

20分間サイクリング・トレーニング (70% $\dot{V}O_2$ max) の 中年男子の有酸素的作業能に及ぼす影響

浅野 勝己 矢野 徳郎 菊地 和夫*
松坂 晃* 熊谷 秋三*

Effect of Twenty-Minute-Cycling Training (70% $\dot{V}O_2$ max) on Aerobic Work Capacity of Sedentary Middle Aged Men

Katsumi ASANO, Tokuo YANO, Kazuo KIKUCHI*,
Akira MATSUZAKA* and Shuzo KUMAGAI*

The purpose of this study is to know the effect of cycling-training on the maximal aerobic work capacity of sedentary middle aged men.

The subject, 7 men (34~49 yrs, average: 41 yrs) were healthy but not specially trained.

The training program was conducted on 3 days per week for a period of 16 weeks. Twenty-minute cycling (70% $\dot{V}O_2$ max) was performed by Monark bicycle ergometer (60 rpm). Heart rate during cycling-training was approximately 140 beats/min (range 110~170 beats/min).

The submaximal and maximal aerobic work capacity test by bicycle ergometer (60 rpm) was administered before and after the 9 weeks, 16 weeks training program.

It included the submaximal and maximal oxygen intake ($\dot{V}O_2$ submax, $\dot{V}O_2$ max), the submaximal and maximal heart rate (HR submax, HR max), the submaximal stroke volume (SV submax), the submaximal QZ-interval, PWC₁₇₀ and maximal total work.

Heart volume (HV) at rest in standing position was determined by chest radiogram and calculated by Kahlstorf method.

Stroke volume was determined by Minnesota Impedance Cardiograph (Model, 304 A). QZ interval was calculated from impedance cardiogram and electrocardiogram.

- 1) PWC₁₇₀ and maximal total work increased significantly by 25% and 28%, respectively, after 16 weeks training.
- 2) $\dot{V}O_2$ max and $\dot{V}O_2$ max/kg increased by 22% and 18%, respectively, after 16 weeks training. "Qmax" calculated by multiplying "SVmax" at submaximal work by HRmax increased significantly after 16 weeks training.
- 3) Systolic blood pressure at rest showed a tendency of decrease by 16 weeks training. HRsubmax decreased by training, while SVsubmax showed a tendency of increase.
- 4) Significant correlations between HV and QZ interval at rest and submaximal work were found.
- 5) The QZ interval as an index of left ventricular function that was measured from the onset of Q wave of electrocardiogram to the peak of the first derivative of impedance cardiogram prolonged significantly at rest and during the submaximal work after 16 weeks training. It might be suggested that the increase of ejection fraction in left

* 筑波大学大学院修士課程体育研究科 (Master's program of Physical Education, The University of Tsukuba)

ventricle at rest and during work was caused by 16 weeks cycling-training.

- 6) From these results, it may be concluded that this 16 weeks cycling-training program for sedentary middle aged men significantly increased both work performance and resources such as stroke volume, ejection fraction, \dot{Q}_{max} , and heart volume.

I. はじめに

近年、生活の文明化に伴い運動不足症状が顕著に現われつつあることが指摘され、²⁾⁴¹⁾ 各国共全死亡数の50%以上が心血管系の退行変性を伴う疾患を占めており、これには身体的不活動が大きく影響していることが明らかにされている。²⁾³⁾¹⁸⁾ 一方、定期的身体運動が青少年のみならず中高年者にも健康の維持と増進にとって有効とされ、心血管疾患や代謝性疾患の予防と治療にも効果のあることが指摘されつつある。²⁾¹¹⁾²⁸⁾⁴¹⁾ また長期間にわたり全身持久性のトレーニングを行っている中高年者の呼吸循環系機能の特性についても研究され、一般人に比べて有意に高い水準にあることが明らかにされてきている。⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁸⁾¹⁷⁾³⁸⁾

これらの事実に基づいて一般中高年者の呼吸循環系機能の加齢による低下と成人病罹患を予防しこれを改善するための適正な運動処方に関する研究が、その質および量をめぐって近年多く報告されている。⁹⁾¹⁸⁾²²⁾³⁶⁾³⁷⁾

これらの報告の多くが歩行、走行およびサイクリングを中高年者へのトレーニング方法として用いている。すなわち Pollock ら³⁶⁾は、40分間歩行(最高心拍数の70%水準)を週に4回で20週間継続したし、Hansen ら¹⁸⁾は、60~90分間のジョギングを週に3回で28週間継続し、また Barry ら⁹⁾は平均心拍数130拍/分のサイクリングを週に3回で13週間継続し、それぞれ有気的作業能の有意増を認めている。

これらのトレーニング方法のうちサイクリングを用いた研究⁷⁾¹⁴⁾⁴²⁾⁴³⁾は、歩行および走行を用いた研究¹⁹⁾²⁰⁾²⁹⁾³⁰⁾³²⁾³³⁾³⁹⁾⁴⁰⁾⁴⁷⁾に比較して少い。サイクリング運動は戸外および屋内でも手軽に行い得る家庭的運動であるので中高年者への運動としてはより一層の普及が望まれるところであり、本運動の研究は歩行および走行の研究以上に進められる必要がある。

