

成長と老化、及び積極的トレーニング

との関連からみた。

日本人の Aerobic Work Capacity.

5

10

15

小林 寛道

目次

緒言 (6)

第I部. Aerobic Work Capacity測定法の
検討 (13)

第1章. トレッドミル法と自転車エルゴメー
ター法の比較 (14)

1. トレッドミル歩行法と自転車エルゴメ
ーター法の比較 (15)

2. トレッドミルランニング法, トレッド
ミル歩行法, 自転車エルゴメーター法
の比較 (19)

3. 論議 (21)

4. まとめ (25)

才II部、縦断的測定からみた、青少年の
Aerobic Work Capacityの発達、…(27)

才I章、研究方法 …… (28)

1、被検者、…… (28)

2、測定手順、…… (31)

3、資料の処理、…… (33)

才II章、暦年令と最大酸素摂取量の発達、…(37)

1、年令別平均値からみた最大酸素摂取量
の発達、…… (37)

2、個人別にみた最大酸素摂取量の発達、…(43)

3、論議、…… (55)

才III章、身長発育からみた生理的年令と、
最大酸素摂取量の発達、…… (65)

1、身長発育速度曲線、…… (65)

2、生理的年令と最大酸素摂取量の発達、…(66)

3、論議、…… (71)

才4章、体重発育と最大酸素摂取量の発達	(79)
1、体重発育速度曲線	… … … (79)
2、体重発育に対する最大酸素摂取量の発達	… … … (80)
3、論議	… … … (84)

5

才5章、形態発育と最大酸素摂取量の発達パターン	(90)
1、最大酸素摂取量の発達速度曲線	… … (90)
2、身長発育速度曲線と最大酸素摂取量発達速度曲線の比較	… … … (92)
3、体重発育速度曲線と最大酸素摂取量発達速度曲線の比較	… … … (95)
4、身長発育速度曲線と体重発育速度曲線の比較	… … … (96)
5、身長、体重、最大酸素摂取量の発育発達パターン	… … … (99)
6、論議	… … … (102)

10

15

才6章、運動能力の発達と最大酸素摂取量	(105)
---------------------	-------

1. 持久走力の発達 (105)

2. 持久走力と体重あたり最大酸素摂取量 (107)

3. 論議 (109)

才7章. 才II部のまとめ (114) 5

才III部. 成人(中高年者)の Aerobic
Work Capacity. (119)

10

才I章. 成人(中高年者)の最大酸素摂取量 (120)

1. 一般健康成人男子の最大酸素摂取量 (120)

2. 中高年スポーツ愛好者の最大酸素摂取
量 (129)

3. 健康成人女子の最大酸素摂取量 (142) 15

4. 個人の追跡測定からみた最大酸素摂取
量の年次的変動 (150)

才II章. 身体トレーニングと最大酸素摂取量 (156)

1. 最大酸素摂取量の70%負荷での歩行ト

トレーニング効果. (156)
(1)、10週間の歩行トレーニング効果. (156)
(2)、15・16週間の歩行トレーニング効果. (162)
(3)、1年間(50週間)の歩行トレーニング効果. (171)
2. 家庭婦人の体力つくりサークル活動の効果. (189)
第3章、第Ⅲ部のまとめ. (198)
第Ⅳ部、総合的論議. (205)
謝辞. (232)
文献. (235)
附表(33)、図(86)は、別冊.	

緒言

人間は、その個々の個体についてみれば、生物界の他の動物と同じように、出生、成長、成熟、老化という生物学的な過程をたどっている。

こうした生物学的な過程の中で、多くの生物が自然環境に適応して、その生存の条件を確保してきたのに対し、人間は単に自然環境に適応することばかりでなく、自然環境や生活環境を変え、変えられた環境に積極的に適応するという独自の営みを行なってきた。

ここでいう環境の変化とは、社会生活の近代化がはかれる中での、あらゆるかたちでの機械化、省力化の進行であり、さらに暖冷房といった居住環境の改善といったことにおいて顕著である。

それは、飽くことのない便利さ、快適さの

追求によって特徴づけられている。

こうして変えられた環境に適應して、基本的に生物学的支配にもとづく生命活動が営まれているが、身心の健康や体力といった面では、日常的なものによって自然に保障されるであろうものと、便利さや快適さの故に失われつつあるものとが存在してきている。

保障されないものの一つの現象として、身体のコンドিশョンの失調があげられよう。ここに、現代の人間にとって、身体を積極的にトレーニングすることによって、より良い身心の状態を保ちたいとする意図的な働きかけが生じている。

すなわち、今日における身体トレーニングへの関心の高まりは、変えられた環境に適應する人間の生存のあり方というものと、深いかわりあいをもっているといえよう。

このような身体トレーニングが、人間の生存条件とどのような関連を有しているかは、今日あらためて追求されなければならぬ向

題であろうと考えられる。

本研究は、人間の身体作業能 (Physical Work Capacity) の面から、この課題に対してのアプローチを試みたものである。

とここで、人間の生命活動や、日常生活を続けてゆくための基本的条件となるものは、長時間にわたって継続される身体運動遂行能力であり、それは活動する筋細胞への酸素運搬や、その他の体液循環にかかわる呼吸循環機能と密接な関連をもっている。

人間が身体運動を遂行する体力的要素について、全身的な呼吸循環機能からアプローチした概念が、身体作業能 (Physical Work Capacity) であり、特に酸素運搬にかかわる作業能については、有酸素的作業能 (Aerobic Work Capacity) とよばれている。

また、最大酸素摂取量 (Maximum Oxygen Intake) は、運動遂行にともなって、体内に摂取される酸素の最大量を測定したもので、Aerobic Work Capacity を代表するも

のとされていいる。

最大酸素摂取量の測定は、A.V. Hill⁽⁵²⁾と
その協同研究者によって開発され、その後
数多くの研究が積み重ねられてきたが、Hill
によって記述された基礎的な原理については⁵
、今日でも変化していない。

しかし、その測定上の方法論的な問題や、
測定された最大酸素摂取量に対する理論的な
アプローチについては、今日においても多く
の問題が残されているといえる。¹⁰

これまでに、Robinson⁽¹²⁰⁾、Åstrand⁽¹⁰⁾、Holl-
man⁽⁵⁵⁾、Hermansen⁽⁵⁰⁾らをはじめとして、数
多くの研究者によって、異なった民族や地域
住民、スポーツ選手の最大酸素摂取量が報告
されてきた。¹⁵

これらの値を比較することによって、民族
の遺伝的要因や、日常の身体活動状態を含め
た種々の環境要因、又は身体トレーニングの
要因などにもとづく差が重要視され、論議さ
れてきた。

本研究においては、人間の成長と老化の過程を、Aerobic Work Capacityの推移からとらえるとともに、この過程の中で、積極的な身体トレーニングが果たす役割や、その意味について追求しようとした。

具体的には、次のような目標にもとづいて本研究を実施した。

1. Aerobic Work Capacityの測定法として現在最も多く使われているトレッドミル法と自転車エルゴメーター法を、方法論的に比較し、本研究の被検者の年齢、性、体力水準を考慮した測定法を検討すること。

2. 一般児童生徒について、小学生期から中学、高校生期における最大酸素摂取量の発達を、6~7年間の逐年的な縦断的測定によってとらえること。

3. 形態発育としての身長、体重の発育と、機能発達としての最大酸素摂取量の発達が、どのような相互関係にあるかを、発育発達パ

ターンから考察すること。

4、発育期にあって、激しい持久的トレーニングを積んでいるジュニア陸上中長距離優秀選手の最大酸素摂取量の発達を、逐年的な縦断的測定からとらえ、トレーニングがどのような影響をもっているかを考察すること。

5、これまで、発育発達研究に多くみられた集団的、横断的研究手法ではなく、個別的、縦断的な研究手法を用いて、個体としての発育発達の様相を考察すること。

6、一般健康成人男女、及び中高年スポーツ愛好者の最大酸素摂取量を測定することによって、日本人成人の各年齢層における Aerobic Work Capacity の実態を把握するとともに、加齢の影響を考察すること。

7、随意に行われている日常的な身体トレーニング、又はトレーニング処方にもとざいた身体トレーニングが、Aerobic Work Capacity に与える影響をとらえること。

才Ⅰの問題については、才Ⅰ部ごとりあつかい、才Ⅱ～才Ⅴについては才Ⅱ部、才Ⅵ、Ⅶについては、才Ⅲ部ごとりあつかった。

なお、これらの結果をふまえて、才Ⅳ部で総合的な論議を行なった。

5

10

15

第I部

5

Aerobic Work Capacity
測定法の検討

10

15

第1章

トレッドミル法と自転車エルゴメーター法の比較.

最大酸素摂取量測定法には、いくつかの方法があるが、トレッドミル法、又は自転車エルゴメーター法が広く用いられている。

我国の場合、発育期にある青少年や、スポーツ選手を対象にした最大酸素摂取量測定では、一般にトレッドミルランニング法が用いられてきている。

しかし、中広い年齢層にわたる最大酸素摂取量の測定を意図するとき、日常積極的な身体運動を実施していない成人、とりわけ中高年者を対象に、トレッドミルランニング法を用いることは、いくつかの無理な点と、危険性とが予見される。

トレッドミルを用いた測定法には、この他に、被検者の身体コンディションにあわせて、運動負荷を徐々に強め、Exhaustion（疲労

困ぱい状態)に導く方法として、トレッドミル歩行による斜度漸増負荷法(トレッドミル歩行法)がある。トレッドミル歩行法は、Balke⁽¹⁶⁾らによって用いられてきている。

また、欧米では、作業能テストとして、仕事量が明らかにできる自転車エルゴメーター法が、広い年齢層について実施されてきている。

本邦の研究では、トレッドミル歩行法と自転車エルゴメーター法の比較、及びトレッドミルランニング法を加えた3法の比較を行うことにより、被検者の年齢、体力水準を考慮した最も適切な最大酸素摂取量測定法を検討することを目的とした。

1、トレッドミル歩行法と自転車エルゴメーター法の比較.

・研究方法.

被検者は、成人男子(19才~34才)32名,

成人女子 (19才 ~ 26才) 21名, 及び12才男子 29名, 12才女子 23名で、合計 105名である。

各被検者について、トレッドミル歩行法、及び自転車エルゴメーター法の2法による最大酸素摂取量の測定を実施した。

i). トレッドミル歩行法.

トレッドミル速度を、 $94\text{m}/\text{min}$ と一定とし、斜度0%から歩行を開始し、1分毎に1%ずつ斜度を漸増させ Exhaustion に導いた。但し、被検者が運動開始18分目においても Exhaustion に達しない場合は、斜度17%と一定とし、以後速度を毎分 $10\text{m}/\text{min}$ ずつ漸増させ Exhaustion に導いた。〈図1〉。

ii). 自転車エルゴメーター法.

モナーク社製自転車エルゴメーターを用い、IBP Handbook⁽¹⁴⁶⁾ に示されている方法に準拠して行なった。

ペダリングは、1分回りに50回転 ($50\text{rpm}/\text{min}$) とした。運動開始5分間は、無負荷でペダリングし、以後、成人男子は $600\text{Kpm}/\text{min}$, 成人

女子及び12才男女は300 KPM/minに負荷を上昇させ、更に2分目毎に150 KPM/minずつ負荷を漸増させ Exhaustion に導いた。〈図2〉。

両測定法において、運動前10分間、運動中、運動後15分間の心電図を胸部双極誘導により、多用途監視記録装置（日本光電工業製）に連続記録するとともに、呼吸波をサーミスタ法により連続記録した。

呼気がス採集にあたっては、被検者に呼気採集用マスクを装置させ、直径30mmの蛇管を接続させたダグラスバッグ法によつて、1分間単位に連続採集し、シヨランダー微量ガス分析器、ベックマン生理用ガス分析器160型により分析した。

最大酸素摂取量の判定の規準としては、被検者の自覚症状の他に、最高心拍数^(16,106)、レベリング・オフ（leveling off）^(7,10,146)、及び最大作業時の呼吸商（R.Q.）⁽⁶⁶⁾の指標を総合的に用いた。

本測定は、1971年9月～10月に実施した。

・結果.

