

才Ⅲ部

成人(中高年者)の  
Aerobic Work Capacity.

5

10

15

## 第1章.

### 成人（中高年者）の最大酸素摂取量.

日本人成人、とりわけ中高年者の Aerobic Work Capacity について、その現状を把握するとともに、日常的なスポーツ実践が Aerobic Work Capacity に与える影響をとらえることを、この章の研究目的とした。

### 1. 一般健康成人男子の最大酸素摂取量.

#### ・研究方法.

正常で健康な男子 142 名（20才～72才）を被検者とした。被検者は、学生、大学職員、会社員等であるが、学生は運動部非所属者、学生以外については、日常的に積極的な身体運動を実施していない人、及び週1～2回軽い運動を実施している程度の人を対象とした。

高令者と日常不活動な生活をしている測定対象者については、愛知県総合保健センターにて、安静時及び負荷心電図、胸部X線撮影、血球沈降速度、赤血球数、白血球数、血圧測定、胸部聴診の検査を行ない、本研究の目的とするテストに対して危険性のある人は、この段階で除外した。

高令者については、心電図異常、血圧測定の結果から、測定対象者から除外された例が多く、本研究の被検者となった人は、同年令の人に比較し、健康度に優れているといえる。

最大酸素摂取量の測定には、トレッドミル歩行法を用いた。負荷方法は、才一部で述べたとおりであるが、被検者の体力水準にあわせて、歩行速度を50  $m/min$  から120  $m/min$  の範囲内で調整した。呼気ガスはダグラスバッグ法により連続採集し、呼気ガス瞬時分析装置（三菱測器製）、ベックマン生理用ガス分析器160型、及びシヨランダー微量ガス分析器

により分析した。 Exhaustive Time の決定は、胸部誘導心電図による運動中心拍数、被検者の自覚症状、顔色、及び歩行動作等による総合的判断のもとに行なった。

本測定は、1971年から1976年にかけて実施した。

### 。結果。

被検者の身長、体重、及び最大酸素摂取量<sup>10</sup>測定結果について、各年齢群ごとに〈表18〉に示した。

最大換気量 (STPD) については、20才代で83.8 l/min, 40才代で65.5 l/min, 60才代で53.9 l/minと、加齢とともに減少する傾向がみられた<sup>15</sup>。〈図68〉。

20才代の最大換気量に対して、30才代では94.6%, 40才代で78.2%, 50才代で76.9%, 60才代では64.3%の数値を示している。

30才代から40才代にかけて、及び50才代か

ら60才代にかけての減少が大きい。全体として、年令 (X) と最大換気量 (Y:  $\ell/\text{min}$ ) との間には、 $\hat{Y} = 100.4 - 0.7191X$

の関係がみられた。

最大酸素摂取量については、20才代が2.57<sup>5</sup>  $\ell/\text{min}$ 、30才代が2.45  $\ell/\text{min}$  に対し、40才代で2.19  $\ell/\text{min}$ 、50才代で2.07  $\ell/\text{min}$ 、60才代で1.74  $\ell/\text{min}$  と、加齢とともに低下を示した。〈図69〉。

20才代の値に対して、30才代では95.3%、40才代で85.2%、50才代で80.5%、60才代で67.7%の値とあった。

30才代から40才代にかけての減少、及び50才代から60才代にかけての減少が顕著である。年令 (X) と最大酸素摂取量 (Y:  $\ell/\text{min}$ ) との間には、 $\hat{Y} = 3.02 - 0.0186X$ <sup>15</sup>

の関係が得られた。

体重あたり最大酸素摂取量も、20才代が42.7  $\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$  と大きく、30才代が40.6  $\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ 、40才代が36.3  $\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ 、50才代が34.0  $\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ 、60才代が28.8  $\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$  であった。〈図70〉。

20才代の値に対して、30才代は95.1%、40才代は85.0%、50才代は79.6%、60才代は67.5%の値となった。

72才の被検者1名の値は、 $27.1 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ で、20才代平均値の63.5%に相当する。

年齢(X)と体重あたり最大酸素摂取量(Y:  $\text{ml/kg}\cdot\text{min}$ )との間には、

$$\hat{Y} = 49.88 - 0.3019 X$$

の関係があった。

最高心拍数については、20才代で  $188 \frac{\text{beats}}{\text{min}}$ 、40才代で  $176 \frac{\text{beats}}{\text{min}}$ 、60才代で  $160 \frac{\text{beats}}{\text{min}}$ と、加齢とともに低水準となった。

20才代の値に対して、40才代では93.6%、60才代では85.1%の値となっている。

年齢(X)と最高心拍数(Y:  $\text{beats}/\text{min}$ )との間には、

$$\hat{Y} = 201.7 - 0.583 X$$

の関係があった。

## ・ 論議

最大酸素摂取量が、18才から20才にかけて最大に達し、それ以後は加齢とともに低下することは多くの研究者によつて報告されている(8, 18, 55, 120)。

Thusty<sup>(142)</sup> は、50才から90才の被検者65名について最大酸素摂取量を測定し、30才代の人の最大酸素摂取量に比較し、60才代の方は約27%の低下であったと報告している。

本測定結果では、60才代の値は30才代より29.1%小さく、Thustyの示した数値と近い。

Binkhorst<sup>(18)</sup> は、20才から60才の被検者52名について、年齢(X)と最大酸素摂取量(Y: l/min)との間には、 $\hat{Y} = 3.49 - 0.0191X$  の関係があることを示した。本研究の結果( $\hat{Y} = 3.02 - 0.0186X$ )は、Binkhorstの式と、その勾配がほぼ一致している。

このことは、加齢にともなう最大酸素摂取量の減少の割合が、両測定結果でほぼ等しい

ことを意味している。

これまでに報告された諸外国の最大酸素摂取量の測定値と、本研究で得られた値の比較を〈表19〉に示した。

本研究の被検者の各年齢における最大酸素摂取量は、諸外国の測定値より小さく、Åstrand<sup>(8)</sup>、Thusty<sup>(142)</sup>らの値と比較すると、30才代で81.4%、40才代で73.2%、50才代で78.0%、60才代で89.0%に相当している。

しかし、体重あたり最大酸素摂取量で比較すると、30才代では、Åstrandの示した値(39.8 ml/kg.min)と本研究結果(40.6 ml/kg.min)はほぼ等しく、さらにÅstrand値に対して、40才代で92.6%、50才代で102%、60才代で91.7%と、いずれも本研究結果は、Åstrandの示した一般健康成人の値と非常に似かよった数値となっている。

本研究の体重あたり最大酸素摂取量は、Thusty<sup>(142)</sup>の値と比較して、13~22%大きく、またBinkhorst<sup>(18)</sup>の値より3~8%大きな値



である。しかし、Hermansen<sup>(50)</sup>の値より、3~8%小さい。Robinson<sup>(120)</sup>の示した値は、被検者数も少なく、値そのものも他の研究者の報告例よりも大きい。

すなわち、我国の一般健康成人の Aerobic Work Capacity を、体重あたり最大酸素摂取量で比較した場合、これまで報告された諸外国の報告と大きな差がみられないといえよう。

最高心拍数が年齢とともに低下することも多くの研究者によって報告されている<sup>(7, 18, 61, 120, 142)</sup>。Tlusty<sup>(142)</sup>は、年齢 ( $X$ ) と最高心拍数 ( $Y$ : beats/min) との間に、 $\hat{Y} = 224.9 - 1.182X$  の関係を、Binkhorst<sup>(18)</sup>は、 $\hat{Y} = 204 - 0.69X$  という関係を得た。本研究結果は、 $\hat{Y} = 201.7 - 0.583X$  である。

これらの式によつて、30才と60才の最高心拍数を算出すると、30才では、Tlustyで189.4 beats/min, Binkhorstで183.3 beats/min, 本研究で184.2 beats/min であるのに対し、60才では、

Thusty 1540  $\text{beats}/\text{min}$ , Binkhorst 162.6  $\text{beats}/\text{min}$ ,  
本研究で 166.7  $\text{beats}/\text{min}$  となった。本研究  
結果が、高齢者では高い水準の最高心拍数を  
示していることがわかる。

え、中高年スポーツ愛好者の最大酸素摂取量

近年、現代人の運動不足がさげばれているが、日常的かつ継続的にスポーツ活動を実施している中高年者も、数多く存在する。

昨今はランニングブームであり、街を走る人の姿も多くみられており、壮年対象のマラソン大会も各地で盛んに開催され、多くの参加者がある。

この項の研究は、スポーツ活動を実践している中高年者の体力的特性を、最大酸素摂取量の測定からとらえることにより、スポーツ活動の実践頻度や実施量が、Aerobic Work Capacityに与える影響を考察することを目的とした。

#### ・研究方法

被検者は、本研究の主旨に協力的な、30才から72才までの男子128名である。

このうち、運動実施群の被検者は、82名で

あり、コントロール群として測定した、日常的で継続的な運動実施の多い被検者が、46名である。

運動実施群の主たる被検者は、名古屋 Crazy Running Club、名古屋 YMCA 壮年 Physical Fitness Club、名古屋 YMCA・Sunday Jogging Club、の会員である。

名古屋 Crazy Running Club の会員は、国内での壮年マラソン大会、海外で実施された国際壮年マラソン大会に数多く参加している<sup>19</sup>。この他、上記クラブ以外のランニング愛好者で、陸上競技長距離種目にかつて日本記録保持者であった1名(37才)、壮年としてボストンマラソン大会に参加した人(49才)、東京オリンピック陸上種目出場選手(32才)および候補選手(34才)だった人などが含まれている。

最大酸素摂取量の測定には、各被検者の体力水準にあわせて、トレッドミルランニング法、又はトレッドミル歩行法を用いた。

呼気ガスは、ダグラスバッグ法により連続採集し、呼気ガス瞬時分析装置（三栄測器製）及びシヨランダ-微量ガス分析器により分析した。本測定は、1971年から1976年にかけて実施した。

5

### ・結果

被検者を、日常的な運動実施の頻度、実施量によって、以下のように4群に分類した。

10

A群：ほぼ毎日5～16KM走る（3年以上継続者）。（14名）。

B群：ほぼ毎日3～4KM走る。（17名）。

C群：週1～2回定期的に走るか、他の運動を実施している。（51名）

15

D群：定期的な運動実施は全くない。（46名）。

さらに、各群を年齢別（30才代～70才代）に分類し、身長、体重、最大酸素摂取量測定結果について、〈表20〉に示した。

最大換気量 (STPD) についてみると、30才代 A 群では、 $104.4 \text{ l/min}$  と最も大きな値を示した。これは、同年代で運動実施のはい D 群の値より 52% 大きい。また、毎日 3~4 KM 走る B 群、週 1~2 回運動実施の C 群では、D 群に比較し、それぞれ 17.6%、34.6% 大きい最大換気量を示した。

しかし、このような傾向は各年代に共通したものではありません。50才代では、各群の最大換気量に差がみられないし、逆に 60才代では、D 群の値に比較して、A, B, C 群の値は、92~112% に相当する値である。

すなわち、最大換気量を同年代間で比較した場合には、一定の傾向が認められない。

いま、A, B 群をあわせてトレーニング群とし、統計的処理を行なうと、年齢 (X) と最大換気量 (Y:  $\text{l/min}$ ) との間には、

$$\hat{Y} = 132.3 - 1.146 X$$

という関係が得られた。〈図 71〉。

一般健康成人の回帰式 (前出) は、

$\hat{Y} = 100.4 - 0.719 X$  であるから、トレーニング群では、加齢にともなう最大換気量の減少の割合が大きい。

回帰式から算出した最大換気量は、トレーニング群で、30才が  $97.9 \text{ l/min}$ 、60才で  $63.5 \text{ l/min}$  と、30年間に35%の減少を示すが、一般人では、30才 ( $78.8 \text{ l/min}$ ) から60才 ( $57.3 \text{ l/min}$ ) までの減少は、27.3%である。

最大酸素摂取量についてみると、30才代A群では  $3.67 \text{ l/min}$  と、D群の  $2.19 \text{ l/min}$  に比較し、67.6%大きな値を示した。B、C群もD群に対し、それぞれ29.7%、26.9%大きな値を示した。

40才代A群は、 $3.03 \text{ l/min}$  で、D群より50.0%大きく、B、C群ではD群より56.9%、15.0%大きな値を示した。

50才代A群は、 $2.41 \text{ l/min}$  でD群より23.0%、B、C群はそれぞれ13.0%、10.0%大きな値を示した。60才代では、A、B、C群とD群の差が大きく、A群は103.6%、B群は87.0%

、C群は76.5%、それぞれD群(1.15 l/min)より大きな値を示した。

B群71才の被検者の最大酸素摂取量は、1.62 l/min、C群72才の被検者は、1.39 l/minであった。

A、B群をトレーニング群とすると、年齢(X)と最大酸素摂取量(Y: l/min)との間には、 $\hat{Y} = 4.66 - 0.0389 X$ の関係があった。〈図72〉。

一般健康成人の回帰式(前出)は、 $\hat{Y} = 3.02 - 0.0186 X$ であるから、トレーニング群では、各年齢の最大酸素摂取量の値は大きいのが、加齢による減少の割合も一般人より大きい。

回帰式から算出したトレーニング群の30才の値は、3.49 l/min、60才では2.32 l/minで、この30年間の減少は、33.5%である。一般人の値は、この間に、2.46 l/minから1.91 l/minと22.4%減少であった。

体重あたり最大酸素摂取量については、



<図73>に、A, B, C群別の年齢別平均値を示した。30才代A群の体重あたり最大酸素摂取量は、 $59.9 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ で、D群の $37.4 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ と比較し60.2%大きな値である。B, C群もD群に対し、20.6%, 19.3%大きな値を示した。40才代A群は、 $51.6 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ で、D群の $31.8 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ に比較し、62.2%大きく、B, C群もそれぞれ55.7%, 25.8%大きな値である。50才代A群は、 $49.2 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ で、D群の $32.4 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ より51.9%大きく、B, C群も23.5%, 10.5%大きな値を示した。

60才代では、各群の差はやや大きく、A群( $47.4 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ )はD群( $21.5 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ )に120.5%大きく、B, C群もD群に69.3%, 50.7%大きな値を示した。

70才代では、B群の1名が $34.5 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ , C群の1名が、 $27.1 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ を示した。

すなわち、同年代の人を比較すると、体重あたり最大酸素摂取量に、最も顕著な運動実施にともなう差がみられている。

日常的に身体運動を実施する人と、しない人の差は、60才代で最も顕著であった。

トレーニング群の年齢 ( $X$ ) と体重あたり最大酸素摂取量 ( $Y$ :  $\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ ) との間には、

$$\hat{Y} = 63.0 - 0.3145 X$$

の関係があった。〈図74〉

一般人の回帰方程式 (前出) は、 $\hat{Y} = 49.9 - 0.3019 X$  であるから、加齢にともなう体重あたり最大酸素摂取量の減少を示す回帰直線の勾配は、トレーニング群と一般人とでは、ほぼ同じである。

回帰式から算出した体重あたり最大酸素摂取量は、トレーニングで30才 ( $53.6 \text{ ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ ) から60才 ( $44.1 \text{ ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ ) にかけて17.7%の減少を示すのに対し、一般人ではこの間に、 $40.8 \text{ ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$  から  $31.8 \text{ ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$  と22.1%の減少を示す。しかし、これを減少する絶対量で見ると、トレーニング群の  $9.5 \text{ ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$  に対し一般人は  $9.0 \text{ ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$  と、両群の減少量に差がほとんどみられない。

最大心拍数についてみると、30才代A群（ $187.0 \text{ beats/min}$ ）は、D群（ $179.6 \text{ beats/min}$ ）に比較し4.1%高い値を示した。また、40才代、60才代でもA群はD群に比較し、4.1～5.9%高い値を示した。しかし、50才代では遂にD群の値が高かった。運動実施群の間では、差はみられなかった。

トレーニング群について、年齢（ $X$ ）と最高心拍数（ $Y$ ； $\text{beats/min}$ ）との間には、

$$Y = 211.4 - 0.785 X$$

の関係があった。一般人の回帰式（前出）は、 $Y = 201.7 - 0.583 X$ であるから、加齢にともなう最高心拍数の低下を示す回帰直線の勾配は、トレーニング群で急勾配である。

### ・論義

中高年者のスポーツ愛好者に関する最大酸素摂取量測定結果については、これまでいくつかの報告がなされている。

Grimby<sup>(45)</sup> は、20年向以上クロスカントリーのトレーニングを継続している42才から68才の男子33名を測定し、40才代  $3.98 \text{ l/min}$  ( $55.0 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ )、50才代  $3.39 \text{ l/min}$  ( $49.9 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ )、60才代  $2.68 \text{ l/min}$  ( $41.4 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ ) という数値を報告している。これらの値は、Åstrand<sup>(8)</sup> が示した同年代の一般人の最大酸素摂取量より30%大きい。