サイクリング運動の従来処方研究では未だ心機能への影響を検討したものは報告されていない。そこで本研究は、鈴木⁴⁶⁾の指摘する有気的作業能向上のための最低強度である最大 \dot{O}_2 摂取量の70% (70% $\dot{V}O_2 \max$) の強度を用い、体育科学センター方式による運動処方カルテ⁴⁶⁾の処方強度と時間との組み合わせより中等度の20分間を持続時間として用いることとし、日常座位生活をする健常な中年男子について週3回で16週間(約4ヶ月間)にわたりサイクリング・トレーニングを処方してその有気的作業能、とくに心血管系に及ぼす影響を検討するものである。

II. 被検者と方法

日常座位生活をする34才から49才までの健常な中年男子7人を対象とした。その身体的特性は表1に示した。

負荷テストはモナーク製自転車エルゴメーターにより 360 kpm/min (1 kp, 60 rpm) の負荷で4分間作業のウォームアップの後、5分間休息し引続き 360~720 kpm/min の最大下負荷で3分毎に3段階負荷漸増を行い、9分以降は1分毎に90 kpm/min ずつの負荷漸増を行って疲労困憊に至らした。この一連の負荷テストをトレーニング前、トレーニング9週目および16週目に行い、それぞれについて最大下および最大作業時の呼吸循環系機能、 PWC_{170} 、総仕事量を測定した。

この負荷テストの第一回目に得られた作業強度(kpm/min)とそれに対応する \dot{O}_2 摂取量 ($\dot{V}O_2$) を最大下と最大作業時についてプロットした kpm/min と $\dot{V}O_2$ の関係式を求め、最大 \dot{O}_2 摂取量 ($\dot{V}O_2 \max$) の70%に対応する時点の kpm/min をグラフ上より算出した。この値は 470~680 kpm/min の範囲を示し、トレーニング9週目での測定では 500~800 kpm/min の範囲へ漸増した。

これらの70% $\dot{V}O_2 \max$ の強度で20分間のサイクリング (60 rpm) 運動を週に3回で16週間にお

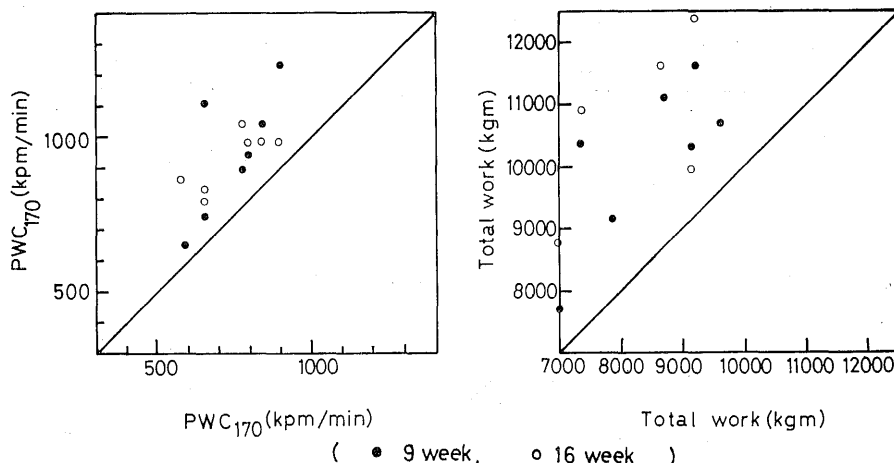


Fig. 1 Effects of training on PWC_{170} and maximal total work.

たり継続した。

トレーニング前、トレーニング9週目および16週目の各負荷テストにおいて、最大下および最大作業時の $\dot{V}O_2$ と $\dot{V}O_2 \text{ max}$ はダグラスバッグ法により測定し、呼気分析は標準ガスにより校正した OM-11 と LB-2 (Beckman 社製) の分析計を用いて計測し、心拍数 (HR), 呼吸数 (RR), また各最高数 (HR max, RR max) も同期して測定した。また安静時と最大下作業時の一回拍出量 (SV) の測定にはミネソタインピーダンス法²⁶⁾²⁷⁾によりインピーダンスカルディオグラフ (Model 304 A) を用いた。このインピーダンス法の信頼性と再現性の検討は、色素稀釈法との同時測定と同一人の二回計測により行い、安静時および最大下作業時の両者において高い相関 (校正, 再現性共に $r=0.90, P<0.001$) を認めている。²⁴⁾²⁷⁾²⁸⁾

またトレーニング前、中および後のそれぞれについて安静立位吸息時の心容積測定をX線直接撮影 (正面および側面方向各 200 cm で 0.3 秒間照射) による Rohrer-Kahlstorf 法²¹⁾²⁵⁾を用いて行い同時に20分椅坐位後の安静時血圧を測定した。

さらに70% $\dot{V}O_2 \text{ max}$ 強度での20分間運動時の心拍数変化を追跡して計測し、トレーニングの進行に伴う心拍反応を測定した。なお実験室環境は 18~22°C の条件下で行った。

III. 結果

1. Performance への効果

PWC_{170} および最大総仕事量をトレーニング前、中、後についてみると、 PWC_{170} ではトレーニング前の 745 ± 107 kpm/min は、9週目で 945 ± 191 kpm/min を示して有意な増加 ($P<0.05$) となりさらに16週目では 929 ± 69 kpm/min で25%増の有意な増加 ($P<0.01$) を示している (表1, 図1)。また最大総仕事量ではトレーニング前の $8,357 \pm 944$ kpm は、9週目で $10,075 \pm 1,220$ kpm となり有意な増加 ($P<0.01$) を示し、さらに16週目では $10,721 \pm 1,301$ kpm で28%増の有意な増加 ($P<0.05$) を示した (表1, 図1)。

2. Resources への効果

1) 循環系機能:

安静時血圧はトレーニング前に $140 \pm 14/91 \pm 11$ mmHg を示したが、9週目では $131 \pm 13/98 \pm 8$ mmHg となり収縮期血圧については有意の減少 ($P<0.01$) を示した。また16週目でも $135 \pm 8/95 \pm 7$ mmHg を示しトレーニング前の値に比し低下傾向を示した (表1)。70% $\dot{V}O_2 \text{ max}$ 強度での20分間運動時の心拍数は、6週目までの変化をみると明らかに全体として減少傾向を示している (図2)。毎回のトレーニング時の心拍数は平均約140拍/分 (110~170拍/分) であったことがわかる。

また各負荷テスト時の 360 kpm/min (1 kp, 60

Table 1. Mean values with ± 1 SD and significance for physiological

(n=7)	Rest			Submax, exercise		
	Before	9 weeks	16 weeks		Before	9 weeks
Age (yrs)	41.0 \pm 5.3	—	—	$\dot{V}O_2$ (l/min)	0.92 \pm 0.09	0.91 \pm 0.05
Height (cm)	164.4 \pm 7.4	—	—	HR (beats/min)	114 \pm 11	109 \pm 7
Weight (kg)	63.7 \pm 7.4	64.9 \pm 7.6	64.4 \pm 8.4	S. V. (ml/beat)	79 \pm 21	78 \pm 14
HR (beats/min)	74 \pm 7	—	74 \pm 9	PWC ₁₇₀ (kpm/min)	745 \pm 107	945 \pm 191*
Blood Pressure	140 \pm 14	131 \pm 13*	135 \pm 8	QZ (msec)	123 \pm 22	126 \pm 16
systolic/diastolic	91 \pm 11	98 \pm 8	95 \pm 7			
Heart volume (ml)	562 \pm 65	564 \pm 98	591 \pm 81			
QZ (msec)	164 \pm 16	164 \pm 18	176 \pm 17			

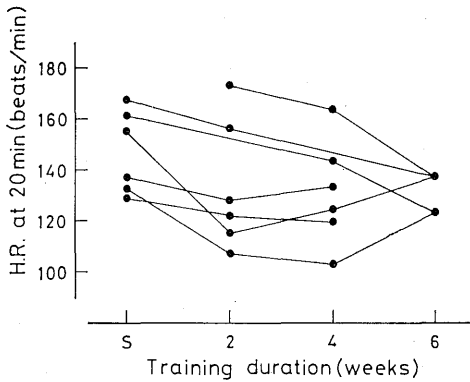


Fig. 2 Changes in heart rate during 20 min. cycling-training.

rpm) の最大下作業 4 分間の心拍数も、トレーニング前の 114 \pm 11 拍/分は 9 週目で 109 \pm 7 拍/分、16 週目で 104 \pm 7 拍/分と明らかな減少傾向を示している (表 1, 図 3)。

一方、最高心拍数をみるとトレーニング前の 181 \pm 8 拍/分は 9 週目で 189 \pm 6 拍/分を示し、16 週目には 191 \pm 6 拍/分となり 6% 増の有意増 (P < 0.05) を示している (表 1, 図 4)。

安静時心容積は、トレーニング前の 562 \pm 65 ml が 9 週目に 564 \pm 98 ml とほぼ同等の値を示し、16 週目でやや増大傾向を示し 591 \pm 81 ml となっ

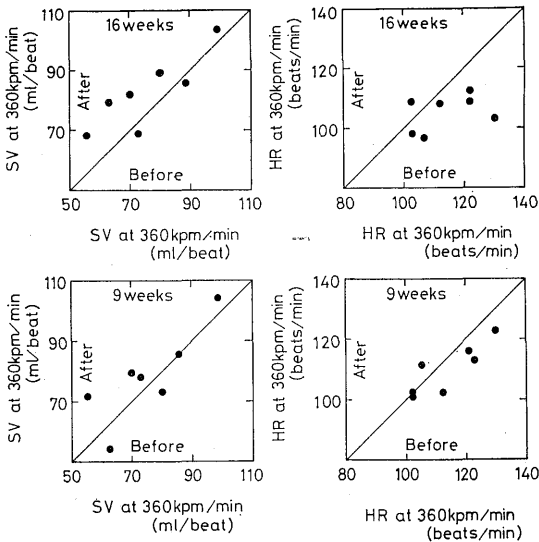


Fig. 3 Comparison of submaximal heart rate and stroke volume before, during and after cycling training.

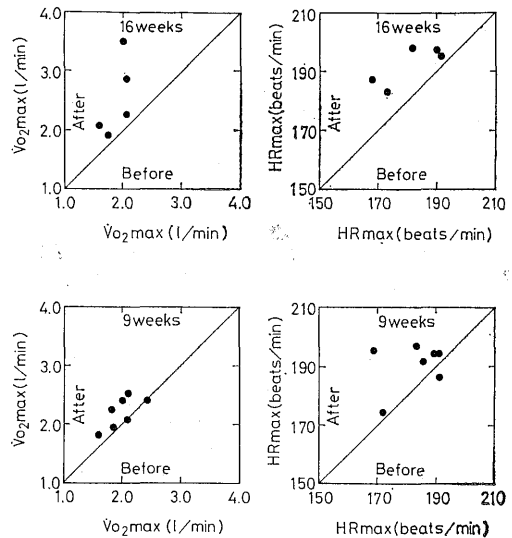


Fig. 4 Comparison of maximal oxygen uptake and maximal heart rate before, during and after cycling training.

