	43.7	45.8	1.10	180	51.0	577.0	13' 09" 5	598.4
Y O	1.313	44.2	45.5	1.02	176	62.0	525.0	13' 02" 0	359.8
\bar{x} S D	1.202	45.8	43.3	1.07†	185.0	57.8	500.5	12' 20" 2†	409.0
	0.183	5.5	11.0	0.07**	8.5	11.6	51.8	43' 7**	104.9
トレーニング III	1.165	44.8	35.4	1.01	162	53.0	450.0	11' 43" 0	562.8
S M	0.974	36.1	30.0	0.91	167	48.5	495.0	11' 00" 0	395.7
K Y	1.401	54.3	53.7	1.04	182	59.0	535.5	12' 49" 0	467.6
K Ya	1.161	45.5	34.4	0.97	184	45.0	477.0	12' 17" 0	336.9
N I	1.087	44.4	37.3	1.08	175	47.5	450.0	11' 24" 0	511.9
S K	1.304	52.2	50.8	1.12	183	65.0	495.0	12' 14" 0	430.5
\bar{x} S D	1.182	46.2	40.3	1.02	175.5	53.0	483.8	11' 54" 5	450.9**
	0.139	5.9	8.8	0.07	8.4	7.0	29.6	36' 3	74.1
コントロール	1.085	45.2	38.0	0.91	179	58.0	405.0	11' 15" 0	334.4
H I	0.926	48.5	31.7	0.90	186	52.0	345.0	11' 04" 0	211.8
Y M	0.984	40.2	39.1	0.94	177	59.5	412.5	11' 04" 9	336.4
K N	0.920	36.5	36.0	1.03	153	64.5	318.0	10' 16" 0	368.1
A K	1.231	43.6	32.9	0.91	172	39.0	513.0	11' 29" 3	455.1
T S	1.531	46.7	57.3	1.11	192	80.0	513.0	12' 15" 0	342.6
\bar{x} S D	1.113	43.5	39.2	0.97	176.5	58.8	417.8	11' 14" 0	341.4
	0.215	4.0	8.5	0.08	12.3	12.4	74.8	35' 3	71.3

* : P < 0.05 † : P < 0.05 ** : P < 0.01 †† : P < 0.01

トレーニング前後

表 I-4. トレーニング前後の体力テストの記録

被験者	上体起こし回	トレーニング前			トレーニング後			握力 kg	立ち幅 cm	立位前屈 cm	上体起こし回	握力 kg	立ち幅 cm	立位前屈 cm	上体起こし回	握力 kg	立ち幅 cm	立位前屈 cm		
		立位前屈 cm	握力 kg	立ち幅 cm	シャトルラン 秒	800m走 分秒*	立位前屈 cm													
トレーニング I	21	15	10.5	11.9	14.2	4'01"	18	17	11.5	123	15.7	3'40"	3'34"	3'34"	3'41"	3'41"	3'40"	3'40"		
	20	9	8.5	13.4	14.4	3'43"	19	8	10.0	135	14.8	3'34"	3'34"	3'34"	3'41"	3'41"	3'40"	3'40"		
	27	8	9.5	13.5	13.8	3'44"	20	9	10.0	136	14.9	3'34"	3'34"	3'34"	3'41"	3'41"	3'40"	3'40"		
	21	6	11.0	13.4	15.0	3'58"	16	8	11.0	135	15.3	3'40"	3'40"	3'40"	3'45"	3'45"	3'40"	3'40"		
	18	9	11.0	14.9	14.5	3'50"	9	5	10.5	137	13.1	3'37"	3'37"	3'37"	3'41"	3'41"	3'37"	3'37"		
	17	9	13.5	14.7	13.9	4'29"	17	10	18.5	147	13.9	3'54"	3'54"	3'54"	3'45"	3'45"	3'45"	3'45"		
	\bar{x}	20.7	9.3	10.7	136.3	14.3	3'57"5	16.5†	9.5	11.9	135.5	14.6**	3'45"2	3'45"2	3'45"2	3'45"2	3'45"2	3'45"2	3'45"2	
トレーニング II	S D	3.2	2.8	1.6	9.9	0.4	15"6	3.6	3.7	3.0	7.0	0.9	10"9	10"9	10"9	10"9	10"9	10"9	10"9	
	Y M	19	7	11.5	142	13.5	3'58"	19	7	12.5	123	13.7	3'40"	3'40"	3'40"	3'39"	3'39"	3'39"	3'39"	
	H I	0	10	10.5	128	16.4	3'44"	5	14	11.0	129	14.9	3'38"	3'38"	3'38"	3'38"	3'38"	3'38"	3'38"	
	H Is	19	13	11.0	133	13.9	3'46"	15	15	10.0	136	14.7	3'38"	3'38"	3'38"	3'38"	3'38"	3'38"	3'38"	
	K K	22	-3	8.5	122	14.2	4'02"	21	-2	8.5	117	14.0	3'36"	3'36"	3'36"	3'35"	3'35"	3'35"	3'35"	
	Y O	21	9	11.5	148	13.9	4'05"	16	5	12.5	151	12.8	3'35"	3'35"	3'35"	3'42"	3'42"	3'42"	3'42"	
	K S	20	16	14.0	147	15.0	3'40"	17	15	12.0	140	12.3	3'42"	3'42"	3'42"	3'42"	3'42"	3'42"	3'42"	
トレーニング III	\bar{x}	16.8	10.0	11.2	136.7	14.5	3'52"5	15.5	9.0	11.1	132.7	13.7	3'41"†	3'41"†	3'41"†	3'41"†	3'41"†	3'41"†	3'41"†	
	S D	7.6	3.7	1.6	9.7	1.0	9"6	5.1	6.3	1.5	11.2	0.9	5"2	5"2	5"2	5"2	5"2	5"2	5"2	
	S M	17	4	10.0	130	13.9	4'05"	17	-1	9.0	146	13.4	3'37"	3'37"	3'37"	3'37"	3'37"	3'37"	3'37"	
	K Y	4	10	9.0	111	16.2	4'13"	11	9	9.5	115	15.1	3'52"	3'52"	3'52"	3'52"	3'52"	3'52"	3'52"	
	K Ya	16	7	13.0	139	15.4	3'56"	19	9	12.0	160	15.2	4'07"	4'07"	4'07"	4'07"	4'07"	4'07"	4'07"	
	N I	19	0	10.0	138	14.7	3'43"	22	3	9.0	123	13.7	3'32"	3'32"	3'32"	3'32"	3'32"	3'32"	3'32"	
	S K	23	9	8.0	130	15.8	3'50"	14	9	9.0	125	15.6	3'45"	3'45"	3'45"	3'45"	3'45"	3'45"	3'45"	
コントロール	R T	21	7	9.5	156	14.6	3'41"	23	8	8.0	156	13.8	3'36"	3'36"	3'36"	3'36"	3'36"	3'36"	3'36"	
	\bar{x}	16.7	6.2*	9.9	134.0	15.1*	3'54"7	17.7	6.2*	9.4	137.5	14.5†	3'44"8	3'44"8	3'44"8	3'44"8	3'44"8	3'44"8	3'44"8	
	S D	6.1	3.3	1.5	13.5	0.8	7	11"5	4.2	3.9	1.2	17.3	0.9*	11"9	11"9	11"9	11"9	11"9	11"9	11"9
	H I	19	5	9.5	126	14.5	3'53"	21	8	9.5	123	13.5	3'33"	3'33"	3'33"	3'33"	3'33"	3'33"	3'33"	
	Y M	18	10	8.5	126	14.6	3'40"	16	11	6.5	135	13.5	3'39"	3'39"	3'39"	3'39"	3'39"	3'39"	3'39"	
	K N	19	11	12.5	143	14.2	3'59"	20	13	12.0	135	13.5	3'41"	3'41"	3'41"	3'41"	3'41"	3'41"	3'41"	
	A K	22	16	10.5	143	13.7	3'58"	21	16	10.5	152	12.5	3'57"	3'57"	3'57"	3'57"	3'57"	3'57"	3'57"	
トレーニング前後	T S	23	17	12.0	165	13.0	3'39"	18	17	10.5	173	13.1	3'38"	3'38"	3'38"	3'38"	3'38"	3'38"	3'38"	
	M T	12	12	12.5	127	14.3	3'51"	15	9	13.5	143	13.5	3'33"	3'33"	3'33"	3'33"	3'33"	3'33"	3'33"	
	\bar{x}	18.8	11.8	10.9	138.3	14.1	3'50"0	18.5	12.3	10.4	143.5	13.3	3'40'2	3'40'2	3'40'2	3'40'2	3'40'2	3'40'2	3'40'2	
グループ間	S D	3.5	4.0	1.5	14.1	0.6	7"9	2.4	3.4	2.2	15.9	0.4†	8"1	8"1	8"1	8"1	8"1	8"1	8"1	
	* : P < 0.05	** : P < 0.01	† : P < 0.05	‡ : P < 0.01	†† : P < 0.01	††† : P < 0.01	†††† : P < 0.01	††††† : P < 0.01	†††††† : P < 0.01	††††††† : P < 0.01	†††††††† : P < 0.01	††††††††† : P < 0.01	†††††††††† : P < 0.01	††††††††††† : P < 0.01	†††††††††††† : P < 0.01	††††††††††††† : P < 0.01	†††††††††††††† : P < 0.01	††††††††††††††† : P < 0.01	†††††††††††††††† : P < 0.01	

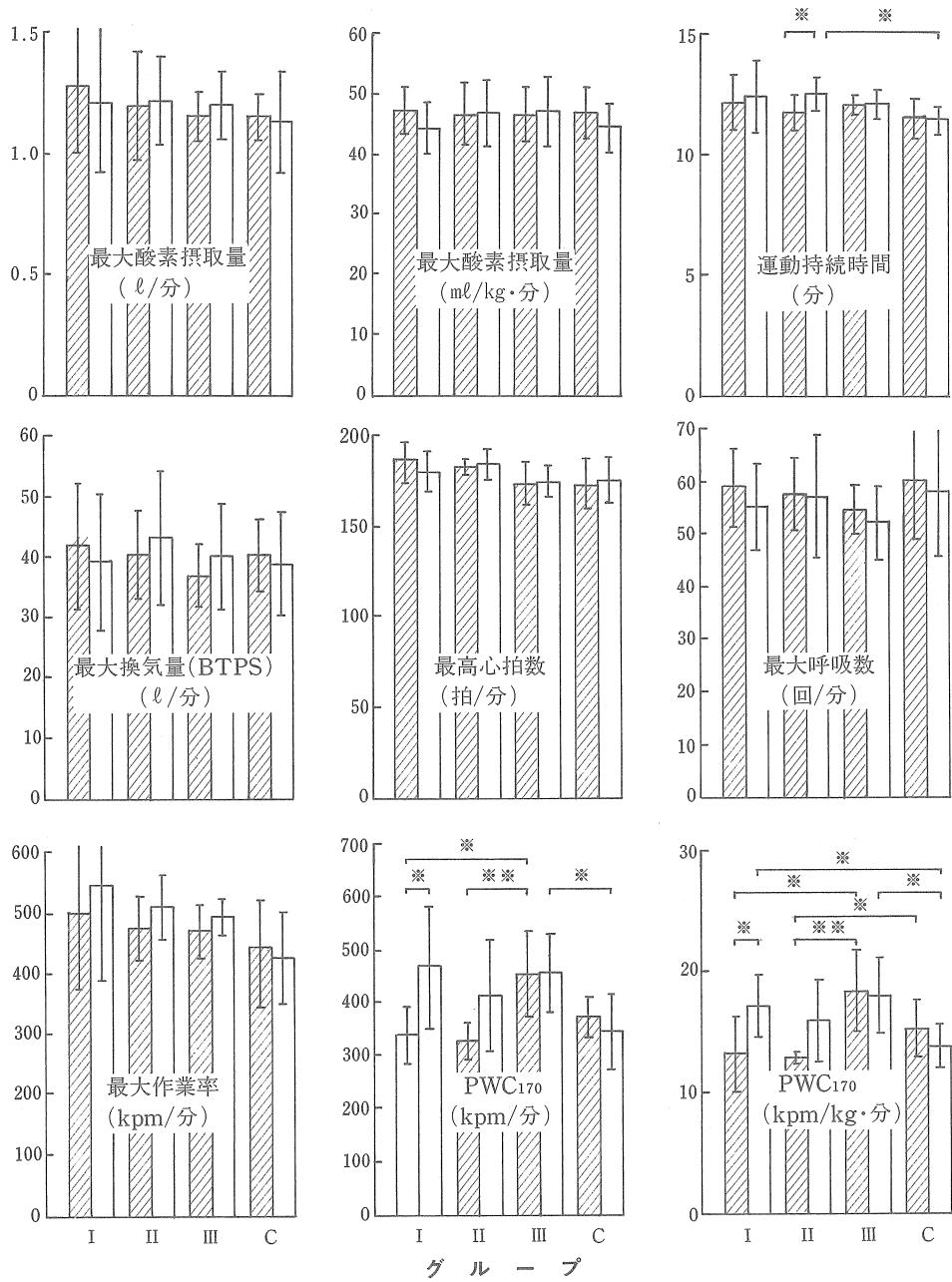
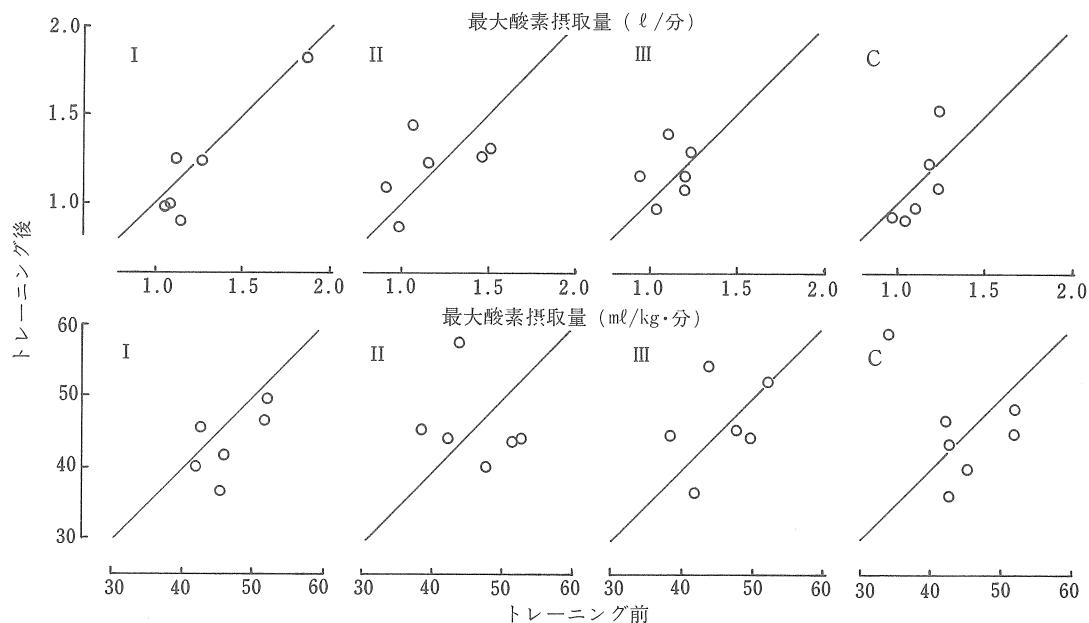