被検者の身長、体重、及び最大酸素摂取量測定結果を、男女別、年齢群別に〈表1〉に示した。また、トレッドミル歩行法と自転車エルゴメーター法によって得られた最大酸素摂取量の個人値の比較を、〈図3〉に示した。

個人値についてみると、トレッドミル歩行法で大きな値が得られる被検者と、自転車エルゴメーター法でより大きな値が得られる被検者とがある。

最大酸素摂取量の平均値についてみると、トレッドミル歩行法は、自転車エルゴメーター法と比較して、成人男子で2.8% (2.84↔2.76 l/min)、12才男子で3.2% (1.90↔1.84 l/min)、成人女子で10.3% (1.94↔1.74 l/min) 大きな値を示した。しかし、これらの差はいずれも統計的に有意なものではない。

12才女子では、逆に自転車エルゴメーター

法で、 16.8% ($1.31 \leftrightarrow 1.53 \text{ l/min}$) ($P < 0.05$)
大きな値が得られた。

最大換気量 ($\dot{V}_{E \max}$, STPD)については、
成人男子, 12才男子, 12才女子で、自転車エ
ルゴメーター法で、 $0.6 \sim 19.1\%$ 大きかった⁵
。男子の場合、自転車エルゴメーター法で
は、最大換気量に比較して最大酸素摂取量が
少なく、呼吸当量 (\dot{V}_E/\dot{V}_{O_2}) が大きい結果とな
っている。

最高心拍数は、各被検者群とも、トレッド¹⁰
ミル歩行法で 188 beats/min を超える水準を示し
たが、自転車エルゴメーター法では、トレッ
ドミル歩行法より、 $4 \sim 11 \text{ beats/min}$ 低い値を示
した。

最大呼吸数については、両測定法に差はな¹⁵
く、 $47 \sim 53 \text{ breaths/min}$ の範囲内にあった。

又、トレッドミルランニング法, トレッドミ
ル歩行法, 自転車エルゴメーター法の比較

。研究方法、

被検者は、成人男子（21才～34才）10名である。トレッドミル歩行法、自転車エルゴメーター法に加え、トレッドミルランニング法によって、最大酸素摂取量の測定を行なった。

トレッドミルランニング法では、トレッドミル斜度を8.6%（5度）で一定とし、初期速度160^m/minで2分間走行させた後、1分毎に10^m/minずつ速度を漸増させ、被検者をExhaustionに導いた。

トレッドミル歩行法と自転車エルゴメーター法は、前述のとおりである。また、採気の方法等も同じである。

本測定は、1971年10月に実施した。

。結果、

被検者の身長、体重、及び最大酸素摂取量測定結果の個人値を〈表2〉に示した。

Exhaustive Time は、トレッドミルランニング法で平均6分、トレッドミル歩行法で平

均20分30秒，自転車エルゴメーター法で平均12分50秒であった。トレッドミル歩行法で、Exhaustionに達するまでの時間が最も長い。

最大酸素摂取量の平均値は、トレッドミルランニング法で 3.32 l/min ，トレッドミル歩行法で 3.01 l/min ，自転車エルゴメーター法で 2.88 l/min の順となった。すなわち、トレッドミルランニング法による最大酸素摂取量は、トレッドミル歩行法より 9.3% ^(有意な差なし)、自転車エルゴメーター法より 14.3% ^($P < 0.05$) 大きな値を示した ¹⁰。

3. 論議

トレッドミル，又は自転車エルゴメーターを用いた研究には、おびただしい数がある。Hermansen ⁽⁴⁹⁾，Ikai ⁽⁶⁰⁾，McArdle ⁽⁹⁵⁾，Taylor ⁽¹⁴⁾，Whymndham ⁽¹⁴⁷⁾ らは、自転車エルゴメーターで得られた最大酸素摂取量の値は、トレッド

ミルによるものより低いとしている。しかし、Åstrand⁽¹⁰⁾は、自転車エルゴメーター法とトレッドミルランニング法によって得られた値はほぼ等しいことを述べている。また、Taylor⁽¹⁴⁾は、トレッドミルランニング法では自転車エルゴメーター法よりも、5~15%大きな値であるとしている。

本研究においては、成人のトレッドミル歩行法による最大酸素摂取量は、自転車エルゴメーター法に比較し、2.8~10.3%大きな値であったが、本研究と同様のトレッドミル歩行法を用いた McArdle⁽⁹⁵⁾の結果でも、自転車エルゴメーター法より、9.9%大きな値が得られている。

また、本研究でトレッドミルランニング法では、自転車エルゴメーター法に比較し、14.3%大きい最大酸素摂取量が得られたが、この結果は、Taylor⁽¹⁴⁾の報告した値と類似している。

自転車エルゴメーター法による最大酸素摂

取量の値が低い結果について、ペダリングの速度が向題とされてきている。Hermansen⁽⁴⁹⁾は、最も大きな最大酸素摂取量を得るためには、60回転(60rpm/min)が良いとしている。しかし、Taguchi⁽¹³⁴⁾は、50回転(50rpm/min)が適しており、60回転では被検者に過呼吸を呼び寄せやまいとしている。

本研究においても、トレッドミル法と比較して自転車エルゴメーター法では、過呼吸がみられ、トレッドミル法では、Exhaustion直前1分間に最大酸素摂取量が得られる場合が多いのに対して、自転車エルゴメーター法では、最大換気量がExhaustion直前1分間に得られるにもかかわらず、最大酸素摂取量はExhaustion1分前から3分前までに得られる場合が多くを占めた。

トレッドミル法と自転車エルゴメーター法にみられる最大酸素摂取量の値の相違については、これまでの研究報告にもみられるように、統計的に有意な差がある場合と、有意な

差が認められない場合とがある。このことは、いづれの方法が良いと断言することができず、トレッドミル法を用いても自転車エルゴメーター法を用いても、さしつかえないことを意味していると考えられる。

筆者は、最大酸素摂取量の測定においては、被検者の年齢、性別、体力水準等を考慮して測定法を選択することが望ましいと考え、若く体力に優れた人、スポーツ選手には、トレッドミルランニング法を、後述する才Ⅱ部の研究において用いることにした。

また、トレッドミル歩行法は、一過性の強い負荷が身体にかからないこと、日常的に自然な運動形態であるため、被検者に精神的なストレスを与えないこと、トレッドミル速度が低い¹⁵ため測定にともなう危険度が小さいこと、及び自転車エルゴメーター法より大きな最大酸素摂取量を得やすいこと、などの理由から、日常的に運動を行っていない成人や中高年者を対象として測定する場合には、この方法を用いることにした。

4. まとめ.

成人男女53名, 12才男女52名を被検者として、トレッドミル法、及び自転車エルゴメーター法による最大酸素摂取量測定法の比較を行ない、次の結論を得た。

- i)、トレッドミル歩行法では、自転車エルゴメーター法に比較して、成人男女及び12才男子で、2.8~10.3%大きな最大酸素摂取量が得られた。しかし、12才女子では、逆に自転車エルゴメーター法で、16.8%大きな最大酸素摂取量が得られた。
- ii)、トレッドミルランニング法では、トレッドミル歩行法に比較し、9.3%、自転車エルゴメーター法より、14.3%それぞれ大きな値を示した。
- iii)、若く体力に優れた人やスポーツ選手にはトレッドミルランニング法を、日常的に身体運動を行なっていない成人や中高年者の

測定には、トレッドミル歩行法を、後述する才Ⅱ部、才Ⅲ部の研究において用いることにした。

Ⅱ部.

縦断的測定からみた、青少年の
Aerobic Work Capacity の発達.

第1章 研究方法.

本工部の研究は、発育期にある児童、生徒の Aerobic Work Capacity (最大酸素摂取量) の発育発達の様相を、逐年的測定による縦断的研究手法によって明らかにすることを目的として実施したものである。

1. 被検者.

被検者は、本研究の目的とする縦断的測定条件を満たした小学生、中学生、高校生、およびジュニア陸上中長距離優秀選手、合計103名である。

これらの被検者は、測定開始年齢、および測定開始動機によって、次の3グループ。(刈谷グループ、附属グループ、陸上選手グループ)のいずれかに属するものである。

i. 刈谷グループ.

(小学4年生から中学3年生および高校1年生までの6~7年間継続的被

検者)

この被検者は、男子7名、女子9名、合計16名である。

1969年当時、愛知県刈谷市富士松北小学校4年生であった児童を対象に、高校1年生まで、毎年7月末に逐年的測定を継続実施した。この7回の測定条件を完全に満たしたのは、男子5名、女子7名である。残りの被検者のうち、中学3年生までの継続測定者は男子2名、女子1名、他の女子1名は、中学2年生まで測定した。

ii. 附属グループ。

(中学1年生から高校3年生までの6年間継続的被検者)

この被検者は、男子43名、女子38名、合計81名である。

名古屋大学教育学部附属中学校に入学し、同附属中・高等学校に6年向在籍した生徒を対象に、毎年秋(11月)に測定を実施した。

各入学年ごとに、男女20名ずつを被検者と

して測定を開始したが、6年間の逐年的測定条件を満足したのは、下記の内訳のとおりである。

1968年中学入学・1974年高校卒業生徒。

男子15名、女子13名、合計28名。

1969年中学入学、1975年高校卒業生徒。

男子13名、女子13名、合計26名。

1970年中学入学、1976年高校卒業生徒。

男子15名、女子12名、合計27名。

なお、被検者の選択にあたっては、中学入学時における身長、体重がほぼ標準的な水準にあるものとした。

iii. 陸上選手グループ。

(ジュニア陸上中長距離優秀選手で、3～4年間継続的被検者)

この被検者は、男子6名である。1972年度、全日本中学放送陸上選手権愛知県大会、1973年度ジュニア陸上競技選手権愛知県大会の中長距離種目(2000m, 800m, 1500m)に上位入賞した選手を対象に、大会後1ヶ月

以内（8月）および、その後競技生活を継続したものについて、3～4年間にわたって毎年8月に逐年的な測定を実施した。

2. 測定手順.

i. 形態計測.

形態計測として、身長、体重を測定した。

また、各被検者について、本測定開始以前の身長、体重の測定結果を知るために、小学生当時、在籍した小学校で毎年4月に実施された身体計測結果を可能な限り収集した。

ii. 最大酸素摂取量の測定.

最大酸素摂取量の測定は、トレッドミルランニング法によった。すなわち、トレッドミルの斜度は、8.6%（5度）で一定とした。トレッドミル速度は、運動開始2分目までは

一定とし、その後1分毎に $10 \text{ m}^3/\text{min}$ ずつ漸増させ、被検者を Exhaustion (疲労困ぱい) に導いた。初期速度については、被検者が運動開始後、5~8分程度で Exhaustion に達するよう、年齢、性別、体力水準を考慮し、次のようにした。

小学4年生、男 $120 \text{ m}^3/\text{min}$ 、女 $120 \text{ m}^3/\text{min}$ 。

小学5・6年生、男 $140 \text{ m}^3/\text{min}$ 、女 $140 \text{ m}^3/\text{min}$ 。

中学・高校生、男 $160 \text{ m}^3/\text{min}$ 、女 $140 \text{ m}^3/\text{min}$ 。

陸上選手、男 $180 \text{ m}^3/\text{min}$ 。

初めての被検者の場合には、測定前日までに、トレッドミル上のランニング練習を行った。

運動時呼気ガスは、1分間単位にダグラスバッグ法により連続採集し、シヨランダー微量ガス分析器、およびベックマン生理用ガス分析器160型、呼気ガス瞬時分析装置(三菱測器製)により分析した。また、運動中の心電図を胸部双極誘導により導出し、多用途監視記録装置(日本光電工業製)に連続記録し

た。同時に、サーミスタ法により運動時呼吸波を連続記録した。

本測定は、1969年から1975年にかけて、名古屋大学体育実験室に於て実施した。

iii. スポーツテスト（持久走）

中学生、高校生については、毎年10月に、在学校の正課体育授業カリキュラムにもとづいて、文部省スポーツテストが実施されたが、このうちから、持久走（男子1500m、女子1000mの結果を収録した。

3. 資料の処理

i. 暦年令による資料の処理について

被検者の生年月日にもとずき、測定日が、生後何年何ヶ月目にあたるかを調べ、年令と測定値との関係をもとめた。

ii. 発育・発達速度の算出.