measurements of subject before, mid and after training

(* : P<0.05, ** : P<0.01)

16 weeks	(n=5)	Max. exercise		
		Before	9 weeks	16 weeks
0.91±0.14	$\dot{V}O_2$ max (l/min)	1.97±0.23	2.16±0.27	2.41±0.61
	$\dot{V}O_2$ max/kg (ml/kg/min)	31.1±3.6	33.5±3.6	36.8±5.8
104±7	HR max (beats/min)	181±8	189±6	191±6*
82±11	O ₂ pulse max (ml/beat)	10.8±1.3	11.5±1.6	12.6±2.8
929±69*	Q max (l/min)	13.7±2.6	14.7±2.9	14.6±1.7*
	$\dot{V}E$ max (l/min)	73±11	90±21*	96±12**
140±18*	RR max (f/min)	37±6	45±11*	49±3*
	Total work (kpm)	8,357±944	10,075±1,220**	10,721±1,301*

た(表1, 図5)。この内容を見ると7人のうち4人については明らかな増大が認められたが他の3人については変化がみられなかった。

360 kpm/min の最大下作業時における一回拍出量は, 9週目および16週目で7人のうち5人に増大傾向が認められた(表1, 図3)。

心室の脱分極開始期の心電図Q波よりインピーダンスカルディオグラムの dz/dt の最小値Zまでの QZ 間隔を安静時および 360 kpm/min の最大下作業時について測定し, トレーニング前, 中, 後の値を比較した。すなわち安静時ではトレーニング前の164±16 msec が, 9週目では同等の164±18 msec であり, 16週目になり7%増の 176±17 msec を示した。また最大下作業時では, ト

レーニング前の 123±22 msec が, 9週目で 126±16 msec, 16週目では 140±18 msec と11%増の有意な増加(P<0.05)を示した(表1)。

最大O₂脈はトレーニング前の10.8±1.3 ml/拍が9週目に 11.5±1.6 ml/拍, 16週目に 12.6±2.8 ml/拍と漸増する傾向を示している(表1, 図5)。

2) 呼吸系機能:

最大O₂摂取量はトレーニング前の1.97±0.23 l/分(31.1±3.60 ml/kg/min)が9週目に 2.16±0.27 l/分(33.5±3.64 ml/kg/min), 16週目に 2.41±0.61 l/分(36.8±5.83 ml/kg/min)とそれぞれ10%(8%), 22%(18%)の増大を示している(表1, 図4)。

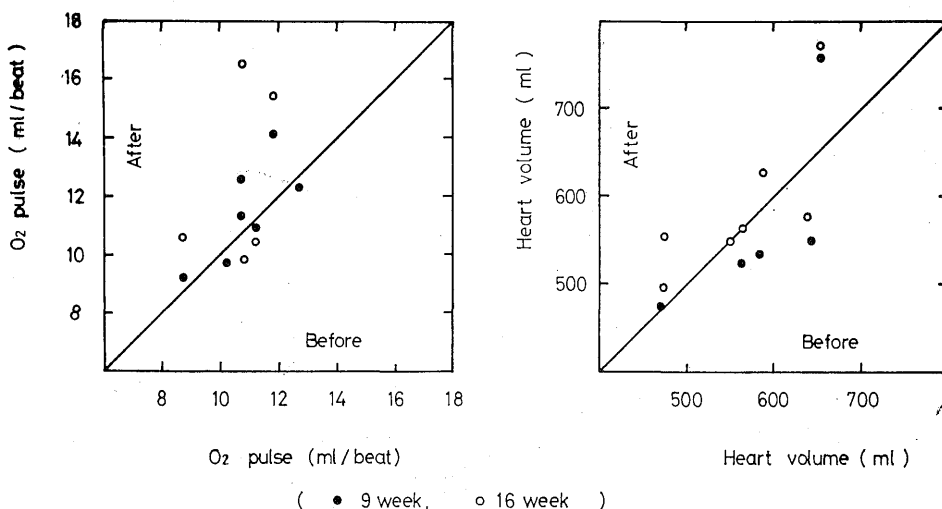


Fig. 5 Effects of cycling training on O₂ pulse and heart volume.

最高呼吸数はトレーニング前の 37 ± 6 回/分が 9 週目に 45 ± 11 回/分, 16 週目に 49 ± 3 回/分とそれぞれ 22%, 32% の有意増を示している。また最大換気量はトレーニング前の 72.9 ± 10.8 l/min は 9 週目に 90.0 ± 21.3 l/min, 16 週目に 96.1 ± 11.9 l/min とそれぞれ 23%, 32% の増大を示し共に有意増であった (表 1)。

IV. 考 察

70% $\dot{V}O_2$ max 強度のサイクリング運動を 1 回に 20 分間 (平均約 140 拍/分の心拍変化), 週 3 回で 16 週間にわたり, 平均 41 才の中年男子 7 人にトレーニング処方した結果, 全被検者共 PWC_{170} および最大総仕事量に有意な増加が認められ, また最高心拍数, 最高呼吸数および最大換気量の有意な増大, さらに最大 O_2 摂取量の増大が確認された。すなわちトレーニングが心筋および呼吸筋の活動水準を向上させたものと考えられるが, 70% $\dot{V}O_2$ max 強度で 10 分間走行を週 2 回で 3 ヶ月継続した中年女子の研究で浅見ら⁷⁾ も最高心拍数の 166 拍/分から 177 拍/分への有意な増加を認めている。また浅見ら⁷⁾ の同様の強度, 期間で 10 分間サイクリング・トレーニングを行った中年女子の研究で, 最大下作業時心拍数と作業時収縮期血圧が共に有意な低下を示したことは, 本研究での結果とも一部一致しており, 本トレーニングの心血管系への一つの効果と考えられよう。