体重あたり最大酸素摂取量の数値を、本研究のA群と比較すると、40才代ではGrimbyの値が6.5%大きいが、50才代では、両測定値はほぼ一致し、60才代では本研究の値 ( $47.4 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ ) が14.5%大きな値を示している。

Costil<sup>(23)</sup> は、49才と45才のマラソン選手の最大酸素摂取量は、それぞれ  $3.88 \text{ l/min}$  ( $65.1 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ )、 $3.68 \text{ l/min}$  ( $63.7 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ ) であると報告した。この値は、本研究の40才代A群の値より、体重あたり最大酸素摂取量で、それぞれ23.4%、26.2%大きな値である。

また、Pollock<sup>(116)</sup> は、60才の壮年長距離競

技世界チャンピオン (身長 163.3 cm, 体重 59.6 kg) を測定し、最大酸素摂取量  $3.65 \text{ l/min}$  , 体重あたり最大酸素摂取量  $61.1 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$  という値を報告した。60才以上で体重あたり最大酸素摂取量については、この値がこれまで<sup>5</sup>に報告された最高値だという。

本研究の60才代の最高値は、63才の人 (身長 151.0 cm, 体重 45.2 kg) で、最大酸素摂取量  $2.24 \text{ l/min}$  , 体重あたり最大酸素摂取量  $49.5 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$  であった。この被検者の体重あたり<sup>10</sup>最大酸素摂取量は、本研究の20才代の一般健康男子値 ( $42.7 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ ) より 15.9% 大きい。

また、Wilmore<sup>(149)</sup> は、72才から74才の3名の年令別陸上競技記録保持者について、最大酸素摂取量が、 $2.46 \text{ l/min}$  ,  $2.60 \text{ l/min}$  ,  $2.98 \text{ l/min}$ <sup>15</sup> , 体重あたり最大酸素摂取量が、 $37.6 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$  ,  $41.3 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$  ,  $41.2 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$  であったことを報告している。

ところで、本研究結果は、各年代において運動実施量が多い群ほど、体重あたり最大酸

素摂取量が大きい傾向を示している。特に、週1~2回程度の運動実施頻度でも、これを継続することによって、何もしない人より明らかに差が生じており、この運動実施が、身体に有効な運動刺激となっていることがうかがわれる。

しかし、年齢と体重あたり最大酸素摂取量の関係式が示すように、トレーニング群も一般人も、加齢にともなう体重あたり最大酸素摂取量の年次的減少量はほぼ等しい。この結果は、日常的な身体トレーニングを積んで、高い水準の最大酸素摂取量を有している人にとっても、トレーニングをしていない人にとっても、現在の運動生活状態を今後も継続してゆけば、ほぼ等しい量だけ体重あたり最大酸素摂取量が減少してゆくことを示している。

これは、身体トレーニングという自らの身体への働きかけを超えて、生物界を支配する加齢現象による身体の衰えを数量的に示すも

のであると考えられる。

Dill<sup>(30)</sup>は、16名の4チャンピオンランナーの現役時代の最大酸素摂取量の測定値、及び20年から30年後に再び測定した値を報告している。Dillの資料から、データの完全な11名について計算したところでは、現役時代(平均22.5才)の最大酸素摂取量は、 $4.59 \text{ l/min}$ 、体重あたり最大酸素摂取量は、 $69.0 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ であった。平均24年後(平均46.3才)の測定値は、最大酸素摂取量  $3.21 \text{ l/min}$ 、体重あたり最大酸素摂取量  $43.5 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$  と減少した。体重あたり最大酸素摂取量はこの向に、37.0%減少している。

平均46.3才の体重あたり最大酸素摂取量の値は、本研究の40才代B群の値( $49.5 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ )より小さい。

すなわち、現役時代4チャンピオンであっても、その後継続的な運動実施がなければ、一般人の値とほぼ等しくなってしまうことが示唆されている。

### 3. 健康成人女子の最大酸素摂取量

一般健康成人女子、及び女子運動選手の Aerobic Work Capacity の現状を把握することを目的として、この項の研究を実施した。

#### ・研究方法

19才から69才までの健康な女子129名を被検者とした。

一般健康女子は、112名で、学生、事務職員、教員、及び家庭の主婦である。

運動選手は、17名(19才~30才)で、大学運動部員(女子スキー部、ボート部、その他)、体育教師である。

測定に先だつて、成人男子の場合と同様に、医学的精密検査を実施した。

最大酸素摂取量の測定は、運動選手にはトレッドミルランニング法(初期速度140m/min)、一般成人女子には、トレッドミル歩行法、



及び自転車エルゴメーター法（前出）を用いた。

### ・結果

被検者の身長，体重，最大酸素摂取量測定結果を、各年齢群ごとに、〈表21〉に示した。一般健康女子についてみると、50才代、60才代では被検者数が少ないが、全体として、最大換気量，最大酸素摂取量，体重あたり最大酸素摂取量，最高心拍数，最大呼吸数，酸素脈が、加齢とともに減少している傾向がみられる。

最大換気量(STPD)は、19才群で、平均66.7 l/minと最高値を示し、60才代で21.4 l/minと最低値を示した。60才代では被検者数が少ないので除外して考えると、19才群の最大換気量に対して、20才代では90.1%，30才代で69.7%，40才代で62.1%，50才代では56.4%の数値を示している。

年齢 (X) と最大換気量 (Y: l/min) との間には、 $\hat{Y} = 79.21 - 0.8619 X$  の関係が得られた。〈図75〉。

運動選手<sup>5</sup>の最大換気量は、86.8 l/minで、一般女子19才群より30.1%大きな値である。

最大酸素摂取量は、一般女子では19才群が1.89 l/minと最も大きく、20才代で1.75 l/min、30才代で1.59 l/min、40才代で1.43 l/min、50才代で1.34 l/minであった。

19才群の最大酸素摂取量に対して、20才代では92.6%、30才代で84.1%、40才代で75.7%、50才代で70.9%に相当する値であった。<sup>10</sup>

50才代では、最大換気量が19才群より44%小さいのに比較し、最大酸素摂取量は29%小さい値となっている。<sup>15</sup> すなわちこれは、最大換気量の加齢による減少に比較して、最大酸素摂取量の加齢による減少の割合は少ないことを示している。

年齢 (X) と最大酸素摂取量 (Y: l/min) との間には、

$$\hat{Y} = 2.19 - 0.0177X$$

の関係が得られた。〈図76〉。

体重あたり最大酸素摂取量は、19才群が  $36.2 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ 、20才代が  $33.7 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ 、30才代が  $30.3 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ 、40才代が  $27.1 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ 、50才代が  $24.6 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ 、60才代が  $16.8 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$  であった。19才群に比較して、20才代では93.1%、30才代で83.7%、40才代で74.9%、50才代で68.0%の値である。また、60才代3名の平均値は、19才群の46.4%に相当している。

すなわち、最大酸素摂取量、及び体重あたり最大酸素摂取量は、10代の後半を頂点として、10年間に約7%から10%の割合で減少することが示されている。

年齢(X)と体重あたり最大酸素摂取量(Y:  $\text{ml/kg}\cdot\text{min}$ )との間には、

$$\hat{Y} = 41.83 - 0.3374X$$

の関係が得られた。

運動選手の最大酸素摂取量は、 $2.63 \text{ l/min}$ 、体重あたり最大酸素摂取量は、 $46.4 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$

であり、19才群よりも、それぞれ39.2%、28.2%大きな値であった。

一般健康女子の最高心拍数は、19才群で189.9 beats/min, 30才代で175.0 beats/min, 50才代で162.0 beats/minと、加齢とともに減少している。年齢(X)と最高心拍数(Y; beats/min)との間には、 $\hat{Y} = 205.1 - 0.776 X$ の関係があった。

### ・ 論議

年齢の若い女性の最大酸素摂取量については、これまで多くの研究報告がなされている(8, 24, 35, 48, 49, 62, 75, 88, 96, 98)。

しかし、家庭婦人、とりわけ中高年女性の最大酸素摂取量に関する報告は、比較的少ない(8, 9, 20, 50, 75, 117, 142)。

日本人女性について、跡見<sup>(14)</sup>は、20才から62才の一般健康女子(Sedentary) 102名と、積極的な身体運動を実施している女子(Active)

46名の最大酸素摂取量測定結果を報告している。

本研究の一般健康女子の最大酸素摂取量を跡見値 (Sedentary) と比較すると、体重あたり最大酸素摂取量は、50才代で跡見値 (24.4  $\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ ) と一致したが、20才代で4.0%、30才代で8.6%、40才代で4.2%本研究結果の方が大きな値を示した。〈表22〉。

すなわち、本研究結果は、跡見が示した Active と Sedentary のほぼ中間の値である。

また、20才代の Active の値として跡見が示した最大酸素摂取量  $1.92 \text{ l}/\text{min}$ 、体重あたり最大酸素摂取量  $37.5 \text{ ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$  に対して、本研究の運動選手の値 ( $2.63 \text{ l}/\text{min}$ ,  $46.4 \text{ ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ ) は、約37%大きな値である。

諸外国の一般健康女子 (Sedentary) の体重あたり最大酸素摂取量を比較したものが、〈表22〉である。

本研究結果からみた日本人一般健康女子の値は、Profant<sup>(117)</sup> や Brown<sup>(20)</sup> によって示され

たアメリカ人やカナダ人の値と比較して、大きな相違はない。

年齢 ( $X$ ) と体重あたり最大酸素摂取量 ( $Y$ ;  $\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ ) の関係について、跡見は Sedentary について、 $\hat{Y} = 38.5 - 0.283 X$ , Active について、 $\hat{Y} = 43.3 - 0.316 X$  という結果を報告した。

本研究結果の、 $\hat{Y} = 41.83 - 0.3374 X$  は、加齢にともなう体重あたり最大酸素摂取量の減少の割合が、跡見値よりやや大きいことを示している。

また、一般健康男子の年齢 ( $X$ ) と体重あたり最大酸素摂取量 ( $Y$ ;  $\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ ) との関係について、 $\hat{Y} = 49.88 - 0.3019 X$  (前出) という結果を示したが、女子の加齢による体重あたり最大酸素摂取量の減少の割合は、男子よりも大きい。

男女差について、回帰方程式から算出した結果を比較してみると、30才では、男子  $40.8 \text{ ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ , 女子  $31.7 \text{ ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$  と、女子は男子の

77.7%であり、50才では、男子  $34.8 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ 、女子  $25.0 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$  で、女子は男子の71.8%に相当する値とほ、こいる。

5

10

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。

発育発達研究では、縦断的測定が重視されるが、成人を対象とした研究においても、個人の体力の推移をとらえてゆくうえで、縦断的測定は必要である。

加齢による最大酸素摂取量の縦断的推移については、Dill<sup>(30)</sup>が、20~30年間の推移についてとらえており、Åstrand<sup>(9)</sup>やRobinson<sup>(119)</sup>も20年間の間隔において測定した結果を報告している。

これに対し、本研究では、ある長い期間において再測定するということの他に、数年間隔、又は毎年同時期に、同一被検者に対して最大酸素摂取量の測定を実施し、その期間の運動生活や健康状態との関係から、体力水準の推移をきめ細かく測定してゆくことを意図した。

このことは、被検者側にとって、定期的な



健康チェックや体力水準測定の良い機会となっている。

本研究は、そのような意図にもとづいて実施されているが、現在はその途中経過を報告するにとどまる。

### ・研究方法

被検者は、男子25名(20才～71才)、女子7名(20才～46才)である。

各被検者に対する才1回目の最大酸素摂取量測定は、1971年から順次開始したが、このうち4回目の測定を終了した被検者は1名、3回目終了は8名、残りの被検者は2回目の測定を終了した段階である。

最大酸素摂取量の測定は、1年に1回の頻度での測定を基準として実施した。

測定には、トレッドミル歩行法を用い、各被検者の体力水準にあわせて歩行速度とした。

## ・結果.

測定結果については、〈表 23 a, b〉にまとめた。また、〈図 78, 79〉には、各被検者の体重あたり最大酸素摂取量の推移を描いたが、その期間の身体運動生活にあわせて図中のマークをかえて示してある。

すなわち、△印は、特に運動実施のない人、●印は、週 1 ~ 2 回定期的な運動実施を行った人、○印は、毎日 3 ~ 4 KM 走った人、又は週 3 回程度運動を実施した人、☆印は、毎日 5 ~ 16 KM 走った人である。

また、途中でマークが変更されている場合は、そこで運動生活が変化したことを示している。図中の破線は、一般健康成人の年齢に対する体重あたり最大酸素摂取量の回帰直線である。

個別的に体重あたり最大酸素摂取量の推移をみれば、才 1 回測定より、才 2 回、才 3 回測定結果で向上がみられている例が多い。

これは、この期間に意識的な身体トレーニングを開始して、1〜3年以内のうちに測定を受けた人が多いためであろう。

☆印で示された40〜60才代の3名で、大中に体重あたり最大酸素摂取量が向上しているが、この期間に毎日の走行距離が大きく増加し、競技記録にも著しい向上がみられた。

しかし、4回の測定を実施した50才の人では、週1〜2回、又は3回継続的にランニング等の運動を実施しているにもかかわらず、<sup>10</sup>体重あたり最大酸素摂取量には、この期間に大きな変化がみられていない。

71才の人は、数十年間、毎朝のランニングを継続しているが、この期間に目立った変化はみられない。<sup>15</sup>

## ○ 論議

Astrand<sup>(9)</sup> は、1949年に測定した男女を、1970年(21年後)に再測定し、体重あたり最

大酸素摂取量が、男子で23%、女子で19%減少がみられたことを報告している。

また、Robinson<sup>(119)</sup>は、22年間に男子の体重あたり最大酸素摂取量が、12~25%減少したことを報告した。このうち、40~44才の人が49~53才まで積極的な身体トレーニングを実施したところ、11%の向上がみられたとしている。

本研究結果では、測定期間も短いので、加齢による体重あたり最大酸素摂取量の減少の傾向は明らかでなく、むしろトレーニング効果としての向上がみられている。

すなわち、週1~2回の運動実施が、体重あたり最大酸素摂取量の向上を導いていることがうかがわれる。但し、この場合、体重が減少することによる体重あたり最大酸素摂取量の増大という現象も少なからずみられている。

しかし、人間を支配する加齢という現象と、それに対する身体運動の効果について、よ

り明らか傾向を、各個体について見い出してゆくためには、さらに追跡的測定を継続させてゆく必要があるろう。

9

10

15

## 第2章

### 身体トレーニングと最大酸素摂取量.

#### 1. 最大酸素摂取量の70% 負荷での歩行トレーニング効果.

本研究は、WHO報告書<sup>(150)</sup>が、中高年者の持久力向上のための運動刺激強度として提示した、最大酸素摂取量の70%水準（以下  $\dot{V}O_{2max}$  70%水準と略す）の運動負荷をトレーニング負荷として、中高年者が身体トレーニングを実施した時のトレーニング効果を検討することを目的として実施した。

#### (1). 10週間の歩行トレーニング効果.

##### ○研究方法.

被検者は、21才から58才の健康な男子13名

で、年齢構成は、20才代3名，30才代4名，40才代3名，50才代3名である。各被検者は、医学的精密検査（心電図所見，血圧測定等）の結果、本研究の目的とする運動遂行が可能であると診断されたものである。

各被検者に対し、トレーニング前，及び10週間のトレーニング後に、トレッドミル歩行法によって、最大酸素摂取量の測定を実施した。

トレーニングは、トレッドミル上の歩行運動とし、 $\dot{V}O_{2max}$ 70%水準の強度で、1回12分間、週3回、原則として1日おきに10週間継続した。トレーニング負荷設定にあたっては、トレーニング前の最大酸素摂取量測定結果から、 $\dot{V}O_{2max}$ 70%水準に相当するトレッドミル斜度を見い出し、トレーニングでは、斜度0%から歩行を開始し、以後 $\dot{V}O_{2max}$ 70%水準に達する斜度まで毎分1%ずつ斜度を漸増させた。その後は一定斜度にして12分目まで運動を継続させた。

但し、トレーニング前の最大酸素摂取量測定で、Exhaustive Timeが12分をこえた被検者については、運動開始後7~8分目で $\dot{V}O_{2max}$  70%水準の負荷となるように、初期斜度を調整した。

