

昭和61年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告

No.VI 思春期前のトレナビリティに関する研究

——第 3 報——

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

班 長 青木 純一郎¹⁾

班 員 浅見俊雄²⁾ 加賀谷淳子³⁾ 福永哲夫²⁾

担当研究員 金子敬二(日本体育協会スポーツ科学研究所)

研 究 概 要

班 長 青木 純一郎

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

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

①発育・発達刺激としての児童期における適正な運動：

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

②競技力向上のための児童期における適正なトレーニング：

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

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

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

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

1)順天堂大学体育学部 2)東京大学教養学部 3)日本女子体育大学

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

1) 筋 力

浅見・福永班（東京大学）は小学生を対象に2種類の筋力トレーニングを行った。

①腕立伏臥腕屈伸による動的筋力トレーニング

小学生1, 3および5年生男子各10名に、最大の1/2の回数の腕立伏臥腕屈伸運動を、1日3セット、3日／週、8週間行わせた。

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

なお、絶対筋力の増加も5年生のトレーニング群にしか見られなかった。

②肘関節屈曲による静的筋力トレーニング

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

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

なお、ここでも絶対筋力の増加の認められたのは5年生だけであった。

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

2) 調整力

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

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

または30m走

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

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

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

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

3) 全身持久力

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

①8歳児を対象とした持久力トレーニング

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

1) 時間を等しくして、強度を変える。

80% & 90% $\dot{V}O_{2\max}$ × 5分

60% & 70% $\dot{V}O_{2\max}$ × 30分

2) 強度を等しくして、時間を変える。

10分 & 30分 × 70% $\dot{V}O_{2\max}$

15分 & 30分 × 60% $\dot{V}O_{2\max}$

3) トレーニング様式を変える。

自転車エルゴ & トレッドミル

× 70% $\dot{V}O_{2\max}$ × 10分

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

② 9, 10および11歳児を対象とした持久力トレーニング

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

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

~~~~~・~~~~~・~~~~~・~~~~~

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

## ① Krahenbuhl, G.S., et al. : Developmental aspects of maximal aerobic power in children

Eexrc. Sport Sci. Rev. 13 : 503-538 (1985)

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

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

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

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

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

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

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

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

## <総 説>

### 思春期前児童を対象とした筋力トレーニングの効果に関する研究

船 渡 和 男 福 永 哲 夫 浅 見 俊 雄

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

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

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

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

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

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

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

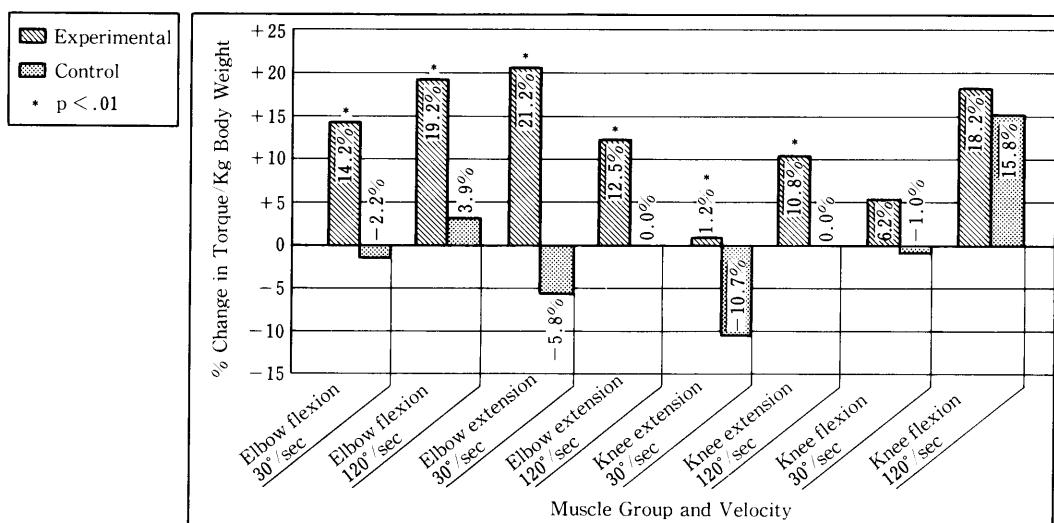
Pfeiffer, R.D.と Francis, R.S. (1986)<sup>5)</sup>は、思春

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

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

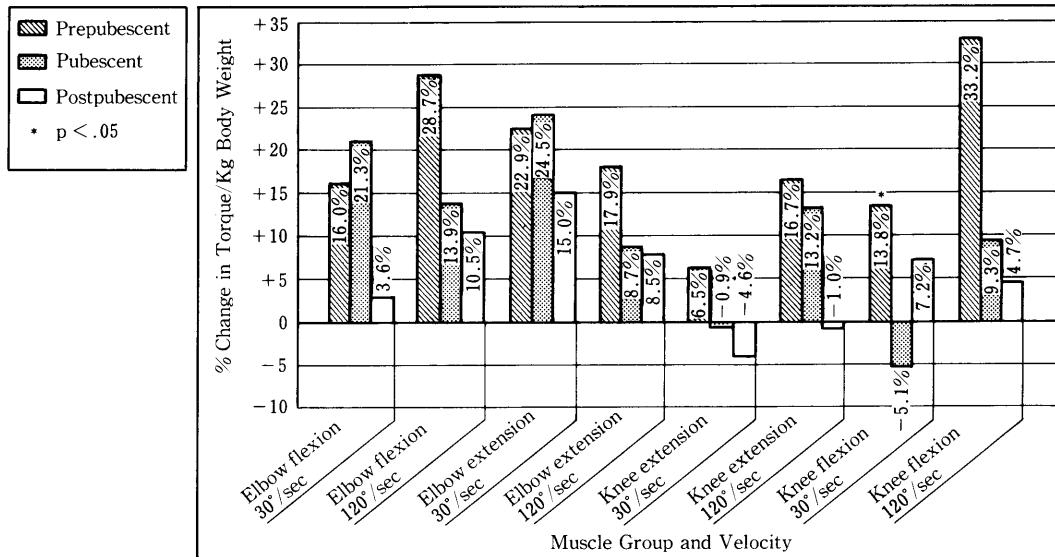
Sewall, L.と Micheli, L.J. (1986)<sup>8)</sup>は, 18名の思春期男女 (2人はtanner stage が2, 残りはTanner stage が1)を対象に, トレーニング群とコントロール群に分けて, トレーニング群には1日25分から30分で, 週3日のresistive exercise program を9週間施した。その結果, トレーニング群では平均の筋力で42.9%の増加率が示されたのに対し, コントロール群でのそれは9.5%であった。

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



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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

## 文 献

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

## <総 説>

### 思春期前児童の敏捷性のトレナビリティ

加賀谷 淳子

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

1) 発育過程からみた思春期前児童の敏捷性  
敏捷性の発達の経過を知り、思春期前の子供の発達段階を明らかにすることは、その時期の子供の敏捷性トレーニングを論ずる上で重要な手かがりとなる。

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

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

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

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

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

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

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

## 2) 思春期前児童の敏捷性のトレーニングの効果

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

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

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

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