最大 O_2 摂取量のトレーニング前の値と 16 週目の値との差 ($\Delta \dot{V}O_2$ max) と最大 O_2 脈の前後の差 (ΔO_2 pulse max) との間に有意な相関 ($r=0.97$, $P<0.01$) が認められることから, $\dot{V}O_2$ max の増大は循環系の改善を伴っていることが推察される (図 6)。

インピーダンス法により計測した最大下作業時の一回拍出量とそれに対応する心拍数との関係を図 7 (下) に示した。さらに一回拍出量の各値の今回測定された一回拍出量の最大値に対する百分率値と心拍数の関係を図 7 (上) に示すと, 心拍数の 90~110 拍/分近辺で一回拍出量は最大に達しその後心拍亢進と共に漸減する傾向にあることがわかる。この結果から 110 拍/分近辺での一回拍出量と最高心拍数との積により, 最大作業時の最大心拍出量を一応推定することが可能と思われる。この推定値をみると, トレーニング前の 13.7 ± 2.6 l/min は 16 週目で 14.6 ± 1.7 l/min となり有意の増大 ($P<0.05$) を示している。さらにこの推定値と最大 O_2 摂取量の関係を図 8 に示したが, Åstrand の回帰式¹⁾ $\dot{Q} \max (Y) = 4.35 \dot{V}O_2 \max (X) + 6.55$ とほぼ近似する傾向が認められた。

この事実から最大 O_2 摂取量のトレーニングによる増大は, 最大一回拍出量および最高心拍数のそれぞれの増大に依存しているものと思われる。

図 9 に最大下作業時の一回拍出量と心容積との相関を示したが, Bevegard ら¹⁰⁾ の回帰式 ($SV =$

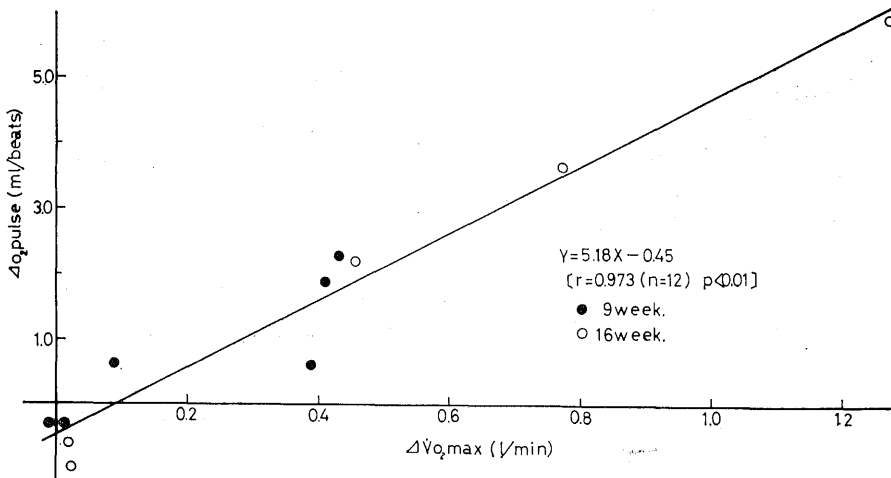


Fig. 6 Correlation between ΔO_2 pulse and $\Delta \dot{V}O_2$ max.

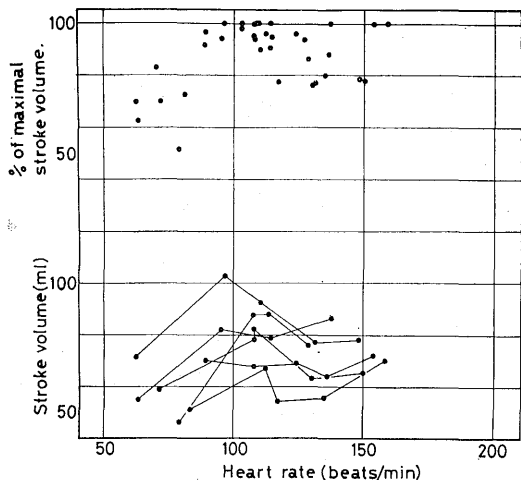


Fig. 7 Relationship between stroke volume (below), in percent of individual's maximum (above) and heart rate at rest, during exercise.

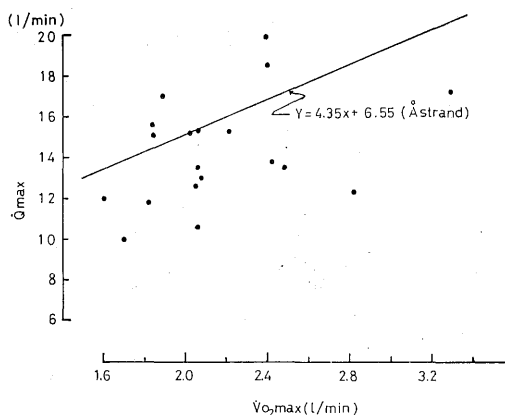


Fig. 8 Correlation between $\dot{V}O_2$ max and Q_{max} (HR max \times SV at 360 kpm/min)