トレッドミル速度は、被検者の年齢、体力水準にあわせて、94~110  $m/min$ の範囲内で調整したが、各個人については一定速度とした。

本研究のトレーニングは、1971年から1973年にかけて、逐時実施した。

## ・結果

各被検者の身長、体重、及びトレーニング前と10週間のトレーニング後における最大酸素摂取量測定結果を、〈表24〉に示した。

Performanceの指標であるExhaustive Timeは、57才の被検者KIを除き、12名に延長がみられた。特に39才の被検者H0は6分間延長したが、全被検者の平均は、3分02秒の延



長であった。

最大酸素摂取量のトレーニングによる推移は、〈図80〉にも示した。トレーニング前の最大酸素摂取量は、20才代の被検者3名のうち、1名は $3.03 \text{ l/min}$ と、ほぼ一般人の値の範囲内であったが、他の2名は、 $3.56 \text{ l/min}$ 、 $3.77 \text{ l/min}$ と高い値を示した。一方、35才以上の被検者では、いずれも一般人の値の範囲にあり、しかもやや低い水準に相当するものであった。

10週間のトレーニング後では、35才以上の被検者全員に最大酸素摂取量の増大がみられたが、20才代の被検者では、2名に減少、1名に増大がみられた。

そこで、35才以上の中高年被検者と、20才代の被検者の場合を分離して結果を処理した。

35才以上の被検者についてみると、最大酸素摂取量は、トレーニング前平均  $2.06 \text{ l/min}$  ( $1.56 \sim 2.56 \text{ l/min}$ ) であったが、トレーニン

グ後では、 $2.23 \text{ l/min}$  ( $1.82 \sim 2.76 \text{ l/min}$ ) と増大した。これは平均  $8.3\%$  ( $0.5 \sim 17.3\%$ ) の増大にあたる。

体重あたり最大酸素摂取量では、トレーニング前平均  $36.0 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$  ( $26.8 \sim 43.0 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ ) から、トレーニング後では、 $38.8 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$  ( $28.0 \sim 44.0 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ ) と、平均  $7.8\%$  ( $0.5 \sim 14.8\%$ ) の増大がみられた。

また、最大換気量は、トレーニング後で、平均  $12.5\%$  増加 ( $69.4 \text{ l/min} \rightarrow 78.1 \text{ l/min}$ ) した。<sup>14)</sup>

最高心拍数は、 $4.7\%$  増 ( $172.6 \text{ beats/min} \rightarrow 180.7 \text{ beats/min}$ )、最大呼吸数は  $1.7\%$  増 ( $41.7 \text{ freq/min} \rightarrow 42.4 \text{ freq/min}$ )、1 回換気量は  $12\%$  増 ( $1.67 \text{ l/freq.} \rightarrow 1.87 \text{ l/freq.}$ )、呼吸当量は、 $3.3\%$  増 ( $33.2 \rightarrow 34.4$ )、酸素脈は、 $5.0\%$  増 <sup>15)</sup> ( $11.9 \text{ ml/beat} \rightarrow 12.5 \text{ ml/beat}$ ) と、いずれも大きな値となった。

すなわち、トレーニング後では、最大換気量の増大、及び 1 回換気量の増大が顕著であり、肺換気能力の高まりがみられている。

また、最高心拍数の増加、酸素脈の向上がみられるが、特に酸素脈は、1回拍出量のある程度まで反映するものとされており、トレーニングによって、心筋の活動の活発化がはかられたことを裏づけているといえる。

20才代の被検者では、最大酸素摂取量についてみると、トレーニング後で、被検者IGが4.2%増大(3.56  $\ell/\text{min}$   $\rightarrow$  3.71  $\ell/\text{min}$ )したが、被検者FU, ISでは、それぞれ4.1%減(3.03  $\ell/\text{min}$   $\rightarrow$  2.91  $\ell/\text{min}$ )、5.9%減(3.77  $\ell/\text{min}$   $\rightarrow$  3.56  $\ell/\text{min}$ )の値を示した。

最大酸素摂取量に増加がみられなかった2名については、PerformanceとしてのExhaustive Timeには、2~4分間の延長がみられているが、その他の測定項目では、最大呼吸数の増大がみられる程度である。

20才代で、唯一最大酸素摂取量に増大がみられた被検者IGでは、1回換気量、酸素脈が不変であるが、最大換気量、最大心拍数の向上がみられている。

## ・論議.

論議については、次の「15-16週間の歩行トレーニング効果」の研究の項でとりあつかうこととした。

### (2). 15~16週間の歩行トレーニング効果.

$\dot{V}O_{2max}$  70%水準負荷で、トレッドミル上の歩行運動によるトレーニングを10週間実施したときのトレーニング効果については、先に述べた。本研究は、全く同様な方法で、15~16週間のトレーニングを実施した場合のトレーニング効果について検討することを目的とした。

## ・研究方法.

被検者は、21才から58才の健康な男子11名

である。年齢構成は、20才代3名、30才代3名、40才代1名、50才代4名である。

このうち、20才代3名と、30才代2名(MA, WA)、50才代3名(NG, ID, MU.)は、先の10週間のトレーニングをさらに継続したものであり、他の30才代(MI)、40才代(MT)、50才代(KI)は、新たに15週間のトレーニングを実施したものである。

トレーニングは、 $\dot{V}O_{2max}$  70%水準負荷のトレッドミル歩行運動を、1回12分間、週3回の頻度で、15~16週間継続した。

最大酸素摂取量測定、及びトレーニング負荷設定は、10週間トレーニングの場合と同様であるが、10週目の最大酸素摂取量測定結果にもとづいて、各被検者に対するトレーニング負荷の調整を行なった。

## ・結果

測定結果について、〈表25〉及び〈図81〉

に示した。

トレーニング前と比較し、トレーニング後では、Performanceを示す Exhaustive Time が、57才の被検者 ID を除く 10 名の被検者で延長した。

最大酸素摂取量については、被検者全員に増大がみられた。35才以上の被検者 8 名では、平均 16.3% ( $2.02 \text{ l/min} \rightarrow 2.35 \text{ l/min}$ )、20才代の被検者 3 名では、平均 6.4% ( $3.45 \text{ l/min} \rightarrow 3.67 \text{ l/min}$ ) の増大がみられた。

最も顕著な増大を示したのは、55才の被検者 NA で、41.7% 増 ( $2.04 \text{ l/min} \rightarrow 2.89 \text{ l/min}$ )、また 57才の被検者 KM も、32.0% 増 ( $1.22 \text{ l/min} \rightarrow 1.61 \text{ l/min}$ )、58才の被検者 TM も、28.3% 増 ( $1.80 \text{ l/min} \rightarrow 2.31 \text{ l/min}$ ) の値を示した。

このように、50才代 3 名の被検者のトレーニング効果が著しいが、57才の被検者 ID では、5.7% ( $1.94 \text{ l/min} \rightarrow 2.05 \text{ l/min}$ ) の増大にとどまっている。

体重あたり最大酸素摂取量については、35

才以上の被検者で、トレーニング後に平均  
16.0% ( $34.9 \text{ ml/kg}\cdot\text{min} \rightarrow 40.5 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ ) の増大が  
みられている。

55才のNAで、35.3%増 ( $36.8 \text{ ml/kg}\cdot\text{min} \rightarrow$   
 $49.8 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ )、57才のKMで、33.5%増 ( $25.7$   
 $\text{ml/kg}\cdot\text{min} \rightarrow 34.3 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ )、58才のTMでは、25.9  
%増 ( $34.0 \text{ ml/kg}\cdot\text{min} \rightarrow 42.8 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ ) の値を示し  
た。

すなわち、トレーニング後の体重あたり最  
大酸素摂取量の値は、先に本研究の中老年ス  
ポーツ愛好者について示した値と比較して、  
被検者NAでは、50才代A群（毎日5～16KM  
走る群）の平均値にほぼ等しい値となった。  
また、被検者KMは、C群（週1～2回程度  
運動実施群）とD群（全く運動実施のない群）<sup>15</sup>  
の中間値、被検者TMは、B群（毎日3～4  
KM走る群）に相当する値に向上した。

その他の測定項目についてみると、35才以  
上の被検者では、最大換気量は、平均15.4%  
増 ( $68.2 \text{ l/min} \rightarrow 78.7 \text{ l/min}$ )、最高心拍数は、

3.4%増 ( $171.9 \text{ beats/min} \rightarrow 177.8 \text{ beats/min}$ ), 最大呼吸数は、10.9%増 ( $42.3 \text{ freq/min} \rightarrow 46.9 \text{ freq/min}$ ), 酸素脈は、12.7%増 ( $11.7 \text{ ml/beat} \rightarrow 13.2 \text{ ml/beat}$ )という結果が得られた。

20才代の被検者3名の平均値についてみると、体重あたり最大酸素摂取量は、6.2%増 ( $58.4 \text{ ml/kg}\cdot\text{min} \rightarrow 62.0 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ ), 最大換気量は、6.2%増 ( $105.4 \text{ l/min} \rightarrow 111.9 \text{ l/min}$ ), 最高心拍数は、4.0%増 ( $190.7 \text{ beats/min} \rightarrow 198.3 \text{ beats/min}$ ), 最大呼吸数は、20.9%増 ( $50.7 \text{ freq/min} \rightarrow 61.3 \text{ freq/min}$ ), 酸素脈は、2.2%増 ( $18.1 \text{ ml/beat} \rightarrow 18.5 \text{ ml/beat}$ )という結果が得られた。

20才代の被検者と、35才以上の被検者のトレーニング効果の要因を比較すると、20才代の被検者では、酸素脈の向上はわずかであり、最大酸素摂取量の向上は、主として最大呼吸数の増加による最大換気量の増大、及び最高心拍数の増加によって導びかれていることがうかがわれる。

これに対して、35才以上の被検者では、酸



素脈の向上が20才代の被検者と比較して著しく大きい。

また、最大換気量の増加が大きいのが、これは、1回換気量の6.2%増と、最大呼吸数の10.9%増の両要因によって導かれている。

しかし、最大呼吸数や最高心拍数の増大の割合は、20才代の被検者に比較して少ない。

すなわち、被検者の年齢、体力水準の相違によって、トレーニング効果のパターンが異なっている。

## 。論議

$\dot{V}O_{2max}$  70%水準負荷のトレーニング効果を、トレーニング期間の差から考察してみた。

10週間のトレーニングと、15~16週間のトレーニング効果の比較について、〈表26,27〉に示した。

Performanceを示す Exhaustive Timeについて、35才以上の被検者では、10週間トレーニ

ング群で20.2%の延長, 15~16週間トレーニング群では、24.5%の延長と、その差はわずかである。すなわち、Performanceはトレーニングの初期にのみやかな向上を示すことがうかがわれる。

最大酸素摂取量は、10週間トレーニング群で、8.3%の増大を示したが、15~16週間トレーニング群では、16.3%と大きな増大を示した。両群の差は、統計的に1%水準で有意である。

次に、最大酸素摂取量の増大を導いた要因について考察してみた。

10週間トレーニング群では、1回換気量の増加によって導かれた最大換気量の増大が目立ち、最大呼吸数の増加はわずかである。また、酸素脈も5.0%の改善がみられるにすぎない。

これに対し、15~16週間トレーニング群では、1回換気量は6.2%増と、10週間トレーニング群より少ないが、最大呼吸数が10.9%

増大することによって、最大換気量の増大が導かれていることが特徴づけられる。

また、最高心拍数の増加率は、10週間トレーニング群と、15～16週間トレーニング群ではほぼ同じであるのに対し、酸素脈には、15～16週間トレーニング群で著しい改善（12.7%増）がみられている。これは、10週間トレーニング群の2倍以上の改善率であり、注目に価されよう。

このことは、心臓の活動が、身体運動に対して、最高心拍数を高めるといったかたからでまず反応し、身体トレーニングが進行する段階で、1回拍出量の増大をともなってくることを示唆するものと考えられる。

20才代の被検者では、10週間トレーニング<sup>15</sup>で最大酸素摂取量に増大が認められなかったが、15～16週間トレーニングでは、6.4%の増大がみられた。〈表27〉。この増大は、最大呼吸数の増加による最大換気量の増大がその主たる要因となっている。

最高心拍数は、15～16週間トレーニングでの増加率がやや大きいですが、酸素脈には目立った改善がみられていない。

すなわち、本研究結果からみた中高年者のトレーニング効果としての最大酸素摂取量増大の特色的パターンは、次のようである。

才1段階：最高心拍数の増加，及び1回換気量改善による最大換気量の増加、の要因による最大酸素摂取量の増大。(トレーニング10週間目)。

才2段階：酸素脈の改善，及び最大呼吸数増加による最大換気量の増加、の要因による最大酸素摂取量の増大。(トレーニング15～16週間目)。

中高年者のトレーニング効果は、才1段階から、才2段階に進展するものと考えられる。これに対し、若い体力に優れた人のトレーニング効果としての最大酸素摂取量の増大は、最大呼吸数の増加にともなう最大換気量の増大が、その主たる要因となっているよう

である。

### (3). 1年間(50週間)の歩行トレーニング効果

中高年者を対象として、歩行トレーニングを1年間(50週間)にわたり継続実施し、トレーニング効果を、最大運動時(Maximal Test)<sup>10)</sup>、最大下負荷運動時(Submaximal Test)の生体反応から考察することを、本研究の目的とした。

中高年者を対象とした健康保持増進のための運動処方に関する研究は極めて盛んである<sup>15)</sup>が、それらの研究の多くは、トレーニング期間が6週間から32週間<sup>(46, 106, 110, 113, 118)</sup>と比較的短く、長期に渡って検討した例は、Kasch<sup>(72)</sup>(2年間)の研究がみられる程度である。健康という問題は一生を通じたことである

から、それにかかわる研究は1年間といえども長期とはいえない。しかし、数週間といった短期的な検討よりは、はるかに運動処方の生体への影響を明らかにし得ると考え、本実験を実施した。

#### ・研究方法

被検者は、55才から58才の健康な男子3名で、いづれも本実験開始以前10年以上にわたって、日常的な運動実施のない人である。

身長、体重、職業、過去の運動歴を、〈表28〉に示した。

トレーニング前、及びトレーニング期間をとおして、定期的(5週目ごと)に最大酸素摂取量の測定(Maximal Test)を、トレッドミル歩行法により実施した。

また、トレーニング効果を、最大下一定負荷運動に対する生体反応からとらえるため、運動強度の異なる3段階(最大酸素摂取量の

30%水準, 50%水準, 70%水準) の最大下一定負荷テスト (以下 Submaximal Test と呼ぶ) を実施した。但し、この Test は、トレーニング開始 15 週目以後、5 週目ごとに実施した。Submaximal Test では、トレーニング 15 週目の最大酸素摂取量測定時に、最大酸素摂取量の 30%水準, 50%水準, 70%水準が得られたトレッドミル斜度をそれぞれの固定負荷条件とし、速度  $95 \text{ m/min}$ , 20 分間の歩行運動とした。この時、Maximal Test と同様に呼気ガスを連続採集し分析した。

トレーニングは、トレッドミル上の歩行運動とし、最大酸素摂取量の 70%水準 ( $\dot{V}O_{2\text{max}}$  70%水準と略す) の負荷で、1 回 12 分間、週 3 回の頻度で、50 週間継続実施した。

なお、トレーニング負荷としてのトレッドミル斜度は、5 週目ごとに実施した最大酸素摂取量測定結果にもとずき調整した。

本実験は、1973 年 7 月から 1974 年 7 月にかけて実施した。

## ・結果

### i). Maximal Test の結果

トレーニング前、及びトレーニング期間における最大酸素摂取量測定結果を、〈表29〉にまとめて示した。

トレーニングの進行によって、各被検者に最大酸素摂取量の増大がみられた。トレーニング50週目では、トレーニング前に比較し、被検者HNが39.7% ( $2.04 \rightarrow 2.85 \text{ l/min}$ )、被検者KIが22.7% ( $1.94 \rightarrow 2.38 \text{ l/min}$ )、被検者TMが26.1% ( $1.80 \rightarrow 2.27 \text{ l/min}$ )それぞれ大きな値を示した。

しかし、トレーニング期間を通しての最大酸素摂取量の推移では、各被検者とも25週目から35週目で最大値があらわれた。〈図82〉。各被検者の最大酸素摂取量の最大値は、HN  $3.28 \text{ l/min}$  (25週目)、KI  $2.52 \text{ l/min}$  (35週目)



, TM  $2.67 \text{ l/min}$  (30週目)であった。最大酸素摂取量の増大は、トレーニング開始10週目から、25~35週目にかけての期間で最も顕著であり、それ以後では、トレーニングを継続したにもかかわらず最大酸素摂取量に増大はみられず、むしろ漸減の傾向がみられた。

体重あたり最大酸素摂取量についても、同様の傾向であった。

最高心拍数は、HN, KIにトレーニングの進行にともなって増加がみられたが、TMには変化がなかった。3名の被検者のうち、最も大きな最大酸素摂取量を示したHNでは、トレーニング前の最高心拍数は  $179 \text{ beats/min}$  で、5週目以後更に  $185 \sim 197 \text{ beats/min}$  の範囲に増加した。