各被検者の身体発育発達パターンを分析し、同時に発育発達の様子を、発育発達速度から考察する目的で、発育発達速度曲線を描いた。

従来、発育発達速度をとらえるためには、単純に、ある時点の実測値から、その前の時点における実測値を差し引いた増加量からとらえる方法が多くとられてきた。

これとは別に、高石^(136, 137)ら、Tammer⁽¹⁴⁰⁾らの行った作図法を採用して、身長や体重について、滑らかな発育速度曲線を得ている。

作図法では、方眼紙に測定値をプロットし、プロットされた値を平滑化することによって、発育発達速度曲線 (Distance Curve) を描き、その曲線上から、グラフで3ヶ月ごとの増加量を読みとる方法がとられている。

しかし、この方法は、多数のデータを処理するには煩雑であること、及び、プロットさ

れた値を平滑化する際に、その平滑化に用いた曲線の描き方のわずかな変化が、発育速度をもとめる場合に大きな影響を及ぼす、という二つの欠点をもっている。

特に、本研究のように、1年1回の測定値から、発育発達速度をもとめようとする場合には、後者の要因が大きく影響すると考えられる。

本研究では、発育発達速度曲線が、発育発達曲線の微分曲線であることから、数学的手法を用いて、発育発達曲線の微分曲線をもとめた。数学的手法とは、次のようなものである。(図4)。

いま、逐年的な実測値が6点ある場合、まず、3点A, B, Cを通る二次曲線の方程式を、 $y = ax^2 + bx + c$ とし、定数a, b, cの値をもとめる。(y: 実測値, x: 年令)。この二次曲線を、xについて微分すると、 $y' = 2ax + b$ となる。

xに、B点のx座標の数値を代入すれば、

y' の値は、B点の年齢時における微分値、すなわち、発育発達速度をあらわすことになる。次に、あらたに点、B, C, Dを通る二次曲線の方程式をもとめ、この方程式を微分して、点Cにおける微分値、すなわち、C点の年齢時における発育発達速度をもとめる。この作業を順次繰返すことにより、各測定年齢時における発育発達速度を算出した。但し、この方法によると、才1測定時、及び最終測定時での微分値が得られないので、この場合には、才1測定時と才2測定時の中間値、及び最終測定時とその前回測定時の中間値を、算出上の数値として実測値に加えて採用した。

各測定時における微分値の算出には、ソニー・マイクロコンピュータ・ソバックス2700を用いた。また、算出値をグラフ上にプロットして、発育発達速度曲線をもとめた。

第二章． 暦年令と最大酸素摂取量の発達．

1. 年令別平均値からみた最大酸素摂取量の発達．

(1) 最大酸素摂取量 (絶対値) について．

刈谷グループ (9~15才) , 附属グループ (13~18才) , 陸上選手グループ (14~17才) について、縦断的測定結果にもとづく最大酸素摂取量の発達を、〈図5〉に示した。

図中のプロットは、各測定時における被検者の平均年令 (学令にもとづく) に対する最大酸素摂取量の平均値を示したものである。

i. 刈谷グループ

男子の場合、9才から12才までは緩やかな最大酸素摂取量の増大を示すが、その後14才後半にかけて急激な増大がみられた。

男子被検者の才1回測定時平均年令は9.7才であった。最大酸素摂取量の平均値は、

9.7才で 1.29 l/min , 10.7才で 1.42 l/min , 11.7才で 1.55 l/min , 12.7才で 1.77 l/min であった。この期間の増大は、年次的に $0.13 \sim 0.22 \text{ l/min}$ の範囲で緩やかであるが、13.7才では 2.54 l/min , 14.7才では 3.13 l/min と、この2年間のうちに 1.36 l/min の増大がみられた。しかし、高校1年生にあたる15.7才では、 3.00 l/min と、前年より 0.13 l/min の減少を示した。(表3)。

女子の場合も、全体として、その増大の変化は男子より小さいが、9才から13才までは緩やかな増大を示し、13才から15才にかけて急速な増大がみられた。しかし、その後16才にかけては逆に減少傾向がみられた。

女子被検者の才1回測定時平均年齢は9.8才であった。最大酸素摂取量の平均値は、
9.8才で 1.16 l/min , 10.8才で 1.20 l/min , 11.8才で 1.44 l/min , 12.8才で 1.53 l/min であり、この期間の増大は、年次的に $0.04 \sim 0.24 \text{ l/min}$ の範囲内である。13.8才では 1.98 l/min , 14.8才では 2.34 l/min と、それぞれ 0.45 l/min , 0.32 l/min

の年次的な増大を示した。この2年間の増大量は、12.8才時の53%増である。しかし、15.8才では、 1.96 l/min と13.8才の水準に低下している。(表4)。

ii. 附属グループ

男子の場合、最大酸素摂取量の平均値は、13.2才で 1.91 l/min 、14.2才で 2.34 l/min 、15.2才で 2.61 l/min 、16.2才で 2.81 l/min 、17.2才で 3.02 l/min 、18.2才で 3.05 l/min であった。(表5)。

すなわち、中学1年生から高校3年生までの期間に、平均 1.14 l/min の増大がみられた。その増大の推移をみると、中学1年生(13.2才)から中学2年生(14.2才)にかけての増大が 0.43 l/min と最も大きく、以後、 $0.27, 0.20, 0.20, 0.03 \text{ l/min}$ と、年令が進むに従って、1年間あたりの増大量は少くなっている。特に、高校2年生(17.2才)から3年生(18.2才)にかけての増大量は、 0.03 l/min とわおかである。

女子の場合、13.2才で平均 1.67 l/min 、14.2才で 1.84 l/min 、15.2才で 1.87 l/min 、16.2才で 2.00 l/min 、17.2才で 2.00 l/min 、18.2才で 2.03 l/min であった。(表6)。

中学1年生(13.2才)から高校3年生(18.2才)にかけての増大量は、わずかに 0.36 l/min であり、これは男子の同期間の増大量の32%程度にすぎない。

また、年次的な増大量をみると、中学1年生(13.2才)から中学2年生(14.2才)にかけて、 0.17 l/min の増大があり、次いで中学3年生(15.2才)から高校1年生(16.2才)にかけて、 0.13 l/min の増大がみられる。高校生期においては、その増大がみられない。

iii. 陸上選手グループ。

陸上選手グループの最大酸素摂取量の平均値は、14.8才で 3.54 l/min 、15.8才で 3.88 l/min 、16.8才で 4.08 l/min 、17.8才で 4.43 l/min であった。この値は、同年令の附属グループ男

子の平均値を、34~45%上まわる高い値である。

(2)、体重あたり最大酸素摂取量について。

体重あたり最大酸素摂取量の年次的推移について、〈図6〉に示した。

i、刈谷グループ。

男子では、9.7才で平均47.5 $\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ であり、10.7才で49.8 $\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ 、11.7才で49.2 $\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ であった。中学1年生にあたる12.7才では、47.0 $\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ とやや減少したが、13.7才で56.9 $\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ 、14.7才で63.2 $\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ と急増した。15.7才では、55.0 $\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ と急激な減少を示した。

女子の場合も、9.8才で42.6 $\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ 、10.8才で39.2 $\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ 、11.8才で41.5 $\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ 、12.8才で37.7 $\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ とわずかながら増減を繰返しているが、13.8才で44.2 $\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ と急増し、14.8才で49.8 $\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ とピークを形成した。15.8才

では、 40.5 ml/kg.min と。男子と同様に急激な減少を示した。

ii. 附属グループ。

男子では、13.2才で平均 45.0 ml/kg.min であり、以後年次的に、 48.0 , 49.1 , 50.2 , 52.2 ml/kg.min と高校2年生にあたる17.2才までは増大傾向を示したが、18.2才では 51.8 ml/kg.min とやや値の減少がみられた。

女子では、13.2才で平均 38.1 ml/kg.min であり、年次的に、 39.7 , 38.7 , 40.0 , 40.5 , 40.7 ml/kg.min という値を示した。15.2才でやや値の減少がみられた他は、この期間に大きな変動はみられない。

iii. 陸上選手グループ。

14.8才で平均 65.4 ml/kg.min , 15.8才で 68.7 ml/kg.min , 16.8才で 70.8 ml/kg.min , 17.8才で 75.2 ml/kg.min と、年次的に高い水準で増大がみられた。

これらの値は、同年令の附属グループ男子より、36~44%大きな値である。

2. 個人別にみた最大酸素摂取量の発達.

(1). 刈谷グループ.

個人別にみた最大酸素摂取量の推移を、

〈図 7.8〉, 及び〈表 7〉に示した。

男子被検者 7 名のうち、5 名は高校 1 年生まで、2 名については中学 3 年生までの結果を示してあり、女子被検者 9 名のうち、6 名は高校 1 年生まで、3 名については、それぞれ中学 2, 3 年生までの結果を示してある。

男子について、最大酸素摂取量の発達をみてみると、小学校 4 年生 (9, 10 才) では個人差が少ないが、12~15 才の急増期での増大量が大きな個人差を生じさせている。

中学 1 年生 (12, 13 才) から中学 3 年生 (14, 15 才) にかけてこの最大酸素摂取量の急増期では、被検者 <K-005> が $1.65 \rightarrow 3.48 \text{ l/min}$ と 111% の増大、被検者 <K-007> が $2.00 \rightarrow 3.45 \text{ l/min}$ と 80% 増、被検者 <K-002> が $1.82 \rightarrow 3.27 \text{ l/min}$ と 70% の増大を示し、最大酸素摂取量が大き

な値となった。

被検者間で、最大酸素摂取量が小さい値であった被検者〈K-003〉では、この期間に、

1.58→2.68 l/min 、被検者〈K-006〉では1.76→2.98 l/min と、それぞれ70%、69%の増大を示した。

中学3年生時(14,15才)に、3.48 l/min 、3.45 l/min と大きな値を示した被検者〈K-005〉〈K-007〉は、水泳部に所属してトレーニングを行なった者であり、3.27 l/min を示した被検者〈K-002〉は野球部所属であった。

高校へ進学後、運動部に所属しなくなった被検者では、高い水準にあった最大酸素摂取量が低下した。また、中学、高校ともに文化部所属であった被検者〈K-003〉では、中学3年生で2.68 l/min 、高校1年生で2.62 l/min と、被検者間では低い値にとどまっている。

女子についても、小学校4年生(9,10才)から中学1年生(12,13才)までは全体に緩やかな最大酸素摂取量の増大がみられるが、12

才後半から14.15才にかけて、急激な増大がみられる。女子の場合も最大酸素摂取量の急増期は中学生期にみられる。しかし、高校へ進学した段階で、ほとんどの被検者に最大酸素摂取量の減少がみられている。

中学1年生(12.13才)から中学3年生(14.15才)にかけての2年間の急増期では、被検者<K-101>が、 $1.44 \rightarrow 2.48$ l/min, 被検者<K-105>が、 $1.42 \rightarrow 2.46$ l/min, 被検者<K-106>が $1.46 \rightarrow 2.46$ l/min と、それぞれ72%, 73%, 68%の増大を示し、大きな値となった。

被検者間で最も小さな値を示した被検者<K-104>では、この期間に $1.47 \rightarrow 2.09$ l/min と、42%の増大にとどまっている。

最大酸素摂取量に大きな値を示した2名<K-101><K-105>は、テニス部、卓球部に所属し毎日活動したが、高校進学後、<K-105>は運動部に入っていない。被検者<K-106>は中学時代運動部に所属していなかったが、毎日片道30分間の自転車通学を続けていた。高

校進学後は、電車通学と化した。最大酸素摂取量の値の小さかった被検者<K-104>では、中学、高校生期での運動部活動はなかった。

(2)、附属グループ。

附属グループの個人別最大酸素摂取量の推移を、<図9, 10>及び<表8, 9>に示した。個人別に、その値の推移をみると、ほぼ滑らかなパターンで増大するものや、かなり大きな変動を示すものなどがみられる。

被検者数が多くあるので、男女別に、最大酸素摂取量の推移パターンを、およそ次のように分類した。

男子：オ1型・滑らかな増大パターン。

オ2型・途中急増パターン。

（オ2(a)型・途中急増後安定パターン。

オ2(b)型・増大持続後更に急増パターン。

女子：オ1型：無変化パターン。

オ2型・極大値形成パターン。

オ3型・増大基調持続パターン。

男子オ1型は、〈図11〉に示したように、滑らかな増大パターンを描くもので、16例(36%)がこのパターンを示した。中学1年生(12,13才)から中学2年生(13,14才)にかけて、最大酸素摂取量の増大が最も急であり、それ以後では、なだらかな増大傾向をたどることが特徴的である。

男子オ2型は、〈図12〉に示したように、この期間に大きな変動がみられるもので、27例(63%)がこのパターンを示した。このパターンでは、中学1年生(12,13才)から中学2年生(13,14才)にかけての最大酸素摂取量の増大があまり顕著でなく、急増時期がそれ以後にあらわれる例が多いことが特徴的である。そこで、急増時期の違いと、増加パターンの特徴から、この型を更に2つに分類した。