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

表II-3 子供の敏捷性の発達

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

表II-4 子供の敏捷性トレーニング

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

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

## 文 献

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

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

## <総 説>

### 思春期前児童を対象とした持久的トレーニング

高岡 郁夫, 青木 純一郎, 福原 早葉子

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

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

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

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

#### 1) 児童の性、年齢および体力水準

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

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

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

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

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

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

## 2) トレーニングプログラムの内容

### a. 持続時間、頻度、強度および期間

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

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

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

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

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

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

Rowland ら（1985）<sup>21)</sup>は思春期前児童の有気的能力を向上させるための持久的トレーニングは成人のガイドライン<sup>1)</sup>に従つた強度と持続時間を取り入れるべきであるとしている。しかし、青木ら<sup>213)</sup>は成人のガイドライン<sup>26)</sup>に従つた6種の強度と時間の組み合わせによるトレーニングで効果を認めなかつた。

### b. トレーニング型式と効果判定のためのテスト型式

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

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

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

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

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

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

表III-6 持久的トレーニングが思春期前児童の有気的能力におよぼす効果

| 著者(発表年)                              | 被検者       |     | トレーニング |                          |                 |       |                                                      |        | 効果測定のためのテスト | トレーニング効果                              |             |
|--------------------------------------|-----------|-----|--------|--------------------------|-----------------|-------|------------------------------------------------------|--------|-------------|---------------------------------------|-------------|
|                                      | 年齢(歳)     | 性   | n      | 型式                       | 持続時間(分)(距離)     | 頻度(週) | 強度                                                   | 期間(週)  |             | $\dot{V}_{O_2 \text{ max}}$ (ml/kg・分) | Submax fH   |
| Yoshidaら(1980)<br>30)                | 5         | 男+女 | 25     | ランニング                    | (750~1500m)     | 5     |                                                      | 56     | ランニング       | 42.1→38.9<br>43.5→41.6<br>41.6→42.8   | ↓<br>→<br>→ |
|                                      | 5         | "   | 21     | "                        | ( " )           | 1     |                                                      | "      | "           |                                       |             |
|                                      | 5         | "   | 11     | コントロール                   | —               | —     | —                                                    | —      | "           |                                       |             |
| 吉沢と増田(1984)<br>31)                   | 7~8       | 男   | 19     | 複合トレーニング                 | 20~25           | 4     | 170 bpm                                              | 12     | 自転車エルゴメータ   | 40.7→44.1*<br>33.8→40.0*              |             |
|                                      | "         | 女   | 19     | "                        | "               | "     | "                                                    | "      | "           |                                       |             |
| GilliamとFreedson<br>(1980) 10)       | 7~9       | 男+女 | 11     | エアロビック運動<br>体育授業(コントロール) | 25              | 4     | 165 bpm<br>150 bpm                                   | 12     | 自転車エルゴメータ   | 43.4→42.9<br>40.5→40.9                |             |
|                                      | "         | "   | 12     | "                        | "               | 2     | "                                                    | "      | "           |                                       |             |
| 青木ら(1984)<br>2)                      | 8         | 男   | 6      | 自転車エルゴメータ                | 15              | 3     | 60% $\dot{V}_{O_2 \text{ max}}$                      | 4      | 自転車エルゴメータ   | 46.4→43.4<br>45.5→45.8<br>45.5→46.2   |             |