図 I - 1 負荷漸増最大運動テストの各パラメータに及ぼすトレーニングの効果

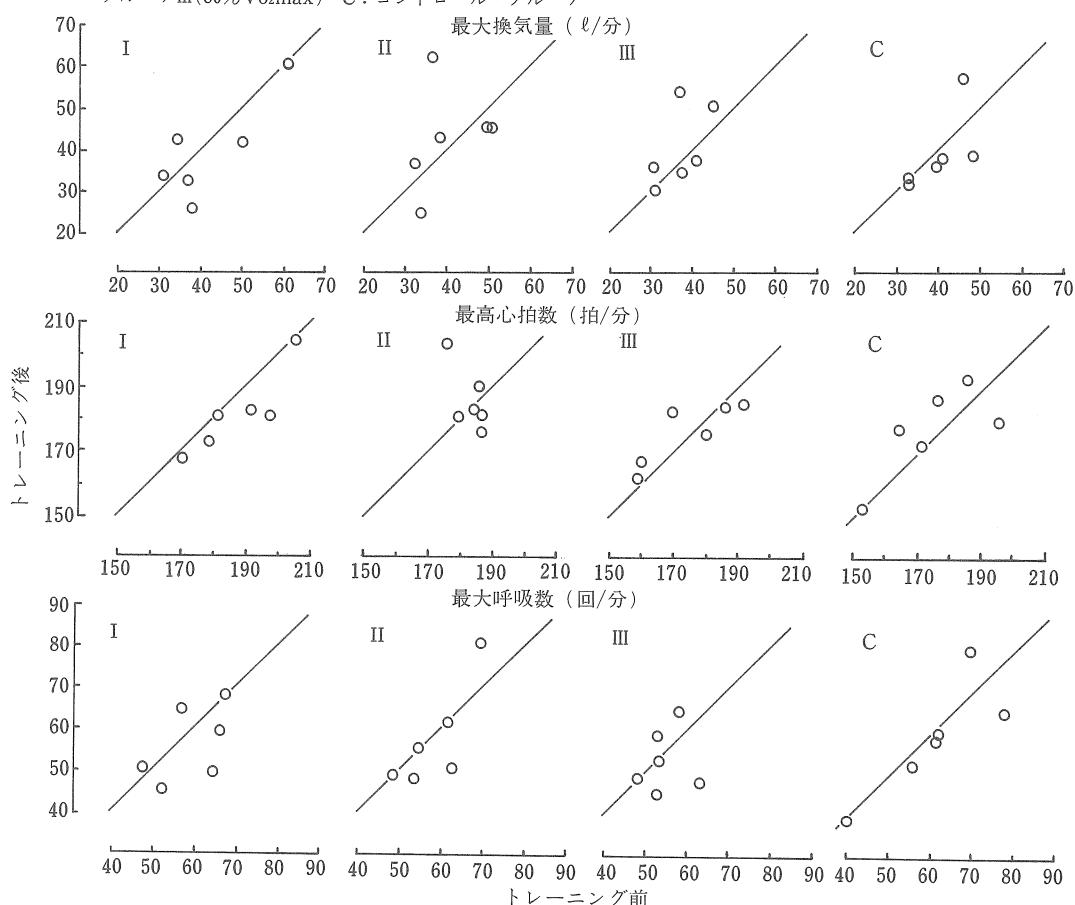
■: トレーニング前 □: トレーニング後

I : トレーニング・グループ I (60% $\dot{V}_{O2\max}$) II : トレーニング・グループ II (70% $\dot{V}_{O2\max}$) III : トレーニング・グループ III (80% $\dot{V}_{O2\max}$) C : コントロール・グループ * : P < 0.05 ** : P < 0.01



図I-2 各グループにおけるトレーニング前後の最大酸素摂取量の個人値

I : トレーニング・グループI (60% $\dot{V}o_{2\text{max}}$) II : トレーニング・グループII (70% $\dot{V}o_{2\text{max}}$) III : トレーニング・グループIII (80% $\dot{V}o_{2\text{max}}$) C : コントロール・グループ



図I-3 各グループにおけるトレーニング前後の最大換気量、最高心拍数および最大呼吸数の個人値

I : トレーニング・グループI (60% $\dot{V}o_{2\text{max}}$) II : トレーニング・グループII (70% $\dot{V}o_{2\text{max}}$) III : トレーニング・グループIII (80% $\dot{V}o_{2\text{max}}$) C : コントロール・グループ

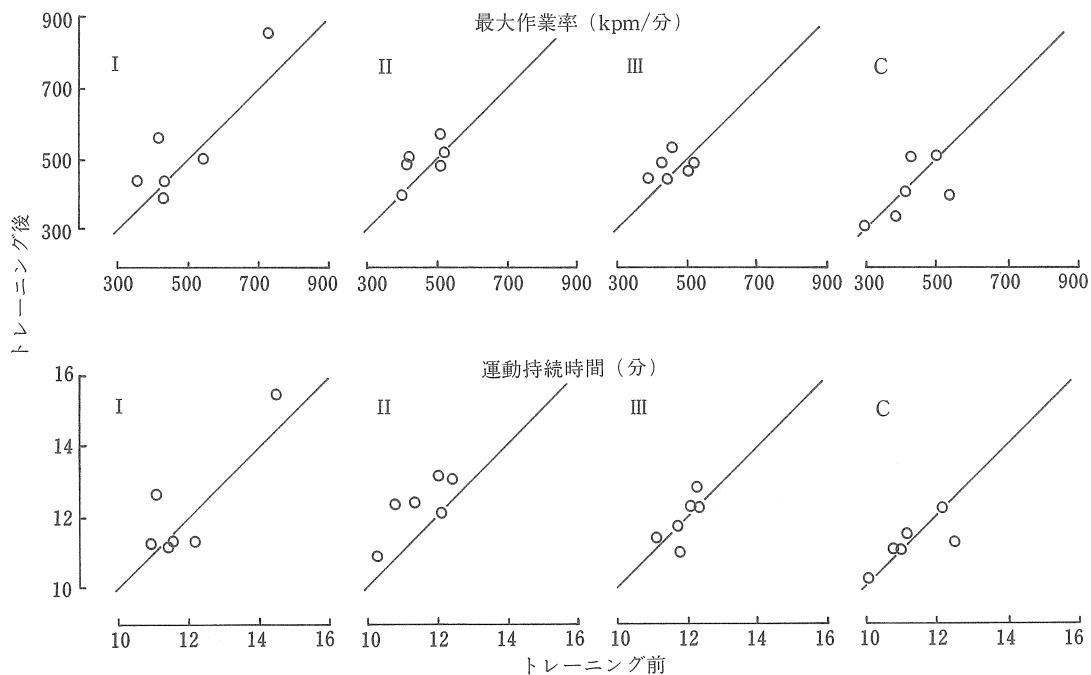


図 I-4 各グループにおけるトレーニング前後の最大作業率および運動持続時間の個人値
I : トレーニング・グループ I (60% $\dot{V}_{O2\text{max}}$) II : トレーニング・グループ II (70% $\dot{V}_{O2\text{max}}$) III : トレーニング・グループ III (80% $\dot{V}_{O2\text{max}}$) C : コントロール・グループ

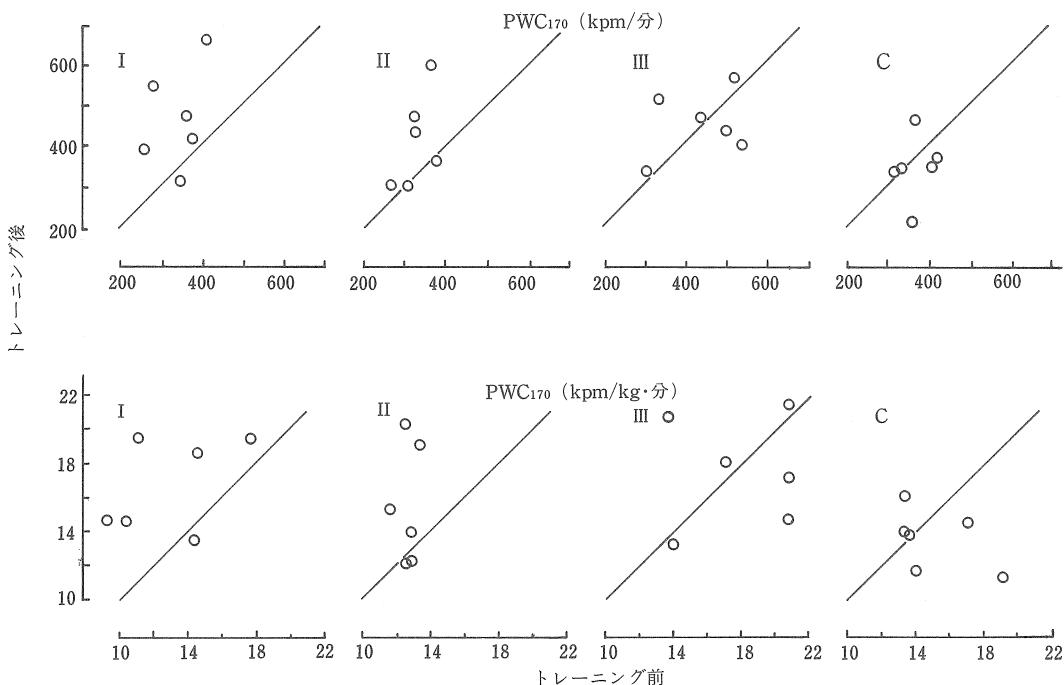


図 I-5 各グループにおけるトレーニング前後の PWC₁₇₀の個人値
I : トレーニング・グループ I (60% $\dot{V}_{O2\text{max}}$) II : トレーニング・グループ II (70% $\dot{V}_{O2\text{max}}$) III : トレーニング・グループ III (80% $\dot{V}_{O2\text{max}}$) C : コントロール・グループ

$P < 0.05$)。そして、その傾向はトレーニング後でも変化はみられなかった。

トレーニング後では、コントロール・グループにおいてシャトルランの記録が有意に伸びた ($P < 0.01$)ため、トレーニング・グループ I との間に有意な差が生じた ($P < 0.01$)。

各テスト項目ごとにトレーニング前後の平均値を図 I-6 に示した。800m走はトレーニングの前後ですべてのグループにおいて記録が伸びる傾向にあり、トレーニング・グループ II においては有意であった ($P < 0.05$)。その他の項目ではグループ間に特定の傾向が認められたものはなかった。

3. 学校生活中および体育授業中の心拍数

学校生活における心拍数の平均値、最高値および最低値を表 I-5 に示した。いずれの被験者においても、最高値は業間の休み時間で、最低は教室内での授業で出現した。これらの被験者のうち、最も平均的な値を示した被験者 NI(トレーニング・グループ III) の心拍数変動を図 I-7 に示した。NIにおいては、平均値は108拍/分、最高値は 194 拍/分および最低値は78拍/分であった。また、休み時間中の平均心拍数は138拍/分であり、心拍数が140拍/分以上のときは休み時間全体の42%を占めていた。

次に、体育授業中の心拍数の平均値、最高値および最低値を表 I-6 に示した。最高値の平均値は表 I-5 の学校生活中におけるそれよりも高かった。図 I-7 と同じ被験者 NI の体育授業中の心拍数変動と図 I-8 に示した。このときの平均値は130拍/分、最高値は196拍/分および最低値は84拍/分であった。心拍数が140拍/分以上であったのは授業全体の31%を占めていた。

4. トレーニング中の心拍数

トレーニング 4 週目のトレーニング中の心拍数を表 I-7 に示した。トレーニング・グループ I は予想された心拍数よりも実際の心拍数の方が 6 % 低かったが、トレーニング・グループ II および III は実際の心拍数の方が高かった (それぞれ、7 % および 5 %)。

表 I-5. 学校生活中の心拍数の平均値、最高値および最低値 (拍/分)

被験者	平均値	最高値	最低値
トレーニング I K T	118	184	84
T O	103	186	72
トレーニング II H I	116	198	78
Y O	105	184	68
トレーニング III K Ya	114	180	96
N I	108	194	78
R T	96	144	74
コントロール Y M	83	110	64
K N	105	190	70
T S	108	184	68
\bar{x}	105.6	175.4	75.2
S D	10.0	25.9	8.9

表 I-6. 体育授業中の心拍数の平均値、最高値および最低値(拍/分)

被験者	平均値	最高値	最低値
トレーニング I R S	139	206	82
N I	117	179	76
K T	137	187	100
T S	129	188	98
E T	139	204	92
トレーニング II Y M	137	186	104
H I	132	178	91
K K	112	144	88
Y O	128	170	92
K S	140	190	112
トレーニング III K Ya	115	174	92
N I	130	196	84
S K	138	188	115
R T	130	188	96
コントロール H I	132	188	100
K N	148	194	100
A K	123	178	83
T S	132	187	93
M T	127	180	97
\bar{x}	130.8	184.5	94.5
S D	9.0	13.1	9.8

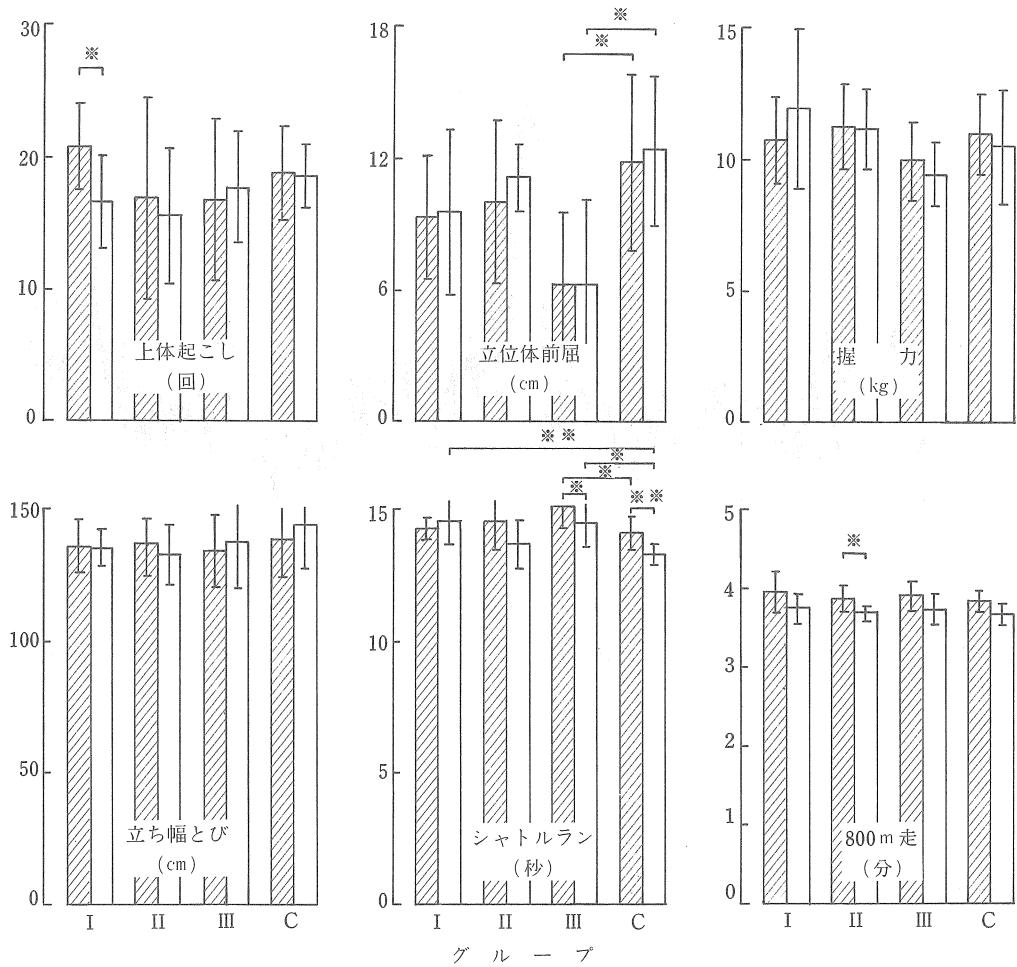


図 I-6 体力テストの各記録に及ぼすトレーニングの効果

■: トレーニング前 □: トレーニング後

I: トレーニング・グループ I (60% $\dot{V}_{O_{2\max}}$) II: トレーニング・グループ II (70% $\dot{V}_{O_{2\max}}$)