一方、KIはトレーニング前は、 $165 \text{ beats/min}$  と比較的低下水準であり、20週目までこの水準で Exhaustion に達した。しかし、25週目以後、 $174 \sim 184 \text{ beats/min}$  まで増加し、最も高い心拍数を示した35週目 ( $184 \text{ beats/min}$ ) で最大酸

素摂取量の最大値が得られた。

TMでは、トレーニング前から最高心拍数が  $183 \text{ beats/min}$  と高水準にあり、トレーニング期間を通して目立った変化がみられなかった。

## ii). 運動中心拍数と酸素摂取量との関係.

運動中の酸素摂取量が、心拍数  $180 \text{ beats/min}$  以下の範囲では、心拍数の増加にともない直線的に増加することが、Åstrand<sup>(10)</sup> や Maritz<sup>(90)</sup> らによって指摘されている。

本研究の各被検者についても、運動中心拍数と酸素摂取量との間に、ほぼ直線関係が得られた。

このことから、トレーニングの推移にともなう Maximal Test 下の運動中心拍反応と酸素摂取量との関係をとらえるため、各々の測定時における運動中心拍数を  $X (\text{beats/min})$ 、その時の酸素摂取量を  $Y (\text{l/min})$  とし、回帰方

程式をもとめた。〈表30〉〈図83, 84, 85〉。

これらの算出結果にみられるように、トレーニング前では、各被検者とも運動中心拍数に対して酸素摂取量が低い水準にあるが、トレーニングの継続にともなって、同水準の心拍数でより多くの酸素摂取がなされるようになっていく。

この現象は、トレーニング開始後10~20週にかけては特に顕著であるが、トレーニング30週以後になると、大きな変化がみられなくなる。このことは、トレーニング初期においては、運動中の心拍数と酸素摂取量の関係(H.R- $\dot{V}O_2$ 関係)に急速な向上がみられるが、やがて、H.R- $\dot{V}O_2$ 関係により以上の改善がみられなくなる時期がくることを示している。しかも、本研究の場合、H.R- $\dot{V}O_2$ 関係に改善がみられなくなった時期と、最大酸素摂取量の増大に頭打ち現象があらわれた時期とがほぼ一致した。

そこで、最大酸素摂取量の最大値が得られ

て以後、頭打ちになった期間、すなわち、30、35、40、45、50週目について更に総合的な回帰方程式をもとめ、トレーニング前の回帰方程式とともに、〈図86〉に示した。

この総合的な回帰直線と、トレーニング前の回帰直線から、各被検者について、心拍数  $120 \text{ beats/min}$ 、及び  $170 \text{ beats/min}$  水準の条件下で酸素脈 ( $\text{VO}_2/\text{H.R.}$ ) を算出した。その結果は、〈表31〉に示した。

酸素脈の向上の割合はTMが最も顕著で、心拍数  $120 \text{ beats/min}$  水準で  $61.0\%$  増、 $170 \text{ beats/min}$  水準で  $49.5\%$  増であった。3名の被検者の平均値では、 $120 \text{ beats/min}$  水準で、 $33.3\%$  増 ( $9.6 \rightarrow 12.5 \text{ ml/beat}$ )、 $170 \text{ beats/min}$  水準では、 $26.8\%$  増 ( $11.3 \rightarrow 14.0 \text{ ml/beat}$ ) とはり、酸素脈の向上の割合は、心拍数が高水準 ( $170 \text{ beats/min}$ ) より低水準 ( $120 \text{ beats/min}$ ) の場合に顕著であった。

iii). Submaximal Test の結果.

Submaximal Testでは、各被検者とも運動開始6~7分目から運動終了20分目まで、定常状態が成立した。ここでは、定常状態時の生体反応の結果についてのみ検討することとした。なお、資料の煩雑化をさけるため、トレーニング15週以後の期間を、A期(15, 20週目)、B期(25, 30, 35週目)、C期(40, 45, 50週目)にわけ、それぞれの期間についてこの結果を、〈表32〉に示した。

㉑)  $\dot{V}O_{2max}$  70%水準固定負荷の場合、

定常状態時の酸素摂取量は、各被検者でトレーニングの進行にともない減少する傾向がみられた。C期ではA期と比較して、HN 6.8%、KI 10.5%、TM 8.0%低い酸素摂取水準で定常状態を形成しており、これらはいずれも統計的に1%水準で有意な差であった。

またB期との比較でも、C期ではHN、TM ( $P < 0.01$ )、KI ( $P < 0.05$ )で有意に低い

酸素摂取水準を示した。

運動中心拍数についても、同様の傾向がみられ、C期ではA期に比較して各被検者とも統計的に有意 ( $P < 0.01$ ) に低い水準で定常状態を形成した。

b).  $\dot{V}O_{2max}$  50% 水準固定負荷の場合、

トレーニングの進行にともなって、定常状態での酸素摂取量が減少する傾向は、 $\dot{V}O_{2max}$  70% 水準固定負荷の場合と同様であった。

C期ではA期に比較し、HN 3.0%、KI 8.0%、TM 7.8% 低い酸素摂取量を示した。B期との比較でも、統計的に有意 ( $P < 0.01$ ) に低い値を示した。

心拍数については、C期ではA期に比較し、HN、KIで有意 ( $P < 0.01$ ) に低い心拍水準を示したが、TMでは有意な差とはならなかった。

c).  $\dot{V}O_{2max}$  30% 水準固定負荷の場合

C期ではA期と比較し、HN ( $P < 0.01$ ), KI ( $P < 0.05$ )で有意に低い酸素摂取水準を示したが、TMでは有意な差とはならなかった。しかし、B期との比較では、各被検者とも1%水準で有意に低い酸素摂取水準で定常状態を形成した。

心拍数については、C期ではA期と比較し、HN ( $P < 0.01$ )で低い心拍水準を示したが、KI, TMでは統計的に有意性のある変化はみられなかった。

すなわち、Maximal Testにおいて、最大酸素摂取量は25~35週目で最大値が得られ、以後増大傾向がみられなかったにもかかわらず、Submaximal Testでは、トレーニングの進行にともなって、運動中心拍数の減少、酸素摂取量の減少によって代表されるエネルギー利用面での改善がみられた。この傾向は、運動負荷が小さい $\dot{V}O_{2max} 30\%$ 水準固定負荷の場合より、 $\dot{V}O_{2max} 50\%$ 水準固定負荷、更に

$\dot{V}O_2 \max$  70%水準固定負荷と、運動負荷が大きい場合に顕著であった。

。論議。

諸外国における中高年者の身体トレーニングに関する研究は、数多く発表されているが、Pollock<sup>(115)</sup>は、これまでに発表された研究成果をまとめている。それによると、一般に、トレーニングによって最大酸素摂取量が<sup>10</sup>増大する割合は、トレーニング前の値 (Initial level) が低い水準にある人ほど、その後の増大率が大きいとされている。<sup>(112, 129, 148)</sup>

しかし、本研究の被検者間では必ずしもこの傾向はみられず、トレーニング前の最大酸素摂取量が最も大きかった被検者HNに、最も大きな増加がみられた。HNは、学生時代中長距離ランナーとしての実績をもった人である。トレーニングの生体への影響、ことに最大酸素摂取量への影響を論議する場合<sup>15</sup>



、Initial levelが重視されているが、対象が中高年者である場合には、その人の青年時代の最大酸素摂取量と現在の最大酸素摂取量との差の大きさが、トレーニングによる最大酸素摂取量の増大率に大きく影響しており、この点をあわせて考慮すべきであることを示唆している。

ところで、本研究では50週にわたってトレーニングを継続したにもかかわらず、被検者によりそのあらわれ方は異なるが、25~35週目以後では、最大酸素摂取量増大の頭打ち現象に加えて、むしろ漸減傾向がみられた。

又年間のランニングトレーニングを行なったKasch<sup>(72)</sup>の研究結果にも、最大酸素摂取量の頭打ち現象がみられている。Kaschの場合は6ヶ月毎の測定なので本研究より大まかなあらわれ方であるが、トレーニング開始12ヶ月以後で頭打ち現象となっている。

本研究における最大酸素摂取量頭打ち現象の考察にあたっては、少なくとも、トレーニン

グの負荷強度、トレーニング効果の限界、季節的要因等が問題となる。

トレーニングの負荷強度として、本研究では、 $\dot{V}O_{2max}$  70%水準を採用したが、この頭打ち現象をみるかぎり、25~35週目以後では、この負荷はもはや最大酸素摂取量の増大を助長するトレーニング負荷として充分でないとする見方がある。このことは、先に10週間及び15~16週間の同様なトレーニングを行なった被検者のうち、体力的に優れた20才代の被検者では、最大酸素摂取量増大への影響がわかであったことから考えられる事である。しかし、Kilbom<sup>(74)</sup>は、中高年者を $\dot{V}O_{2max}$  70%水準以上の強い負荷でトレーニングしても、 $\dot{V}O_{2max}$  70%水準のトレーニングでみられた以上の最大酸素摂取量への影響はみられないことを報告している。

次に、トレーニング効果の限界についてであるが、この点については多くの要素が論議されるべきであろう。ここでは、心臓の酸

素運搬機能の指標の一つである酸素脈を論義の中心においた。

Hollmann<sup>(53)</sup> は、酸素脈は一回拍出量をあらわす指標としており、Hartley<sup>(46)</sup> や Saltin<sup>(125)</sup> は、トレーニングによる一回拍出量の増大が主として最大酸素摂取量の増大を導くとしている。

本研究でみられた  $H.R - \dot{V}O_2$  関係の改善は、基本的には酸素脈の改善を示している。

従って、本研究では最大酸素摂取量に頭打ちの現象がみられた時期と、 $H.R - \dot{V}O_2$  関係に改善がみられなくなった時期とが一致することから、主として一回拍出量に影響される心臓の出力条件の限界が、最大酸素摂取量の頭打ち現象を生じさせたと考えられよう。

次に季節的要因についてであるが、本研究のトレーニング開始は7月であり、最大酸素摂取量の最大値が得られた時期は、12月から1月に相当する。冬季であり、しかも年末年始という日本人の生活習慣や、自然環境条

件が身体のコンドィションに少なからぬ影響をもつことは考えられるが、その度合や、最大酸素摂取量頭打ち現象との関係については明確でない。

ところで、トレーニング開始25~35週目以後、最大酸素摂取量に増大がみられなくなつたにもかかわらず、Submaximalな運動遂行時の定常状態におけるエネルギー利用の面では、明らかに引続いての改善がみられた。このことは、エネルギーの最大出力条件について改善がみられなくなつた後でも、エネルギー利用という面では改善が進行していることを示している。

一般成人の日常生活においては、 $\dot{V}O_{2max}$  70%水準をこえる負荷で持続的な身体活動が行われる時間は、意識的な身体活動を実施する時間以外では極めてまれである。

このことが、 $\dot{V}O_{2max}$  30%水準固定負荷のように、日常生活で行われる程度の軽い運動負

荷で、エネルギー利用の改善がみられなかったにもかかわらず、 $\dot{V}O_{2max}$  70%水準固定負荷のように、比較的高い水準の運動負荷の場合に改善が顕著であったという結果を導いたと考える。

松井<sup>(94)</sup>は、50才代の男子を対象に、 $\dot{V}O_{2max}$  30%、50%、70%水準の固定負荷条件で歩行運動をそれぞれ30分間実施し、その負荷前後における血液性状の変化を比較したところ、 $\dot{V}O_{2max}$  70%水準負荷では、血液性状（ヘモグロビン、ヘマトクリット、赤血球数、血中乳酸、血中コレステロール等の増加）に変化がみられたが、 $\dot{V}O_{2max}$  30%水準負荷の運動では、血液性状に何等の変化がみられず、 $\dot{V}O_{2max}$  50%水準負荷では、赤血球数、血中乳酸、血中コレステロール、カリウムに変化がみられたと報告している。

このことは、 $\dot{V}O_{2max}$  30%、50%、70%水準負荷での持続的な運動では、当然のことながら生体に与えられる影響の負的な面がそれぞれ

れ異なっていることを示すものである。この  
質的な条件が、最大下負荷運動時のエネルギ  
ー利用面での改善を導いていることと関連し  
ていると考えられる。

中高年者のライフプランニングとしての運  
動処方要望は日々増加している。運動処方  
の原則は、運動強度、時間、頻度の3つとさ  
れているが、それがライフプランニングとし  
てのものであれば、やはり長期間実施の視野  
に立った運動強度の質的条件の研究が更にす  
められるべき課題であろう。

## 2. 家庭婦人の体力づくりサークル活動の 効果

運動処方の研究には、実験室的な基礎研究と、フィールドワークをとおしての実践的研究とがある。一般にフィールドワークにおいては、状況が多様化するため、実験室的手法に加え他の要因からのアプローチが必要とされる。

筆者らは、これまでに組織的なスポーツ活動を行なったことのない一般の家庭婦人グループを対象に、体力づくり活動に取り組み、そのプログラム設定、実際指導、及び定期的な体力測定に携わり現在に至っている。

その経過と内容を考察し、スポーツ活動に参加した家庭婦人の体力の現状を把握するとともに、その活動の継続が家庭婦人の Aerobic Work Capacity に与える影響、及び精神的影響について検討した。

## ・研究方法

被検者は、32才から50才までの家庭婦人22名である。年齢構成は、30才代14名、40才代7名、50才代1名で、全被検者の平均年齢は39.1才である。

体カづくりプログラムは、週1回、2時間実施した。内容は、柔軟体操、組体操、バドミントン、フォークダンス、ボール体操（メディシンボール1.4kgを使用）、リズム運動である。

体カづくり運動の効果測定のため、トレーニング開始1ヶ月後、及び7ヶ月後に自転車エルゴメーター法により最大酸素摂取量を測定した。同時に、肺機能測定として、肺活量と分時最大最大換気量を測定した。また、体力診断テスト（反復横とび、上体そらし、立位体前屈、踏台昇降運動）を実施した。

トレーニング開始2ヶ月後、及び7ヶ月後には、質問紙法による意識調査を同一項目で



実施した。

本研究は、1974年12月から1975年5月にかけて行なった。

## 。結果。

### 1) 最大酸素摂取量測定結果。

最大酸素摂取量測定結果について、個人値とともに〈表33〉に示した。

トレーニング1ヶ月後の最大酸素摂取量は、全被検者の平均値で、 $1.51 \text{ l/min}$  ( $1.20 \sim 1.87 \text{ l/min}$ )、体重あたり最大酸素摂取量は、 $29.3 \text{ ml/kg.min}$  ( $22.6 \sim 35.1 \text{ ml/kg.min}$ )であった。

トレーニング7ヶ月後の最大酸素摂取量は $1.51 \text{ l/min}$ 、体重あたり最大酸素摂取量は $28.7 \text{ ml/kg.min}$ とほとんど変化がみられなかった。

これを30才代の被検者14名(平均年齢36.0才)と、40.50才代の被検者8名(平均年齢44.5才)にわけ考察してみると、トレーニングの進行にもかかわらず、30才代では最大

酸素摂取量が  $1.57 \rightarrow 1.54 \text{ l/min}$ , 体重あたり最大酸素摂取量が  $30.1 \rightarrow 30.2 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$  とほぼ同じ値を示した。しかし、40.50才代では、最大酸素摂取量は  $1.41 \rightarrow 1.43 \text{ l/min}$  と変化ないが、体重あたり最大酸素摂取量では  $25.7 \rightarrow 27.0 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$  と平均 5.1% の向上を示した。

この向上は、トレーニング7ヶ月後では、体重が 55.1 kg から 53.8 kg と減少したことに原因したものである。

最大換気量は、30才代、40.50才代ともにトレーニング7ヶ月後で、それぞれ13%、18% 増大した。

最高心拍数は、30才代で  $175 \rightarrow 178 \text{ beats/min}$ , 40.50才代で  $167 \rightarrow 169 \text{ beats/min}$  と変化なく、酸素脈にも変化は認められなかった。

しかし、Performance の指標となる Exhaustive Time や、Exhaustion に至るまでの全仕事量には全体的に向上がみられており、トレーニングによって、最大下負荷に対する生体の効率の向上がうかがわれる。

肺活量は、2912 ml → 2899 ml と変化しなかったが、分時最大換気量は、94.8 l → 87.9 l と、トレーニング7ヶ月後でやや小さかった。

### ii) 体力診断テスト結果.

敏捷性の指標とされる反復横とびでは、当初低水準 (28.5 回) にあったが、トレーニングの進行とともに著しい向上 (34.3 回) を示した。柔軟性の指標である立位体前屈では、15.4 → 20.5 cm と顕著な向上を示し、上体そらしでも、38.3 → 52.5 cm と向上がみられた。