男子2(a)型は、〈図13〉に示したように、
中学1~2年生時(12~14才)以降に最大酸素
摂取量の急増期があらわれ、急増後はほぼ一
定値を保つパターンである。各個人の最大
値はあまり高い水準ではない。

男子2(b)型は、〈図14〉に示したように、
中学1年生時(12,13才)から増加量が大きく
、その増大ペースが持続するが、高校期に入
って、更に急増がみられるパターンである。
このパターンでは、高校2年生(16,17才)から
3年生(17,18才)にかけて減少傾向を示す例
もみられるが、各個人の最大値は、全例とも
3.04~3.89 ℓ/min と高い値を示している。

女子については、男子のように大きな変動
はみられない。

女子1型は、〈図15〉に示したように、
6年間をとおして大きな変化がみられないも
ので、13例(34%)がこの型を示した。

13才から15才にかけては、各個人により、
増加(7例)、減少(4例)、不変(1例)

と、やや変化がみられるが、15才以後では、ほぼ一定の水準を維持するか、わずかながら年次的に減少傾向を示す。

女子才2型は、〈図16〉に示したように、この期間に最大酸素摂取量の極大値がみられたもので、14例(37%)がこの型を示した。極大値が形成される時期、および極大値の大きさはまちまちである。10例については、極大値が形成された時点で、この測定期間内の最大酸素摂取量の最大値が得られている。3例については、中学3年生時(14,15才)で極大値が形成され、さらに高校3年生時(18才)に最大値を示した。女子才2型では、12例が1.4~2.5 l/minの範囲内の変動にとどまったのに対して、1例では16才で3.03 l/minと高い値を示した。

女子才3型は、〈図17〉に示したように、中学1年生(12,13才)から高校3年生(17,18才)にかけて緩やかな増大基調を持続したもので、11例(29%)がこの型を示した。

この測定期間内では、高校3年生(17,18才)で最大酸素摂取量の最大値が得られており、その値はいずれの被検者も、 2.0 l/min 以上である。

(3)、陸上選手グループ

陸上選手の個人別最大酸素摂取量の推移を、〈表10〉及び〈図18〉に示した。図中には、附属グループ男子の最大酸素摂取量の平均値と、各個人値が存在した範囲をあわせて描いてある。

選手6例の最大酸素摂取量は、いずれも、一般生徒(附属グループ)の値の上限ラインを越える高い値を示しており、それらの値は、同年令の一般生徒の平均値を、16~55%上まわる値の範囲に存在している。

個人別にみると、3例が年次的に滑らかな増大を示し、他の3例が変動をみせている。

滑らかな増大を示した3例についてみると

、被検者〈R-001〉では、中学2年生(14.0才)から高校2年生(15.9才)にかけて、 $3.62 \rightarrow 4.46 \text{ l/min}$ と、 0.84 l/min の増大がみられ、その年間平均増加量は、 0.21 l/min である。

被検者〈R-002〉では、中学3年生(15.0才)から高校2年生(17.2才)にかけて、 $3.72 \rightarrow 4.12 \text{ l/min}$ と増大し、年間平均増加量は、 0.18 l/min である。同様に、被検者〈R-003〉では、中学3年生(14.9才)から高校2年生(17.1才)にかけて、 $3.26 \rightarrow 3.93 \text{ l/min}$ と増大し、年間平均増加量は 0.31 l/min であった。

一般生徒の年間平均増加量は、中学3年生から、高校1,2年生にかけて、それぞれ 0.20 l/min 、 0.21 l/min である。すなわち、陸上選手の年間平均増加量と、一般生徒の年間平均増加量との間に、大きな差異が認められない。

次に、最大酸素摂取量に変動がみられた3例についてみると、被検者〈R-004〉では、中学3年生(14.6才)から高校1年生(15.5才)にかけて、 $3.03 \rightarrow 3.94 \text{ l/min}$ と急激な増大がみ

られたが、その後の増大は緩やかである。
高校1年生から3年生(17.6才)にかけての平均年間増加量は、 0.13 l/min にすぎない。

被検者〈R-005〉の場合は、中学3年生(14.7才)から高校1年生(15.6才)にかけて、 $3.63 \rightarrow 4.18 \text{ l/min}$ と高い値を示したが、翌年の測定では、 3.94 l/min と値が落ちこんでいる。しかし、高校3年生(17.7才)では、 4.67 l/min と陸上選手グループでの最高値を示している。この間、陸上競技記録は、〈表10〉に示すように年次的に著しい向上を示している。そこで、仮に、値が落ちこんだ高校2年生(16.7才)の測定日では、たまたま身体コンディションが悪く、本来の能力を発揮できなかったものと考え、この値を除いて、高校1年生(15.5才)と高校3年生(17.7才)の値を結び、この期間の平均年間増加量は、 0.20 l/min となり、先の一般生徒の平均年間増加量と等しくなる。

同様に、被検者〈R-006〉についても、値

の落ちこみがみられた高校1年生(15.8才)の値を除けば、中学3年生(14.8才)から高校3年生(17.8才)まで、 $3.60 \rightarrow 4.41 \text{ l/min}$ と滑らかに増大している。この期間の平均年間増加量は、 0.35 l/min であり、一般生徒の値よりやや大きい。

なお、参考のため陸上選手の個人別競技成績については、〈表10〉に示したが、それらをまとめると、次のごとくである。

各選手の中学生時代(14, 15才)の記録は、 $800 \text{ m} \cdot 2 \text{ 分} 11 \text{ 秒} 0$ 、 $2000 \text{ m} \cdot 5 \text{ 分} 52 \text{ 秒} 4 \sim 6 \text{ 分} 11 \text{ 秒} 6$ 、の範囲内にあったが、その後2~3年間のトレーニングによって、それぞれの専門種目ベスト記録は、 $800 \text{ m} \cdot 1 \text{ 分} 55 \text{ 秒} 1 \sim 1 \text{ 分} 59 \text{ 秒} 5$ 、 $1500 \text{ m} \cdot 3 \text{ 分} 59 \text{ 秒} 2 \sim 4 \text{ 分} 04 \text{ 秒} 2$ 、 $5000 \text{ m} \cdot 14 \text{ 分} 53 \text{ 秒} 2 \sim 15 \text{ 分} 11 \text{ 秒} 4$ という優れた記録を出すに至っている。

これらは、すべて公認記録であり、1975年度全国高校ランニング⁽⁴¹⁾において、 800 m では

、6位, 33位, 61位(2名), 1500mでは、
8位, 24位, 34位, 44位, 5000mでは、
16位(1974年度)⁽⁴⁰⁾, 25位, 31位 の記録として
、それぞれランクされている。

3. 論議.

(1). 横断的研究と縦断的研究の比較.

発育期にある青少年の最大酸素摂取量に関する研究結果は、これまでに数多く報告されている。諸外国の研究報告では、Robinson⁽¹²⁰⁾, Åstrand^(8,10), Hollmann⁽⁵⁴⁾, Mitchell⁽¹⁰⁰⁾, Hettlinger⁽⁵¹⁾, Rodahl⁽¹²²⁾, Hermansen⁽⁵⁰⁾らによって、中ない年齢についての最大酸素摂取量が報告されている。また、日本人青少年については、松井⁽⁹²⁾, 猪飼⁽⁶²⁾, 吉沢⁽¹⁵³⁾, 朝比奈⁽²⁾らが、比較的多くの被検者数について報告している。

これらの報告は、そのほとんどが横断的測定による結果であり、縦断的測定によるものは、Hermansen⁽⁵⁰⁾がノルウェーの子供について、3年間の測定結果を報告したものがみられる程度である。

そこで、日本人青少年についての横断的測定結果と、縦断的測定にもとづく本研究結果

とを比較するために、<図19,20>を描いた。

図中のラインは、松井^(92,93)、猪飼⁽⁶²⁾、吉沢⁽¹⁵³⁾、朝比奈⁽²⁾によって報告された数値をもとに、最大酸素摂取量の年齢別推移を描いたものである。

松井値は、12才以上については、本研究と同一のトレッドミルランニング法⁽⁹²⁾、6才から11才までについては、自転車エルゴメーター法⁽⁹³⁾によるものである。猪飼値、吉沢値は、自転車エルゴメーター法、朝比奈値は、グラウンド走による最大酸素摂取量を示している。

測定法の差はあるが、年齢にともなう最大酸素摂取量発達の様子を、それぞれにうかがい知ることができるといえる。

本研究結果は、縦断的測定にもとづく学令別の平均値について示したもので、これは縦断的資料の横断的処理をしたことになる。

横断的測定結果では、年齢の推移にともなう最大酸素摂取量発達曲線に凹凸のみられる場合が多いが、それが抽出した被検者の特徴によるものか、あるいは発育過程を示すも

のかを明確に知る事ができない。

この点、本研究の縦断的測定結果は、年令にともなう最大酸素摂取量の発達の様子を明らかにしているといえよう。

また、被検者数についても、松井は11~57例、猪飼は9~22例、吉沢は5~27例、朝比奈は10~19例と、各年令ごとに被検者数の多少があるが、本研究では、中学1年生から高校3年生については、男子43例、女子38例についての縦断的測定なので、その発達の様子を十分に反映しているものと考ええる。

(2). 身体運動と最大酸素摂取量の増大について.

最大酸素摂取量の縦断的測定結果は、被検者集団としての発達の様子をよくあらわしている。また、個人値の推移についての総合図として、〈図21, 22〉を描いた。

本研究の刈谷グループ(9~16才)の最大酸素摂取量発達曲線は、急増期の立ち上がり

勾配が急峻であるという点で特色あるものとはっている。

刈谷グループの被検者に対しては、熱心な体育教師によって、小学生期に持久カトレーニングを主体とした体力づくり運動が展開された。本研究結果の最大酸素摂取量の推移からみこみると、体力づくり運動は、小学生期において効果が明らかでないが、最大酸素摂取量の急増期で、その効果があらわれているように思われる。

すなわち、小学生期における体力づくりの働きかけは、小学生期での児童への効果はわずかであるようだが、あたかもその効果が蓄積されて、思春期スポーツ期に花開くように、最大酸素摂取量の増大が急峻である。

女子の場合も、刈谷グループの被検者では、附属グループにはみられない明らかな最大酸素摂取量の急増期がある。

この急増した最大酸素摂取量は、男女とも高校生期に入って減少しているが、これは高

校進学後クラブ活動に入らず、積極的な身体活動をやめてしまったことによる影響であろうと考えられる。

ある水準以上に高められた最大酸素摂取量は、積極的な身体活動が行われなくなった段階では、発育期の青少年であっても低下することを示している。

そして、多分、身体トレーニングの影響をこえた自然発育にともなう最大酸素摂取量的水準に近づくであろうと考えられる。

積極的な身体活動をともなわない自然発育による最大酸素摂取量の年齢別水準については、全く運動クラブに所属しなかった人の値が参考となる。

ところで、身体トレーニングが最大酸素摂取量に及ぼす効果について考えるとき、陸上選手グループの最大酸素摂取量の発達ラインが、刈谷グループ男子の急増ラインのほぼ延長上にあることは興味深い。

陸上選手の個人別発達曲線が示すように、

それぞれに最大酸素摂取量の急増時期が予想されるが、その後の増加の様子は、同年代の一般生徒（附属グループ）の最大酸素摂取量発達曲線と非常に似かよった割合（平均年間増加量 0.2 l/min ）で増加している。

但し、一般生徒において、高校2年生から3年生にかけて、ほとんど増大がみられないのに対して、陸上選手では増大の割合が減少することはない。これは、一般生徒が受験勉強等によって、高校3年生になると身体運動量が減少するのに比較し、陸上選手では更にトレーニングを継続するといったことによる差であろう。

陸上選手の最大酸素摂取量発達曲線が示すように、トレーニングを持続した場合には、最大酸素摂取量は滑らかな増加パターンを描くことが自然なかたちとなっている。

黒田⁽⁸⁷⁾や加賀谷⁽⁶⁹⁾の報告によると、日本人成人の一流スポーツ選手の最大酸素摂取量は、約 5.0 l/min がその上限となっている。

本研究の被検者のうち、高校3年生(17.7才)で 4.67 l/min という高い値を示した選手<R-005>が、平均年間増加量 0.20 l/min の割合で最大酸素摂取量を増大させてゆけば、19.6才で 5.0 l/min に達することになる。