25.9+0.111 HV, $r=0.83$, S. D.= ± 11.1)の中に入っており、一回拍出量と心容積の各平均値交点はトレーニング前に比してトレーニング後にやや増高する傾向が認められる。このことは一回拍出量の増大には形態学的な心容積の増大が関与していることを示唆するものであり、約140拍/分の心拍亢進をもたらす一回20分間のサイクリング運動の負荷が心筋刺激になっていることを思わせる。

Granath ら¹⁵⁾や Strandell ら⁴⁴⁾は一定の心容積に対する一回拍出量は加齢に伴い減少する傾向に

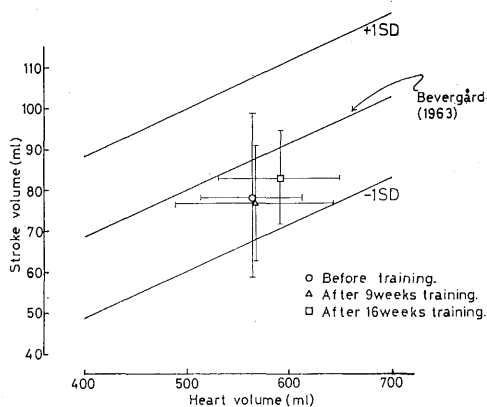


Fig. 9 Relationship between heart volume and stroke volume at 360 kpm/min.

あることを指摘しているが、定期的身体トレーニングはこの加齢による一回拍出量の減少傾向を抑制し、逆に改善向上する可能性を与えるものと考えられよう。

つぎに心電図とインピーダンスカルディオグラムの同期記録から得られる Q-Z 間隔 (図10) について考察する。これは心電図の Q 波からインピーダンスの dz/dt ピーク Z までの間隔であり心筋の収縮性を示す左心機能の指標とされている。³¹⁾

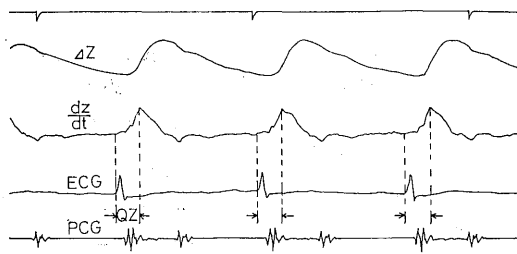


Fig. 10 Impedance cardiogram, ECG and PCG.

Kubicek ら²⁷⁾²⁸⁾により開発されたミネソタインピーダンスカルディオグラフによるインピーダンス法は、被検者の頸部と下胸部に接着した電流電極4本のうち最上部と最下部との間に高周波微小電流 (100 kHz, 4 mA) を印加し、内側の下頸部と剣状突起上の2本の検出電極よりのインピーダンス Z の変化分 (ΔZ) およびその変化率 (dz/dt) が出力されるものである。Z 点はこの dz/dt の最小値に相応し大動脈流量の最大値を示す点とよく

一致する²⁶⁾とされている。したがってQZ時間は心室の脱分極が開始してから大動脈流量の最大に達するまでの時間と推定され、これが心筋の収縮性と一定の関係をもつものと考えられている。

安静時のQZ時間はトレーニング前に 164 ± 16 msec であり、トレーニング16週目では 176 ± 17 msec と約 8% の増加を示し、最大下作業 360 kpm での値はトレーニング前に 123 ± 22 msec であり、トレーニング16週目では 140 ± 18 msec と約 14% の有意な増加を示した。このQZ時間は心拍数により変化を受けないと松田ら⁸¹⁾は指摘しているが、本研究の安静時でもトレーニング前後とも74拍/分の同一心拍数に対しQZ時間の増加が認められている。また最大下作業時のQZ時間の増加もトレーニングによる徐脈傾向による心筋収縮変化とは異なる他の因子によりもたらされているものと思われる。

そこで安静時および最大下作業時のQZ時間と心容積との相関を検討した(図11, 表2)。安静時および最大下作業時の両者の相関は、トレーニング前、中、後の全体でみると各々有意な相関($r=0.69, P<0.01, r=0.61, P<0.01$)が認められ、心容積の増大がQZ時間の増加を伴う傾向がみられる。

心容積(HV)と一回拍出量(SV)との関係は図9において検討したとおり、形態的な心容積の増大が一回拍出量の増加を伴う($SV=25.9+0.111 HV^{10}$, $SV=16+0.13 HV^{16}$)ことが認められていることから、本研究のトレーニング16週目の最大下作業時QZ時間の14%の有意な増加は、一回拍出量の増大によりもたらされたものと考えられる。すなわち左室の拡張終期容量(EDV)に対す

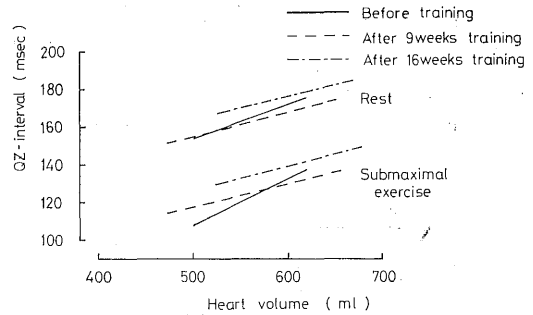


Fig. 11 Effects of training on the correlation between heart volume and QZ-interval at rest and 360 kpm/min.