持久性の指標である踏台昇降運動では、55.1 → 58.9 点と向上を示した。これらの測定結果は、いずれも 0.1 % 水準で統計的に有意な向上であった。

### iii) 意識調査結果.

「体カつくりサークル活動に何を期待して参加したか」という設問に対する解答は次の

とおりであった。( )内に解答数を示す。(1人3項目まで選択)。

健康保持増進 (23), 肥満防止 (11), 日常生活でのストレス解消 (17), 家事が身軽にできる体力、健康をもとめて (6), 美容 (6), 友人に誇われたため (4), 何でもやってみよう (3), 余暇の利用 (1)。

「体力づくりサークル活動参加後、日常生活で変化したことは何か」という設問に対しては、トレーニング開始2ヶ月後の調査では、<sup>10</sup>変化なし (13) が最も多く、若々しくなった (12), 家事の能率の改善 (11), 日常のイライラ解消 (5), という解答が多かった。

トレーニング7ヶ月後の調査では、<sup>15</sup>家事の能率の改善 (12), 持病の治療に効果 (11), 仲間づくり役に役立った (7), 若々しくなった (8) の順となり、変化なし (5) の解答数は減少した。

## ○ 論議

現代の家庭婦人の生活行動の中では、加賀谷<sup>(68)</sup>の指摘するように、家事をすることだけでは、健康を保持増進させるための充分な運動量が得られていない。また、この年代の女子の一番関心の高い問題は健康であり、42～52%の人が運動生活に参加したいが、現在は参加していないという実態が、吉田<sup>(151)</sup>らの調査結果にみられている。

この体力づくりサークル活動を始める動機としても、健康の保持増進への期待が最も強くあらわれている。しかし、日常生活の中のストレス解消という精神的な効果をもとめる例も少なくない。

ところで、昨今では健康の保持増進を意図した成人を対象とする運動処方の研究が益んに行われているが、そこでは主として、呼吸循環機能の向上、あるいは全身持久性の向上がめざされ、とりわけ最大酸素摂取量の増大

ということに大きな興味と関心が払われてきている<sup>(115)</sup>。

家庭婦人のトレーニング効果については、浅見<sup>(4)</sup>、跡見<sup>(15)</sup>、伊藤<sup>(67)</sup>、Killhom<sup>(74)</sup>、小川<sup>(109)</sup>、進藤<sup>(132)</sup>らの研究があるが、小川<sup>(109)</sup>の報告を除いて、いざ<sup>5</sup>れもトレーニング後では最大酸素摂取量の増大を報告している。

本研究の被検者の体重あたり最大酸素摂取量を、跡見<sup>(14)</sup>の報告した同年代の値と比較すると、非運動群 (Sedentary) より約4%大きく、日常的運動群 (Active) との中間値となっている。<sup>10</sup>

体力づくりサークル活動の効果についてみれば、トレーニングによっても最大酸素摂取量に目立った変化がみられず、この運動プログラムでは全身持久性を向上させるのに十分な運動負荷が得られていないことを示している。<sup>15</sup> しかし、この結果から、直ちにこの体力づくり活動は健康の保持増進に有効ではなかったと結論づけるわけにはいかない。

事実、体力診断テストにみられるように、  
敏捷性や柔軟性には著しい向上がみられてお  
り、意識調査結果にみられるように、トレー  
ニング後では、家事の能率が良くなった、持  
病（肩こり、腰痛、頭痛、胃腸、生理不順）  
の治療に効果があった、という答が比較的多  
く、日常のイライラ解消という精神的な効果  
も認められている。

このことは、日頃身体運動やスポーツを奥  
施する機会の少ない家庭婦人の体力づくり運  
動を考えた場合、必ずしも最大酸素摂取量の  
増大と直接結びつかない軽い運動負荷の活動  
でも、家庭婦人が当初期待した効果が得られ  
うるという事実が注目されよう。

### 第3章

#### 第Ⅲ部のまとめ.

- I. 一般健康成人男子の最大酸素摂取量について.
  - i). 20才から72才までの一般健康男子142名について、トレッドミル歩行法により最大酸素摂取量を測定した。
  - ii). 最大酸素摂取量は、20才代  $2.57 \text{ l/min}$ , 30才代  $2.45 \text{ l/min}$ , 40才代  $2.19 \text{ l/min}$ , 50才代  $2.07 \text{ l/min}$ , 60才代  $1.74 \text{ l/min}$  であった。
  - iii). 年齢(X)と最大酸素摂取量(Y:  $\text{l/min}$ )との間には、 $Y = 3.02 - 0.0186 X$  の関係があった。
  - iv). 体重あたり最大酸素摂取量は、20才代  $42.7 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ , 30才代  $40.6 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ , 40才代  $36.3 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ , 50才代  $34.0 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ , 60才代  $28.8 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$  であり、諸外国の報告値とほぼ近似した値であった。
  - v). 年齢(X)と体重あたり最大酸素摂取量(Y



( $\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ )との間には、 $\hat{Y} = 49.88 - 0.3019X$ の関係があった。

vi). 年齢( $X$ )と最高心拍数( $Y$ :  $\text{beats}/\text{min}$ )の間には、 $\hat{Y} = 201.7 - 0.583X$ の関係があった。

5

え. 中高年スポーツ愛好者の最大酸素摂取量について.

i). 30才から72才までの日常的運動実施者82名、運動実施のない者46名(合計128名)について、最大酸素摂取量を測定した。

10

ii). 毎日5~16KM走る群の最大酸素摂取量は、30才代  $3.67 \text{ l}/\text{min}$ , 40才代  $3.03 \text{ l}/\text{min}$ , 50才代  $2.41 \text{ l}/\text{min}$ , 60才代  $2.33 \text{ l}/\text{min}$  であった。

iii). トレーニング群の年齢( $X$ )と最大酸素摂取量( $Y$ :  $\text{l}/\text{min}$ )の関係は、 $\hat{Y} = 4.66 - 0.389X$ であった。

15

iv). 毎日5~16KM走る群の体重あたり最大酸素摂取量は、30才代  $59.9 \text{ ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ , 40才代  $51.6 \text{ ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ , 50才代  $49.2 \text{ ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ , 60才代

47.4  $\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ であった。これは同年代の運動実施のない群に比較して、52~121%大きな値であった。

v)、トレーニング群の年齢(X)と体重あたり最大酸素摂取量(Y:  $\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ )との関係は、 $\hat{Y} = 63.0 - 0.3145X$ であった。

vi)、トレーニング群の年齢(X)と最高心拍数(Y:  $\text{beats}/\text{min}$ )との関係は、 $\hat{Y} = 211.4 - 0.785X$ であった。

3. 健康成人女子の最大酸素摂取量について。

i)、19才から69才までの一般健康女子112名、女子運動選手17名について、最大酸素摂取量を測定した。

ii)、最大酸素摂取量は、19才代  $1.89 \text{ l}/\text{min}$ 、20才代  $1.75 \text{ l}/\text{min}$ 、30才代  $1.59 \text{ l}/\text{min}$ 、40才代  $1.43 \text{ l}/\text{min}$ 、50才代  $1.34 \text{ l}/\text{min}$ であった。

iii)、年齢(X)と最大酸素摂取量(Y:  $\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ )との関係は、 $\hat{Y} = 2.19 - 0.0177X$ であった。

iv)、体重あたり最大酸素摂取量は、19才  $36.2$

$\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ , 20才代  $33.7 \text{ ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ , 30才代  $30.3 \text{ ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ ,  
40才代  $27.1 \text{ ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ , 50才代  $24.6 \text{ ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$  であり、諸外国の一般健康女子の報告値と近似した値であった。

v). 女子運動選手の体重あたり最大酸素摂取量は、 $46.4 \text{ ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$  であり、19才女子より28%大きい。

vi). 年齢( $X$ )と体重あたり最大酸素摂取量( $Y$ :  $\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ )との関係は、 $\hat{Y} = 41.83 - 0.3374X$  であった。

vii). 年齢( $X$ )と最高心拍数( $Y$ :  $\text{beats}/\text{min}$ )との関係は、 $\hat{Y} = 205.1 - 0.7759X$  であった。

#### 4. 身体トレーニングと最大酸素摂取量について、

(1). 10~16週間のトレーニング効果について、  
i). 21才から58才の健康な男子13名、及び11名を対象に、10週間又は15,16週間にわたって、最大酸素摂取量70%水準負荷のトレッドミル歩行トレーニングを実施した。

ii). 35才以上の被検者では、最大酸素摂取量が10週後に8.3% ( $2.06 \rightarrow 2.23 \text{ l/min}$ ), 15, 16週後に16.3% ( $2.02 \rightarrow 2.35 \text{ l/min}$ ) 増大した。

iii). 20才代の被検者では、15, 16週後、最大酸素摂取量が6.4% ( $3.45 \rightarrow 3.67 \text{ l/min}$ ) 増大した。

iv). 35才以上の被検者では、10週後、最大換気量12.5%増, 最高心拍数4.7%増, 最大呼吸数1.7%増, 酸素脈5.0%増の結果となった。

v). 15, 16週後では、最大換気量15.4%増, 最高心拍数3.4%増, 最大呼吸数10.9%増, 酸素脈12.7%増の結果となった。最大呼吸数, 酸素脈の増大が顕著であった。

vi). 20才代の被検者では、最大呼吸数の増大による最大換気量の増大が、最大酸素摂取量を増大させた。

(2). 50週間のトレーニング効果について、

- i). 55~58才の健康な男子3名について、最大酸素摂取量70%水準負荷のトレッドミル歩行トレーニングを50週向継続し、5週目ごとに最大酸素摂取量測定、及び20分向歩行のSubmaximal Testを実施した。<sup>5</sup>
- ii). トレーニング50週後では、最大酸素摂取量は平均29.5% ( $1.93 \rightarrow 2.50 \text{ l/min}$ ), 体重あたり最大酸素摂取量は24.5% ( $34.9 \rightarrow 43.5 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ ) 増大した。
- iii). 最大酸素摂取量の最大値は、トレーニング開始25~35週目に得られ、その後増大しなかつた。<sup>10</sup>
- iv). トレーニング初期には、運動中のH.R- $\dot{V}O_2$  関係に著しい改善がみられた。この改善がみられなくなつた時期と、最大酸素摂取量が頭打ちとなつた時期が一致した。<sup>15</sup>
- v). 最大酸素摂取量に増大がみられなくなつた以後も、 $\dot{V}O_{2\text{max}}$  30%, 50%, 70%水準固定負荷での運動遂行中に、エネルギー利用面での改善がみられた。

(3). 家庭婦人の体力つくりサークル活動の効果について.

i). 32才から50才の家庭婦人22名を対象に、体力つくりプログラムに従った活動を7ヶ月間実施した。

ii). 最大酸素摂取量の平均値は、 $1.51 \text{ l/min}$  ( $1.20 \sim 1.87 \text{ l/min}$ )、体重あたり最大酸素摂取量は、 $29.3 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$  ( $22.6 \sim 35.1 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ )であった。この値はトレーニング7ヶ月後でも変化なかった。

iii). 体力診断テストでは、トレーニング後で敏捷性、柔軟性に向上がみられた。

iv). 意識調査では、家事の能率改善、持病の治療に効果がみられ、日常のイライラ解消<sup>15</sup>など、精神的な効果も認められた。

斗IV部

5

綜合的論義

10

15

最大酸素摂取量は、身体内で遊離される有酸素的エネルギーの最大値を測定したものであるが、それはまた、呼吸循環系の機能を測定したものである。<sup>(101, 123, 125, 141)</sup>

思春期発育期において、形態や、各器官、及びその機能が著しく発育発達することは、Tanner<sup>(134)</sup>をはじめ、多くの研究者によって示されているが、最大酸素摂取量についても、思春期での発達は顕著である。<sup>(1, 10, 27, 28, 38, 50, 51, 55, 120, 122)</sup>

一般に、思春期発育期のように成長ホルモン等による身体内からの発育刺激が最も強い時期に、積極的な身体トレーニングを行うことが、最大酸素摂取量の増大を助長するといわれており、教育現場では、この時期の体力づくり運動が重要視されている。

ところで、この時期の最大酸素摂取量の増大を導く要因として、Klissouras<sup>(78)</sup>は、1) 遺伝的要因、2) 身体トレーニングによる要因、



3) 遺伝とトレーニングの双方による要因、の  
ろつが考えられるとしている。

思春期発育期にある青少年にとって、身体  
トレーニングが遺伝的要因と関連しながら、  
最大酸素摂取量の増大を導くのにどの程度有  
効であるか、といった点については、これまで  
不明確であるとされてきている。

近年、*Klissouras*<sup>(78)</sup> や *Weber*<sup>(145)</sup> たちは、思  
春期発育期における最大酸素摂取量の増大は  
、遺伝的要因によるものであり、この時期の<sup>10</sup>  
身体トレーニングの実施、非実施は最大酸素  
摂取量の増大に影響しない、という見解を  
発表し、積極的な論議を展開してきている。

本研究においても、縦断的な測定結果にも  
とずいて、この問題を論議してみたい。<sup>15</sup>

思春期発育期の身体トレーニングが、最大  
酸素摂取量の増大を導くとする見解をとるも  
のには、*Eriksson*<sup>(38,39)</sup>、*Massicotte*<sup>(91)</sup>、*Eklom*<sup>(37)</sup>  
、*Daniels*<sup>(26)</sup> らの研究報告がある。

*Eriksson*<sup>(38)</sup> は、11~13才の少年12名を16週

向トレーニングさせ、最大酸素摂取量が19%増加 ( $1.86 \rightarrow 2.21 \text{ l/min}$ ), 体重あたり最大酸素摂取量が16%増加 ( $41.8 \rightarrow 48.5 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ ) したことを報告した。

Massicotte<sup>(91)</sup> は、11~13才の少年36名を4グループにわけ、3グループについて6週間のトレーニングをした。トレーニング負荷は、運動中心拍数が  $170-180 \text{ beats/min}$ ,  $150-160 \text{ beats/min}$ ,  $130-140 \text{ beats/min}$  のグループ別とした。

その結果、 $170-180 \text{ beats/min}$  のトレーニング群のみに、最大酸素摂取量に15%増加、( $2.0 \rightarrow 2.3 \text{ l/min}$ ), 体重あたり最大酸素摂取量に11%増加 ( $46.7 \rightarrow 51.8 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ ) がみられたが、その他のグループでは変化なかったことを報告した。

また、Ekblom<sup>(37)</sup> は、11才の少年6名を6ヶ月トレーニングして最大酸素摂取量が15%増加 ( $2.15 \rightarrow 2.48 \text{ l/min}$ ) したが、非トレーニング群では変化がなかったこと、ひきつづき

5名を32ヶ月トレーニングしたところ、最大酸素摂取量は55%増加（ $2.22 \rightarrow 3.45 \text{ l/min}$ ）したが、非トレーニング群（4名）でもこの間に37%増加（ $1.85 \rightarrow 2.54 \text{ l/min}$ ）がみられたことを報告している。しかし、体重あたり最大酸素摂取量の増大は、トレーニング群の体重増加が大きかったため、両群とも7%増で差がなかったという。

Daniels<sup>(26)</sup>は、10~15歳の少年14名を22ヶ月トレーニングしたところ、トレーニング後では、身長が11.2 cm、体重9.2 kg増加し、最大酸素摂取量は、21.9%（ $2.33 \rightarrow 2.84 \text{ l/min}$ ）増加したが、体重あたり最大酸素摂取量は $59.5 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ で変化しなかった。最も発育が大きかった12ヶ月間（身長6.4 cm増、体重5.9 kg増）の期間では、最大酸素摂取量は $0.295 \text{ l/min}$ 増加したが、体重あたり最大酸素摂取量は変化しなかったという。身体トレーニングによる最大酸素摂取量の増大は、体重の増加に伴うものであり、体重1 kgの増加は、最大酸

素摂取量 50 ml の増加に相当するとしている。

これらの研究結果に対し、Klissouras<sup>(78)</sup> や Weber<sup>(145)</sup> たちは、思春期発育期での身体トレーニングの影響は遺伝的要因によるものを超えることができないとしている。

Klissouras<sup>(78)</sup> は、7~13才の25組の双生児（1卵性15組，2卵性10組）の最大酸素摂取量を測定し、1卵性では、 $r = 0.91$ ，2卵性では、 $r = 0.44$  の相関関係があったことから、最大酸素摂取量は、運動実施，非実施にかかわらず遺伝的なものによってほとんど決定されることを述べている。