III: トレーニング・グループ III (80% $\dot{V}_{O_{2\max}}$) C: コントロール・グループ

※: $P < 0.05$ ※※: $P < 0.01$

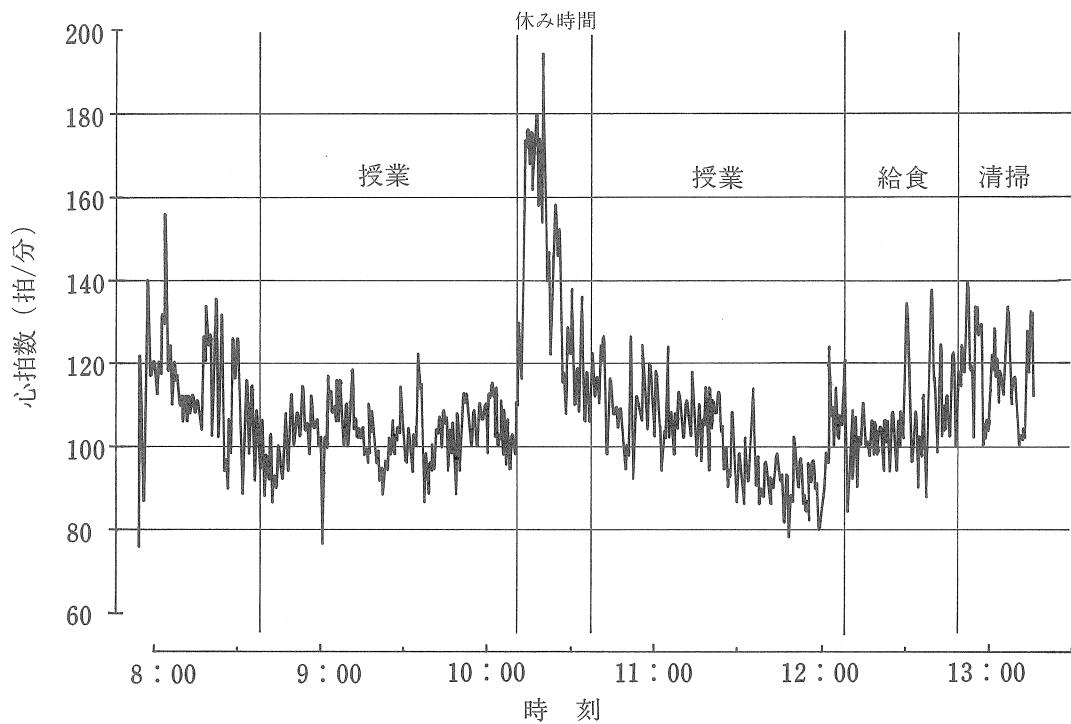


図 I-7 被験者 N·I (トレーニング・グループIII) の学校生活中の心拍数

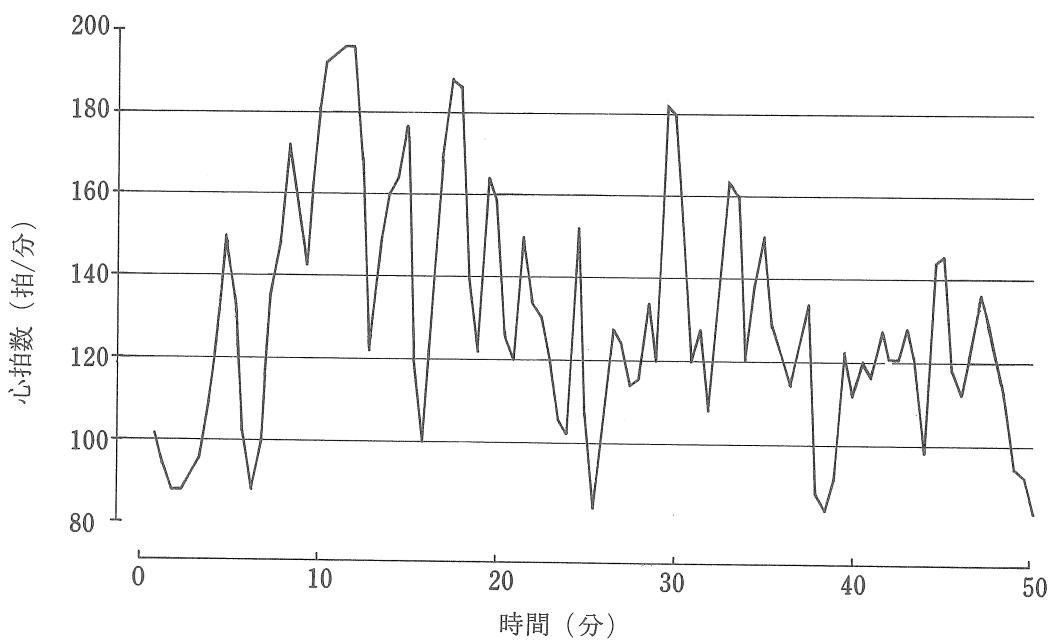


図 I-8 被験者 N·I (トレーニング・グループIII) の体育授業中の心拍数

表 I -7. トレーニング前の負荷漸増最大運動テストの結果より予想されたトレーニング中の心拍数および実際のトレーニング中の心拍数

被験者	予想された心拍数(拍/分)	実際の心拍数(拍/分)
トレーニング I		
R S	135	137
N I	128	123
T S	139	117
\bar{x}	134.0	125.7
S D	4.5	8.4
トレーニング II		
Y M	147	156
H I	144	162
K S	159	164
\bar{x}	150.0	160.7
S D	6.5	3.4
トレーニング III		
S M	129	129
N I	165	173
R T	158	173
\bar{x}	150.7	158.3
S D	15.6	20.7

<考察>

本研究における被験者の $\dot{V}O_{2\text{max}}$ は、同じくらいの年齢の被験者を用いてこれまでに報告された値¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾²⁰⁾²⁶⁾³⁶⁾ と同様であり、本研究の被験者たちの有酸素的能力はごく平均的なものであったと考えられる。

これまでに思春期前の児童を対象としたいくつかの研究は、トレーニングによって体重当たりの $\dot{V}O_{2\text{max}}$ が増加したということを報告している。⁶⁾¹⁹⁾²²⁾²⁴⁾³³⁾ これらとは反対に、思春期前にトレーニングを行なっても体重当たりの $\dot{V}O_{2\text{max}}$ は増加しないことを示した報告も多い。¹⁾⁵⁾⁸⁾¹²⁾¹⁶⁾¹⁸⁾²⁹⁾³¹⁾³⁵⁾³⁷⁾³⁸⁾³⁹⁾⁴⁰⁾

体重当たりの $V_{O2\text{max}}$ が増加したという報告の中で、加賀谷たち¹⁹⁾は11～12歳の男女に88% $\dot{V}O_{2\text{max}}$ の強度で5分間、全部で30回のランニングを行なわせ、Koch と Eriksson²²⁾は、11～13歳の男子に1日60分、週3日、16週間のインターバル・トレーニングを課した。また、Lussier と Buskirk²²⁾は、8～12歳の男女に対して、80% $\dot{V}O_{2\text{max}}$ に相当する強度での1日10～35分、週4日、12週間のランニングを用いた。Vaccaro と Clarke³³⁾は、抵抗運動および3000～10000 ヤード

の水泳を週4日、7ヶ月間9～11歳の男女に課した。一方、Massicotte と Macnab²⁵⁾は、トレーニング・グループを3グループつくり、それぞれ心拍数が170～180、150～160、130～140拍/分となる強度の自転車エルゴメータこぎを1日12分間、週3日、6週間にわたって11～13歳の男子に行なわせた。その結果、最も強度の高かったグループだけに $\dot{V}O_{2\text{max}}$ の増加がみられたと報告した。

トレーニングによって体重当たりの $\dot{V}O_{2\text{max}}$ に変化がなかったという報告では、浅野たち¹⁾が10～11歳の男女に、週3～4日、8週間、1日1000～2000mの水泳を行なわせた。Eriksson⁸⁾は、1日60分、週3日、16週間の70～80% $\dot{V}O_{2\text{max}}$ に相当するインターバル・ランニングやボール運動などを、また1日20～50分、週3日、6週間の70% $\dot{V}O_{2\text{max}}$ の強度の自転車エルゴメータこぎを11～13歳の男子に課した。伊藤たち¹⁸⁾は6～12歳の男女に対して1日1時間、週1～3日、1年間の水泳を用いた。Stewart と Gutin³¹⁾は週4日、8週間の pace run または all-out run を10～12歳の男子に行なわせた。Yoshida たち³⁷⁾は、1日 750～1500mのランニングを1群に週1日および他の1群に週5日の割合で、それぞれ14ヶ月間にわたって5歳の男女に行なわせた。吉村³⁸⁾は、10～11歳の男女に対して週3日、15週間の5分走をトレーニングに用いた。Yoshizawa³⁹⁾は、13歳の男子に自転車エルゴメータを用いて1群に毎日および他の1群に隔日の11週間のトレーニングを、7分30秒こぎ続けられる強度で5分間行なわせた。吉沢⁴⁰⁾は、2/3 $\dot{V}O_{2\text{max}}$ の強度の1日10分、週3日、8週間の自転車エルゴメータこぎを13歳の男子に課した。

このように、トレーニングの様式、強度、時間、頻度、期間などが研究者によってさまざまであり、思春期前児童の体重当たりの $\dot{V}O_{2\text{max}}$ がトレーニングによって増加するかどうかについては統一された結果が示されていない。

そこで、本研究では成人を対象として得られた $\dot{V}O_{2\text{max}}$ を基準とする強度と時間の組み合わせ³²⁾をもとに、思春期前の児童に対してトレーニングを行なわせたが、どのトレーニング・グループにも $\dot{V}O_{2\text{max}}$ の変化は認められなかった。

Bar-Or²⁾は、思春期前児童において $\dot{V}o_{2\text{max}}$ のトレーニング効果が得にくいのは日常の活動水準が高いためであるとしている。活動水準が平均的である児童の心拍数の1例（図I-7）からわかるように、子供たちが自由に遊んでいるときの運動強度はかなり高いものである。

遊びと同様、子供たちが活発に活動する時間として体育授業がある。図I-8に示した授業では、前半になわとび、後半でリレーを行なっていたが、心拍数が180拍/分を越えるときが3回もあり、平均129.8±28.6拍/分であった。体育授業では運動が間歇的であったということを考慮すると、動いているときはかなり高い水準であるということがわかる。

本研究における被験者のトレーニング中の心拍数は最も高い者で173拍/分であった。このように、子供たちは日常生活の中の遊びや週に3回ある体育授業において高い水準で運動を行なっているために、トレーニングが $\dot{V}o_{2\text{max}}$ を増加させるのに十分な強度となっていたいなかったのかもしれない。

平均値でみると $\dot{V}o_{2\text{max}}$ はトレーニングの前後で変化しなかったが、個人値でみるとトレーニング後の値の方がかなり大きい被験者もいた。このことは、普段あまり活発に遊ばない子供にとっては、本研究のトレーニング強度が $\dot{V}o_{2\text{max}}$ を増加させるのに十分であったという可能性もあり、日常の遊び方がトレーニングによって $\dot{V}o_{2\text{max}}$ を増加させられるかどうかの鍵となっていることは十分に考えられることである。

本研究では、PWC₁₇₀はトレーニング・グループIにおいて有意に増加し、トレーニング・グループIIにおいても増加の傾向を示した。GaislとBuchberger⁹⁾、Yoshizawa³⁹⁾および吉沢⁴⁰⁾もトレーニングによってPWC₁₇₀が増加したと報告した。PWC₁₇₀が増加したということは同一作業率に対する心拍数が減少したということであり、これまでに示されている最大下作業での心拍数が減少したという報告⁷⁾²²⁾²⁴⁾²⁵⁾³¹⁾³³⁾³⁷⁾とも一致している。

体力テストでは、グループごとに特定の傾向がみられたのは800m走だけであった。すなわち、いずれのグループでもトレーニング後に記録の伸びる傾向がみられ、特にトレーニング・グループ

IIの伸びは有意であった。このことは、子供の自然の発育によって800m走のパフォーマンスが伸びるということを示唆している。

Saltin³¹⁾は、成人では若ければ若いほど有酸素的能力のトレーニング効果が得られると指摘し、また得られるトレーニング効果は被験者のトレーニング前の体力レベルに関係するとしている。しかし、このことが思春期前の子供にもあてはまるかどうかを示した報告はない。Bar-Or³⁾は、思春期前の子供の有酸素的能力のトレーナビリティは、思春期の子供や成人よりも低いことを指摘した。また、Bar-Or²⁾は、10歳という年齢を境に有酸素的能力のトレーナビリティが変わることを示唆した。

これまでの研究では、トレーニングによって $\dot{V}o_{2\text{max}}$ に増加がみられたという報告の被験者はみな10歳以上であり、10歳未満の年齢では $\dot{V}o_{2\text{max}}$ の増加がみられていない。しかし、10、13および16歳の1卵性双性児にトレーニングを行なわせたWeberたち³⁴⁾の報告のように、10歳と16歳のグループは $\dot{V}o_{2\text{max}}$ に有意な増加がみられたが、13歳のグループには増加が認められなかつた例もある。したがって、10歳という年齢が $\dot{V}o_{2\text{max}}$ を増加させることの出来る境界年齢であるかどうかは議論のあるところである。

本研究では、成人で得られた持久性体力向上のための運動処方の原理³²⁾を思春期前の児童に適用した。その結果、トレーニングによってPWC₁₇₀、運動持続時間および800m走に代表されるパフォーマンスには有意な伸びが認められたが、 $\dot{V}o_{2\text{max}}$ には増加がみられなかつた。今回はトレーニング時間が最も長いものでも15分しかなかつたので、今後はさらに長い時間と種々の強度を組み合わせた場合のトレーニング効果を検討する必要があろう。また $\dot{V}o_{2\text{max}}$ のトレーニング効果を得る境界年齢があるかどうかかも問題として残された。

<要約>

1. 思春期前児童に対して、成人で得られた持久性体力向上のための運動処方の原理をあてはめ、全身持久性および体力一般に対するトレーナビリティを検討した。
2. 8歳の男児24人を被験者として、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なった。

3. 被験者の最大酸素摂取量の平均値がほぼ同じになるようにトレーニング・グループI (60% $\dot{V}O_{2\text{max}} \times 15$ 分, n=6), トレーニング・グループII (70% $\dot{V}O_{2\text{max}} \times 10$ 分, n=6), トレーニング・グループIII (80% $\dot{V}O_{2\text{max}} \times 5$ 分, n=6) およびコントロール・グループ(n=6)に分けた。トレーニングには自転車エルゴメータを用い、頻度は週3日、期間は4週間とした。

4. トレーニング・グループおよびコントロール・グループとも、実験期間の前後で最大酸素摂取量、最大換気量および最高心拍数に変化は認められなかった。最大作業率はいずれのトレーニング・グループにおいても増加の傾向がみられた。運動持続時間はトレーニング・グループIIにおいて有意に増加した ($P < 0.05$)。PWC₁₇₀はトレーニング・グループIおよびIIにおいて増加の傾向がみられ、前者の差は有意であった ($P < 0.05$)。800m走の記録はすべてのグループで伸びる傾向にあった。

5. 以上の結果から、思春期前の児童の場合、日常生活での運動が活発であるため、本実験条件程度のトレーニングでは発育によるパフォーマンスの発達に対しては若干の貢献はあっても、最大酸素摂取量に対する発達刺激にはならないと結論された。

＜謝辞＞

習志野市立大久保小学校教頭三橋啓輔先生を始め、第2学年クラス担任の麻生博子先生、張本期代美先生および石橋智子先生に絶大の御協力を戴き、深甚なる感謝の意をここに表わします。

文 献

- 1) 浅野勝己、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.
- 2) Bar-Or, O.: Pediatric Sports Medicine for the Practitioner. Springer-Verlag : Berlin, 1983.
- 3) Bar-Or, O.: The growth and development of children's physiologic and perceptual responses to exercise. In: Ilmarinen, J. and I. Välimäki(eds.) Children and Sport. pp. 3-17, Springer-Verlag : Berlin, 1984.
- 4) 千葉県企画部統計課：千葉県統計年鑑：1984.
- 5) Daniels, J. and N. Oldridge : Changes in oxygen consumption of young boys during growth and running training. Med. Sci. Sports 3: 161-165, 1971.
- 6) Döbeln, W. v. and B. O. Eriksson : Physical training, maximal oxygen uptake and dimensions of the oxygen transporting and metabolizing organs in boys 11-13 years of age. Acta Paediat. Scand. 61: 653-660, 1972.
- 7) Ekblom, B. : Effect of physical training in adolescent boys. J. Appl. Physiol. 27: 350-355, 1969.
- 8) Eriksson, B. O. : Physical training, oxygen supply and muscle metabolism in 11-13-year old boys. Acta Physiol. Scand. Suppl. 384: 1972.
- 9) Gaisl, G. and J. Buchberger : Changes in the aerobic-anaerobic transition in boys after 3 years of special physical education. In: Ilmarinen, J. and I. Välimäki (eds.) Children and Sport. pp. 156-161, Springer-Verlag : Berlin, 1984.
- 10) Gilliam, T. B., V. L. Katch, W. Thorland, and A. Weltman : Prevalence of coronary heart disease risk factors in active children, 7 to 12 years of age. Med. Sci. Sports 9: 21-25, 1977.
- 11) Gilliam, T. B., S. Sady, W. G. Thorland, and A. L. Weltman : Comparison of peak performance measures in children ages 6 to 8, 9 to 10, and 11 to 13 years. Res. Quart. 48: 695-702, 1977.
- 12) 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.
- 13) Ikai, M. and K. Kitagawa : Maximum oxygen uptake of Japanese related to sex and age. Med. Sci. Sports 4: 127-131, 1972.
- 14) 石河利寛、形本静夫、吉田敬義：ステップテスト時の心拍応答による若年者の持久性評価の可能性について、体育科学 2: 42-51, 1974.
- 15) 石河利寛(編)：子どもの発達と体育指導、大修館書店：東京, 1978.
- 16) 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カ年のまとめ—: 103-125, 1981.
- 17) 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.