る一回拍出量(SV)の比率(SV/EDV)で示される左室駆出分画(EF:ejection fraction)が、SV、EDVの増大および心筋収縮力の増大などにより増加したことが推定される。

図12はトレーニング6週目のトレーニング中に不整脈が所見された36才の男子の心電図を示したものである。当被検者はこの時点まで医学検査の安静時および作業時の心電図に全く異常を示さず、トレーニング2週目近くに軽い風邪気味であった以外には何の自覚症状も訴えていない。この後のトレーニング時および9週目の最大下と最大作業時にもこれと同様の不整脈が所見されている。最高心拍数はトレーニング前に189拍/分、9週目に192拍/分を示し、最大O₂摂取量はトレーニング前、後共2.40 l/minであったが、PWC₁₇₀は843 kpm/minより1042 kpm/minへ、最大総仕事量も9,612 kpmから10,620 kpmへとそれぞれ増大を示している。その後のトレーニングは安全を考慮して中止した。

Table 2. Correlation and regression equation between heart volume (HV) and QZ interval before, mid and after training. (**: P<0.01)

HV (x)	Before training (n=7)	After 9 weeks training (n=5)	After 16 weeks training (n=7)	Total (n=19)
QZ-interval (Y ₁) (Rest)	$r=0.710$ $Y_1=0.000173x+0.067$	$r=0.872$ $Y_1=0.000122x+0.095$	$r=0.497$ $Y_1=0.000119x+0.104$	$r=0.686^{**}$ $Y_1=0.000144x+0.085$
QZ-interval (Y ₂) (Submax exercise)	$r=0.753$ $Y_2=0.000253x-0.019$	$r=0.761$ $Y_2=0.000128x+0.054$	$r=0.504$ $Y_2=0.000127x+0.063$	$r=0.614^{**}$ $Y_2=0.000159x+0.039$

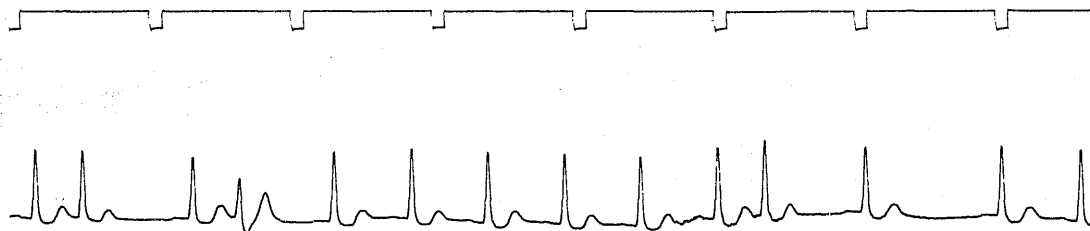


Fig. 12 Example of extrasystole ECG patterns in middle aged man [sub. T. A (36 yrs.)] during submaximal cycling.

Froelicher ら¹²⁾はトレッドミル走による最大作業時には2.1%の被検者に不整脈が現われ、これは先行性心室収縮(PVC: premature ventricular contraction)によるものとしている。また小野³⁴⁾は毎日4kmのランニングを一年半継続(男子、50才から運動開始)した頃からランニング5分後くらいの最小血圧の低下している時点でとくに秋を中心に不整脈の現われることを認め、これは睡眠不足、低栄養、アルコールの多飲用などの影響によるものとしている。さらに不整脈の出現に春に少く秋に多いという季節差がみられるのは体重が至適値以下になると多発することから体重の変化に関係しているものと推論している。

本被検者の場合は、トレーニング前の63.2kgが9週目で63.8kgとほぼ一定値であり、日常生活も従来通りの健康水準を維持していることから、トレーニング開始後、少し風邪気味になったことと週3回の20分間にわたる運動負荷が心筋に対し異常刺激を及ぼしたものと考えられる他はない。

とくに中高年者への長期にわたる運動を処方する場合には、このような心筋の異常感応性(ventricular irritability)に常に留意する必要がある。この発生機序については小野ら³⁵⁾の報告もあるが今後の大きい研究課題である。

V. 要 約

日常座位生活をする34才から49才にわたる健康な中年男子7人を対象に、20分間の自転車作業計によるサイクリング・トレーニング(70% $\dot{V}O_2$ max 強度)を一日1回、週3回で16週間にわたり処方しそのトレーニング効果を有酸素的作業能、とくに心機能について検討した。

1) PWC_{170} および最大総仕事量をトレーニング前と16週目とで平均値を比較すると、 PWC_{170} は25%増($P < 0.01$)、最大総仕事量は28%増($P < 0.05$)でそれぞれ有意な増大を示した。

2) $\dot{V}O_2$ max および $\dot{V}O_2$ max/kg は、16週目に平均値で22%および18%の増大を示した。この増大傾向は最高心拍数とインピーダンス法による最大下作業時一回拍出量の最大値との積から求めた“ \dot{Q} max”の増大との相応関係から最大心拍出量の増大によりもたらされたものと考えられる。またトレーニング前後の $\dot{V}O_2$ max の差 ($\Delta \dot{V}O_2$ max) と最大 O_2 脈の差 (ΔO_2 pulse max) との間に有意の相関が認められ、一回拍出量の増大が $\dot{V}O_2$ max の増大に大きく関与していることがわかる。

3) 安静時収縮期血圧はトレーニング後に有意に低下する傾向が認められた。

4) トレーニング前、中、後について安静時および最大下作業時QZ時間と心容積の相関をみるとそれぞれ有意の相関がみられた。

5) 最大下作業時心拍数はトレーニングにより減少傾向を示し、逆に一回拍出量は増大した。このことからトレーニング後のQZ時間の有意な増加をもたらしたことが考えられ、また心容積の増大傾向と相関を示していることから、トレーニングにより左室駆出分画の増大がもたらされたものと推定した。