また、Weber<sup>(145)</sup> は、10才，13才，16才の男子双生児4組ずつを被検者として、各組のそれぞれ1人に10週間厳しいトレーニングをさせ、一方をコントロールとした。

その結果，10才と16才の組は、トレーニングしたものに、最大酸素摂取量のより多くの増大がみられたが、13才の組ではトレーニング群とコントロール群の増大量は全く等しか

ったという。13才の組について、更に1年にわたってトレーニングをつづけたが、非トレーニング群とに差はなく、ともに最大酸素摂取量に22%増加がみられたという。

13才の被検者の身長<sup>5</sup>の年間発育量は、8 cmであり、これは Watson<sup>(144)</sup> の指摘する身長発育速度のピーク時期の発育量に相当していることから、13才の被検者では思春期スポーツ期にあったとしている。

Weber<sup>(145)</sup> は、思春期での身長のスポーツが、直接的に成長ホルモンに関連するものか、あるいは他のホルモンの要因によるものかは不確かであるとしながらも、この時期にはホルモンの活動が最高度に活発であり、身体トレーニングといった附加的な身体刺激の影響<sup>15</sup>は、ホルモンの影響をしのぐことができないであろうとしている。

本研究では、青少年を対象とした組織的なトレーニングは行なっていない。

しかし、刈谷グループでは、小学生期から

中学生期にかけて、全身持久性を高める身体トレーニングが指導されたこと、及び附属グループでは、運動部所属群と非所属群とが存在すること、及び日常的に厳しいトレーニングを実施しているジュニア陸上選手を縦断的に測定したことなどから、思春期発育期における身体トレーニングの影響をある程度考察することができよう。

附属グループについて、運動部所属群と非所属群の年次的な最大酸素摂取量の推移を比較した結果では、(図23, 24), 男子では、13才で両群の最大酸素摂取量の差は小さいが、14~17才にかけては、運動部所属群が大きな値を示すようになっていく。女子では、13才で、運動部所属群が非所属群より小さな値であるが、16才から18才にかけて、運動部所属群が非所属群より大きな値を示すようになり、その差は、18才で最大となっている。

Tanner<sup>(139)</sup> や Watson<sup>(144)</sup> は、思春期発育でのスパートは、身長発育量によって知ること

ができるとしているが、本研究の被検者の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。

すなわち、本研究の被検者では、この年齢で思春期発育スパートのピークに達していることになる。13才において、運動部所属群と非所属群との最大酸素摂取量の差が最も少なかったことは、発育スパート期での身体トレーニングの影響は、遺伝による発育の影響を上まわることができないとする Weber<sup>(145)</sup> たちの見解を裏づけるものであろうと考えられる。

ところで、思春期スパートでの最大酸素摂取量の増大が、身体トレーニングの影響を上まわって、遺伝的要因によるということに關しては、最大酸素摂取量の発達パターンの特色によるためであるかもしれない。

身長、体重の発育が、比較的長期間（誕生後10数年間）にわたり、ある水準以上の発育速度を保って発育してゆくパターンをとる（

図56, 57) のに比較し、最大酸素摂取量の発達は、その発達速度がピークとなる時期をほとんど約2年間という短期間に急激であり、この時期以外の発達速度はわずかである。(図48)。

男子の場合、最大酸素摂取量の発達速度のピーク時期は、身長発育速度のピーク時期と一致する例が最も多い。(図58)。そこで、身長発育速度のピーク時期を各被検者とも一致させ、その前後2年間における最大酸素摂取量の増大量をもとめると(図33)、平均約51% ( $1.75 \rightarrow 2.65 \text{ l/min}$ ) の増加がみられる。Weber<sup>(145)</sup> の13才の被検者の1年間あたりの最大酸素摂取量の増加は22%であり、EKblom<sup>(37)</sup> のトレーニング群の1年間あたりに換算した平均増加量は、20.6%、Daniels<sup>(27)</sup> のトレーニング群も年間11.9%の増大である。

これらの1年間あたりの増大量は、本研究のように、身長発育速度のピーク時点を一致させたときの、ピーク附近での最大酸素摂取



量の年間増大量が約25%であることと比較して、小さい値である。

このことから、身長発育スパート時期にみられる最大酸素摂取量の急激な増大は、身体トレーニングの影響以上に遺伝的な要因が強く支配するという考え方は支持できるのではないかと思われる。

しかしながら、*Klissouras*<sup>(78)</sup> や *Weber*<sup>(145)</sup> の指摘するように、思春期発育のスパート期での最大酸素摂取量の増大は遺伝的要因によるものであり、身体トレーニングは影響しないと結論づけている点については、論義の余地が残されているように思われる。

本研究結果にみられるように、刈谷グループの思春期スパート時期での最大酸素摂取量の増加は顕著であり、身体トレーニングがあまり意図されなかった附属グループのこの時期での最大酸素摂取量の増大を大きく上まわっている。

もし、思春期スパート附近での最大酸素摂

取量の急増が、Weber<sup>(145)</sup>らの指摘するように、  
発育ホルモンの影響による遺伝的な要因によ  
ってすべて決定され、身体トレーニングはほ  
とんど影響しないという考え方をとるならば  
、刈谷グループで、高校進学後に運動部での  
活動をやめた被検者に、最大酸素摂取量の減  
少がみられたという事実が説明できなくなる  
。 附属グループでは、中学3年から高校1  
年にかけては、男子では平均  $0.2 \text{ l/min}$  ( $2.61$   
 $\rightarrow 2.81 \text{ l/min}$ ) 増大しているにもかかわらず、  
刈谷グループでは、 $0.13 \text{ l/min}$  ( $3.13 \rightarrow 3.00 \text{ l/min}$ )  
の減少がみられた。

Weber<sup>(145)</sup>の研究では、10才と16才の被検者  
において、トレーニング群で最大酸素摂取量の  
増大が認められたにもかかわらず、スパート  
期の13才の少年には、トレーニング群と非ト  
レーニンク群でその増大量に差がなかったと  
いうことは、トレーニングの開始年齢による  
影響があるかもしれない。

刈谷グループでは、9才頃から、担任の先

生によって指導された持久力増強のトレーニングが進められてきた。これは、男子では思春期スポーツの約4年前からのトレーニング開始である。(図33, 34)。

このことは、思春期スポーツ期以前から、身体トレーニングを継続した人では、最大酸素摂取量の急増期において、身体トレーニングを継続しなかった人より大きく増加することを示しているのではないかと考えられる。そして、身体トレーニングをやめることによって、最大酸素摂取量は、ほぼ自然発育にともなう遺伝的要因による増加水準にまで低下するのではないかと考えられる。

すなわち、Weber<sup>(145)</sup>の指摘するように、思春期スポーツ期でのトレーニングが効果ないとするならば、むしろ小学生期(思春期スポーツ以前)からの身体トレーニングの蓄積が、思春期スポーツ期での最大酸素摂取量の増大を助長するのではないかと考えられる。

ところで、思春期スポーツ以前の時期の身

体トレーニングの影響というものは、あまり明らかではない。

思春期スポーツ以前の身体トレーニングは、最大酸素摂取量を大きく変化させないとする<sup>5</sup>ことが、Daniels<sup>(26)</sup>らによって指摘されている。本研究でも、刈谷グループの思春期スポーツ前の最大酸素摂取量に年次的に大きな変化がないということからも、そのことが裏づけられよう。

最大酸素摂取量の増大の様子には、体重の増加にともない比例的に増大する傾向がみられている。(図42) (但し、この場合肥満者は含まれていない)。Daniels<sup>(26)</sup>の示した体重1kgの増加が最大酸素摂取量を50ml増大させるという数値は、本研究の体重増加にともないほぼ比例的に最大酸素摂取量が増大した被検者の場合の増大量40~60mlに一致している。(図43)。<sup>10</sup>

思春期スポーツ前の子供の最大酸素摂取量がトレーニングによって大きく変化しないの<sup>15</sup>

は、形態発育のうち、特に体重の急増がみられなためである。

遺伝的要因については、さらに最大酸素摂取量の上限界について論議されるべきであろう。優れた陸上長距離選手の体重あたり最大酸素摂取量は、 $70 \frac{\text{ml}}{\text{kg} \cdot \text{min}}$ 以上の値を示すが、<sup>(25, 34, 124)</sup>本研究のジュニア陸上選手も、17~18才で、 $68.9 \sim 80.1 \frac{\text{ml}}{\text{kg} \cdot \text{min}}$ の体重あたり最大酸素摂取量を示している。このように大きな値は、一般生徒をトレーニングすることによっても到達できない値であると考えられる。

最大酸素摂取量の上限界については、遺伝的に各個人に定められた限界があるように考えられる。

<sup>(82)</sup> Komi は、15~24才の一卵性双生児14組、<sup>15</sup> 又卵性双生児16組を用いて、最大酸素摂取量、筋パワー、筋力、バイオプシーによる酵素(ATPase, MK, PFK, HK, CK, LDH)及び速筋線維、遅筋線維の組織分布をしらべ、最大酸素摂取量、筋パワー、線維

分布は、一卵性双生児で同じだが、二卵性双生児では異なっていること、及び静的筋力や酵素の活性度については、一卵性、二卵性で差がないことを報告した。

すなわち、運動単位の構成は遺伝的に固定しており、それが運動時の筋の潜在的能力を決定しているとしている。

また、動物実験の結果ではあるが、Goldberg<sup>(42)</sup>は、発育期では、ホルモンはトレーニングよりも機能の発達により支配的な役割をはたし、トレーニングによってひきおこされる筋の大きさの絶対的な変化を決定するとしている。これらの結果は、最大酸素摂取量の上限については、遺伝的に各個人に定められた限界があることを示唆するものである。<sup>15</sup>

思春期スポーツ以後の年齢では、遺伝的に定められていると考えられる最大酸素摂取量の最大限界までの範囲内で、身体トレーニングは最大酸素摂取量の増大に効果的であろうと考えられる。

ところで、発育期に高められた最大酸素摂取量は、18才から20才にかけて最大に達し、それ以後は加齢とともに低下することが多くの研究者によって報告されている。<sup>(8, 120)</sup>

Astrand<sup>(13)</sup>は、多くの要因が最大酸素摂取量の減少を導くとしている。

全血液量、全ヘモグロビン量は、年齢に関係なくほぼ一定であるが、最大酸素摂取量、最高心拍数、心拍出量、一回拍出量は年齢とともに減少するとしている。<sup>10</sup>

Robinson<sup>(120)</sup>, Dill<sup>(24)</sup>, Hollmann<sup>(55)</sup>, Hermansen<sup>(50)</sup>らによっても同様の結果が得られている。

これまで、いろいろな民族の最大酸素摂取量が報告されてきているが、<sup>(1, 8, 10, 27, 28, 35, 38, 50, 55, 100, 120)</sup> その値をそれぞれの年齢について相互に比較してみると、少なからぬ差がみられる。しかし、その差が被検者集団による差なのか、民族の遺伝的な要因のちがいによる差なのかは明らかでない。<sup>15</sup>

Davies<sup>(27)</sup>は、民族差が仮にあるとしても、

それは個人差よりは小さいものであるとしている。

Hermansen<sup>(50)</sup> は、最大酸素摂取量の測定法がほぼ等しければ、各報告にみられる最大酸素摂取量の差は、おそらく民族差というより、日常的な身体活動水準の差によるものであろうとしている。

確かに、日常的にあまり運動実施のない一般健康成人男女の最大酸素摂取量の値については、諸外国の報告の中に、本研究結果とほぼ似かよった数値がみられている。しかし、身体トレーニングを日常的に実施している成人の値は、その運動実施のちがいによって、最大酸素摂取量に大きな差がみられ、本研究結果と諸外国の鍛練者の値とを、単純に比較することができない。

自然発育にともなう最大酸素摂取量の増大要因を別にすれば、Robinson<sup>(121)</sup>、Knehr<sup>(79)</sup>、Ekblom<sup>(33)</sup>らは、最大酸素摂取量を増大させる主たる要因は身体トレーニングであるとして



いる。

しかし、Klissouras<sup>(78)</sup> や Weber<sup>(145)</sup> らは、いろいろな民族にみられる最大酸素摂取量の値は、ほとんど遺伝によって決定づけられたものであるとしながら、その影響は身体トレーニングのような外部環境条件によって、相対的に約50%減じられるかもしれないと述べている。

ところで、最大酸素摂取量を増大させる主たる要因が身体トレーニングであるとするならば、身体トレーニングによって、最大酸素摂取量をどこまで高めうるか、あるいは、その限界因子が何であるかが論議されねばならないであろう。

最大酸素摂取量の限界因子については、約50年前から論議がかさねられてきた。

Christensen<sup>(21)</sup> は、筋への酸素供給に影響する5つの主要因をとりあげた。それは、1) 肺換気量、2) 肺拡散、3) 心拍出量、4) 筋血流量、5) 筋組織での拡散、である。その後、こ

これらの要因については、Åstrand<sup>(10,11)</sup>, Taylor<sup>(14)</sup>, Mitchell<sup>(100)</sup>, Kaijser<sup>(70)</sup>, Karlsson<sup>(71)</sup>, Gollnick<sup>(43)</sup>らによつて、その他の要因とともに論議されてきた。

その結果、肺換気量は限界因子とならないこと<sup>(10,100,123,125)</sup>、また、肺拡散も限界因子とならないこと<sup>(57,125)</sup>が明らかにされた。そして、心拍出量が、限界因子の主たるものであるとされてきている<sup>(11,17,43,100,102,111)</sup>。

心拍出量は、心拍数と1回拍出量との積であるが、Åstrand<sup>(12)</sup>, Blackmon<sup>(19)</sup>, Ekblom<sup>(33)</sup>は、最高心拍数は心拍出量の多い人でも少ない人でもほぼ一定であるとしている。

Rowell<sup>(123)</sup>, Saltin<sup>(125)</sup>, Ekblom<sup>(33)</sup>らは、身体トレーニングによつて、最大酸素摂取量及び心拍出量が増加することを報告しているが、最大酸素摂取量及び心拍出量の増加する理由として、Åstrand<sup>(12)</sup>, Blackmon<sup>(19)</sup>, Ekblom<sup>(33)</sup>, Hermansen<sup>(50)</sup>は、1回拍出量の変化が最も重要な要因であるとしている。しかし、1回拍出量が

変化するメカニズムについては、まだ明らかにされてはいない。<sup>(50)</sup>

最大酸素摂取量は未梢要因によって限定されるという見解もある。<sup>(10)</sup>

Hermansen<sup>(50)</sup> は、血管床については限界因子とならないが、筋細胞の大きさの平均値は、非鍛練者より鍛練者で大きく、鍛練者では、1つ1つの筋細胞に対して、それだけ多くの毛細血管が分布されるとしている。

また、Scholander<sup>(128)</sup> と Hemingsem<sup>(47)</sup> によって示された筋のミオグロビンの存在にも注目されている。Gollnick<sup>(43)</sup> によれば、トレーニングによって骨格筋のミオグロビン濃度が増加するという。また、近年ではミトコンドリアレベルでの限界因子が考えられている。<sup>15</sup>

Holloszy<sup>(56)</sup> は、身体トレーニングによって、ミトコンドリアの酵素が増加したことを示したが、Gollnick<sup>(43)</sup> は、鍛練者、非鍛練者の骨格筋の酸化能力は、最大酸素摂取量として認められた値を越えるものであるとしている。

現在では、呼吸循環系の酸素運搬システムが限界因子であろうとされているが、まだ不明確な点が多く残されているという。

ところで、中高年者を対象としたトレーニング実験に於いて、これまで報告された諸外国の結果をまとめてみると、10週間のトレーニングによって、体重あたり最大酸素摂取量は、4~14%増大し、<sup>(46, 126, 148)</sup>20週間のトレーニングによって、14~43%の増大がみられている。<sup>(106, 110, 112, 113, 114, 118)</sup>

本研究の10週間トレーニングでは、35才以上の被検者で平均7.8%、15,16週間のトレーニングでは平均16.0%の増大がみられたが、この結果は、他の多くの研究報告の増大率の範囲内にある。

しかし、Saltin<sup>(126)</sup>は、初期レベルの低い被検者の、トレーニングによる最大酸素摂取量の増大率は大きいが、すでにある程度身体運動を継続している人や、初期レベルが高い人をトレーニングした場合には、トレーニン

グによる最大酸素摂取量の増大率は、もっと小さなものになるであろうとしている。

また、Weber<sup>(145)</sup>は、身体トレーニングは、初期レベルを改善するものであって、厳しいトレーニングによっても、最大酸素摂取量の全変化の主要な要因は、遺伝的な素質によって規定されるとしている。

本研究結果で1年間トレーニングした場合、トレーニング開始25～35週以後、最大酸素摂取量の増大がみられなかったことは、おそらくこうした見解を支持するものであろう。