また、高校2年生(16.9才)で、 4.46 l/min を示した選手<R-006>も同様の割合で最大酸素摂取量が増大すれば、19.5才で 5.0 l/min に達する計算になる。他の4選手については、20才までに 5.0 l/min に達する可能性は少ないと思われる。

身体トレーニングによって、最大酸素摂取量が高められる上限については、個人差があって当然であろう。Komish⁽⁸²⁾は、双生児の研究によって、最大酸素摂取量(有酸素的パワー)については、遺伝的な要因がその潜在的なCapacityを決定していることを報告している。

なお、これらの点については、才IV部総合的論議の項で、詳細に論議したい。

(3). 最大酸素摂取量の発達パターンについて

発育期にある青少年が、積極的な身体運動を実施することによって、最大酸素摂取量が増大することは、多くの研究者によって報告されている (3, 26, 32, 33, 36, 38, 64, 91)。

また、学校生活の中で、運動部所属の生徒は非所属生徒に比較して、より多く積極的な身体運動を行なっていると考えられる。本研究では、附属グループについて6年間運動部所属生徒と、非所属生徒の比較を行なってみた。〈表11〉及び〈図23, 24〉にそれらの結果を示した。

男子では、〈図23〉に示されるように、運動部所属群の最大酸素摂取量の平均値は、非所属群に比較して大きな値である。しかし、その年次的な増大パターンには、両群で差がみられない。

また、個人別にみても、運動部所属の被検者と非所属の被検者との間には、その増大パ

ターンに明確な相違が見いだされない。

例えば、最大酸素摂取量の発達パターンのうち、男子才1型（滑らかな増大パターン）において、中学1年生から大きな最大酸素摂取量を示し、増大基調を続けたのは、サッカー一部員、陸上部員であるが、運動部非所属者もまた、値の小さいなりに、滑らかな増大パターンを描いている。しかも、その年次的な最大酸素摂取量の増加量は、運動部所属者も非所属者も、ほぼ等しい。

おなわち、男子の場合、運動部に所属しなくても、最大酸素摂取量は年次的に増大を挙げた例が多いといえる。

女子では、やや男子の場合と異なっている。女子才1型（無変化パターン）を示した13例のうち、11例が運動部非所属者であった。女子才2型（極大値形成パターン）では、8例が運動部所属、5例が非所属である。女子才3型（増大基調持続パターン）では、運動部所属が9例を占め、非所属はわずかに1例

であった。

すなわち、女子では正課体育授業以外の積極的な身体活動の有無が、最大酸素摂取量の推移パターンに大きく影響していることがうかがわれる。

第3章

身長発育からみた生理的年令と最大酸素摂取量の発達

1. 身長発育速度曲線

身長発育にもとづく生理的年令から、最大酸素摂取量の発達パターンをとらえるため、身長発育速度曲線をもとめた。

附属グループの被検者のうち、男子39例、女子31例について、小学校1年生から高校3年生まで、12年間の継続的測定結果にもとづいて、〈図25, 26〉のような、身長発育速度曲線を描いた。

男子の場合、発育速度がピークとなる年令は、12.17才から14.50才の間にあり、その平均は、13.31才、標準偏差0.75才であった。

女子の場合、ピークは9.50才から13.17才の間にあり、その平均は、11.02才、標準偏差0.91才であった。

Shuttleworth⁽¹³⁰⁾ や高石⁽¹³⁶⁾らの例にならうい、発育速度曲線のピーク時点をあわせることによつて、〈図27, 28〉を描いた。

ピーク時点の発育速度は、男子で平均 8.53 cm/year, 女子で平均 7.25 cm/yearであった。ピーク時年令前後数年間の発育速度の平均値については、〈表12〉に示した。

また、ピーク時点を各被検者とも一致させた時の身長発育量の変化を身長発育曲線から読みとり、その平均値を〈表13〉に示した。男子のピーク時点の平均身長は、153.2 cm, 女子 139.8 cmであった。

2. 生理的年令と最大酸素摂取量の発達

身長発育にもとづく生理的年令から、最大酸素摂取量の発達の様相をとらえるため、身長発育速度曲線においてピークが形成された時点を、各被検者とも同一時点にそろえ、最

大酸素摂取量の発達曲線を描いた。

〈図29〉は、刈谷グループ男子について示したものである。被検者6例において、身長発育速度曲線にピークがみられる年齢は、12.00～14.33才の範囲内にあり、その平均は、13.30才であった。この平均年齢は、附属グループの平均年齢（13.31才）とほぼ一致している。

身長発育速度のピーク時点をそろえて描いた最大酸素摂取量発達曲線によって、6例のうち5例について、最大酸素摂取量が身長発育速度のピーク時期をはさんで、急激に増大する様子が見られる。また、1例については、身長のピーク時点約1年後に急激な増大が見られている。

いずれの被検者についても、身長発育速度がピークとなる1年前までは、最大酸素摂取量の年次的な増加量は少ないこと、及び、最大酸素摂取量の急増期における発達曲線の立ち上がり勾配は、各被検者とも非常に似かよっていることが特徴的である。

〈図30〉は、附属グループ男子について、身長発育速度のピーク時点を一致させて描いた最大酸素摂取量発達曲線である。

身長発育速度のピーク時点から、その1年後にかけて短期間に、比較的類似したパターンで発達曲線の立ちあがりが見られる場合と、身長発育速度のピーク時点附近では、発達曲線の立ちあがりがみられない場合とがある。そこで、前者と後者の場合を分けて、

〈図31, 32〉を描いてみた。

〈図31〉は、身長発育速度がピークとなる時点附近から、最大酸素摂取量に急増がみられた例について示したものである。これら22例については、身長発育速度のピーク時点から1~2年間のうちに、各被検者ともほぼ同じような割合で最大酸素摂取量の増大がみられている。しかし、その後では、年次的に個人差が大きくなる傾向がみられる。

また、身長発育速度のピーク時点約1年前の測定値を示した4例についてみると、身長

発育速度ピーク時点を境にして、最大酸素摂取量が急激に増大する様子がみられる。

〈図32〉は、身長発育速度のピーク時点附近で、最大酸素摂取量の急増がみられない18例について示したものである。

このうち、12例については、年次的に緩やかな最大酸素摂取量の増大がみられるが、6例については、身長発育速度ピーク時点以後、約1～15年後から2～3年後にかけて、急激な増大がみられている。

しかし、この図に含まれた被検者では、本研究の測定が、身長発育速度のピーク時期を過ぎてから開始された場合が多い。従って、この図に含まれた例の中には、身長発育速度のピーク時点附近から、最大酸素摂取量の急増がみられたものも、少なからず含まれていると考えられる。

〈図33〉は、刈谷グループ、附属グループに、陸上選手グループの4例を加えて描いた、総合的な最大酸素摂取量発達曲線である。

陸上選手4例の身長発育速度のピーク時期は、12.00～12.83才の範囲内にあり、平均12.56才である。これは、一般生徒の平均より、0.75才早い時期にあたる。

刈谷グループにおいて、最大酸素摂取量に高い値を示した例は、身長発育速度のピーク時点から1年後にかけて、急激な最大酸素摂取量の増大を示しているが、陸上選手の値は、刈谷グループの被検者の急増したラインを、さらに延長したライン上に存在している。すなわち、陸上選手の大きな最大酸素摂取量の値は、刈谷グループの被検者が描いた発達曲線と、ほぼ同様なラインを描き、その後も増大をつづけたパターンであると予想される。また、陸上選手のうち、1例については、身長発育速度のピーク時点以後、約3年目で最大酸素摂取量の急増がみられている。この選手の身長発育速度のピークは、12.00才で、選手4名のうち最も早い時期にあたる。しかし、この選手の測定開始時(才1

回目測定)の値は、 3.03 l/min と選手の中では最も小さな値であった。

また、女子についても、〈図34〉に、身長発育速度のピーク時点をあわせて、最大酸素摂取量の発達曲線を描いた。女子では、身長発育速度のピーク時点からやや遅れて、最大酸素摂取量の急増する例がみられている。附属グループについては、測定開始が身長発育速度のピーク時点より1~4年後にあたっているので、身長発育との関連はあまり明らかでない。

3. 論議.

(1). 生理的年齢について.

身長は、身体の発育段階を如実に示すものとして、発育発達研究では最も身近かな指標となっている。発育にとってもほう身体の成熟

度との関連では、生理的年令を示す骨年令が、暦年令より、より密接な関係をもっていることが、Greulich⁽⁴⁴⁾, Tanner⁽¹⁴⁰⁾, 佐藤⁽¹²⁷⁾, 大原⁽¹⁰⁸⁾らをはじめとして、多くの研究者によって実証されてきている。

大原⁽¹⁰⁸⁾は、骨年令と最も密接な関係をもつものが身長であることを指摘しており、小久保⁽⁹¹⁾は、暦年令別、骨年令別にみて、身長発育曲線のパターンに差がないことを示している。

また、高石⁽¹³⁸⁾は、体格劣位生徒の身長発育速度曲線のパターンは、暦年令であらわすより、骨年令であらわした場合には、標準のパターンからの時期的なずれが少くなることを述べている。

これらの事柄を勘案すれば、本研究の被検者において、身長発育速度曲線上でピークが形成された時点をもとめれば、それは身長発育からみた各個人の生理的年令の基準点とすることができるとなる。

すなわち、身長発育速度曲線を描き、その

ピーク時点を同一点に重ね合わせることは、その時点で各個人の生理的な年齢をほぼ一致させたことにはなると考えられる。

(2) 身長発育速度について、

高石^(136, 137)は、東京都内の児童生徒男子 134例、女子 259例について、身長発育速度曲線をもとめ、身長発育速度のピーク時期は、男子 13.36才、女子 11.45才であり、ピーク速度は、男子 10.85 cm/year 、女子 8.77 cm/year であると報告した。ピーク時期は、男子で本研究と差がないが、女子では、本研究が高石の報告した値より、0.43才早い結果となっている。

ピーク時点での身長発育速度を高石値と比較すると、男子では、 2.32 cm/year 、女子では 1.52 cm/year 本研究結果で小さい。しかし、男子では、ピーク3年前からピーク1年後にかけての発育速度が本研究結果でやや大きく、女子では、ピーク前の値は高石値とほぼ一

致あるが、ピーク後では、高石値が急速な減少を示すのに対して、本研究結果では減少の割合が少ない。

ピーク時点の身長発育速度値において、高石値と本研究結果の差が大きかったのは、高石値がグラフ上の身長発育曲線から3ヶ月ごとの変化を読みとり、それを4倍して年間発育速度としたのに対し、本研究では、1年ごとの実測値のみから発育速度を算出したためである。

従って、高石値は、より短時間あたりの発育速度の変化を表現したのに対し、本研究では、年間あたりの実際的な発育速度を示しているといえる。

また、身長発育速度がピークとなる時点での身長について、高石は、男子151.2cm、女子141.7cmという値を報告している。本研究結果は、高石値より男子で2.0cm高く、女子で0.9cm低い。

本研究の被検者の終末身長は明らかでない

が、男子について高石の資料では、 168.94 cm が終末身長とされている。しかし、本研究結果では、身長発育速度のピーク時点から3年後に、 168.4 cm となっており、さらにこの時点では、平均発育速度が 1.28 cm/year である。従って、終末身長は、高石の被検者の場合より、約 2 cm 大きくなると予想される。

この場合、終末身長における差は、すでに身長発育速度がピークとなる時点においてあらわれていることになる。

女子についてみると、高石値の終末身長は、 156.94 cm である。本研究結果では、ピーク5年後の身長が 155.4 cm であるから、終末身長は高石値より低いと予想される。

高石は、終末身長と、身長発育速度のピーク時身長との相関係数は、男子で 0.90 ($N=134$)、女子で 0.79 ($N=243$) であるとしている。

従って、終末身長の大小は、身長発育速度がピークとなる時点までの発育によつて、大きく影響されることになる。

(3). 最大酸素摂取量について.