|                                      | "         | "   | "      | "                        | 10              | "     | 70                                                   | "      | "           |                                       |             |
|                                      | "         | "   | "      | "                        | 5               | "     | 80                                                   | "      | "           |                                       |             |
|                                      | "         | "   | "      | コントロール                   | —               | —     | —                                                    | —      | "           | 46.0→43.5                             |             |
| 青木ら(1985)<br>3)                      | 8         | 男   | 6      | 自転車エルゴメータ                | 5               | 3     | 90% $\dot{V}_{O_2 \text{ max}}$                      | 4      | 自転車エルゴメータ   | 41.2→40.9<br>41.2→43.8<br>41.5→39.6   |             |
|                                      | "         | "   | 5      | "                        | 30              | "     | 70                                                   | "      | "           |                                       |             |
|                                      | "         | "   | 6      | "                        | 30              | "     | 60                                                   | "      | "           |                                       |             |
|                                      | "         | "   | "      | トレッドミル走                  | 10              | "     | 70                                                   | "      | 自+トレッドミル    | 39.3→33.0                             |             |
|                                      | "         | "   | "      | コントロール                   | —               | —     | —                                                    | —      | 自転車エルゴメータ   | 38.9→40.9                             |             |
| Savageら(1986)<br>23)                 | 8.0       | 男   | 12     | 歩/ジョギング/走                | (2.4~4.8km)     | 3     | 75% $\dot{V}_{O_2 \text{ max}}$                      | 10     | トレッドミル      | 55.9→58.5*                            |             |
|                                      | 8.5       | "   | 8      | "                        | ( " )           | "     | 40                                                   | "      | "           | 52.2→54.6                             |             |
|                                      | 9.0       | "   | 10     | コントロール                   | —               | —     | —                                                    | —      | "           | 57.0→55.7                             |             |
| Brownら(1972)<br>6)                   | 8~9       | 女   | 2      | ランニング                    | 60~120          | 4~5   |                                                      | 12     | トレッドミル      | 36.8→48.7*                            |             |
|                                      | 10~11     | "   | 2      | "                        | "               | "     |                                                      | "      | "           | 44.6→55.6*                            |             |
|                                      | 12~13     | "   | 3      | "                        | "               | "     |                                                      | "      | "           | 46.2→56.8*                            |             |
| LussierとBuskirk<br>(1977) 16)        | 8~12      | 男+女 | 16     | ランニング                    | 45              | 4     |                                                      | 12     | トレッドミル      | 55.6→59.4                             |             |
| "                                    | "         | "   | 10     | コントロール                   | —               | —     | —                                                    | —      | "           | 53.1→53.9                             |             |
| VaccaroとClarke<br>(1978) 27)         | 9~11      | 男+女 | 15     | 水泳(選手)                   | (3000~10000yds) | 4     |                                                      | 28     | 自転車+トレッドミル  | 47.3→55.4*                            |             |
| "                                    | "         | "   | 15     | コントロール                   | —               | —     | —                                                    | —      | "           | 46.8→49.0                             |             |
| StewartとGutin<br>(1976) 25)          | 10~12     | 男   | 13     | 体育授業(ランニング)              | 40              | 4     | 90% $\dot{V}_{O_2 \text{ max}}$ fH<br>115 bpm        | 8      | 自転車+トレッドミル  | 49.8→49.5<br>48.4→49.2                | ↓<br>→      |