- 18) 伊藤 朗, 正村考至, 星 憲, 鈴木浩二, 鈴木政登, 塩田正俊, 杉浦崇夫, 山口幸雄, 桑島由紀子：発育に伴う（6～12歳） Vo_2max の変化とトレーニングの影響。第29回日本体育学会大会号：244, 1978.
- 19) 加賀谷憲彦, 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.
- 20) 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ー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.
- 21) Kobayashi, K., K. Kitamura, M. Miura, H. Sodeyama, Y. Murase, M. Miyashita and H. Matsui : Aerobic power as related to body growth and training in Japanese boys : a longitudinal study. J. Appl. Physiol. : Respirat. Environ. Exercise Physiol. 44 : 666-672, 1978.
- 22) Koch, G. and B. O. Eriksson : Effect of physical training on pulmonary ventilation and gas exchange submaximal and maximal work in boys aged 11 to 13 years. Scand. J. clin. Lab. Invest. 31 : 87-94, 1973.
- 23) Larson, L. A. (ed.) : Fitness, Health, and Work Capacity : International Standards for Assessment. Macmillian : New York, 1974.
- 24) Lussier, L. and E. R. Buskirk : Effects of an endurance training regimen on assessment of work capacity in prepubertal children. Ann. New York Acad. Sci. 301 : 734-747, 1977.
- 25) Massicotte, D. R. and R. B. Macnab : Cardiorespiratory adaptations to training at specified intensities in children. Med. Sci. Sports 6 : 242-246, 1974.
- 26) 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.
- 27) 文部省体育局：昭和58年度体力・運動能力調査報告書 : 1984.
- 28) 日本体育協会：基礎体力向上事業担当指導者“研修テキスト”：1983.
- 29) 小川新吉, 勝田 茂, 今野道勝, 中嶋英昭：発育期における持久性トレーニングが呼吸循環機能に及ぼす影響（第1報）。体育学研究 13 : 83-91, 1968.
- 30) Saltin, B. : Physiological effects of physical conditioning. Med. Sci. Sports 1 : 50-56, 1969.
- 31) Stewart, K. and B. Gutin : Effects of physical training on cardiorespiratory fitness in children. Res. Quart. 47 : 110-120, 1976.
- 32) 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.
- 33) Vaccaro, P. and D. H. Clark : Cardiorespiratory alterations in 9 to 10 year old children following a season of competitive swimming. Med. Sci. Sports 10 : 204-207, 1978.
- 34) Weber, G., W. Kartodihardjo, and V. Klissouras : Growth and physical training with reference to heredity. J. Appl. Physiol. 40 : 211-215, 1976.
- 35) 山西哲郎：持久走の持続時間についての研究。体育科学 1 : 152-158, 1973.
- 36) 吉田敬義, 石河利寛：少年の運動に対する循環反応の特徴と持久性評価に関する生理学的研究。体育学研究 21 : 255-263, 1977.
- 37) Yoshida, 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.
- 38) 吉村雅道：小学校期における運動処方のこころみ。体育の科学 21 : 248-251, 1971.
- 39) Yoshizawa, S. : The studies on the effect of training on aerobic work capacitien in adolescents. Res. Cent. Phys. Ed. 1 : 14-23, 1973.
- 40) 吉沢茂弘： Vo_2max の65～70%負荷によるトレーニング効果。体育科学 2 : 266-269, 1974.

II 小学生男子に対す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 奥山秀雄¹⁾ 角田直也²⁾

はじめに

筋力トレーニングが最大筋力や筋断面積の増大をひきおこすことは、すでに多くの報告⁴⁾⁵⁾⁸⁾により明らかにされてきている。しかし、これらの研究は、ほとんどが思春期以後の青少年や成人を対象にしたものである。

思春期前の児童に対しては筋力トレーニングなどは課すべきではないとの意見が強い。その理由としては、発育・発達の充分でない子供に対して強いトレーニング刺激が身体の発達にマイナスに作用するであろうとの推察があげられる。しかし、これらの推察は実験的に確かめられたものではない。

一方、文部省の報告によれば、近年、児童・生徒の身長は年々大きくなっているが、背筋力は身長の伸びに見合った増加を示さないばかりか、むしろ減少する傾向をみせている。この事実は、児童に対しても筋力を向上させるような運動刺激の必要なことを示している。

そこで、本研究では、思春期前と考えられる小学校男子児童を対象に、腕立伏臥腕屈伸運動を定期的に実施することにより、それらの運動が筋力および筋断面積に与える効果をみようとするものである。

方法

<被験者>

被験者は東京都内の小学校1年生、3年生、5年生の男子児童各20名（1年生は19名）で、各学年ともトレーニング群10名、コントロール群10名（1年生は9名）であった。被験者の年齢、身長、体重は各学年ごとにトレーニング前後の平均値と標準偏差で表II-1に示した。

<トレーニング>

各学年のトレーニング群は、腕立伏臥腕屈伸を運動負荷とした筋力トレーニングを行った。トレ

ーニングの条件は、各人の最高反復回数の1/2の回数を1セットとし、3セットを1日の負荷として、週3日のトレーニングを8週間行うものであった。ただし、トレーニング前に測定した最大反復回数が9回以下の被験者については、膝つき腕立腕屈伸を運動負荷として、反復回数20回を1セットとして1日に3セット実施するものとした。また、トレーニング期間の中間で、最大反復回数を測定し、トレーニング回数を改めて設定した。腕屈伸運動の運動速度は、4秒間に1回の割合で腕屈伸運動が終了できるように設定し、号令にあわせて行った。また、屈曲時の肘関節角度は90度以下に、および運動中の股関節角度は常に180度になるよう充分注意した。

<測定>

測定は、トレーニング期間の前後に行った。測定項目は上腕長、上腕囲、上腕の横断面積（筋、皮下脂肪、骨）および腕屈曲、伸展の等尺性最大筋力および動的筋力であり、右腕のみを対象とした。また、トレーニング期間の前後とトレーニング中間期に腕立伏臥腕屈伸の最大反復回数を測定した。

上腕長は、上肢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を、上腕囲は肩峰点から遠位60%の部位における水平周径を、ステイラー製メジャーを用いてそれぞれ測定した。上腕の横断面像は、超音波法を用いて上腕囲測定部位と同部位で撮影した。撮影した上腕の横断面写真から全体の横断面積と筋（腕屈曲筋群と腕伸展筋群）、皮下脂肪および骨の各横断面積をデジタイザを用いてそれぞれ算出した。また、上腕の横断面写真からの上腕囲をキルビメーターを用いて測定した。

腕屈曲・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

¹⁾ 東京大学教養学部 ²⁾ 国立館大学体育学部

るよう固定して行った。腕屈曲・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。運動速度は $60^{\circ}\cdot\text{sec}^{-1}$, $180^{\circ}\cdot\text{sec}^{-1}$, $300^{\circ}\cdot\text{sec}^{-1}$ 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腕屈曲、および肘関節角90度から完全伸展までの腕伸展運動を交互に3回ずつ各運動速度で測定した。各運動速度で発揮したピーク・フォースの値を等速性最大筋力とした。

なお、測定に先立ち、Cybex II の測定精度を、測定棹にストレンジロードセルを接続する方法で行い、Cybexとロードセルとの値を比較したところ、力の最大値における両者の間の差は約2%であった。

結果と考察

各測定項目におけるトレーニング前後の変化とその考察を以下に記述した。

<形態>

①身長・体重

身長および体重は、各学年においてトレーニング群、コントロール群ともにほぼ同様な割合（トレーニング群：平均0.6~1.0%，コントロール群

平均1.4~3.4%）で増加した（表II-1）。これらの増加は、5年生におけるコントロール群の体重をのぞいてすべて統計的に有意なものであった。本研究で対象となった被験者の体格は、文部省体育局のまとめた58年度年次統計の平均値⁶⁾と較べて、1年生は身長・体重ともに大きく、3年生と5年生は、身長・体重ともほぼ同じ値であった。

②上腕長・上腕囲

表II-2に上腕長および上腕囲の変化を示した。上腕長は、いずれの学年においても有意な変化がみられなかった。テープメジャーで測定した上腕囲は、身長や体重が有意に増加したにもかかわらず、1年生とトレーニング群、コントロール群では、ともに有意な変化がみられず、3年生と5年生ではトレーニング群、コントロール群ともに減少する傾向がみられた。しかし、上腕の超音波横断面像から求めた上腕囲は、1年生、3年生、5年生とも増加する傾向がみられ、とくに、各学年におけるトレーニング群では有意な増加($p<0.01$, $p<0.01$, $p<0.05$)を示した。テープメジャーでの上腕囲測定値が減少した原因としては、トレーニング前後の測定が異なる2名の検者によって行われたことが考えられる。体肢周径囲をテープ

表II-1 各学年における被験者の年齢とトレーニング前後の身長および体重の変化 (Mean±S.D)

Grade	Group	Age(yrs)	Body Height (cm)			Body Weight (kg)			△
			Before	After	△	Before	After	△	
1st	Training	6.5 ± 0.5	123.0 ± 3.1	124.1 ± 3.3	1.1 ^a	24.3 ± 2.4	25.2 ± 2.4	0.9 ^a	
	Control	6.9 ± 0.3	121.5 ± 3.6	122.7 ± 3.7	1.2 ^a	23.6 ± 2.9	24.2 ± 2.7	0.6 ^b	
3rd	Training	8.6 ± 0.5	127.9 ± 3.0	128.7 ± 3.1	0.8 ^a	26.7 ± 2.0	27.5 ± 1.9	0.8 ^a	
	Control	8.6 ± 0.5	128.4 ± 3.2	129.4 ± 3.4	1.0 ^a	26.6 ± 2.8	27.2 ± 2.8	0.6 ^b	
5th	Training	10.6 ± 0.5	138.5 ± 2.6	139.8 ± 2.9	1.3 ^a	34.6 ± 6.1	35.7 ± 5.8	1.1 ^b	
	Control	10.7 ± 0.5	139.0 ± 5.7	140.4 ± 5.9	1.4 ^a	34.4 ± 6.4	34.8 ± 6.5	0.4	

^a: $p<0.001$, ^b: $p<0.01$

表II-2 トレーニング前後の上腕長および上腕囲の変化 (Mean±S.D)

Grade	Group	Length of upper arm(cm)			△	Circumference(cm)			△	Circumference by CSA(cm)		
		Before	After	△		Before	After	△		Before	After	△
1st	Training	22.4 ± 1.1	22.3 ± 0.7	-0.1	17.4 ± 1.3	17.4 ± 1.2	0	17.8 ± 1.3	18.3 ± 1.3	0.5 ^b		
	Control	21.7 ± 1.1	22.0 ± 0.9	0.3	17.1 ± 1.7	17.1 ± 1.7	0	17.6 ± 1.3	17.8 ± 1.6	0.2		
3rd	Training	23.6 ± 0.9	23.6 ± 1.0	0	18.0 ± 0.7	17.8 ± 0.8	-0.2	17.7 ± 0.8	18.1 ± 1.0	0.4 ^b		
	Control	23.1 ± 0.5	23.5 ± 0.5	0.4	17.9 ± 1.5	17.6 ± 1.4	-0.3	17.8 ± 1.2	17.9 ± 1.4	0.1		
5th	Training	25.8 ± 1.1	26.0 ± 1.2	0.2	20.7 ± 2.5	20.3 ± 2.3	-0.4	20.5 ± 2.4	20.7 ± 2.3	0.2 ^b		
	Control	25.7 ± 1.1	25.5 ± 1.3	-0.2	20.7 ± 2.4	20.2 ± 2.4	-0.5	20.3 ± 2.5	20.5 ± 2.6	0.2		

^b: $p<0.01$

表II-3 トレーニング前後の上腕の組織断面積の変化 (Mean±S.D(cm²))

Grade	Group	Whole			Fat			Bone			△	
		Before	After	△	Before	After	△	Before	After	△		
1st	Training	24.8±3.3	26.4±3.6	1.6 ^b	11.1±4.1	12.4±4.7	1.3 ^a	1.5±0.3	1.4±0.3	-0.1		
	Control	25.0±4.3	25.8±5.4	0.8	10.7±3.5	11.5±4.7	0.8	1.5±0.3	1.5±0.2	0		
3rd	Training	24.1±2.0	25.8±2.5	1.7 ^b	9.7±1.9	10.6±2.7	0.9 ^c	1.5±0.2	1.5±0.2	0		
	Control	26.5±3.7	26.0±4.4	0.4	10.4±2.5	11.0±3.4	0.6	1.7±0.2	1.5±0.2	-2		
5th	Training	33.6±9.6	35.1±9.3	1.5 ^b	15.7±9.4	16.4±8.9	0.7	1.8±0.3	1.9±0.3	0.1		
	Control	33.8±9.3	34.1±9.5	0.3	15.6±9.0	16.5±9.7	0.9	1.9±0.4	1.8±0.4	-0.1		
Muscle												
Grade	Group	Before	After	△	m. Extensor	Before	After	△	m. Flexor	Before	After	△
		12.2±1.2	12.4±1.3	0.2	6.6±0.9	7.2±1.0	0.6 ^b	5.7±0.5	5.2±0.7	-0.5 ^c		
1st	Training	12.8±1.2	12.9±1.3	0.1	7.3±0.9	7.4±0.9	0.1	5.5±0.5	5.5±0.5	0		
	Control	12.9±0.9	13.6±1.1	0.7	7.1±0.8	7.8±0.8	0.7 ^b	5.9±0.6	5.8±0.7	-1		
3rd	Training	13.4±2.1	13.4±2.0	0	7.6±1.3	7.6±1.3	0	5.8±1.0	5.9±0.8	0.1		
	Control	16.1±1.7	16.7±1.9	0.6	9.6±1.3	9.5±1.4	-0.1	6.6±0.5	7.2±1.1	0.6		
5th	Training	16.2±2.2	15.7±1.9	-0.5	9.2±1.4	8.4±1.3	-0.6 ^c	7.1±1.1	7.3±1.0	0.2		

^a : p<0.001, ^b : p<0.01, ^c : p<0.05 Mean±S.D(cm²)

メジャーで測定した場合、そのメジャーのしめ具合などにより測定値にかなりの変動がみられるることは経験的にも明らかにされている。また、しめ具合を同じ強さにしたとしても、被験者の皮膚や筋の弾力性の個人差からその測定値に変動が生ずることが考えられる。従って、本研究のようにわずかな差（1 cm以内）の周径囲測定値をテープメジャー測定値から検討することは不可能であるといってよいであろう。

③上腕横断面積（全体、筋、皮下脂肪、骨）

上腕の全体、筋、皮下脂肪および骨の横断面積の変化は表II-3に示した。

上腕の全断面積は、各学年とも増加を示した。1年生のトレーニング群では6.3%，コントロール群では3.3%，3年生のトレーニング群では6.8%，コントロール群では1.6%，5年生のトレーニング群では4.9%，コントロール群では1.1%といずれの学年においてもトレーニング群の方がコントロール群よりも高い増加率を示した。各学年のトレーニング群におけるこれらの増加は、トレーニング前の値に対して1%水準でそれぞれ有意なものであった。

筋断面積は、1年生のトレーニング群で1.8%，コントロール群で0.9%，3年生のトレーニング群で5.4%，コントロール群で0.9%，5年生のトレーニング群では3.3%の増加率をそれぞれ示し、

5年生のコントロール群ではわずかに減少する傾向を示した。各学年ともコントロール群に比較してトレーニング群の方が高い増加率を示したが、いずれの増加も統計的に有意なものではなかった。

皮下脂肪断面積は、各学年において、トレーニング群、コントロール群ともに増加する傾向がみられた。なかでもその増加率は、1年生のトレーニング群で11.3%，3年生のトレーニング群で8.2%と有意な増加（p<0.001, p<0.05）であった。

骨断面積は、各学年ともトレーニング期間の前後で変化がみられなかった。

本研究で得られた結果から、各学年のトレーニング群にみられた全断面積増大の要因は、主に筋断面積と皮下脂肪断面積の増大にあるといえよう。

筋断面積の増加を腕屈曲筋群と腕伸展筋群に分けて考えると、1年生と3年生のトレーニング群で、腕伸展筋群（上腕三頭筋）が有意な増加を示しているのに対して、腕屈曲筋群は、いづれの学年においても有意な増加はみられなかった。実際、腕立伏臥腕屈伸運動を行った場合、肘関節の伸展および腕立伏臥姿勢の維持に上腕三頭筋の関与が大きいことが従来の報告³⁾で明らかにされている。こうしたことから、屈曲筋群よりも伸展筋群に肥大の効果がより大きく表れたものと思われる。筋力トレーニングによる筋の肥大に関する研究は、その多くが思春期以後の青少年および成人を対象

としたものであり、トレーニングの負荷条件とその効果との関係が、必ずしも思春期前の児童に適応するとはいえない。しかし、腕立伏臥腕屈伸のトレーニングによって、各学年のトレーニング群の筋断面積がコントロール群よりも増加が大であったことは、第2次性徴前と考えられるこれらの低年齢者においてもトレーニングによる筋肥大が生ずることを示すものであろう。

小学生期児童における年齢にともなう皮下脂肪の増大はこれまでにも報告⁷⁾⁹⁾されており、この年齢における皮下脂肪断面積の増大傾向は成長によるものであろうと考えられる。