最大酸素摂取量の限界因子として、心拍出量がその主要因であらうとある考え方について先に述べたが、遺伝的素質の規定する要因とは、最大酸素摂取量に關しては、おそらく主として心臓容積や1回拍出量にかかわる要因であらうと考えられる。

本研究で1年間トレーニングの結果、運動中心拍数と酸素摂取量との關係に改善がみられなくなった時点から、最大酸素摂取量の増

大がみられなくなったことは、その時点で、<sup>(145)</sup>Weberのいう初期レベルの改善が終了し、遺伝的要因にもとづく心臓循環系の最大限界に達したのではないかと考えられる。

身体トレーニングを長期間、日常的に継続した場合には、初期レベルの改善によって増大した最大酸素摂取量は、やがて加齢とともに減少傾向をたどると考えられる。

本研究の結果では、〈図73〉に示したように、毎日5~16KM走る人でも、何も運動しない人でも、加齢による影響を等しくうけて、体重あたり最大酸素摂取量に加齢にともなう減少がみられている。その減少の割合は、一般健康成人と毎日5~16KM走る人とでほぼ同じである。

また、若い時代、優れた選手でも身体トレーニングの継続を止めれば、最大酸素摂取量は急速に減少して、一般人の値に近づき、<sup>(30)</sup>その後は、一般人とほぼ同様な推移をたどると考えられる。

これらのことは、身体トレーニングの影響というものをこえて、生物体としての人間の生命活動、とりわけ人間の適応能や活動能力を示す Physical Work Capacity を代表する最大酸素摂取量の大きさを、基本的に支配する加齢現象があることを示すものであろうと考える。

一般健康人の年齢にともなう最大酸素摂取量の推移は、生物体としての人間に遺伝的に定められた最大酸素摂取量の自然な推移を示していると考えられる。

各個体についてみれば、それぞれ身体トレーニングによってもこえることのできない最大酸素摂取量の最大限界が遺伝的に定められていると考えられるが、身体トレーニングの有無にかかわらず、遺伝的にある範囲内の最大酸素摂取量が自然保障されていると考える。

この自然保障の範囲をこえて、高い水準の最大酸素摂取量を保有しようと考えれば、そこ

には日常的に厳しいトレーニングが必要とされよう。この身体トレーニングをやめれば、最大酸素摂取量は、自然保障の範囲に減少してくるようである。

自然保障の範囲がどの程度であるかは正確にはわからないが、本研究結果から推定すれば、一般健康成人の体重あたり最大酸素摂取量の年齢に対する回帰直線からの標準偏差内（図70, 76）に相当するのではないかと考えられる。

各個人が、どのような体力水準、あるいは身体コンディションにありたいとするかは、各個人の欲求による。

自然保障の範囲内で身体の調子をととのえるということであれば、これは身体トレーニング<sup>15</sup>というより、身体コンディショニング<sup>15</sup>といった発想になるのではないだろうか。そうすれば身体トレーニングとは、自然保障範囲をこえて、より高い水準の最大酸素摂取量を保有しようとする働きかけであるともいえよ



う。

本研究の家庭婦人を対象とした体力づくりサークル活動では、最大酸素摂取量の増大が認められなかったにもかかわらず、身心面での自覚的な効果が認められている。これは、<sup>5</sup> 身体トレーニングというより、むしろ身体コンディショニングといった意味の効果によるものではないだろうか。

我国では、現在、国民の体力や健康に対する関心が高まり、運動の実践が盛んになってきている。<sup>10</sup> 今後は、身体コンディショニングといった発想の身体運動効果というものが更に研究されるべきではないであろうかと考える。

・謝辞.

本研究を遂行するにあたっては、名古屋大学総合保健体育科学センター長、松井考治教授の数年間にわたる、終始変わらぬあたたかい御指導を賜りました。ここに心から深く感謝致します。

本研究における最大酸素摂取量の測定に関しては、特に次の諸先生方の御協力をいただきました。

名古屋大学、北村潔和氏、三浦望慶氏、  
愛知県立大学、屋川保氏、豊島進太郎氏、  
早水サヨ子氏。

名古屋学院大学、亀井貞次氏、村瀬豊氏、  
金城学院大学、袖山紘氏。

三重大学、水谷四郎氏、脇田裕久氏。

豊田工業高専、小栗達也氏。

岐阜大学、長沢弘氏。

大同工業大学、水野義雄氏。

諸先生方に対し、厚くお礼申しあげます。

また、被検者の生徒、児童の連絡指導については、名古屋大学教育学部附属高等学校教諭、天野菊三郎先生、刈谷市富士松北小学校元教諭、神谷錡先生に、ひとかたならぬ御尽力をいただきました。

5

中高年者の被検者についての連絡指導には、名古屋YMCA体育指導主事、青樹和夫氏、中日文化センター講師、津坂とし子氏、名古屋 Crazy Running Club 役員、下宏氏の御協力をいただきました。

10

また、快く被検者となり、本研究の主旨にそって測定を受け下さった皆様に、感謝致します。

煩雑な資料の整理分析にあたっては、聖徳学園女子短大、大田順子氏の御協力をいただきました。

15

本論文の作成にあたっては、東京大学教育学部、宮下充正助教授の御指導を賜りました。宮下助教授には、名古屋大学教養部保健体育科に在学中、本研究遂行の実際面での

測定に携わられ、御指導をいただきました。  
ここに重ねて感謝の意を表する次第です。

8

10

15

1. Andersen, K.L. and L.Hermansen.: Aerobic work capacity in middle-aged Norwegian men. J.Appl.Physiol. 20:432-436. 1965.
2. 朝比奈一男, 浅野勝己, 草野勝彦, 石本秀義.: 都市青少年の有酸素的作業能の研究. 文部省特定研究〔生物圏の動態〕日本人の作業能および生長諸段階における適応能の研究. 昭和45年度研究報告. 22-31. 1970.
3. 朝比奈一男.: トレーニングの都市青少年の有酸素的作業能に及ぼす影響に関する研究. 文部省特定研究〔生物圏の動態〕日本人の作業能および生長諸段階における適応能の研究. 昭和47年度研究報告. 11-19. 1972.
4. 浅見俊雄, 北川薫, 山本恵三, 生田香明, 佐野裕司.: トレッドミルおよび自転車エルゴメーターによる中年女性の持久力トレーニング効果とその特異性について. 体育科学. 3:49-57. 1975.
5. Asmussen, E. and K.H.Nielsen.: A dimensional analysis of physical performance and growth in boys. J.Appl.Physiol. 7:593-603. 1955.
6. Asmussem, E. and K.H.Nielsen.: Physical performance and growth in children, Influence of sex, age and intelligence. J.Appl.Physiol. 8:371-380. 1956.
7. Åstrand, I., P-O.Åstrand and K.Rodahl.: Maximum heart rate during work in older men. J.Appl.Physiol. 14:562-566. 1959.
8. Åstrand, I.: Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. Acta Physiol.Scand. 49:Suppl. 169. 1960.
9. Åstrand, I., P-O.Åstrand, Hallbäck and Å.Kilbom.: Reduction in maximal oxygen uptake with age. J.Appl.Physiol. 35:649-654. 1973.
10. Åstrand, P-O.: Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age. Copenhagen. Munksgaad. 1952.
11. Åstrand, P-O. and B.Saltin.: Maximal oxygen uptake and heart rate in various types of muscular activity. J.Appl.Physiol. 16:977-981. 1961.
12. Åstrand, P-O., T.E.Cuddy, B.Saltin and J.Stenberg.: Cardiac output during submaximal and maximal work. J.Appl.Physiol. 19:268-274. 1964.

13. Åstrand, P-O.: Aerobic work capacity during maximal performance under various conditions. *Circulation Res.* 20,21: 202-210. 1967.
14. Atomi, Y. and M. Miyashiya.: Maximal aerobic power of Japanese active and sedentary adult females of different ages (20-62 years). *Med.Sci.Sports.* 6:223-225. 1974.
15. 跡見順子, 伊藤克子, 宮下亮正.: 中高年女子にみられる有酸素作業能のトレーニング効果. *体育学研究.* 18(5): 253-260. 1974.
16. Balke, B., G.P.Grills, E.B.Konecic and U.C.Luft.: Work capacity after blood donation. *J.Appl.Physiol.* 7:231-238. 1954.
17. Bevegård, B.S. and J.T.Shepherd.: Regulation of the circulation during exercise in man. *Physiol.Rev.* 47:178-213. 1967.
18. Binkhorst, R.A., J.Pool, P.van Leeuwen and A.Bouhuys.: Maximal oxygen uptake in healthy nonathletic males. *Int. Z. angew. Physiol.* 22:10-18. 1966.
19. Blackmon, J.R., L.B.Rowell, J.W.Kennedy, R.D.Twiss and R.D.Conn.: Physiological significance of maximal oxygen intake in "pure" mitral stenosis. *Circulation.* 36:497-510. 1967.
20. Brown, J.R. and R.J.Shepherd.: Some measurements of fitness in older female employee of a Tront department store. *Cana. Med.Ass.J.* 97:1208-1213. 1967.
21. Christensen, E.H., A.Krogh and J.Lindhard.: Recherches sur l'effort musculaire intense. *Bulletin trimestriel de l'organisation d'hygiène. Société des Nations.* 3:407-439. 1934.
22. Cooper, K.H.: *Aerobics.* New York. M.Evans and Co. 1963.
23. Costil, D.L. and E.Winrow.: A comparison of two middle-aged ultramarathon runners. *Res.Quart.* 41(2):135-139. 1970.
24. Cotes, J.E., C.T.Davies, O.G.Edholm, M.J.R.Healy and J.M.Tanner.: Factors relating to the aerobic capacity of 46 healthy British males and females ages 18 to 28 years. *Pro.Roy.Soc.Lond.B.* 174:91-114. 1969.

25. Daniels, J.T. and N.Oldridge.: The effects of alternate exposure to altitude and sea level on world-class middle-distance runners. *Med.Sci.Sports.* 2:107-112. 1970.
26. Daniels, J.T. and N.Oldridge.: Changes in oxygen consumption of young boys during growth and running training. *Med. Sci.Sports.* 3:161-165. 1971.
27. Davies, C.T.M., C.Barnes, R.H.Fox, R.O.Ojikutu and A.S. Samueloff.: Ethnic differeces in physical working capacity. *J.Appl.Physiol.* 33:726-732. 1972.
28. Dehn, M.M. and K.A.Bruce.: Longitudinal variations in maximal oxygen intake with age and activity. *J.Appl.Physiol.* 33: 805-807. 1972.
29. Dill, D.B., S.M.Horvath and F.N.Craig.: Responses to exercise as related to age. *J.Appl.Physiol.* 12:195-196. 1958.
30. Dill, D.B., S.Robinson and J.C.Ross.: A longitudinal study of 16 champion runners. *J.Sport Med.Physi.Fit.* 7:4-27. 1967.
31. Doolittle, T.L. and R.Bigbee.: The twelveminute run-walk. A test of cardiorespiratory fitness of adolescent boys. *Res.Quart.* 39:491-495. 1968.
32. Durnin, J.V.G.A., J.M.Brockway and H.W.Whitcher.: Effects of a short period of training of varying severity on some measurements of physical fitness. *J.Appl.Physiol.* 15:161-165.1960.
33. Ekblom, B., P-O.Åstrand, B.Saltin, J.Stenberg and B.Wallstrom.: Effect of training on circulatory response to exercise. *J.Appl.Physiol.* 24:518-528. 1968.
34. Ekblom, B. and L.Hermansen. Cardiac output in athletes. *J.Appl.Physiol.* 25:619-625. 1968.
35. Ekblom, B. and E.Gjessing.: Maximal oxygen uptake of the Easter Island population. *J.Appl.Physiol.* 25:124-129. 1968.
36. Ekblom, B.: Effect of physical training on oxygen transport system in man. *Acta.Physiol.Scand. Suppl.328.* 1969.
37. Ekblom, B.: Effect of physical training in adolescent boys. *J.Appl.Physiol.* 27:350-355. 1969.

38. Eriksson, B.O.: Physical training, oxygen supply and muscle metabolism in 11-13 year old boys. Acta Physiol.Scand. Suppl. 384. 1970.
39. Eriksson, B.O. and K.Gunter.: 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.
40. 月刊陸上競技編集部編. 1974年度. 陸上競技記録集.(月刊陸上競技3月号附録). 講談社. 1975.
41. 月刊陸上競技編集部編. 1975年度. 陸上競技記録集.(月刊陸上競技3月号附録). 講談社. 1976.
42. Goldberg, A.L. and H.M.Goodman.: Relationship between growth hormone and muscular work in determining muscle size. J. Physiol. 200:655-666. 1969.
43. Gollnick, P.D., R.B.Armstrong, C.W.Saubert IV, K.Piehl and B.Saltin.: Enzyme activity and fiber composition in skeletal muscle of untrained and trained men. J.Appl.Physiol. 33: 312-319. 1972.
44. Greulich, W.W. and S.I.Pyle.: Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist. Stanford Univ. Press. 1950.
45. Grimby, G. and B.Saltin.: Physiological analysis of physically well-trained middle-aged old athletes. Acta Med.Scand.:179: 513-526. 1966.
46. Hartley, L.H., G.Grimby, A.Kilbom, N.J.Nilsson, I.Astrand, J.Bjure, B.Ekblom and B.Saltin.: Physical training in sedentary middle-aged and older men. Scand.J.Lab.Invest.24:335-344. 1969.
47. Hemmingsen, E. and P.F.Scholander.: Specific transport of oxygen through hemoglobin solutions. Science. 132:1379-1381. 1960.
48. Hermansen, L. and K.L.Andersen.: Aerobic work capacity in young Norwegian men and women. J.Appl.Physiol. 20:425-431. 1965.



49. Hermansen, L. and B. Saltin.: Oxygen uptake during maximal treadmill and bicycle exercise. J. Appl. Physiol. 26:31-37. 1969.
50. Hermansen, L.: Oxygen transport during exercise in human subjects. Acta Physiol. Scand. Suppl. 399. 1973.
51. Hettinger, T., N.C. Birkhead, S.M. Horvath, B. Issekutz Jr and K. Rodahl. Assessment of physical work capacity. J. Appl. Physiol. 16:153-159. 1961.
52. Hill, A.V., C.N.H. Long and H. Lupton. Muscular exercise, lactic acid and the supply and utilization of oxygen. VII and VIII. Muscular exercise and oxygen uptake. Proc. Roy. Soc. London. Ser. B. 97:155-176. 1924.
53. Hollmann, W. and H. Knipping.: The ascertainment of physical capacity from clinical point of view. In: Health and fitness in the modern world. Chicago. III. Athletic Institute. 17-30. 1961.
54. Hollmann, W.: Hochst- und Dauerleistungsfähigkeit des Sportler. Munchen, Johann Ambrosius Barth. 1963.
55. Hollmann, W.: Körperliches training als Prävention von Herz-Kreislaufkrankheiten. Stuttgart. Hippokrates Verlag. 1965.
56. Holloszy, J.O.: Biochemical adaptation in muscle. Effects of exercise on mitochondrial oxygen uptake and respiratory enzyme activity in skeletal muscle. J. Biol. Chem. 242:2278-2282. 1967.
57. Holmgren, A. and P-O. Åstrand.:  $D_L$  and the dimensions and functional capacities of the  $O_2$  transport system in humans. J. Appl. Physiol. 21:1463-1470. 1966.
58. Horvath, S.M. and E.D. Michael.: Responses of young women to gradually increasing and constant load maximal exercise. Med. Sci. Sports. 2:128-131. 1970.
59. 猪飼道夫, 江橋慎四郎, 加賀谷熊彦: トレッドミル法による青少年の運動処方に関する研究. オ1報, 体育学研究, 7(3): 99-106. 1963.
60. Ikai, M., M. Shindo and M. Miyamura.: Aerobic work capacity of Japanese people. Res. J. Phys. Educ. 14:137-142. 1970.