|                                      | "         | "   | 11     | "(ストレッチ他)                | "               | "     | "                                                    | "      | "           |                                       |             |
| 浅野ら(1982)<br>4)                      | 10~11     | 男   | 17     | 水泳(インターバル)               | 60~120          | 3~4   |                                                      | 8      | グラウンド5分走, 自 | 53.8→53.2                             |             |
|                                      | "         | 女   | 17     | "                        | "               | "     |                                                      | "      | "           | 47.4→47.0                             |             |
| Weberら(1976)<br>29)                  | 10        | 男   | 4      | 走, ステップ, 自転車他            | —               | 3     |                                                      | 10     | 自転車エルゴメータ   | 55.6→66.0*                            |             |
|                                      | "         | "   | 4      | コントロール                   | —               | —     | —                                                    | —      | "           | 55.2→58.8                             |             |
|                                      | 13        | "   | 4      | 走, ステップ, 自転車他            | —               | 3     |                                                      | 10     | "           | 43.9→48.6                             |             |
|                                      | "         | "   | 4      | コントロール                   | —               | —     | —                                                    | —      | "           | 44.6→49.0                             |             |
| Rotsteinら(1986)<br>20)               | 10.2~11.6 | 男   | 16     | 走(インターバル)                | 45              | 3     |                                                      | 9      | トレッドミル      | 54.2→58.6*                            |             |
|                                      | "         | "   | 12     | コントロール                   | —               | —     | —                                                    | —      | "           | 57.1→58.3                             |             |
| Ekblom(1969)<br>8)                   | 11        | 男   | 6      | 走(含筋力, ボール)              | 45              | 2     | 130~180 bpm                                          | 24~128 | トレッドミル      | 53.9→59.4*                            | →           |
|                                      | "         | "   | 7      | コントロール                   | —               | —     | —                                                    | —      | "           | 49.9→50.2                             | →           |
| DanielsとOldridge<br>(1971) 7)        | 10~15     | 男   | 6      | ランニング                    | —               |       |                                                      | 88     | トレッドミル      | 59.5→58.3                             |             |
|                                      | "         | "   | 14     | "                        | —               |       |                                                      | 48     | "           | 60.6→59.6                             |             |
| 加賀谷ら(1975)<br>15)                    | 11~12     | 男   | 5      | ランニング                    | 5               | 3     | 88% $\dot{V}_{O_2 \text{ max}}$                      | 12     | トレッドミル      | 43.0→50.8*                            |             |
|                                      | "         | 女   | 5      | "                        | "               | "     | "                                                    | "      | "           | 39.0→44.4*                            |             |
| ErikssonとKoch<br>(1973) 9)<br>(11.7) | 11~13     | 男   | 9      | ランニング(含体操)               | 60              | 3     | 170~180 bpm<br>(85~90% $\dot{V}_{O_2 \text{ max}}$ ) | 16     | 自転車エルゴメータ   | 41.0→47.8*                            | ↓           |
| MissicotteとMachab<br>(1974) 17)      | 11~13     | 男   | 9      | 自転車エルゴメータ                | 12              | 3     | 170~180 bpm                                          | 6      | 自転車エルゴメータ   | 46.7→51.8*                            | →           |
|                                      | "         | "   | 9      | "                        | "               | "     | 150~160 bpm                                          | "      | "           | 47.4→48.0                             | →           |
|                                      | "         | "   | 9      | "                        | "               | "     | 130~140 bpm                                          | "      | "           | 46.6→48.2                             | →           |