<筋力>

腕屈曲、伸展の等尺性最大筋力・等速性最大筋力および単位断面積当たりの筋力の変化は、表II-4、表II-5に示した。

①等尺性最大筋力

1年生のトレーニング群における等尺性最大筋力は、腕屈曲、伸展とともに増加はみられなかった。しかし、コントロール群では腕伸展力に有意な増加(20.9%, p<0.05)がみられた。3年生では、トレーニング群、コントロール群とともに腕屈曲・伸展力の増加がみられた。とくに、腕伸展力は、トレーニング群で21.1%，コントロール群で41.7%の増加率を示し、1年生と同様にコントロール群の方が筋力の増加率が大であった。5年生では、トレーニング群における腕伸展力が25.5%の増加

(p<0.01)を示し、腕屈曲力およびコントロール群での増加はみられなかった。このように、等尺性最大筋力の増加率がコントロール群よりもトレーニング群で高い値を示したのは5年生のみであった。しかし、トレーニングによる最大筋力の増加と筋断面積の増加との関係から考えると、この年齢における児童の等尺性最大筋力の増加には、最大筋力増大のための要因の1つである筋断面積の増大が及ぼす影響は少ないものと考えられる。

②単位断面積当たりの筋力

単位断面積当たりの筋力についてみると、腕屈曲において、1年生のトレーニング群を除く他の群では、トレーニング前後で有意な変化が認められなかった。一方、腕伸展では、5年生のトレーニング群が5%水準で有意な増加を示した。単位断面積当たりの筋力は、大脳皮質の興奮水準など、神経系の要因によって強く影響される²⁾。そして、その値は、筋力トレーニングによって増加するといわれている。したがって、5年生における腕伸展の単位断面積当たりの筋力の増加は、腕立伏臥腕屈伸というトレーニングによって神経系の改善がもたらされた結果とも考えることができよう。

また、1年生では、トレーニングにより単位断面積当たりの筋力に有意な減少がみられたが、その原因については、本研究結果からは明らかにすることができない。

表II-4 等尺性最大筋力および単位断面積当たりの筋力の変化 (Mean±S.D)

Grade	Group	Elbow Flexion		△	Elbow Extension		△	
		Before	After		Before	After		
Maximal Isometric Strength (kg)	1st	Training	6.6±0.9	5.2±0.8	-1.4 ^b	8.6±1.1	8.0±1.3	-0.6
		Control	6.2±0.9	5.7±1.5	-0.5	7.2±1.2	8.7±1.8	0.9 ^c
	3rd	Training	6.7±1.1	6.9±1.0	0.2	8.7±1.4	10.3±1.3	1.6 ^c
		Control	6.3±1.6	7.1±1.8	0.8	7.7±2.5	10.7±2.9	3.0 ^b
	5th	Training	8.0±1.3	7.9±1.2	-0.1	9.7±1.8	12.0±2.0	2.3 ^a
		Control	8.2±1.7	8.0±1.1	-0.2	10.6±1.6	10.8±1.4	0.2
Strength/Muscle area (kg/cm ²)	1st	+						
		Training	5.8±1.0	4.9±0.8	-0.9 ^c	6.5±0.5	5.5±0.9	-1.0 ^b
	3rd	Control	5.5±0.7	5.2±1.5	-0.3	4.9±1.1	5.8±1.1	0.9 ^c
		Training	5.6±0.9	5.9±1.0	0.3	6.1±0.9	6.6±1.1	0.5
	5th	Control	5.3±1.0	5.9±1.2	0.6	4.9±1.0	6.9±1.4	2.0 ^b
		Training	6.0±0.8	5.5±0.7	-0.5	5.0±1.1	6.0±1.1	1.0 ^c
		Control	5.7±0.8	5.3±0.5	-0.4	5.7±0.6	6.4±0.9	0.7 ^b

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

Mean±S.D

表II-5 等速性最大筋力の変化 (Mean±S.D(kg))

	Grade	Group	Elbow Flexion		△	Elbow Extension		△
			Before	After		Before	After	
Isokinetic Strength $60^{\circ} \cdot \text{sec}^{-1}$	1st	Training	5.1±1.0	4.2±0.4	-0.9 ^c	7.7±1.4	6.5±1.1	-1.2 ^b
		Control	4.3±0.7	4.3±0.7	0	6.7±1.3	7.2±1.3	0.5 ^b
	3rd	Training	5.3±0.7	5.9±0.7	0.6	7.8±1.1	8.4±0.9	0.6
		Control	4.9±1.2	5.6±1.2	0.7 ^b	7.3±1.2	8.6±1.7	1.3 ^c
	5th	Training	5.8±0.8	6.1±1.2	0.3	8.5±1.0	8.7±1.1	0.2
		Control	6.4±1.2	5.7±0.9	-0.7 ^c	8.2±1.8	8.2±1.3	0
Isokinetic Strength $180^{\circ} \cdot \text{sec}^{-1}$	1st	Training	3.2±0.7	2.6±0.3	-0.6 ^c	6.1±1.2	4.9±1.1	-1.2
		Control	3.4±0.5	3.2±0.6	-0.2	5.1±0.9	5.4±0.8	0.3
	3rd	Training	4.0±0.4	3.7±1.0	-0.3	6.5±0.9	6.9±0.8	0.4
		Control	3.9±0.9	4.3±0.9	0.4	6.1±1.4	6.6±1.2	0.5
	5th	Training	4.0±0.9	4.7±0.8	0.7	6.8±1.2	7.0±1.2	0.2
		Control	4.7±0.9	4.0±0.7	-0.7 ^b	7.2±1.7	6.7±1.1	-0.5
Isokinetic Strength $300^{\circ} \cdot \text{sec}^{-1}$	1st	Training	1.9±0.4	1.6±0.3	-0.3	3.5±0.9	3.6±7.1	0.1
		Control	2.4±0.6	2.0±0.5	-0.4	3.8±1.0	4.1±0.9	0.3
	3rd	Training	3.2±0.5	2.7±0.6	-0.5	5.1±0.9	5.3±0.8	0.2
		Control	3.0±0.7	3.1±0.9	0.1	5.0±1.2	5.2±1.4	0.2
	5th	Training	2.9±0.7	3.2±0.5	0.3	4.6±0.8	5.5±1.0	0.9 ^b
		Control	3.1±0.6	2.9±0.7	-0.2	5.3±1.4	5.2±1.0	-0.1

^b: p<0.01, ^c: p<0.05

③等速性最大筋力

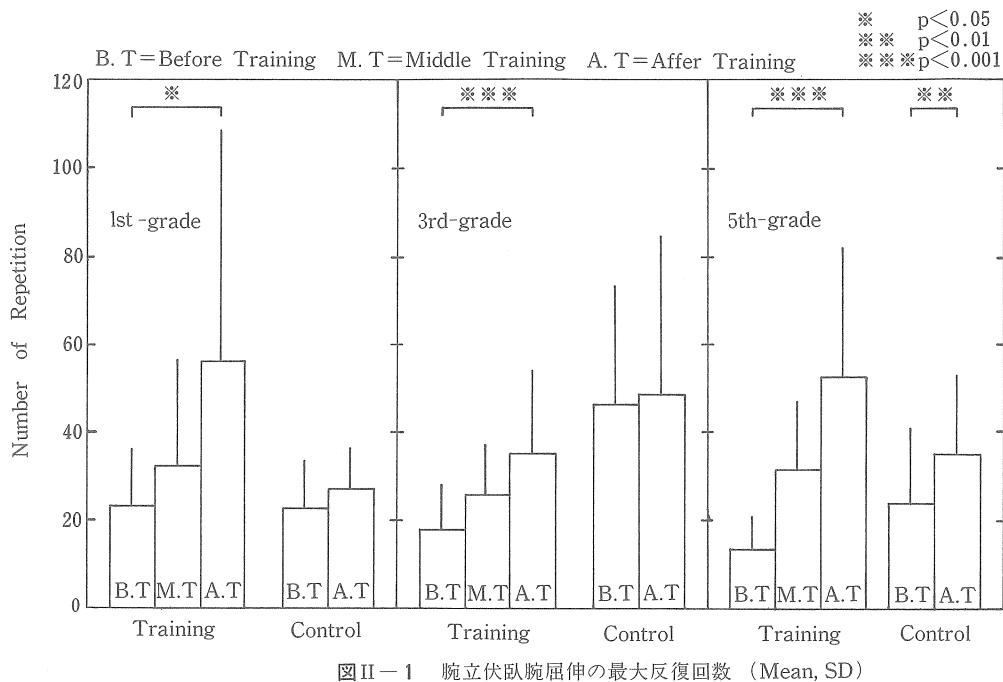
動的筋力の指標として測定した等速性最大筋力は、5年生のトレーニング群で $60^{\circ} \cdot \text{sec}^{-1}$, $180^{\circ} \cdot \text{sec}^{-1}$, $300^{\circ} \cdot \text{sec}^{-1}$ の各運動速度においてコントロール群を上回る増加率を示した。特に $300^{\circ} \cdot \text{sec}^{-1}$ の高速度における筋力は、トレーニングで1%水準の有意な増加を示した。しかし、1年生と3年生においては、いずれの速度においてもトレーニング群の著しい増加はみられなかった。したがって、等速性最大筋力は等尺性最大筋力と同様に5年生でのみトレーニングの効果が得られたことになる。浅見ら¹⁾は、腕立伏臥腕屈伸運動で実際に筋に作用する力と筋電図活動との関係を検討し、トレーニング強度の条件からみると、腕立伏臥腕屈伸運動はトレーニング手段として効果が期待できるものと報告している。しかし、本研究においては、5年生で筋力増大の効果が認められたが、1, 3年生では、筋は肥大を示したにもかかわらず、筋力の増大は明らかではなかった。この結果は、年齢によってトレイナビリティーに違いがあることをうかがわせるが、この結果からだけで決

論づけるのは困難であり、今後の研究が必要であろう。

〈腕立伏臥腕屈伸回数〉

腕立伏臥腕屈伸運動の最大反復回数は、各学年ともトレーニング後の測定で増加を示した(図II-1)。トレーニング群では、1年生が平均22.9回から55.6回に、3年生が17.4回から34.5回に、5年生では13.4回から52.5回へとそれぞれ有意($p<0.05$, $p<0.001$, $p<0.001$)な増加を示した。コントロール群では、5年生が23.9回から35.0回へと1%水準で有意な増加を示したが、1年生と3年生では、いずれの増加も有意なるものではなかった。

トレーニングと同じ運動形態でテストした場合に、その効果は、テスト方法が異なる場合に比較して著しくよい効果をもたらすことはこれまでにも報告¹⁰⁾されている。本研究においても、最大筋力や筋断面積といった、筋そのものもつ能力に比較して、腕立伏臥腕屈伸という運動成績にみられるトレーニング効果の方がより顕著であった。



図II-1 腕立伏腕屈伸の最大反復回数 (Mean, SD)

まとめ

本研究では、思春期前と考えられる小学校1年生、3年生、5年生の男子児童を対象に、腕立伏腕屈伸運動を運動負荷とした筋力トレーニングを週3回、8週間実施した。そして、トレーニングを行わないコントロール群と比較することにより、上腕の筋力と筋断面積および皮下脂肪断面積と骨断面積、さらに、腕立伏腕屈伸の最大反復回数におよぼすトレーニングの影響を検討した。本研究で得られた主な結果は次に示す通りである。

上腕の全横断面積は、各学年ともトレーニングによって有意に増加した。

筋断面積は、各学年ともトレーニングによる増加傾向がみられた。とくに、腕伸展筋群（上腕三頭筋）の有意な増加が1年生と3年生において認められた。

皮下脂肪断面積は、各学年とも増加傾向を示し、とくに、1年生と3年生のトレーニング群で有意な増加を示した。

骨断面積は、いずれの学年においても変化がみられなかった。

等尺性最大筋力は、5年生における腕伸展力でのみトレーニング効果が得られた。

単位断面積当りの筋力は、5年生のトレーニング群における腕伸展でトレーニングによる有意な増加がみられた。

動的筋力の指標として測定した等速性最大筋力は、5年生における $300^{\circ} \cdot \text{sec}^{-1}$ の腕伸展でのみトレーニングによる有意な差がみられた。

腕立伏腕屈伸の最大反復回数は、各学年ともトレーニング群では有意な増加を示した。コントロール群では、5年生で有意な増加がみられたが1年生と3年生では有意な増加が認められなかった。

謝 辞

本研究を進めるに際して御協力いただいた東京都目黒区立駒場小学校の諸先生ならびに児童諸君に深く感謝申し上げます。

引 用 文 献

- 1) 浅見俊雄ほか：腕立伏臥、上体おこし、及び上体そらしの運動強度。体育科学9: 76-84, 1981.
- 2) 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.
- 3) 福永哲夫ほか：腕立伏臥および上体おこし運動における筋放電量におよぼす関節角度の影響。体育科学9: 12-15, 1981.

- 4) Ikai, M. and Fukunaga, T. : A study on training effect on strength per unit cross-sectional area of muscle by means of ultrasonic measurement. *Int. Z. angew. Physiol.* 28 : 173-180, 1970.
- 5) MacDougall, J. D., et al. : Effects of strength training and immobilization on human muscle fibres. *Eur. J. Appl. Physiol.* 43 : 25-34, 1980.
- 6) 文部省体育局発行：昭和58年度体力・運動能力調査報告書, 372-376, 1984.
- 7) Parizkova, J. : Body fat and physical fitness- body composition and lipid metabolism in different regimes of physical activity. Martinus Nijhoff B. V., Medical Division The Hague, The Netherlands publisher, 1977.
- 8) Tanner, J. M. : The effect of weight-training on physique. *Amer. J. Anthro.*, 10 : 427-462, 1952.
- 9) 角田直也ほか：体肢組成の性・年令による差異。日本体育学会第35回大会号, p276, 1984.
- 10) Whitley, J. D. and L. E. Smith : Influence of three different training programs on strength and speed of a limb movement. *Res. Quart.*, 37 : 132-142, 1966.

III 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)

報告者 吉沢 茂 弘
研究協力者 増田 典子¹⁾

はじめに

これまでの思春期前のトレーニング効果に関する研究を、体力の構成要素別に振り返ってみると、まず筋力、パワーに関しては、Grodjinovskyら⁵⁾ Nielsenら⁹⁾は効果がみられたとするのに対して、石河ら⁴⁾は効果がみられないと報告している。また有酸素的持久力に関しては、Brownら²⁾ Lussier⁷⁾は効果が認められたと述べているが、Danielsら³⁾ Bar-orら¹⁾ Mocellinら⁸⁾は効果はみられないと報告している。

このように、思春期前におけるトレーニング効果の研究は、その結論が様々であり、その明確な結論は今だに見出されていない。またこうした研究のうち、とくに効果がみられなかったという報告においては、トレーニング負荷強度及び量が明確に把握されていないくらいがあり、トレーニング効果がもたらされるだけの負荷条件が備わっていたのかどうかがはっきりと示されていない。

そこで本研究においては、小学校2年生(7～8歳)を対象に、生長による発達の自然増をできるだけ隠蔽するために極めて短期間に、かなり高い強度と量をともなった集約的トレーニングを行なわせ、有酸素的能力ないし呼吸循環機能に関するトレーニング効果を中心として、合わせて筋力などの効果についても検討しようとしたものである。

研究方法

(I) 被検者

宇都宮市南東部の農村地区に位置し、小規模学校に属する宇都宮市立瑞穂野北小学校(6学級、児童225名)の2年生(7～8歳)男子19名、女子18名、合計37名であった。しかし、被験者の健康状態により、すべての測定項目をこれらの被験者が必ずしも全員うけることはできなかった。

1) 宇都宮大学教育学部

(II) 測定期日及び場所

トレーニング開始前の体力の実態を把握するために、第1回目の測定を昭和59年8月28日(火)～9月7日(金)に行なった。また3ヶ月間のトレーニングによる変化を知るために、第2回目の測定を同年11月26日(月)～12月1日(土)に実施した。これらの測定はいずれも同校用務員室で行なわれた。

トレーニングは、その間体育の授業以外の業間あるいは放課後に、週4回行なわれ、そして1回の持続時間は20～25分であった。このトレーニングは同校校庭の体育施設を利用して行なわれたものである。

(III) 測定項目及び手順

第1回目及び第2回目の体力測定をそれぞれトレーニング前、トレーニング後として、同一手順で行なった。

身長、体重及び胸囲については、一般に広く用いられている方法によって測定を行なった。

皮脂厚は、栄研式皮脂厚計(明興社製)を用い上腕背部、肩甲骨下角部、腸骨稜部及臍部において、いずれも体の右側で測定された。

筋力は、握力、上腕屈筋力、背筋力及び大腿伸筋力について測定された。そのうち上腕屈筋力の場合は、児童用腰掛で坐位の姿勢をとり、上体を正しく直立し、上腕が前方に伸ばされた時水平に維持されるように測定台の高さを調節し、肘関節を直角にして手首の位置で測定した。また大腿伸筋力においては、児童用の机の上に坐わり、膝関節を直角に保ち、足首の位置で測定された。握力、背筋力については、文部省スポーツテストの方法に準拠して測定した。また左右についていずれも2回測定し、より高い値を記録として採用した。