61. 猪飼道夫, 宮村実晴: 最大毎分心拍出量の性・年齢別比較. 体育学研究 14: 175-193. 1971
62. Ikai, M. and K. Kitagawa.: Maximal oxygen uptake of Japanese related sex and age. Med. Sci. Sports. 4: 127-131. 1972.
63. 猪飼道夫: 身体運動の生理学. p 336. 杏林書院. 1973.
64. 猪飼道夫, 福永哲夫, 本多宏子: H-ニシテ強度からみた中学生女子の全身持久性トレーニング効果の検討. 体育科学. 1: 24-34. 1973.
65. 猪飼道夫: 猪飼道夫論文選集Ⅲ. 運動処方への道: p 335-423. 杏林書院. 1973.
66. Issekutz, B. Jr., N.C. Birlhead and K. Rodahl.: The Use of respiratory quotients in assessment of aerobic work capacity. J. Appl. Physiol. 17: 47-50. 1962.
67. 伊藤 稔, 伊藤一生, ハ木保, 川初清典, 森 淑子, 前田喜代子: 歩行トレーニングによる中高年女子の最大酸素摂取量の増加について. 体育科学. 3: 41-48. 1975.
68. 加賀谷 淳子: 現代の家庭婦人の運動行動. 体育の科学. 24: 230-236. 1975.
69. 加賀谷 熙彦, 黒田善雄, 塚越克己, 雨宮 輝世, 太田 祐造, 成次 三雄: 日本人競技選手の最大酸素摂取量(カズ報). 体力科学 19: 155-156. 1970.
70. Kaijser, L.: Limiting factors for aerobic muscle performance. Acta Physiol. Scand. Suppl. 346. 1970.
71. Karlsson, J.: Lactate and phosphagen concentrations in working muscle in man. Acta Physiol. Scand. Suppl. 358. 1971.
72. Kasch, F.W., W.H. Phillips, J.E.L. Carter and J.L. Boyer. Cardiovascular changes in middle-aged men during two years of training. J. Appl. Physiol. 34: 53-57. 1973.
73. Katch, V.: Correlation v ratio adjustments of body weight in exercise-oxygen studies. Ergonomics. 15: 671-680. 1972.
74. Kilbom, A., L.H. Hartley, B. Saltin, J. Bjure, G. Grimby and I. Åstrand.: Physical training in sedentary middle-aged and older men. I. Medical evaluation. Scand. J. Clin. Lab. Invest. 24: 315-323. 1969.
75. Kilbom, A.: Physical training with submaximal intensities in women. I. Reaction to exercise and orthostasis. Scand. J. Clin. Lab. Invest. 28: 141-161. 1971.
76. 北川 薫, 猪飼道夫: 青少年に於る最大酸素摂取量と形態との関連性. 体育学研究 17(3): 159-166. 1972.
77. 北村栄美子, 松浦義行: 性成熟と形態発達との関連に肉する多次元的考察. 体育学研究. 16: 85-90. 1971.

78. Klissouras, V.: Heritability of adaptive variation. J. Appl. J. Appl. Physiol. 31:338-344. 1971.
79. Knehr, C.A., D.B. Dill and W. Neufeld.: Training and its effects on man at rest and at work. Amer. J. Physiol. 136:148-156. 1942.
80. 小林寛道, 大田順子, 後藤サヨ子: Step Test, Running Performance,  $V_{O_2max}$  を考慮した重回帰法による「持久性評価指数」への一試案. 体育の科学. 25:185-191. 1975.
81. 小久保幸雄: 乳幼児期における手部化骨核の出現と骨年齢判定の意義に関する研究. 名古屋医学. 83:40-54. 1960.
82. Komi, P.V., J.T. Viitasalo, H. Havu, B. Sjödin, A. Thorstensson and J. Karlsson.: Physiological and structural performance capacity; Effect of heredity. V International Congress of Biomechanics. Jyväskylä. Abstracts. p86. 1975.
83. 小宮秀一: 少年期における身体の発育 Pattern と運動能力の発達について. 体育学研究. 16:75-84. 1971.
84. 小宮秀一: 身長発育 Pattern 別にみれば形態発育の特性について. -相対成長による分析-. 体育学研究. 19:99-106. 1974.
85. 小宮秀一, 大坂哲郎: 身長-体重の相対成長による男子児童(6才-14才)の発育パターンについて. 体育学研究. 20:79-89. 1975.
86. 倉内暎雄: 成長過程の追跡研究. 才2編. 小中学生期の成長. 日本衛生学雑誌. 26:216-224. 1971.
87. 黒田善雄, 加賀谷熙彦, 塚越克己, 雨宮光輝也: 日本人一流競技選手の最大酸素摂取量. 才1報. 昭和43年度スポーツ科学研究報告書1-8. 1969.
88. Macnab, R.B.J., R.R. Conger and D.S. Taylor. Differences in maximal and submaximal work capacity in men and women. J. Appl. Physiol. 27:644-648. 1969.
89. Maksud, M.G. and K.D. Coult. : Application of the Cooper twelve-minute run-walk test to young males. Res. Quart. 42: 54-59. 1971.
90. Maritz, J.S., J.F. Morrison, J. Peter, N.B. Strydom and C.H. Whyndham.: A practical method of estimating an individual's maximal oxygen intake. Ergonomics. 4:97-122. 1961.

91. Massicotte, D.R. and R.B.J. Macnab.: Cardiorespiratory adaptations to training at specified intensities in children. Med.Sci.Sports. 6:242-246. 1976.
92. Matsui, H., M.Miyashita, M.Miura, K.Kobayashi, T.Hoshikawa, and S.Kamei.: Maximum oxygen intake and its relationship to body weight of Japanese adolescents. Med.Sci.Sports. 4:29-32. 1972.
93. 松井秀治, 三浦望慶, 小林寛道, 豊島進太郎, 後藤サヨ子.  
小学生のステップテストに関する研究. カ2報. 小学生の最大酸素摂取量の発達とステップテスト. 体育科学. 2:33-41. 1974.
94. 松井秀治, 小林寛道, 北村潔和, 星川保, 福永哲夫: 中高年者の運動処方における運動強度選択への一つの試み. 体力科学 24:76. 1975.
95. McArdle, W.D. and J.R. Magel.: Physical work capacity and oxygen uptake in treadmill and bicycle exercise. Med.Sci. Sports. 2:118-123. 1970.
96. Metheny, E., L.Brouha, R.E.Johnson and W.H.Forbes. Some physiologic responses of women and men to moderate and strenuous exercise. A comparative study. Am.J.Physiol. 137:318-326. 1942.
97. Metz, K.F. and J.F.Alexander.: An investigation of the relationship between maximum aerobic work capacity and physical fitness in twelve- to fifteen-year old boys. Res.Quart. 41:75-81. 1970.
98. Michael, E.D. and S.M.Horvath.: Physical work capacity of college women. J.Appl.Physiol. 20:263-266. 1965.
99. 宮地彰雄, 川畑愛義, 吉岡文雄, 松浦義行, 八木保, 大山良徳.: 性成熟と運動能力の発達化傾向について. 体育学研究. 14:207-213. 1970.
100. Mitchell, J.H., B.J.Sproule and C.B.Chapmann. The physiological meaning of the maximal oxygen intake test. J.Clin.Invest. 37:538-547. 1958.
101. Mitchell, J.H., B.J.Sproule and C.B.Chapman.: Factors influencing respiration during heavy exercise. J.Clin.Invest. 37:1693-1701. 1958.

102. Miyamura, M. and Y. Honda.: Oxygen intake and cardiac output during maximal treadmill and bicycle exercise. J. Appl. Physiol. 32:185-188. 1972.
103. 水野忠文, 江橋慎四郎, 山地啓司: 中学校, 高等学校生徒の身体発育・発達に関する縦断的研究. 東京大学教育学部紀要. 13: 219-235. 1973.
104. 森下はる斗: 相対発育よりみた成熟の研究 - 個体における発育曲線の変移について. 体育学研究. 8: 93-99. 1965.
105. 森下はる斗: 日本人青少年の形態発育と機能発育の解析的研究. 体育学研究. 11: 47-58. 1966.
106. Naughton, J. and F. Nagel.: Peak oxygen intake during Physical fitness program for middle-aged men. J. Amer. Med. Ass. 191: 103-105. 1965.
107. 日本体育協会: 体力の発育・発達追跡調査報告. 1-27. 昭和47年度. 日本体育協会スポーツ科学研究報告. 1973.
108. 大原純吉: 小中学徒の身体の発育発達と骨成熟に関する研究. 学校保健研究. 13(3): 109-120. 13(4): 167-174. 13(5): 212-217. 13(7): 323-329. 13(8): 374-379. 1971.
109. 小川新吉, 古田善伯, 小原達朗, 徳山薫平: はわ跳び運動が中高年者の有酸素的作業能に及ぼす影響について. 体育科学 3: 68-75. 1975.
110. Oscai, L.B., T. Williams and B. Hertig.: Effect of exercise on blood volume. J. Appl. Physiol. 24:622-624. 1968.
111. Ouellet, Y., S.C. Poh and M.R. Becklake.: Circulatory factors limiting aerobic exercise capacity. J. Appl. Physiol. 27: 874-880. 1969.
112. Pollock, M.L., T. Cureton and L. Grenniger.: Effects of frequency of training on working capacity, cardiovascular function, and body composition of adult men. Med. Sci. Sports. 1:70-74. 1969.
113. Pollock, M.L., H.S. Miller, R. Janeway, A.C. Linnerud, B. Robertson and R. Valentino.: Effects of walking on body composition and cardiovascular function of middle-aged men. J. Appl. Physiol. 30:126-130. 1971.

114. Pollock, M.L., J. Broida, Z. Kendrick, H. Miller, R. Janeway and A.C. Linnerud.: Effects of training two days per week at different intensities on middle-aged men. *Med.Sci. Sports.* 4:192-197. 1972.
115. Pollock, M.L.: The quantification of endurance training programs. *Exercise and sports sciences reviews.* I. Edited by J.H. Wilmore. Academic Press. 155-188. 1973.
116. Pollock, M.L., S. Henry, Jr. Miller and J. Wilmore.: A profile of a champion distance runner age 60. *Med.Sci.Sports.* 6: 118-121. 1974.
117. Profant, G.R., R.G. Earil, K.L. Nilson, F. Kusumi, V. Hofer and R.A. Bruce.: Responses to maximal exercise in healthy middle-aged women. *J.Appl.Physiol.* 33:595-599. 1972.
118. Ribisl, P.: Effects of training upon the maximal oxygen uptake of middle-aged men. *Inter.Z.Angew.Physiol.* 27:154-160. 1969.
119. Robinson, S.; D.B. Dill, S.P. Tzankoff, J.A. Wagner and R.D. Robinson.: Longitudinal studies of aging in 37 men. *J. Appl.Physiol.* 38:263-267. 1975.
120. Robinson, S.: Experimental studies of physical fitness in relation to age. *Inter.Z.Angew.Physiol.* 10:251-323. 1938.
121. Robinson, S. and P.M. Harmon.: The effect of training and of gelatin upon certain factors which limit muscular work. *Amer.J.Physiol.* 133:161-169. 1941.
122. Rodahl, K., P-O. Åstrand, N.C. Birkhead, T. Hettinger, B. Issekutz Jr., D.M. Jones and R. Weaver.: Physical work capacity. A study of some children and young adults in the United State. *Arch. Environ. Health.* 2:499-510. 1961.
123. Rowell, L.B., H.L. Taylor and Y. Wang.: Limitations to prediction of maximal oxygen uptake. *J.Appl.Physiol.* 19:919-927. 1964.

124. Saltin, B. and P-O.Astrand.: Maximal oxygen uptake in athletes. *J.Appl.Physiol.* 23:353-358. 1967.
125. Saltin, B., G.Blomqvist, J.H.Mitchell, R.L.Johnson, Jr.K. Wildenthal and C.B.Chapman.: Response to submaximal and maximal exercise after bed rest and training. *Circulation.* 38.Suppl.7. 1968.
126. Saltin, B., L.Hartley, A.Kilbom and I.Astrand.: Physical training in sedentary middle-aged and older men. II. *Scand.J.Clin.Lab.Invest.* 24:323-334. 1969.
127. 佐藤正夫: 思春期前後における生理的発育の研究. 特に肩甲骨に關する研究. *名古屋医学.* 83:276-294. 1960.
128. Scholander, D.F.: Oxygen transport through hemoglobin solution. *Science.* 131:585-590. 1960.
129. Shephard, R.: Intensity, duration, and frequency of exercise as determinants of the response to a training regime. *Inter.Z.Angew.Physiol.* 26:272-278. 1968.
130. Shuttleworth, F.K.: The physical and mental growth of girls and boys age six to nineteen in relation to age at maximum growth. *Monogr.Soc.Res.Child Develop.* 4: 1939.
131. 進藤 泉洋, 田中宏暁: 自転車運動によるトレーニング. 90%  $V_{O2max}$ . 15分間. 3回/週. *体育科学.* 1:5-13. 1973.
132. 進藤 泉洋, 田中宏暁, 小原 繁: 自転車運動による50%  $V_{O2max}$ , 60分間トレーニングが成人女子におよぼす影響. *体育科学* 3:58-67. 1975.
133. 末永政治, 大永政人, 西種田弘芳, 渡辺 紀子: 鹿児島県の二,三の地域における学童発育の考察. その3. 発育加速現象の年度差. *鹿児島大学体育科報告.* 10:15-34. 1975.
134. Taguchi, S., P.B.Raven and S.M.Horvath. Comparison between bicycle ergometry and treadmill walking maximum capacity tests. *Jap.J.Physiol.* 21:681-690. 1971.
135. Taguchi, S., P.B.Raven, M.Kaneko, H.Matsui and S.M.Horvath.: Comparative studies of maximal aerobic capacity. *JIBP Synthesis.* Vol.I.55-68. 1975.
136. 高石昌弘, 大森世都子, 江口篤寿, 藤田良子: 思春期身体発育のパターンに關する研究. *カ1報.* 男子の身長発育速度および体重発育速度について. *小児保健研究.* 26:57-63. 1968.

137. 高石昌弘, 大森世都子, 宮部黎子, 岩本幸子.: 思春期身体发育の  
パターンに関する研究. わ2報. 女子の身長发育速度, 体重发育速度および  
初潮月年令について. 小児保健研究 26: 280-285. 1969.
138. 高石昌弘, 藤村京子, 船川中番夫.: 体格劣位生徒の身体发育に関する  
縦断的研究 (中学生身長の年間増加量と骨年令の関係). 学校保健  
研究. 13: 352-356. 1971.
139. Tanner, J.M.: Growth at adolescence. Oxford. Blackwell. 1955.
140. Tanner, J.M., R.H.Whitehouse and M.Takaishi.: Standards  
from birth to maturity for height, weight, height velocity  
and weight velocity. British children, 1965 Arch. Disease.  
Chid. 41:454-471, 613-635. 1966.
141. Taylor, H.L., E.Buskirk and A.Henschel.: Maximal oxygen  
uptake as an objective measurement of cardio-respiratory  
performance. J.Appl.Physiol. 8:73-80. 1955.
142. Tlusty, L.: Physical fitness in older age. I. Aerobic  
capacity and the other parameters of physical fitness  
followed by means of graded exercise in ergometric  
examination of elderly individuals. Respiration. 26:161-  
181. 1969.
143. 徳永幹雄, 藤本実雄.: 身長の发育现象にみられる地域差. 性差.  
体育学研究. 17: 75-80. 1972.
144. Watson, E.H. and G.H.Lowery. Growth and development of  
children. Chicago, Year Book. 1969.
145. Weber, G., W.Kartodihardjo and V.Klissouras. Growth and  
physical training with reference to heredity. J.Appl.  
Physiol. 40:211-215. 1976.
146. Weiner, J.S. and J.A.Lourie (ed): Human biology a guide  
to field methods (IBP Handbook 9). Blackwell Scientific  
Publications. 1969.
147. Whydham, C.H., N.B.Strydom, C.G.Williams, A.Munro and A.  
Heyns.: Comparison of estimates of maximum oxygen intake  
obtained from a treadmill, a bicycle ergometer and a step  
test. Japan Soc.for the Promotion of Science, Japan.  
170-213. 1966.



148. Wilmore, J.H., J. Royce, R. Girandola, F. Katch and V. Katch.: Physiological alternations resulting from a 10-week program of jogging. Med.Sci.Sports. 2:7-14. 1970.
149. Wilmore, J.H., H.L. Miller and M.L. Pollock.: Body composition and physiological characteristics of active endurance athletes in their eighth decade of life. Med.Sci.Sports. 6:44-48. 1974.
150. World Health Organization: Optimum physical performance capacity in adults. Report of a scientific group. Geneva. Wld.Hlth.Org.Tech.Rep.Ser. No436. 1969.
151. 吉田芳枝, 平井光子.: 生活環境からみた壮年女子の健康意識と運動生活. 日本体育学会. 第26回大会号. 170. 1975.
152. Yoshizawa, S.: Aerobic work capacity of Japanese adolescents of rural district. 文部省 特定研究[生物圏の動態]. 日本人の作業能および生長諸段階における適応能の研究. 昭和43年度研究報告. 67-84. 1968.
153. 吉沢茂弘: 都市と農村青少年の有酸素的作業能に関する研究. 体力科学. 21:161-175. 1972.
154. Yoshizawa, S.: The studies on the effect of training on aerobic work capacities in adolescents. 体育科学1:14-23. 1973.