各被検者の身長発育速度のピーク時点を一致させて描いた、最大酸素摂取量の発達パターンは、暦年令にもとめて描いたものと趣きを異にしており、最大酸素摂取量の増大もまた、身長発育と密接な関係をもっていることを示している。〈図33〉。

ところで、身長発育速度のピーク時点附近から、最大酸素摂取量が最も急激に増大した、刈谷グループ男子3例の場合、この期向に活発な身体運動が行われたこと、特に急峻な増大を示した2例は、水泳トレーニングを行ったことがその特色としてあげられよう。

刈谷グループの他の男子3例では、附属グループとほぼ同様なパターンで急増期を迎えているが、その立ちあがりには、附属グループの被検者より、やや急勾配である。

刈谷グループの被検者は、いずれも農村地域に在住し、しかも、小学生期から体力づく

り運動が指導されてきた。一方、附属グループの被検者の多くは、名古屋市内の小学校を卒業しており、比較的都会的な生活形態での成育環境である。また、中学、高校期において、特に厳しい体カトレーニングが行われたということもない。

ところで、最大酸素摂取量のような身体機能面の発達には、身体の発育にともなって発達する、いわば自然発達の要因と、身体運動を積極的に行うことによって発達助長される¹⁰面性を有していると考えられる。

最大酸素摂取量の発達の様相を考察すると、身長発育速度がピークとなる時期を1つのめやすとして、最大酸素摂取量の急増時期がみられるが、これはいわゆる思春期発育における自然発育要因にもとずいたものであろう¹⁵。しかし、この時期の増大の割合については、身体運動の実施状況によって、大きく影響されるのではないかと考えられる。

身長発育速度のピーク時点から、3年以上

も遅れて最大酸素摂取量が急増する例もみられるが、これは自然発育要因によるよりも、むしろ身体運動の実施効果によるものであろう。

身長発育からみた生理的年令と最大酸素摂取量の発達パターンとの関係をまとめる意味で、自然発育にともなう最大酸素摂取量発達パターン、及び、身体運動効果のある場合の発達パターンとについて、模式図的に〈図35〉を描いた。

第4章

体重発育と最大酸素摂取量の発達.

1. 体重発育速度曲線.

5

身長発育速度曲線にならって、体重発育速度曲線を描いた。〈図36, 37〉。

体重発育速度がピークとなる年齢は、男子で平均13.37才(11.50~14.75才), 標準偏差0.83才である。女子では、平均11.93才(10.25~13.92才), 標準偏差0.95才である。

体重発育速度のピーク時点を各被検者で一致させ、〈図38, 39〉を描いた。

体重発育速度曲線は、身長発育速度曲線とよく似たかたちをしている。しかし、身長発育速度曲線では、ピーク形成後、例外なく速度ゼロに向かって下降するが、体重発育速度曲線では、ピーク形成後、いったん下降するが、再び上昇に転ずるものや、マイナス値に下降するものがあり、ピーク形成後のパターン

は、身長発育速度曲線の場合とやや異なる。

ピーク時点の発育速度は、男子平均 6.69 kg/year ($4.9 \sim 11.2 \text{ kg/year}$)、女子平均 5.64 kg/year ($4.3 \sim 7.5 \text{ kg/year}$) であった。

また、ピーク時点を一致させて、グラフから読み取ったピーク時点前後数年間の体重発育速度の平均値を、〈表14〉に示した。

2. 体重発育に対する最大酸素摂取量の発達¹⁰⁾

(1) 体重あたり最大酸素摂取量の発達

附属グループについて、暦年令による体重あたり最大酸素摂取量の個人別推移を、〈図40, 41〉に示した。

全体としては、男女とも年次的な増大傾向を示しているが、個別的な推移をたどると、この期間にほぼ安定した値を示すタイプと、かなり大きな変動を示すタイプとがある。

男子では、ほぼ40~60 $\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ の範囲内の変動を示す場合が多い。女子では、ほぼ35~50 $\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ の範囲内で変動がみられている。

(2). 体重発育量と最大酸素摂取量の増加量との関係.

体重あたり最大酸素摂取量は、体重発育量と絶対値最大酸素摂取量の増加量の割合が変化することによって変動する。

男子について、体重発育と最大酸素摂取量増大の年次的な様子を、〈図42〉に示した。

体重の発育にともなって、常に相当分だけ最大酸素摂取量が増大すれば、測定期間内の各個人のラインは直線となるはずである。

しかし、実際には、〈図42〉のような折れ線が得られた。体重発育量が大きく、最大酸素摂取量の増大がわずかであるときは、この期間の変化を示す図中のラインの傾斜が緩く、体重発育量が少なく、最大酸素摂取量が

大きく増大する場合には、ラインの傾斜が急勾配となる。

すなわち、ラインの勾配が年次的に大きく変動する場合には、体重あたり最大酸素摂取量は年次的に大きく変動し、ラインの勾配の変動が少ないときは、体重あたり最大酸素摂取量の変動は少ない。

ところで、図から明らかのように、最大酸素摂取量の増大は、体重の発育と密接な関係があり、体重の大きいほど、最大酸素摂取量が大きい傾向にある。しかし、体重の発育にともなう最大酸素摂取量の増大の割合は、必ずしも一様ではない。

そこで、体重発育速度のピーク時点を各被検者で一致させ、その時点を基準として最大酸素摂取量の増大の様子をとらえた。その結果、体重発育速度のピーク時点をはさんで、体重の増加にともない、ほぼ滑らかに最大酸素摂取量が増大するタイプ〈図43〉と、体重発育速度のピーク時点後に、最大酸素摂取

量が急激に増大するタイプ〈図44〉とがみられた。

前者の場合、体重発育速度がピークとなる付近では、体重1kgの増加が、最大酸素摂取量 $0.04 \sim 0.06 \text{ l/min}$ の増大に結びついている。⁵
すなわち、この時期に体重が5kg増加すれば、最大酸素摂取量が $0.2 \sim 0.3 \text{ l/min}$ 増大することになる。

後者の場合、体重発育速度のピーク時点直後では、体重1kgにつき $0.12 \sim 0.16 \text{ l/min}$ の増大を示す。¹⁰
すなわち、体重5kgの増加によって、最大酸素摂取量は、ほぼ $0.6 \sim 0.8 \text{ l/min}$ 増大することになる。

その後の増大の割合は各被検者によってまちまちであるが、体重の増加に対して、最大酸素摂取量増大の割合が減少する場合が多い。¹⁵
しかし、逆に体重の増加はわずかであるにもかかわらず、最大酸素摂取量が増大する例もみられる。

3. 論議

(1). 体重発育速度について、

体重発育速度を、高石^(136,137)によって報告された値と比較すると、ピーク時点では、男子で高石値が 8.40 kg/year と本研究より、 1.71 kg/year 高い値を示したが、ピーク時点前後数年間の値は、本研究結果と高石値とで著しく似かよっている。

女子の体重発育速度も、ピーク時点で高石値が 6.85 kg/year と、本研究結果より 1.21 kg/year 大きいのが、ピーク時点前後数年間の値は、両測定結果で近似している。

ピーク時点での値が高石値とやや異なることは、その算出手法の差によるもので、身長発育速度の場合と同様である。

(2). 身長発育速度に対する体重発育速度について。

身長発育速度に対する体重発育速度の年次的な変化を、被検者の平均値から考察した。

〈図45〉は、身長発育速度のピーク時点を中心に、その前後の年次について、両者の関係を示したものである。

男女とも、身長発育速度ピーク時点を境として、身長発育速度に対する体重発育速度の割合が変化している。すなわち、身長発育速度ピーク時点より4〜2年前では、身長発育速度に対して体重発育速度が相対的に小さいが、身長発育速度ピーク時点以後では、その関係が逆転している。

この期間について、身長1cmの発育に対する体重発育量を示すと、〈表15〉、〈図46〉のようになる。

男子では、身長発育速度ピーク時点4年前において、身長1cmの発育に対し、体重が0.58kg増加する割合であるが、年次的に体重発育の割合が増大し、身長発育速度ピーク時点では、0.77kgの体重増加の割合であり、

その3年後では、1.64kgの体重増加の割合となっている。

身長発育速度ピーク時点から1~3年後にかけて、身長1cmの発育に対する体重発育量が、それ以前に比較して急激に大きくなることから、身長発育速度ピーク時点以前における体重増加は、主に長育にかかわる体重増加であるのに対し、ピーク時点1年以後の体重増加は、中育又は長育以外にかかわるものであることが推察される。

女子についても、年次的に身長発育に対する体重発育の割合は増大している。

身長発育速度ピーク時点3年前では、身長1cmの発育に対する体重発育量は、0.43kgであるが、ピーク時点では、0.68kg、ピーク時点3年後では、1.31kgとなっている。

女子では、身長発育速度ピーク時点を境として、体重発育の割合が急増し、ピーク時点1~2年後では、男子を上まわる値を示している。このことは、男子に比較して、女子

では身長発育速度がピークに達した後は、急速に中育（長育以外の発育）が進行することを示している。

(3)、体重発育と最大酸素摂取量の関係について、

体重と最大酸素摂取量との関係については、Astrand⁽¹⁰⁾、猪飼⁽⁶⁰⁾、吉沢⁽¹⁵²⁾、松井⁽⁹²⁾らが、回帰方程式を示している。しかし、これらは両者の一般的な関係を示すものであっても、体重発育にともなう最大酸素摂取量の発達過程を示すものではない。

本研究に示したように、体重発育にともなう最大酸素摂取量の発達パターンは必ずしも一様ではない。

体重発育速度がピークとなる時期をはさんで、体重発育にともない最大酸素摂取量が、ほぼ比例的に増大する時期では、主として、自然発育要因による体重発育に相当する分だ

け、最大酸素摂取量が増大することを示していると考えられる。体重発育速度ピーク時点から体重がさらに5~10kg増加した段階では、体重発育に比例するかたちでの最大酸素摂取量の増大はみられなくなっている。

この時期になると、自然発育要因による体重発育ということの他に、各個人の身体活動実践の度合が、最大酸素摂取量の様相に大きく影響してくると考えられる。

すなわち、体重発育速度がピークとなる付近では、体重発育量が身体活性組織の増加と密接な関係をもっているが、ピーク時点を過ぎてしばらくすると、体重発育量と身体活性組織の増加量との比例的な関係が薄れてくることが示唆されているといえよう。

陸上選手の場合も、体重の増加が最大酸素摂取量の増大を導いていることは例外ではない。しかし、一般生徒と比較して、体重1kgの増加にともなう最大酸素摂取量の増大は大きく、そのことは、体重あたり最大酸素摂

取量の大きな値として示されている。このことについては、身体組成や筋組織の生化学的な内容などが向題となるが、才IV部総合的論議の項で、さらに論議したい。

5

10

15

オ5章

形態発育と最大酸素摂取量の発達パターン

1. 最大酸素摂取量の発達速度曲線

5

暦年令に従った男子の最大酸素摂取量の発達速度曲線を、〈図47〉に示した。

小学生期から測定を継続した刈谷グループの被検者には、全例に、13.0才から14.5才にかけて最大酸素摂取量の発達速度曲線にピークの形成がみられた。¹⁰ 中学1年生から測定を開始した附属グループの被検者では、18例について、13.5才から16.5才にかけて発達速度曲線にピークの形成がみられたが、残り21例のうち多くは、13.5才から14.5才にかけて発達速度曲線が、すでにピークを形成した後の下降カーブを描き出しており、発達速度がピークとはなる時期、及び最大発達速度を確認することができなかつた。¹⁵

すなわち、附属グループのすべての被検者

について、最大酸素摂取量の発達速度が最大となる時期をとらえるのには、中学1年生から測定が開始されたのでは遅すぎるのがわかる。しかし、最大酸素摂取量の発達の様相をとらえるため、刈谷グループ、及び附属グループのうち測定期間内に最大酸素摂取量の発達速度曲線にピークが形成された例を抽出して、そのピーク時期をあわせて描いてみると、〈図48〉のようになる。

ピーク時点の発達速度（最大発達速度）には、少なからぬ個人差がみられている。

刈谷グループのみについてみてもみると、全被検者が、 0.54 l/min/year 以上の最大発達速度を示し、被検者のうちの最大値は、 0.87 l/min/year で、刈谷グループ全体の最大発達速度の平均値は、 0.68 l/min/year であった。

附属グループについては、13.5才以後に発達速度曲線にピークを形成した例のみを抽出したため、附属グループ全体としての最大発達速度の平均値を算出することができない。

しかし、最大発達速度は、 $0.24 \sim 0.94 \text{ } \mu\text{min/year}$ の範囲内にあり、最大値は刈谷グループの被検者の最大値をやや ($+0.07 \text{ } \mu\text{min/year}$) 上まわっている。また、最大発達速度が、 $0.50 \text{ } \mu\text{min/year}$ 以下である場合が、18例中13例みられた。