全身反応時間は、全身反応装置(竹井機器製)で光刺激によって測定されたが、5～6回の練習の後で、7回測定し、上下各2回の値を除いた残り3回の値の平均値を用いた。

50メートル走は、2人同時にスタートさせるという競走形式をとり、2回行なわせてすぐれた方の値を記録として用いた。

3分走は、1周120メートルのトラックを設け、5メートルごとに区分線をひき、スタートラインを異にして、1度に6~7名が走行した。3分の時点における位置は目測でメートル単位でとらえた。走行中の時間経過の通告や、口頭による動機づけも行なわれた。

有酸素的作業能力の測定にあたっては、まずその負荷装置として子供用自転車エルゴメーターを使用した。またペタリングの回転数を60rpmとし、0.2kpの抵抗からスタートし2分ごとに0.2kpずつ抵抗を高めていくという漸増負荷法を用い、メトロノームのそのテンポに合わせてペタリングができなくなるまで頑張るようにした。心拍数はECGによる連続的な記録により求められた。呼気採気は各負荷段階における2分間の持続時間の後半1分間にに行なわれ、そして最終段階に近づいたと判断された時点からは連続的に採気した。また呼吸サーミスターを採気用マスク内にセットし、呼吸数を記録した。呼吸ガス分析はショランダー微量ガス分析器を用いて行なわれた。

トレーニング負荷における強度及び量を知るにあたっては、まずクラスから担任教師の日常観察により、体力運動能力において「すぐれている」「普通」「劣る」に属すると判断された児童を1名ずつ、男女合計6名を選んだ。そして、鉄棒(a)、壁倒立(b)、タイヤ跳び(c)、丸太の段登り(d)、のぼり棒(e)、うんてい(f)、わたり棒(g)、ろくばく(h)、そしてピョンピョン街道(i)という9種目からなるセットのコースを第1段階として20分間できるだけ努力してまわるというサーキット形式をとり、その間の心拍数の変動を心拍メモリー装置と心拍数分析装置（いずれも竹井機器製）を用い、10秒間隔で把握した。また第2段階としては、同一コースのうち主に鉄棒を用い、クラス全員がある一種目を終了してから次の種目にうつるといふいわばレペティション形式で20~25分の負荷をあたえ、同じくその間の心拍数を記録した。

3ヶ月のトレーニング期間中、体育授業以外の業間または放課後に、月、金曜日にはすでに述べ

た20分間のサーキット形式の負荷を1回、また水、土曜日は20~25分のレペティション形式の負荷をあたえた。

結果及び考察

トレーニング前後の測定値を比較するに先立つて、1回の負荷の様子を心拍数を手掛りとして眺めてみると、図III-1から図III-3までは、男子の「すぐれている」のHK、「普通」のYT、「劣る」のIKがそれぞれサーキット形式でトレーニングした場合の心拍数の変動を、種目と関連づけて示したものである。これらの図の点線は、子供の場合有酸素的能力においてその効果をもたらすのに必要な最低の心拍数は170bpmであるというKindermannら⁶⁾の指摘にしたがって書き入れられたものである。同様にして女子の「すぐれている」のHT、「普通」のMK、「劣る」のMic.Kについて図示されたものが図III-7から図III-9までである。いずれの場合も20分間でほぼ2セット半を消化しており、男子のHK、女子のHTが少し遅れた場合をのぞけば、他はスタート後1~2分で170bpmを上回り、そのまま維持されて終っていることがわかる。

さらに横軸に10秒間に打った心拍を2拍ずつに区分して示し、またそれを1分間の心拍数に換算し、縦軸には頻度と、各心拍数の合計持続をとつてあらわしてみると、図III-13から図III-15にみられるように、斜線であらわした170bpmの占める割合は男子では「すぐれている」HKが71.1%、「普通」のYTが88.5%，そして「劣る」のIKは94.0%にも達している。他方女子では、図III-19から図III-21に示されているように、「すぐれている」のHTが67.2%，「普通」のMKが92.4%，「劣る」のMic.Kが95.7%となっており、男子、女子ともに「すぐれている」の子供はその割合が小さく、それはまた平均心拍数が低いということにもつながっており、担任教師の判断に合致していることがわかる。こうしてみると強度においても持続時間においても1回の負荷条件は十分に満されているものと思われる。

つぎに同じようにしてレペティション形式の場合についてみると、男子の図III-4から図III-6、図III-16から図III-18、そして女子の図III-10か

ら図III-12、図III-22から図III-24に示されているように、170bpmを上回る回数はわずか3～7回で、それぞれの持続時間もきわめて短かい。170bpmを上回る割合は、男子ではHKの20.3%，YTの40.7%，IKの35%，女子ではHTの19.7%，MKの28.4%，Mic.Kの9.3%というように、いずれもかなり低くなっていることがわかる。しかしこうした負荷様式は、その心拍数上昇の幅が、安静時心拍数と最高心拍数との幅のなかでかなりの割合を占め、かつその上昇率も大きいことから、幼児及び小学校低学年児童にみられる心拍応答が成人よりも速いという特性を改善するかまたは維持していくうえに有効であると思われる。こうした観点から2種類の負荷を交互にあたえるように計画し、実施したものである。

これらの1回のトレーニング負荷におけるエネルギー消費量を、Skubicら¹⁰⁾の方法により、図III-25と図III-26にみられるような心拍数カロリー曲線を作成し、間接的に求めてみたところ、かなりの努力で連続的に行なわれる負荷の場合は、男子ではHKの5.2Kcal/min, YTの4.0Kcal/min, IKの3.6Kcal/min、女子ではHTの4.7Kcal/min, MKの4.0Kcal/min, Mic.Kの3.4Kcal/minと

なり、いずれも体力のすぐれたものから劣るものにむかって小さくなっていることがわかる。レペティション形式の場合は、男子ではHKの3.9Kcal/min, YTの3.3Kcal/min, IKの2.5 Kcal/min、女子ではHTの3.3Kcal/min, MKの2.6Kcal/min, Mic.Kの2.3Kcal/minというようにともに一段と低くなっている。

さてこうしたトレーニング負荷は、これまで述べてきたように、有酸素的能力ないし呼吸循環機能の向上に有効であると同時に筋力や調整力などに対する効果が期待されるので、以下種々の測定項目についてトレーニング前後の比較検討を試みたい。

表III-1は3ヶ月間のトレーニング前後の体格及び皮脂厚の差を比較したものである。その検定にあたっては、

$$t = \frac{|\sum d|}{\sqrt{\frac{\sum d^2 - (\sum d)^2}{n(n-1)}}}$$

という式を用いたが、これはすべての測定項目のトレーニング前後の比較の際に利用されたことはいうまでもない。ただし、この式においてdは対

表III-1 トレーニング前後における体格と皮脂厚の差
Differences of physical characteristics and skinfold thickness before and after training.

Variables	Body height (cm)	Body weight (kg)	Chest girth (cm)	Skinfold thickness (mm)			
				Upper arm	sub-scapula	Iliacus	Umbilicus
Male							
n	18	18	18	18	18	18	18
Before training	\bar{x}	122.86	23.80	59.73	8.80	5.16	4.86
	SD	5.35	2.75	3.27	2.09	1.16	2.88
After training	\bar{x}	124.08	24.69	60.85	9.18	5.05	5.47
	SD	5.36	2.87	3.17	2.59	1.64	4.06
	***	10.018	***	2.009	1.217	0.481	1.376
							0.977
Female							
n	18	18	18	18	18	18	18
Before training	\bar{x}	122.06	24.48	59.64	12.52	7.05	9.66
	SD	6.41	3.92	4.81	4.03	3.17	6.95
After training	\bar{x}	123.08	25.71	61.35	12.11	7.75	8.63
	SD	6.64	4.74	5.31	2.79	3.49	6.40
	***	5.624	***	6.772	1.039	2.646*	1.597

							3.648

* : p<0.05 ** : p<0.01 *** : p<0.001

表III-2 トレーニング前後における筋力、全身反応時間、50メートル走及び3分走の差
Differences of muscle strength, whole body reaction time, 50m run and 3 minute run before and after training.

Variables	Muscle strength (kg)								Whole body reaction time (msec)	50m run (sec)	3minute run (m)			
	Grip strength		Arm strength		Leg strength		Back strength							
	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left						
Male														
n	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19		
Before training	\bar{x}	12.5	11.5	8.9	9.8	14.0	13.8	43.5	450	9.95	587			
	SD	2.3	2.4	2.8	2.4	3.9	2.9	6.5	57	0.55	42			
After training	\bar{x}	13.1	12.9	9.0	9.0	15.0	14.2	50.6	385	9.93	619			
	SD	2.3	2.4	2.3	2.4	3.0	2.9	10.6	46	0.71	41			
	1.966	3.441	0.102	1.782	1.165	0.471	4.643	5.171	0.263	4.361				
Female														
n	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18		
Before training	\bar{x}	12.6	11.3	9.0	9.3	15.3	15.0	43.2	488	10.52	564			
	SD	2.8	2.4	1.7	1.7	3.6	3.8	8.4	43	0.71	37			
After training	\bar{x}	13.4	12.7	9.3	10.0	17.8	17.3	48.0	449	10.33	586			
	SD	2.6	2.8	1.7	1.6	3.6	3.1	9.4	40	0.68	37			
	*	***	1.571	3.878	5.226	4.031	3.610	5.429	2.289	4.013				

* : p<0.05, ** : <0.01, *** : p<0.001

応する変量 x, y の差、すなわち、 $d=(x-y)$ である。

体格においては、男子の胸囲をのぞけば、有意に増加しているが、これは生長による自然増とみなされるであろう。

皮脂厚においては、男子では有意はみられない。女子では肩甲骨下角部において有意に増加しているが、臍部では有意に減少しており、この減少はトレーニングによるものであろうか。いずれにしても体格や皮脂厚における増加量は、3ヶ月のトレーニングという短かい期間のためか、きわめて小さいものであった。

表III-2は筋力、全身反応時間、50メートル走及び3分走の成績を示したものである。男子、女子ともに有意な増加をみせたのは、握力及び背筋力であり、増加の割合からみてトレーニング効果も大きく関与していることがわかる。

全身反応時間も、男子、女子ともに大きくしかも有意に短縮されているが、これがトレーニング効果によるものか、単なる測定馴れによるものかは定かではない。

50メートル走では、女子においてのみ有意差が

みられ、記録が短縮されている。

3分走は、男子、女子ともに有意に走行距離を大きくしている。

図III-27及び図III-28は、それぞれ全身反応時間及び3分走について、個人的にトレーニング前後の変化を示したものである。

表III-3は、有酸素的能力のトレーニング前後の値を比較したものである。まず最大酸素摂取量 ($\dot{V}o_{2\max}$) が得られたかどうかの判定を試みなければならぬが、吉沢ら¹¹⁾のトラック走による測定の場合の心拍数200.5~206.3bpmと比較すると、183.2~187.8bpmというようにかなり低く、またRQにおいては1.0に達せず、したがって今回の測定では $\dot{V}o_{2\max}$ が得られたとみなすことができず、したがって peak $\dot{V}o_2$ と呼ぶことにした。その要因としては、やはり脚筋力などが未発達のため、呼吸循環機能が最大に動員される前に、ペダリングの停止を余儀なくされたということを指摘することができる。

体重当り peak $\dot{V}o_2$ は、最大作業強度の増加と相俟って男子、女子とも有意に増加している。とくに女子において大きな増加がみられたが、これ

表III-3 トレーニング前後における有酸素的能力の差
Differences of aerobic capacity before and after training.

Variables		Maximal Work intensity (kpm/min)	Heart rate (bpm)	Respiratory rate (breaths/min)	Peak \dot{V}_{O_2} (l/min)	Peak \dot{V}_{O_2} (ml/kg/min)	O_2 -pulse (ml/beat)	RQ	O_2 -removal (ml/l)
Male (n=17)									
Before training	\bar{x}	415	187.8	62.8	0.973	40.7	5.17	0.979	24.3
	SD	63	11.6	9.8	0.126	5.2	0.79	0.612	2.2
After training	\bar{x}	436	183.8	61.3	1.120	44.1	6.10	0.943	27.9
	SD	63	14.6	8.4	0.174	8.5	0.90	0.056	3.9
t		2.582	1.610	0.524	***	2.317*	***	2.750*	***
Female (n=17)									
Before training	\bar{x}	332	185.6	62.0	0.829	33.8	4.46	0.960	24.3
	SD	72	7.9	14.7	0.153	3.7	0.78	0.092	3.0
After training	\bar{x}	411	183.2	60.6	1.028	40.0	5.61	0.925	28.2
	SD	64	9.4	15.0	0.202	6.7	1.10	0.084	3.2
t		6.727	1.282	0.501	***	7.429	5.500	7.974	1.064
$*** : p < 0.05, ** : p < 0.01, *** : p < 0.001$									

は脚筋力の顕著な発達に負うところが大きいものと考えられる。

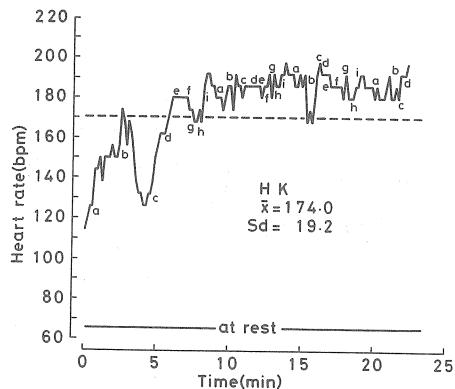
また、peak \dot{V}_{O_2} におけるHRがトレーニング前後において有意差が認められなかったにもかかわらず、 O_2 -pulseにおいて男子では5.17ml/beatから6.10ml/beatへ、女子では4.46ml/beatから5.61ml/beatへとともに有意に増加しており、図III-29はこうしたpeak \dot{V}_{O_2} における O_2 -pulseの変化の様子を個人別に示したものである。さらにpeak \dot{V}_{O_2} における O_2 -removalに関しては、呼吸数において差がみられなかったにもかかわらず、男子では24.3ml/lから27.9ml/lへ、女子では24.3ml/lから28.2ml/lへとこれまたともに有意に増加している。

このようにpeak \dot{V}_{O_2} の発現時において、トレーニング前後の心拍数及び呼吸数に差がみられないにもかかわらず、 O_2 -pulseや O_2 -removalに有意の増加が認められたということは、心拍出量の増大や動静脈酸素較差の拡大によるものであろう。そしてその背景には、この短期間のトレーニングにおいては心容積に変化をもたらすとは思われないので、心臓の収縮力の増大がまず考えられる。さらにすでに述べた O_2 -removalの改善は、動静

脈酸素較差の拡大を介して、筋組織の代謝機能の向上を示唆している。そしてこの代謝機能の向上は、RQがトレーニング後に低くなる傾向をも合わせて考慮すると、血中乳酸の産生量が少なくてすむという筋組織の有酸素的な生化学的能力が高まることを意味するであろう。

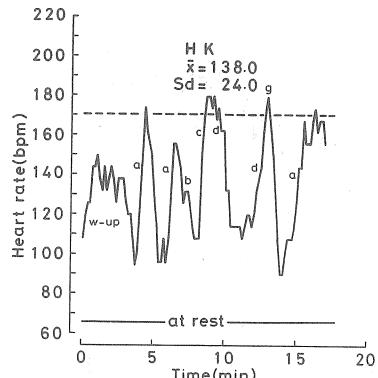
図III-30から図III-33までは、各被検者について \dot{V}_{O_2} (l/min)に対するHR(bpm)と O_2 -pulse(ml/beat)の関係をすべての負荷段階の測定値を用いてトレーニング前後について図示したものである。さらに図III-34は、それらの代表線(回帰直線)を同時に示したものであるが、男子ではトレーニング前後において平行しながらも、測定された \dot{V}_{O_2} (l/min)の範囲ではトレーニング後では、おしなべて10拍低下している。また女子では \dot{V}_{O_2} (l/min)が高くなるにしたがってHRは大きく低下し、1l/minでは25~30拍も低下していることがわかる。このことはpeak \dot{V}_{O_2} の発現時のみならず、より低い段階の作業強度においても、呼吸循環機能が改善されたことを示している。

こうしてみると、有酸素的能力ないし呼吸循環機能は、思春期前においても、トレーニング条件が整えば、かなり改善されるということがわかる。



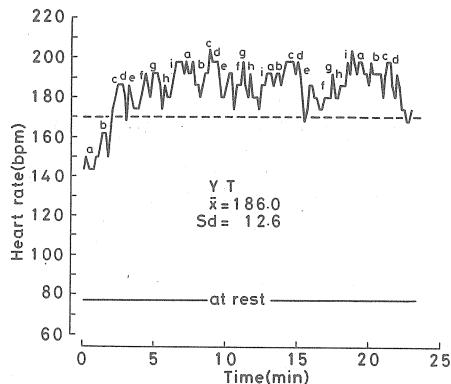
Changes of heart rate during a unit of physical training.