|                                      | "         | "   | 9      | —                        | —               | —     | —                                                    | —      | "           | 45.7→44.2                             | →           |
| ShasbyとHagerman<br>(1975) 24)        | 12~13     | 男   | 7      | 長距離走                     | —               | 3     |                                                      | 16     | トレッドミル      | 測定せず                                  | ↓           |
|                                      | "         | "   | 7      | インターバル走                  | —               | "     |                                                      | "      | "           |                                       | →           |
| HamiltonとAndrew<br>(1976) 12)        | 12.7      | 男   | 12     | アイスホッケー(選手)              | —               | 4     |                                                      | 28     | 自転車エルゴメータ   | 測定せず                                  | →           |
|                                      | 12.4      | "   | 10     | コントロール                   | —               | —     | —                                                    | —      | "           |                                       | →           |

\*有意な向上  
↓有意な減少  
→不变

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

### まとめ

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

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

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

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

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

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

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

### 文献

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

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

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

- 13 : 65-67 (1981)
- 12) Hamilton, P. and M. Andrew : Influence of growth and athletic training on heart and lung functions. *Europ. J. appl. Physiol.* **36** : 27-38 (1976)
  - 13) Hughson, R. : Children in competitive sports - A multi-disciplinary approach. *Can. J. Appl. Spt. Sci.* **11** : 162-172 (1986)
  - 14) 石河利寛 : 幼児期から思春期までの体力づくりとその効果. *体育の科学* **32** : 395-398 (1982)
  - 15) 加賀谷儀彦, 井上伸治, 宇賀永 : 走行スピードによる強度選定法を用いた小学生の持久性トレーニングの効果. *体育科学* **3** : 131-138 (1975)
  - 16) Lussier, L. and E.R. Buskirk : Effects of an endurance training regimen on assessment of work capacity in prepubertal children. *Ann. NY Acad. Sci.* **30** : 734-747 (1977)
  - 17) Massicotte, D.R. and R.B.J. Macnab : Cardiorespiratory adaptation to training at specified intensities in children. *Med. Sci. Sports* **6** : 242-246 (1974)
  - 18) McArdle, W.D., F.I. Katch, and V.L. Katch : Exercise physiology. Energy, nutrition, and human performance Lea & Febiger : Philadelphia, (1981)
  - 19) 宮下充正, 跡見順子, 岩岡研典 : 心拍数からみた9~10歳男子の日常生活身体活動水準と  $\dot{V}O_{2\text{max}}$ , LTとの関係. *体育科学* **11** : 31-39 (1983)
  - 20) Rotstein, A., R. Dotan, O. Bar-Or, and G. Tenenbaum : Effect of training on anaerobic threshold, maximal aerobic power and anaerobic performance of preadolescent boys. *Int. J. Sports Med.* **7** : 281-286 (1986)
  - 21) Rowland, T.W. : Aerobic response to endurance training in prepubescent children : a critical analysis. *Med. Sci. Sports* **17** : 493-497 (1985)
  - 22) Saris, W.H.M. : Habitual physical activity in children : methodology and findings in health and disease. *Med. Sci. Sports* **18** : 253-263 (1986)
  - 23) Savage, M.P., M.M. Petratis, W.H. Thomson, K. Berg, J.L. Smith, and S.P. Sady : Exercise training effects on serum lipids of prepubescent boys and adult men. *Med. Sci. Sports* **18** : 197-204 (1986)
  - 24) Shasby, G.B. and F.C. Hagerman : The effects of conditioning on cardiorespiratory function in adolescent boys. *J. Sports Med.* **3** : 97-107 (1975)
  - 25) Stewart, K.J. and B. Gutin : Effects of physical training on cardiorespiratory fitness in children. *Res. Quart.* **47** : 110-120 (1976)
  - 26) 体育科学センター編 : 体育科学センター方式 健康づくり運動カルテ. 講談社 : 東京(1976)
  - 27) Vaccaro, P. and D.H. Clarke : Cardiorespiratory alterations in 9 to 11 year old children following a season of competitive swimming. *Med. Sci. Sports* **10** : 204-207 (1978)
  - 28) Verschuur, R. and H.C.G. Kemper : Habitual physical activity. *Med. Sport Sci.*, Vol. 20, Karger : Basel, 56-65 (1985)
  - 29) Weber, G., W. Kartodihardjo, and V. Klissouras : Growth and physical training with reference to heredity. *J. Appl. Physiol.* **40** : 211-215 (1976)
  - 30) Yoshida, T., T. Ishiko, and I. Muraoka : Effect of endurance training on cardio respiratory functions of 5-year children. *Int. J. Sports Med.* **1** : 91-94 (1980)
  - 31) 吉沢茂広, 増田典子 : 7~8歳児童のトレーニング効果について (有酸素的能力を中心として). 昭和59年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告. NoIV 思春期前のトレナビリティに関する研究 (第1報). 28-40 (1984)