但し、附属グループの最大発達速度については、〈図47〉にもみられるように、測定期間内にピーク時点が確認できなかった被検者のうち、11例で最大発達速度が $0.50 \text{ } \mu\text{min/year}$ をこえる値を示している。

すなわち、刈谷グループと附属グループを比較した場合、最大発達速度の上限の値については明らかな差をみつけにくい。トレーニングされた刈谷グループの被検者には、最大発達速度が、 $0.50 \text{ } \mu\text{min/year}$ 以下を示す例がみられなかったという事が注目されよう。

ところで、最大酸素摂取量の発達速度曲線では、ピーク時点をはさんだ約2年間のうちに大きな増大がみられ、ピーク時点より2年以前（図48参照）では発達速度がわずかであ

るという特色をもっている。またピーク形成後はマイナスの発達速度を示す場合もあるが、これはトレーニングをやめた刈谷グループの被検者、及び附属グループで最大酸素摂取量が減少した被検者にみられた。

最大酸素摂取量の発達速度曲線が、ピーク形成後、どのようなパターンをたどるかについては、各個人の身体運動の実施の程度と関連していると考えられる。

又、身長発達速度曲線と最大酸素摂取量発達速度曲線の比較。

身長発達速度と最大酸素摂取量発達速度のピーク出現時期の比較を行うために、身長発達速度のピーク時点を一致させて、各被検者(男子)の最大酸素摂取量発達速度曲線を描いたものが、〈図49〉である。

最大酸素摂取量発達速度曲線のピーク時点

は、身長発育速度のピーク時点にほぼ一致するか、又はそれ以後に生ずる例が多くみられている。この点を更に明らかにするために、測定期間内に最大酸素摂取量発達速度曲線にピークが形成された例を選び、そのピーク時点を一致させた上で、身長発育速度曲線を描いた。〈図50〉。

これらの例から、最大酸素摂取量発達速度のピーク時点は、身長発育速度のピーク時点とほぼ一致するか、やや遅れて出現する傾向がみられる。

前述したように、最大酸素摂取量発達速度のピーク時の値は、ほぼ $0.24 \sim 0.94 \text{ l/min/year}$ の範囲内にある。本研究の測定期間内にピークが形成されなかった例についても、その曲線の勾配から、ほぼ同様な値の範囲でピークが形成されたことが予想される。

これらの結果から、最大酸素摂取量発達速度のピーク時点は、身長発育速度のピーク時点と一致するか、もしくは、1～2年身長発

育速度のピーク時点に遅れて出現するといえよう。

女子については、最大酸素摂取量発達速度曲線にピーク、又は極大値がみられた例を、

〈図51〉に示し、本測定期間以前にピークが形成されたと考えられる例を、〈図52〉に示した。中学1年生から測定を開始した例では、すでに身長発達速度のピーク時点から2~4年間を経過しているため、身長発達との関連を明らかにすることができない。

少数例ではあるが、小学生期から測定した刈谷グループ9例についてみると、身長発達速度のピーク時点以後、0.5~4.5年の範囲で、最大酸素摂取量発達速度曲線にピークが形成された。〈図53〉。

最大酸素摂取量が急増し、発達速度がピークに達し、急速に発達速度が減少する過程は、およそ3年間のうちに生じている。

3、体重発育速度曲線と最大酸素摂取量発達速度曲線の比較.

体重発育速度と最大酸素摂取量発達速度のピーク出現時期を比較するため、体重発育速度のピーク時点をあわせて、最大酸素摂取量発達速度曲線を描いた。

男子の場合について、〈図54〉に示した。測定期間内に、最大酸素摂取量発達速度にピークがみられた例については、ほぼ体重発育速度のピーク時点と一致するか、又は体重発育速度のピーク時点に1〜3年遅れてピークが形成されている。

中学生期から測定を開始した例では、最大酸素摂取量発達速度曲線が、ピーク形成後の下降ラインから描かれている場合が少なくない。最大酸素摂取量発達速度曲線の勾配や、前述のピーク時点の値の範囲から推察すれば、そのピーク時点は体重発育速度のピーク時点と一致するか、又は数ヶ月遅れた時点であ

る。

女子については、刈谷グループのみの結果であるが、最大酸素摂取量発達速度のピーク時点は、明らかに体重発達速度のピーク時点から、数ヶ月～3年後に出現している。〈図55〉⁹

4. 身長発達速度曲線と体重発達速度曲線の比較.

身長発達と体重発達のパターンを、発達速度のピーク出現時期の比較からとらえるため、各被検者の身長発達速度曲線のピーク時点を一致させ、それに対して、体重発達速度曲線をオーバーラップさせることにより、〈図¹⁰56, 57〉を描いた。

男子の場合、体重発達速度のピーク時点が身長発達速度のピーク時点と一致するものが、12例(30.8%)と最も多い。次いで身長発達速度のピーク時点後、約3ヶ月以内に体重

発育速度がピークとなるものが6例(15.4%)、身長発育速度のピーク以前3ヶ月以内に体重発育速度がピークとなるものが5例(12.8%)の順となっている。

すなわち、体重発育速度がピークとなる時期は、身長発育速度のピークと同時点、及びその前後3ヶ月以内の場合が、全体の59.0%を占めている。また、身長発育速度のピーク時点以後、4ヶ月～1年3ヶ月に体重発育速度がピークとなる例が、12例(30.8%)みられる。

逆に、身長発育速度のピーク時点より1年以上前に、体重発育速度がピークに達する例が3例(7.7%)みられる。このうち、1例には身長発育速度のピーク時点、2年6ヶ月前に、明らかな体重発育速度曲線のピークがみられているが、他の2例は、丘陵状の曲線を描いており、そのパターンは他の多くの例に比較して特異である。

これらのことから、男子の場合、体重発育

速度のピークは、身長発育速度のピーク時期とほぼ一致するか、又は数ヶ月遅れて出現するというパターンが一般的な傾向であるといえる。

女子の場合、その様子は男子と著しく相違⁵している。女子では、身長発育速度のピークと体重発育速度のピーク時点が一致する例は全くみられず、31例中、1例を除いたすべての被検者で、身長発育速度のピーク時点以後に体重発育速度のピークが出現している。¹⁰

身長発育速度のピーク時点后、体重発育速度がピークとなるまでの期間は、2年間のうちに散在しているが、6ヶ月～9ヶ月後が8例で最も多い。次いで、3ヶ月～6ヶ月後、1年～1年3ヶ月後、1年3ヶ月～1年6ヶ月後が4例ずつである。¹⁵

5. 身長, 体重, 最大酸素摂取量の発育発達パターン.

形態発育と最大酸素摂取量の発達パターンを、その発育発達速度ピーク出現時期からとらえた。

身長, 体重, 最大酸素摂取量における発育発達速度のピーク出現時期を3者の間で比較すると、その出現順序から、およそ次の6つの型に分けることができる。

なお、3ヶ月以内のずれの場合は、同時期としてとりあつかった。

カ1型: 身長, 体重, 最大酸素摂取量のピーク時点が一致する型。

カ2型: 身長, 体重のピーク時点が一致して生じ、遅れて最大酸素摂取量のピークが出現する型。

カ3型: 身長のピークが先に出現し、体重と最大酸素摂取量のピークが同時に出現する型。

現ある型。

オ4型：身長、体重、最大酸素摂取量の順で
順次ピークが出現する型。

オ5型：体重のピークが先に出現し、やや遅
れて身長、最大酸素摂取量のピーク
が出現する型。

オ6型：その他の型。

オ1型からオ5型までの代表的なパターン
を、〈図58, 59, 60, 61, 62〉に示した。ま
た、〈表16〉に、それぞれの型を示した例数
を示した。

各個人の型の分類にあたっては、最大酸素
摂取量発達速度曲線において、測定期間内に
明らかなるピークが形成されなかった場合でも
、曲線の勾配の様子から可能なものについて
は、ピーク形成時期を予想した。

その結果、男子と女子では、その発達
パターンに顕著な相違がみられた。

男子では、身長、体重、最大酸素摂取量の

ピークが同時期に出現するオ1型が多く、男子全体の41.3%を占めた。

以下オ2型が28.3%、オ3型が13.0%、オ4型が8.7%という結果であった。

しかし、女子では、身長、体重、最大酸素摂取量の順でピークが出現するオ4型が最も多く、61.0%を占めた。オ2型は19.5%、オ3型は12.2%である。男子の場合で最も大きな割合を占めたオ1型は、女子ではわずか1例(2.4%)にすぎない。

いずれにしても、身長発育速度が最も早い時期にピークとなる例が、男子92.3%、女子95.1%を占め、体重のピークが先行するオ5型は、男子7.7%、女子2.4%にすぎなかった。

最大酸素摂取量のピークは、男子では41.3%が身長のピークと同時期、49.9%が身長のピーク時点以後に出現する。女子では、97.5%が身長のピーク時点以後に、最大酸素摂取量のピークが形成されている。

6. 論議:

形態発育のパターンに關する研究は、これまで数多く行われてきている^(77, 84, 85, 86, 104, 133, 136, 137, 140, 143)。また、形態発育と機能⁵の発達^のの關係についての研究も多くなされている^(5, 6, 83, 99, 103, 105, 107)。

これらの研究は、①統計的立場から、②相對成長の立場から、③ディメンション解析の立場からなされたものが多い。¹⁰

形態発育と最大酸素摂取量の発達をとらえたものに、北川⁽⁷⁶⁾の報告があるが、これは横断的資料による分析である。それによると、最大酸素摂取量の最大増加年令は、男子13才、女子12才である。男子では、身長、体重¹⁵の最大増加年令と最大酸素摂取量の最大増加年令は一致し、女子では身長の最大増加年令が、体重、最大酸素摂取量より1年早く出現している。

本研究では、男子の場合、身長、体重、最

大酸素摂取量のピーク時点が同時期に出現する例（オ1型・表16）が、41.3%と最も多くみられたが、北川の報告にはみられなかった他の発育発達パターン（オ2型からオ6型まで）も多くみられた。

女子の場合は、身長のパークが最大酸素摂取量のピークより早い時期に出現するという点では、北川の報告と一致するが、男子に多くみられたオ1型、オ2型を示す例も21.9%を占めた。

身長と体重の発育パターンについては、身長発育速度のピーク時点に対して、体重発育速度のピーク時点が遅れることを、高石^(136, 137)が指摘している。高石によれば、男子の場合、身長のパークが13.36才に対して体重のパークが13.60才である。女子の場合も、身長のパークが11.45才、体重のパークが12.02才と、0.57才遅れて体重のパークが出現している。

Tanner⁽¹⁴⁰⁾の報告でも、身長のパークに対して体重のパーク出現時期は、男子で0.2才、

女子で0.8才遅れている。いずれの場合も、女子でその差が大きい。

これらのことは、形態発育と機能発達という観点からみて、男子の発育発達パターンと、女子の発育発達パターンが異なることを意味しているといえる。

何故このような発育発達パターンの男女差が生ずるかという点については、今後より詳細な検討がなされるべき課題であろう。

次に、身体トレーニングが発育発達パターンにどのように影響しているかについてふれてみたい。

刈谷グループの被検者では、9才頃からトレーニングが継続して行われたので、刈谷グループの被検者の示す発育発達パターンは、トレーニングの影響を含んだパターンであると考えられる。刈谷グループの被検者についての形態発育パターンには、附属グループ（一般生徒）との間に差がみられなかった。しかし、最大酸素摂取量については、その発

104-a

達が促進されたパターンを示している。

すなわち、トレーニングが形態発育に及ぼす影響は明らかではないが、機能発達としての最大酸素摂取量の発達を、自然発育にともなう増大以上に促進させたことが示唆されている。

刈谷グループの被検者がトレーニングを中止すると、機能低下のパターンがみられた。トレーニングによって高められた最大酸素摂取量は、トレーニングの中止によって減少するが、これは自然発育にプラスされたトレーニングの影響を失うかたちでの減少を示していると考えられる。

身長、体重、最大酸素摂取量のピーク出現順序についてみると、刈谷グループの男子では、7例のうち4例がカ1型を示した。(表16参照)。カ1型の占める割合は、附属グループの場合より大きい。刈谷グループの女子では、附属グループの場合と同様に、カ4型が最も多かったが、1例については、体重の

ピークが、身長と最大酸素摂取量のピークに先行する型（オラ型）がみられた。

トレーニングが、身長・体重・最大酸素摂取量の発育発達速度のピーク出現パターンにも影響を与えていると考えられるが、この点については、今後更に追求されるべきであろう。

104-c

第6章.