図III-1 心拍数の変化
(インターバル形式)



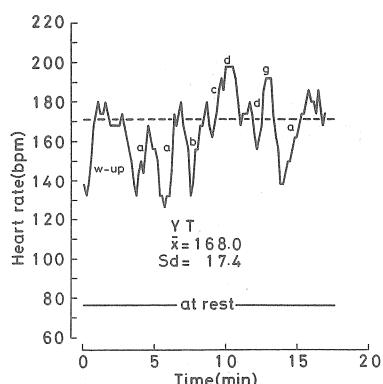
Changes of heart rate during a unit of physical training.

図III-4 心拍数の変化
(レペティション形式)



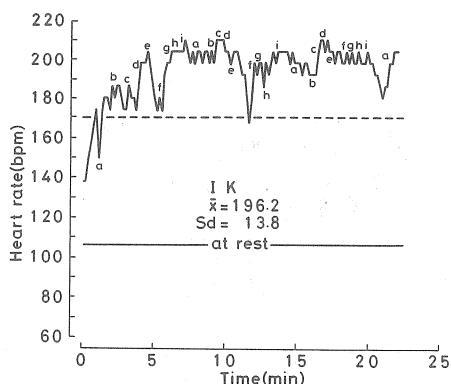
Changes of heart rate during a unit of physical training.

図III-2 心拍数の変化
(インターバル形式)



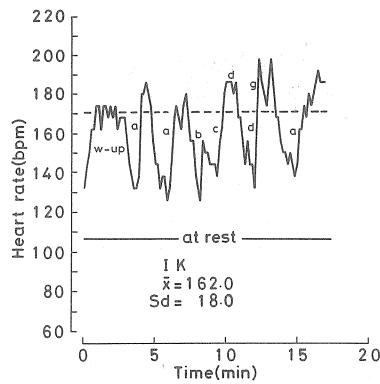
Changes of heart rate during a unit of physical training.

図III-5 心拍数の変化
(レペティション形式)



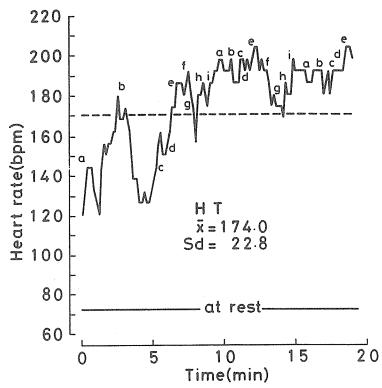
Changes of heart rate during a unit of physical training.

図III-3 心拍数の変化
(インターバル形式)



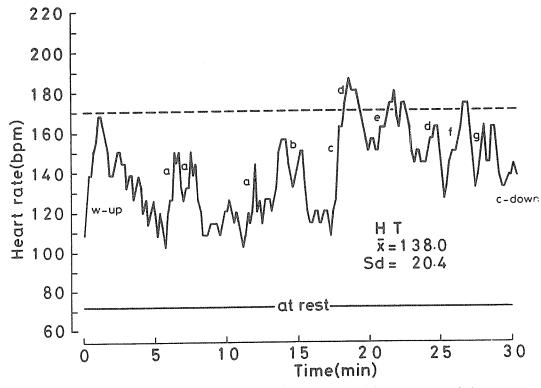
Changes of heart rate during a unit of physical training.

図III-6 心拍数の変化
(レペティション形式)



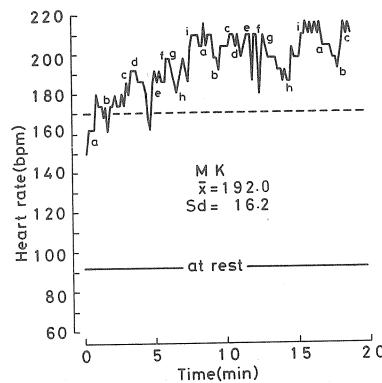
Changes of heart rate during a unit of physical training.

図III-7 心拍数の変化
(インターバル形式)



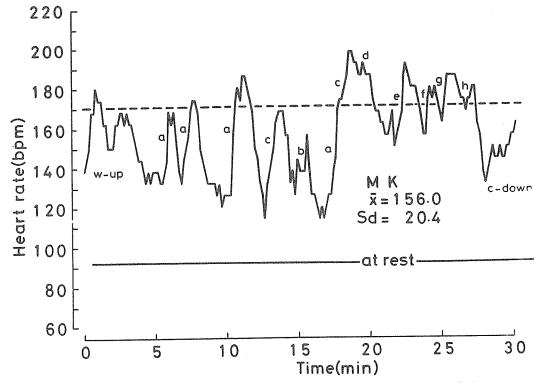
Changes of heart rate during a unit of physical training.

図III-10 心拍数の変化
(レペティション形式)



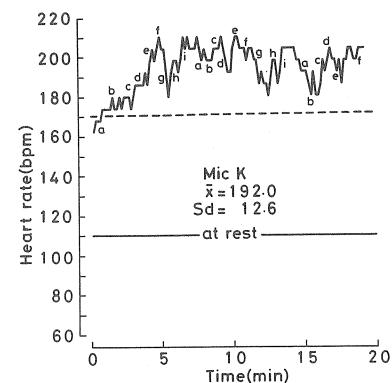
Changes of heart rate during a unit of physical training.

図III-8 心拍数の変化
(インターバル形式)



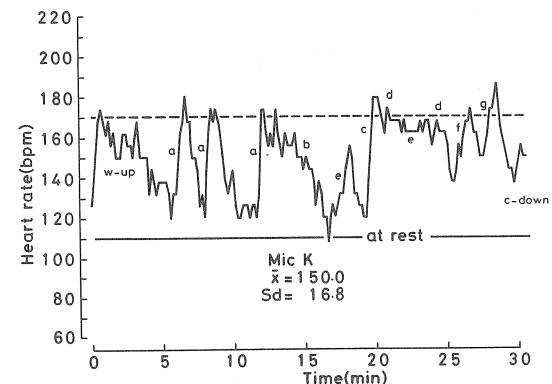
Changes of heart rate during a unit of physical training.

図III-11 心拍数の変化
(レペティション形式)



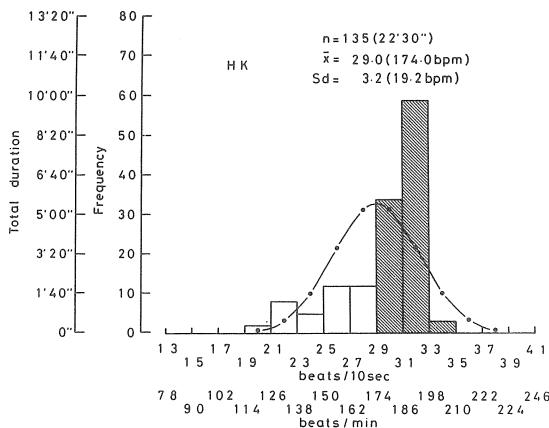
Changes of heart rate during a unit of physical training.

図III-9 心拍数の変化
(インターバル形式)

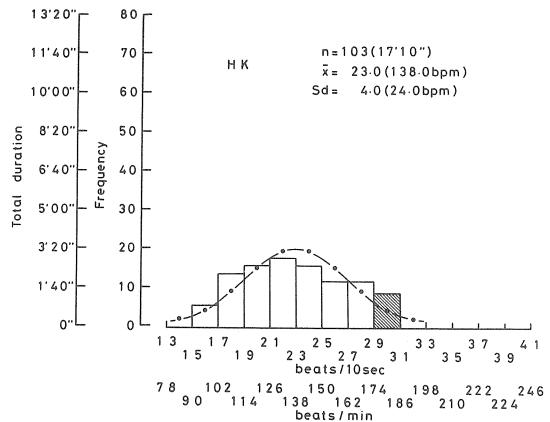


Changes of heart rate during a unit of physical training.

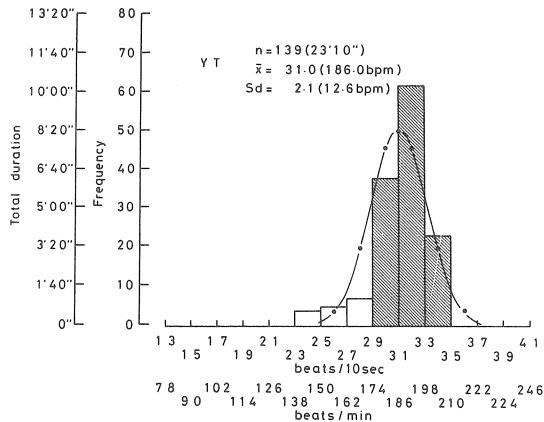
図III-12 心拍数の変化
(レペティション形式)



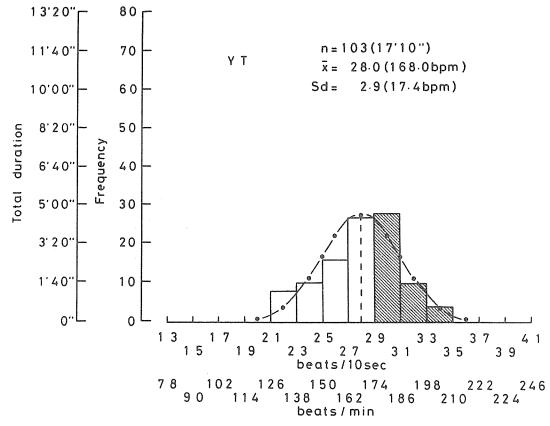
図III-13 心拍数のヒストグラム
(インターバル形式、図1より)



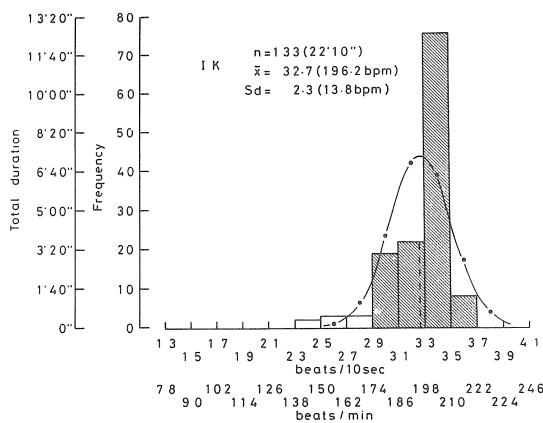
図III-16 心拍数のヒストグラム
(レペティション形式、図4より)



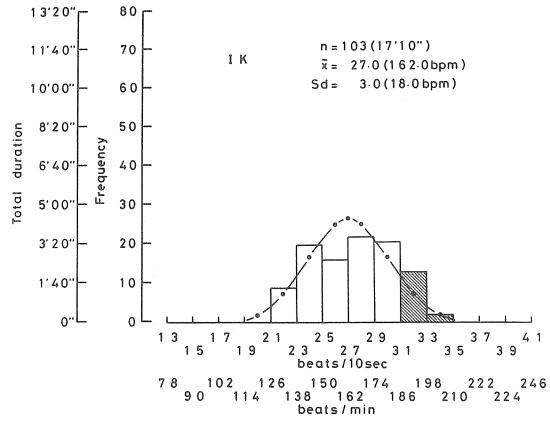
図III-14 心拍数のヒストグラム
(インターバル形式、図2より)



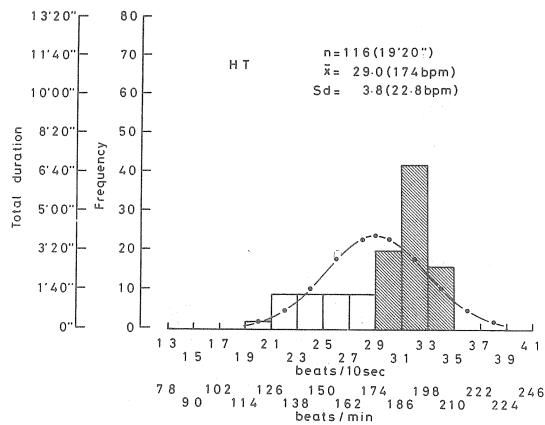
図III-17 心拍数のヒストグラム
(インターバル形式、図5より)



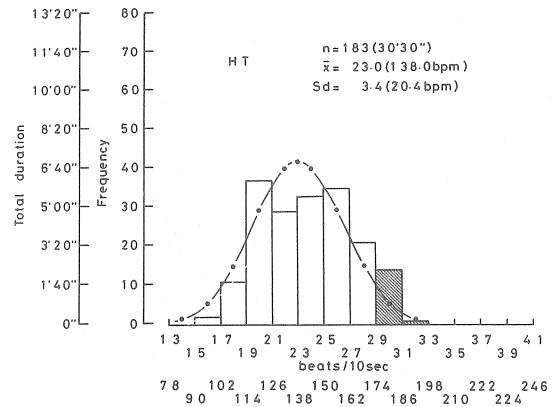
図III-15 心拍数のヒストグラム
(レペティション形式、図3より)



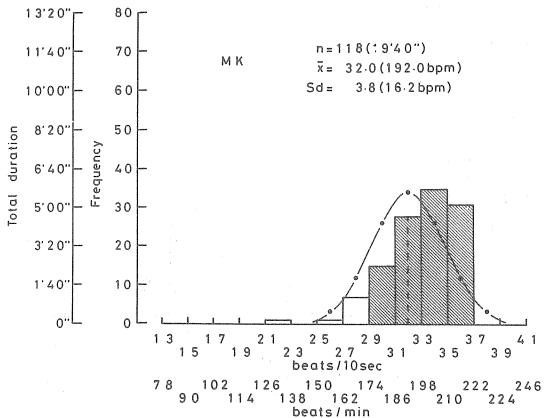
図III-18 心拍数のヒストグラム
(レペティション形式、図6より)



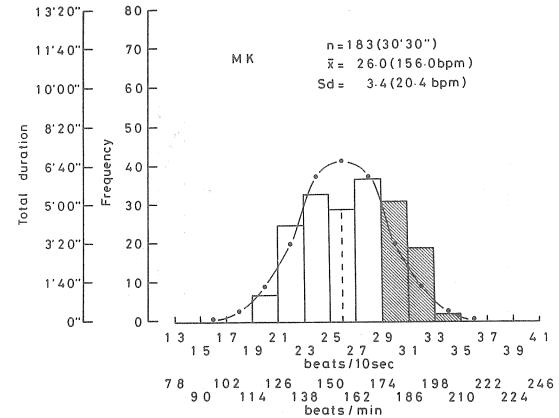
図III-19 心拍数のヒストグラム
(インターバル形式、図7より)



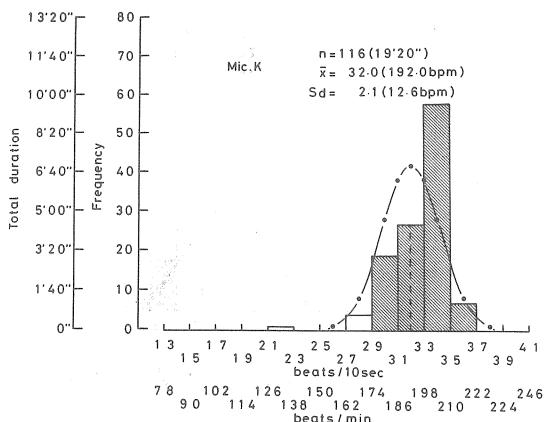
図III-22 心拍数のヒストグラム
(レペティション形式、図10より)



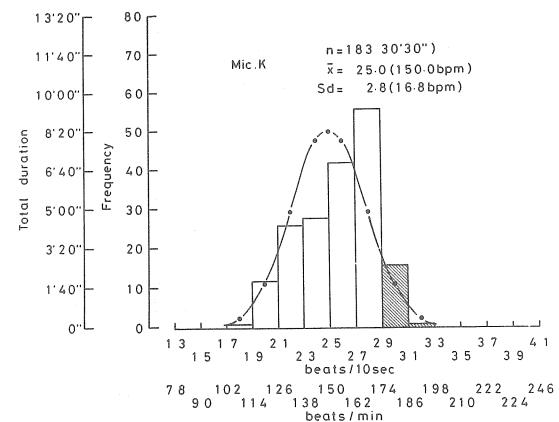
図III-20 心拍数のヒストグラム
(インターバル形式、図8より)



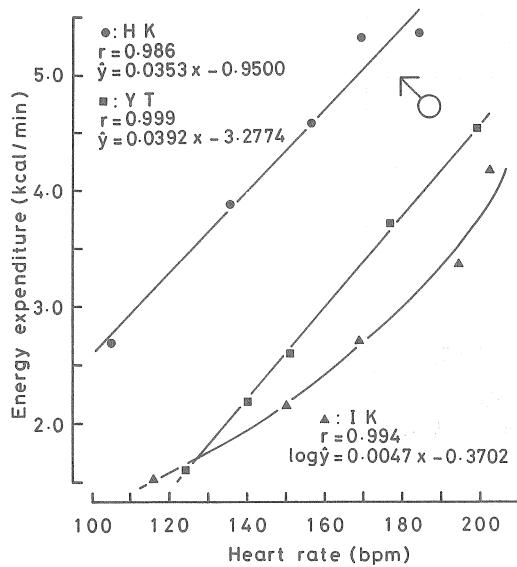
図III-23 心拍数のヒストグラム
(レペティション形式、図11より)



図III-21 心拍数のヒストグラム
(インターバル形式、図9より)

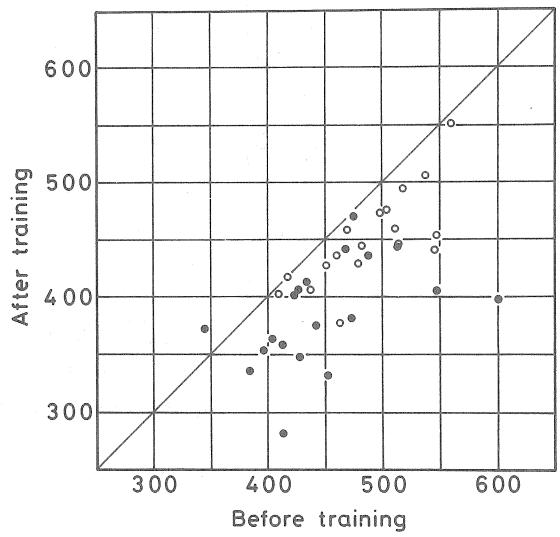


図III-24 心拍数のヒストグラム
(レペティション形式、図12より)

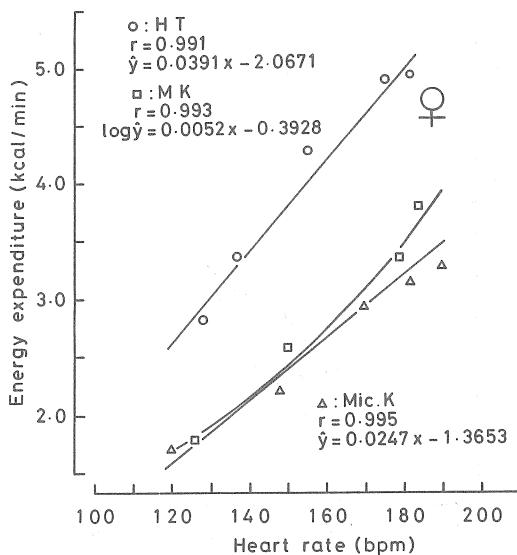


The relationship between heart rate and energy expenditure.

図III-25 心拍数とエネルギー消費量の関係

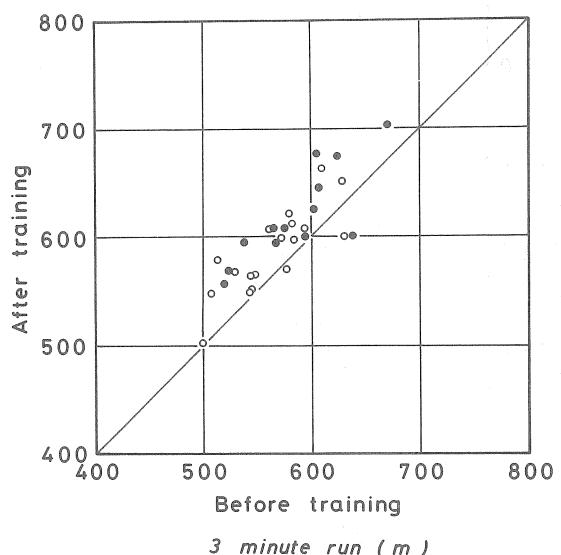


図III-27 全身反応時間のトレーニング前後における比較

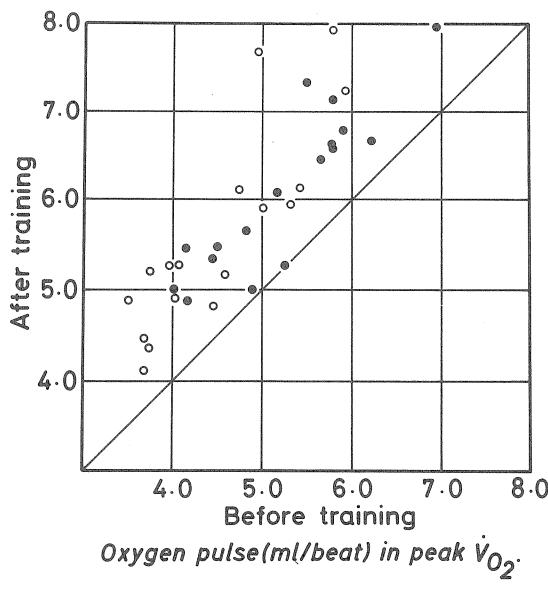


The relationship between heart rate and energy expenditure.

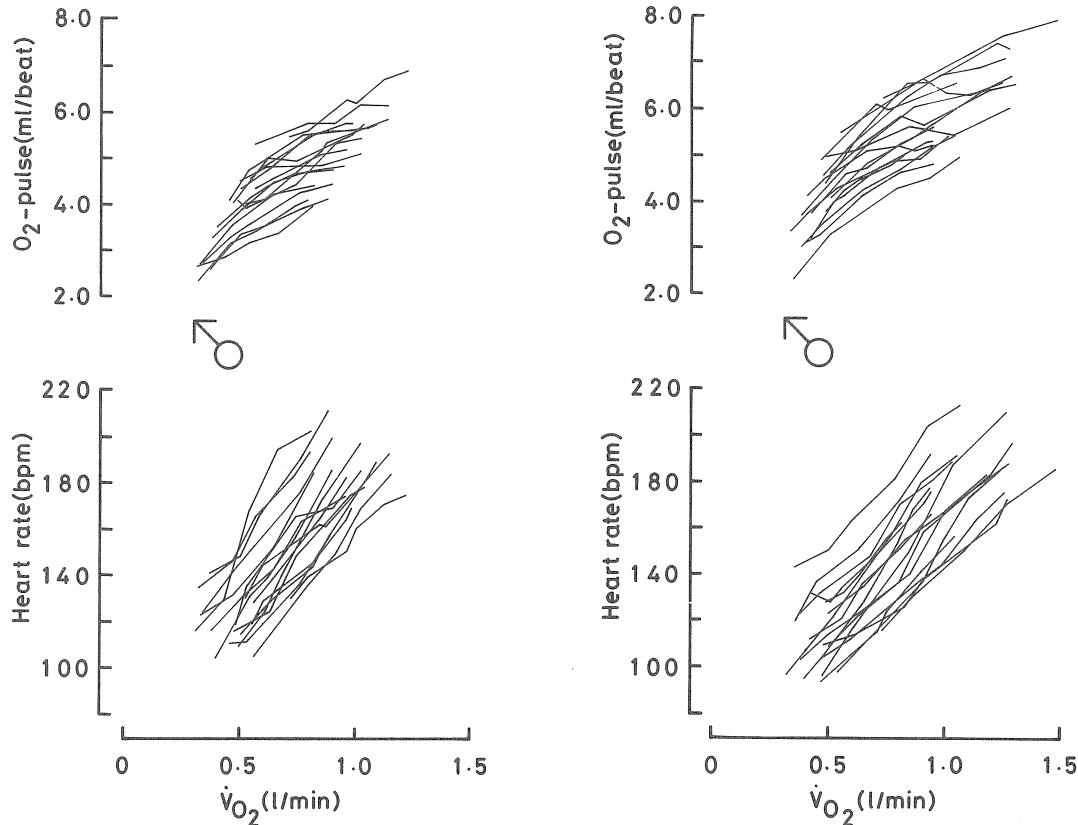
図III-26 心拍数とエネルギー消費量の関係



図III-28 3分走のトレーニング前後における比較



図III-29 Peak $\dot{V}O_2$ 時における O_2 -Pulse の
トレーニング前後の比較

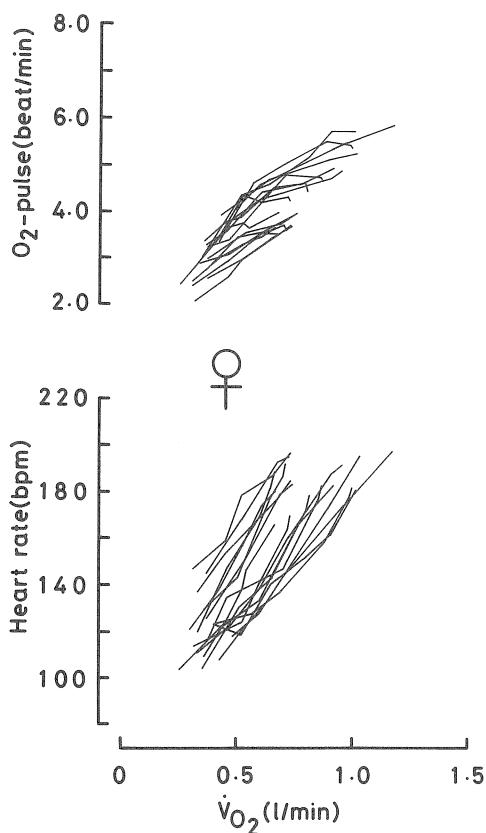


The relationship of $\dot{V}O_2$ to heart rate and O_2 -pulse(before training).

図III-30 $\dot{V}O_2(1/\text{min})$ に対するHR(bpm)の
値(男子, トレーニング前)

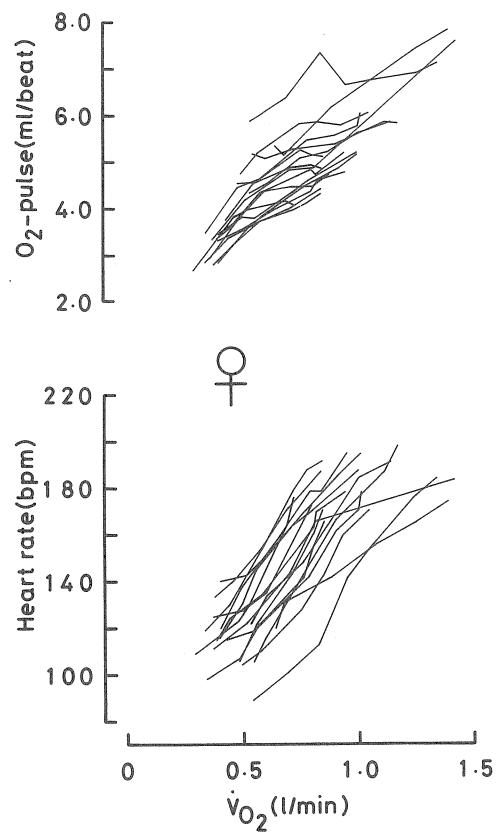
The relationship of $\dot{V}O_2$ to heart rate and O_2 -pulse(after training).

図III-31 $\dot{V}O_2(\ell/\text{min})$ に対するHR(bpm)の
値(男子, トレーニング後)



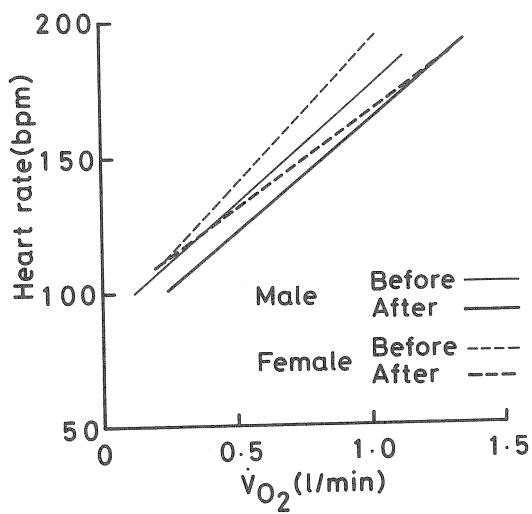
The relationship of $\dot{V}O_2$ to heart rate and O_2 -pulse(before training).

図III-32 $\dot{V}O_2$ (1/min)に対するHR(bpm)の
値(女子, トレーニング前)



The relationship of $\dot{V}O_2$ to heart rate and O_2 -pulse(after training).

図III-33 $\dot{V}O_2$ (1/min)に対するHR(bpm)の
値(女子, トレーニング後)



図III-34 トレーニング前後におけるHR(bpm)
の $\dot{V}O_2$ (1/min)に対する関係の比較

要 約

小学校2年生(7~8歳)のひとつのクラスの全員男子19名、女子18名、合計37名が9種目からなるサーキット形式の運動を20分間かなりの努力で行ない、170bpm以上の心拍数を持続する時間が14~19分に達する負荷と、同一コースのうち主に鉄棒を用い、あるひとつの種目をクラス全員が終了してから次の種目に移るという、いわゆるレペティション形式による20~25分の負荷を交互に、1日1回、週4回、3ヶ月にわたって与えたところ次のような結果が得られた。

1. 筋力については、とくに背筋力において顕著な有意の増加がみられ、男子では43.5kgから50.6kgというように16%，女子では43.2kgから48.0kgというように11%の増加を示した。
2. 全身反応時間においては、男子が450msecから385msecへ、女子が488msecから449msecへというように、それぞれ有意に14%，8%短縮した。
3. 3分走においては、男子では587mから619m、女子では546mから586mへというように、ともに有意に増加した。
4. 体重当り peak $\dot{V}O_2$ は、最高の仕事強度と同じように、有意に増加し、男子では40.7ml/kg/minから44.1ml/kg/minへ、女子では33.8ml/kg/minから40.0ml/kg/minへというように増加した。
5. トレーニング前後において、体重には有意差はみられたもののその量はきわめて小さく、またpeak $\dot{V}O_2$ 時におけるHR及び呼吸数に有意がみられなかったにもかかわらず、その時のO₂ pulseにおいて、男子では5.17ml/beatから6.10ml/beatへ、女子では4.46ml/beatから5.61ml/beatへと有意の増加した。
6. peak $\dot{V}O_2$ 時のO₂-removalは、男子においては、24.3ml/lから27.9ml/lへ、女においては、24.3ml/lから28.2ml/lへというように、ともに有意の増加を示した。
7. RQにおいても、男子では0.979から0.943へと有意な低下を示し、また女子では有意差はみられなかつたが0.960から0.925へと低下した。

参 考 文 献

- 1) Bar-Or, O. and Zwiren, L. D. Physiological effects of increased frequency of physical education classes and of endurance conditioning on 9-10 year-old girls and boys.
- Bar-Or, O. ed., Paediatric Work Physiology, Wingate, Tel-Aviv, 1972.
- 2) Brown, C. H., Harrower, J. R. and Deeter, M. F. The effects of cross-country running on preadolescent girls. Med. Sci. Sports 4;1-5, 1972.
- 3) Daniels, J. and Oldridge, N. Changes of oxygen consumption of young boys during growth and running training. Med. Sci. Sports 3;161-165; 1971.
- 4) 石河利寛他、発育期のスポーツ活動が心身に及ぼす影響—第4報。日本体育協会スポーツ医科学研究報告No. 1, 1980.
- 5) Grodjinovsky, A., Inber, O., Dotan, R. and Bar-Or, O. Training effect on the anaerobic performance of children as measured by the Wingate anaerobic test. Berg, K. and Errikson, B. O. ed., Children and Exercise IX, 139-145, Univ. Park Press, Baltimore, 1980.
- 6) Kindermann, W., J. Keul, G. Simon, H. Reindell. Anpassungsscheinungen durch Schul- und Leistungssport im Kindesalter. Leistungssport. 8;45-51, 1981.
- 7) Lussier, L. and Buskirk, E. R. Effect of endurance training regimen on assessment of work capacity in prepubertal children. Ann. New York Acad. Sci. 301, 743-747, 1977.
- 8) Mocellin, R. and Wasmund, U. Investigations on the influence of a running-training programme on the cardiovascular and motor performance capacity in 53 boys and girls of a second and third primary school class. Bar-Or, O. ed. paediatric Work Physiology 279-285, Wingate, Tel-Aviv, 1972.
- 9) Nielsen, B., Nielsen, K., Hansen, M. B. and Asmussen, E. Training of muscular strength in girls 7-19 years old. Berg, K. and Errikson, B. O. ed. Children and Exercise IX, 69-78, Univ. Park Press, Baltimore, 1980.
- 10) Scubic, V. and J. Hodgkins. Energy expenditure of women Participants in selected individual sports. J. Appl. Physiol. 21(1);133-137, 1966.
- 11) 吉沢茂弘、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, 28-3: 199-214, 1983.