運動能力の発達と最大酸素摂取量.

最大酸素摂取量は、全身持久性を示す最も信頼される指標とされているが、Performance (運動成果) としての持久走力も、良く全身持久性をあらわすとされている。⁽⁶³⁾ 猪飼は、Performanceは、Physical Resources (身体資源) の関数として表現できるとした。

この章の研究では、Performanceとしての持久走力の発達をとらえ、同時にそれが、Physical Resources としての体重あたり最大酸素摂取量と、いかなる関係にあるかを考察した。

1. 持久走力の発達.

持久走力は、男子1500m走、女子1000m走として、中学1年生から高校3年生まで、毎年1回、10月にスポーツテストとして測定し

た。この測定は、正課体育授業の中で実施したため、当日欠席者については測定値が欠けている。

各学年ごとの平均値を、〈表17〉に示した。男子1500m走では、中学1年生で平均6分50秒4、高校3年生で6分04秒0と、この期間に成績の向上がみられた。

女子1000m走では、中学1年生で平均4分33秒7、高校3年生で4分42秒4という結果であり、この期間の変化はわずかである。しかし、高校2年生では、4分31秒4と比較的良好な成績を示した。

また、個人別の持久走記録の推移を、〈図63, 64〉に示した。

男子では、全体として中学1年生(12,13才)から高校2年生(16,17才)にかけて、成績の向上がみられるが、高校3年生(18才)でさらに成績が向上する例と、逆に低下する例とがみられる。すなわち、各個人の最も良い成績は、高校2年生、又は高校3年生のときにみられ

る例が多い。 図中に破線で示したのは、ジュニア陸上選手の成績である。一般生徒と比較して著しく優れた成績を示して、年次的な向上がみられる。このうち、最も優れた記録は、3分59秒2で、全国高校ランキング8位⁽⁴⁾の成績である。

女子1000m走の個人別変化についてみると、中学時代から高校時代にかけて順次向上を示すパターンと、中学時代から高校時代にかけて低下傾向を示すパターン、及び、低下、向上、低下というパターンを示すものとがみられている。

すなわち、全被検者の平均値の推移は、この期間に変化はないが、各個人別にみると、その様相は種々であるといえよう。

2. 持久走力と体重あたり最大酸素摂取量

男子について、体重あたり最大酸素摂取量

と1500m走記録との関係を、〈図65〉に示した。

図には、ジュニア陸上選手の1500m走公認記録、及び附属グループの各被検者について、中学1年生から高校3年生までの測定値のすべてがプロットされている。

図中の黒丸(●)は一般生徒を、白丸(○)はジュニア陸上選手の値を示したものである。

一般生徒と比較して、ジュニア陸上選手では、優れた記録を示すとともに、体重あたり最大酸素摂取量の値が大きいことがわかる。

一般生徒についての、1500m走記録と体重あたり最大酸素摂取量との相関関係は、

$r = -0.4101$ ($N = 221$) で、統計的に0.1%水準で有意であった。

また、回帰方程式は次のようであった。

$$\hat{Y} = -2.698X + 505.4, S_{y \cdot x} = 28.1$$

(Y : sec, X : $\frac{ml}{kg \cdot min}$) ($S_{y \cdot x}$: 標準偏差)

女子の1000m走記録と体重あたり最大酸素

摂取量の関係については、〈図66〉に示した。両者についての相関係数は、 $r = -0.1544$ ($N = 189$)で、統計的に5%水準で有意な相関関係が認められた。

女子では、持久走力と体重あたり最大酸素摂取量との関係が、男子の場合ほど密接ではないことを示している。

3. 論議

ランニングのPerformanceと、最大酸素摂取量との関係についての研究は、Cooper⁽²²⁾が1963年にAerobicsという本を発表して以来盛んになり、Doolittle⁽³¹⁾、Metz⁽⁹⁷⁾、Katch⁽⁷³⁾、Maksud⁽⁸⁹⁾らは、青少年を対象として、12分間走記録と体重あたり最大酸素摂取量との間には、0.1%水準で有意な相関関係があることを報告している。

筆者⁽⁸⁰⁾は、よく身体トレーニングがなされた16~17才の男子98名について、400m, 1500

m, 5000 m, 10000 m, 12分間走の記録と体重あたり最大酸素摂取量との相関関係をもとめ、すべてのランニング記録と体重あたり最大酸素摂取量とに、0.1%水準で有意な相関関係が認められたこと、及び、1500m走記録と体重あたり最大酸素摂取量との間に最も高い水準の相関関係があることを報告した。

ところで、この年齢における身体トレーニングが、Performance と Physical Resources との関係にどのような影響をもたらすかを考察するため、本研究の被検者である一般生徒の場合と、筆者⁽⁸⁰⁾が報告した継続的な身体トレーニングされた被検者の場合を比較してみた。

トレーニングされた群の1500m走記録の平均値は、5分21秒3、標準偏差21秒6であり、一般生徒の高校3年生の記録6分4秒0より42秒7優れており、標準偏差の値も小さい。

<図67>に、一般生徒、陸上選手に加え、トレーニング群の値をプロットした。

トレーニング群（選手を除く）の体重あたり最大酸素摂取量は、平均 $52.2 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ で、個々の値は、 $40 \sim 64 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ の範囲内にある。この範囲は、一般生徒の値の範囲とほぼ同じである。

トレーニング群とジュニア陸上選手における 1500 m 走記録の体重あたり最大酸素摂取量に対する回帰方程式、および回帰からの標準偏差は次のようである。

$$\hat{Y} = -3.286 X + 489.6, \quad S_{y.x} = 14.4$$

(Y : sec, X : $\text{ml/kg}\cdot\text{min}$) ($S_{y.x}$: 標準偏差)

上式の回帰係数の絶対値は、一般生徒の場合と比較してやや大きく、標準偏差は小さい。トレーニングされた被検者群では、体重あたり最大酸素摂取量が大きいものほど、 1500 m 走に優れた成績を示すという傾向を、一般生徒の場合より強く反映しているといえる。また、トレーニング群は一般生徒と比較して、同じ程度の体重あたり最大酸素摂取量に対して、Performance としての持久走能力

に優れた結果を示している。

1500m走記録の最高については、高校歴代記録のオーストラリア⁽⁴⁾が、3分51秒5であり、本研究の選手の最高成績は3分59秒2と、ほぼ日本の高校トップクラスに匹敵するものである。⁵
このように、優れた成績をおさめることには、体重あたり最大酸素摂取量が、 $70 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ 以上の高い値が必要となっている。

ところで、一般の中学、高校生を対象にした場合、身体トレーニングによって最大酸素¹⁰摂取量の向上を意図する運動処方の研究が盛んである。^(64, 65, 131, 154)

しかし、本研究の結果では、Physical Resourcesとしての体重あたり最大酸素摂取量は、ジュニア陸上選手を除いたトレーニング群も一般¹⁵生徒も、同程度の値の範囲であるにもかかわらず、1500m走記録には有意な差がみられ、一般生徒では、Physical Resourcesを、Performanceとしての1500m走といった運動の実際場面に生かしきれない面があることを示

している。

これらのことは、教育活動による対象への働きかけは、体重あたり最大酸素摂取量を増大させることによって Performance を向上させるといった考え方より、現在各個人が保有している Physical Resources を充分生かして、Performance を向上させようとする働きかけを行うことが、重要な内容をもっていることを示唆するものである。

ここにランニングの指導を例にあげれば、¹⁰ 体力づくりのためのランニングということではなく、いかに1500mを速く走るか、という発想にもとづいた指導を重視するといったことである。¹⁵

第7章

第II部のまとめ

小学校4年生から高校3年生までの一般生徒97名，及びジュニア陸上中長距離優秀選手6名，合計103名について、トレッドミルランニング法により最大酸素摂取量を縦断的に測定した。

前述した論議をひまえて、以下に示すような結論を得た。なお、被検者は次の3グループにわけられ、各グループの測定開始時及び測定終了時を示すと、次のようである。

・刈谷グループ（小学4年生から高校1年生まで）、附属グループ（中学1年生から高校3年生まで）、陸上選手グループ（中学2・3年生から高校2・3年生まで）。

1、最大酸素摂取量の年齢別平均値は、男子では、刈谷グループで、9.7才 1.29 l/min ，12.7才 1.77 l/min とこの期間の増大は少ない

が、13.7才 2.54 ℓ/min , 14.7才 3.13 ℓ/min と2年間に急増した。附属グループでは、13.2才 1.91 ℓ/min , 15.2才 2.61 ℓ/min , 18.2才 3.05 ℓ/min と年次的に滑らかな増大がみられた。陸上グループでは、14.8才 3.54 ℓ/min , 17.8才 4.43 ℓ/min と、附属グループの平均値を34~45%上まわる大きな値を示した。

女子では、刈谷グループで9.8才 1.16 ℓ/min , 12.8才 1.53 ℓ/min とこの期間の増大は緩やかであるが、13.8才 1.98 ℓ/min , 14.8才 2.34 ℓ/min と、この2年間に急増がみられた。附属グループでは、13.2才 1.67 ℓ/min , 16.2才 2.00 ℓ/min , 18.2才 2.03 ℓ/min と、中学生期には年次的にわずかな増大がみられたが、高校生期には増減がみられなかった。

又、中学、高校生期にかけての最大酸素摂取量増大パターンを分類すると、次のようになった。

男子才1型、滑らかな増大パターン(36%)

- 男子才2型、途中急増パターン (64%)
- 女子才1型、無変化パターン (34%)
- 女子才2型、極大値形成パターン (37%)
- 女子才3型、増大基調持続パターン (29%)

3、各個人について、身長発育速度曲線をもとめ、そのピーク時点を一致させることにより、生理的年齢にもとづく最大酸素摂取量の発達パターンをとらえた。身長発育速度がピークとなる年齢は、男子平均13.31才，女子平均11.02才であった。最大酸素摂取量の発達は、身長発育と密接な関係をもち、特に身長発育速度ピーク時点附近からの最大酸素摂取量の急増の様子が特徴的である。

4、体重発育速度がピークとなる年齢は、男子平均13.37才，女子平均11.93才であった。最大酸素摂取量の増大は、体重発育と密接な関係をもち、体重発育に対し最大酸素摂取量がほぼ滑らかに増大する時期では、体重1kgの

増加が、 $0.04 \sim 0.06 \text{ l/min}$ の増大を導き、急増期では、体重 1 kg の増加が $0.12 \sim 0.16 \text{ l/min}$ の増大を導く。

5. 最大酸素摂取量発達速度曲線をもとめた。測定期間内にピークがみられた例についてみると、ピーク時点の発達速度は、^{川谷グループ}男子平均 0.68 l/min/year で、_{一般生徒の値の範囲は} $(0.24 \sim 0.94 \text{ l/min/year})$ であった。最大酸素摂取量発達速度曲線からみると、ピーク形成以前の年次的な発達は極めてわががであり、ピーク時期をはさんだ約2年間に急激な発達がみられる。これは、身長、体重発育パターンと著しく異なる。

6. 身長、体重、最大酸素摂取量の発育発達パターンを、発育発達速度のピーク出現時期から分類すると、次のようになった。

- ・タイプ1型：身長、体重、最大酸素摂取量のピーク時点が一致する型。(男41.3%, 女2.4%)
- ・タイプ2型：身長、体重のピーク時点が一致し

て生じ、遅れて最大酸素摂取量のピークが出現する型。(男28.2%, 女19.5%)

・才3型: 身長、体重、最大酸素摂取量のピークが同時に出現する型。(男13.0%, 女12.2%)

・才4型: 身長、体重、最大酸素摂取量の順で、順次ピークが出現する型。(男8.7%, 女61.0%)

・才5型: 体重のピークが先に出現し、やや遅れて身長、最大酸素摂取量のピークが出現する型。(男6.5%, 女2.4%)

・才6型: その他の型。(男2.2%, 女2.4%)

7、一般生徒男子(附属グループ)について

1500m走記録と体重あたり最大酸素¹⁵摂取量との間には、 $r = -0.4101$ ($N = 221$)

で統計的に0.1%水準で有意な相関関係があり、また、その回帰方程式は次のようであった。

$$\hat{Y} = -2.698X + 505.4, \quad S_{y \cdot x} = 28.1$$

(Y : sec, X : ml/kg·min) ($S_{y \cdot x}$: 標準偏差)