6) 被検者の一人にトレーニング6日目のトレーニング時に不整脈が所見された。中高年者の運動処方にさいしては運動時の心筋の異常感応性に留意する必要がある。

なお本研究は1977年度および1978年度文部省科学研究費(総合研究A)「中高年者の有酸素作業能力向上のための運動処方」(No. 238008)(研究班長・伊藤稔教授)の分担研究として行われたものであり、この要旨は1978年日本体育学会第29回大会において発表したものである。

文 献

- 1) Åstrand, P. O., T. E. Cuddy., B. Saltin and J. Stenberg: Cardiac output during submaximal and maximal work. *J. Appl. Physiol.* 2: 268-274, 1964.
- 2) Åstrand, P. O.: "Health and Fitness" Barron's Educational Series Inc. New York. 1977.
- 3) Åstrand, P. O.: Physical education in the age of post-industrialization from the view point of work physiology, 51-65. *Proceedings of First International Seminar on Physical Education in Japan.* 1973.
- 4) Asano, K., S. Ogawa., Y. Furuta., T. Yano., and M. Tomihara: Aerobic work capacity and blood composition in middle and old-aged runners. 14: 21-34. *Bulletin of Institute of Sport Science.* Tokyo Univ. of Education. 1976.
- 5) Asano, K, S. Ogawa, and Y. Furuta.: Aerobic work capacity in middle and old-aged runners. In "Exercise physiology" edited by Landry, F and W. A. R. Orban, 465-471. *Symposia Specialists, Inc* Miami, Florida. 1978.
- 6) 浅野勝己: 中高年マラソンランナーの体力, *体育の科学*, 27 (10): 721-727, 1977.
- 7) 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性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.
- 8) Asmussen, E. and P. Mathiasen: Some physiologic functions in physical education students re-investigated after twenty-five years. *Am. Geriatric Soc. J.* 10: 379-387, 1962.
- 9) Barry, A. J., J. W. Daly., E. D. R. Pruet., JR. Steinmetz, H-F., Page., N. C. Birkhead, and K. Rodahl.: The effect of physical conditioning on older individuals, I. Work Capacity, circulatory-respiratory functions, and work electrocardiogram. *J. Gerontol.* 21: 182-191, 1966.
- 10) Bevegård, S., A. Holmgren and B. Jonsson: Circulatory studies in well trained athletes at rest and during heavy exercise with special reference to stroke volume and the influence of body position. *Acta, physiol scand* 57: 26-50, 1963.
- 11) Fox, S. M. and W. L. Haskell: Physical activity and the prevention of coronary heart disease. *Bull. N. Y. Acad. Med.* 44: 950, 1968.
- 12) Froelicher V. F., A. J. Thompson., M. R. Longo, J. H. Triebwasser, and M. C. Lancaster: Value of exercise testing for screening asymptomatic men for latent coronary artery disease., In "Exercise and Heart Disease" edited Sonnenblick E. H. and M. Lesch, 163-174. Grune & Stratton. 1977.
- 13) Froelicher, V. F. and A. Oberman. Analysis of epidemiologic studies of physical inactivity as risk factor for coronary artery disease. In "Exercise and Heart Disease" edited Sonnenblick, E. H. and M. Lesch 209-227. Grune & Stratton, 1977.
- 14) 福永哲夫, 宮側敏明, 藤松博, 猪狩諒: 中高年者の全身持久性に関する研究—60% $\dot{V}O_2$ max 強度によるトレーニング効果について—*体育科学* 5: 96-103, 1977.
- 15) Granath, A., B. Jonsson, and T. Strandell: Circulation in healthy old men, studied by right heart catheterization at rest and during exercise in supine and sitting position. *Acta Med Scand*, 176: 425-446, 1964.
- 16) Grimby, G., N. J. Nilsson and B. Saltin: Cardiac output during submaximal and maximal exercise in active middle athletes. *J. Appl. Physiol* 21(4): 1150-1156, 1966.
- 17) Grimby, G. and B. Saltin: Physiological analysis of physically well-trained middle-aged and old athletes. *Acta Med. Scand* 179: 513-529, 1966.
- 18) Hanson J. S., B. S. Tabakin, A. M. Levy and W. Neddle.: Long-term physical training and cardiovascular dynamics in middle-aged men. *Circulation* 38: 783-799, 1968.
- 19) 伊藤稔, 宮田尚之, 万井正人, 熊本水頼, 伊藤一生, 武部吉秀, 八木保, 山本謙智, 中村栄太郎: 歩行トレーニングによる中・高年者の全身持久性の向上について, *体育科学*, 1: 134-143, 1973.
- 20) 伊藤稔, 宮田尚之, 熊本水頼, 伊藤一生, 武部吉秀, 八木保, 山下謙智, 中村栄太郎, 川初清典: 歩行トレーニングによる中・高年者の全身持久性の向上について(第2報) *体育科学* 2: 179-189, 1974.
- 21) Kahlstorf. A.: Über eine orthodiographische herzvolumenbestimmung. *Forsch. Röntgenstr.* 45: 123-146, 1932.
- 22) 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.
- 23) Kellermann J.: Rehabilitation of patients with coronary heart disease. In "Exercise and

- Heart Disease," edited Sonnenblik, E. H. and M. Lesch. 183-208, Grune & Stratton. 1977.
- 24) 菊地和夫：インピーダンス法による児童・生徒の心機能の研究，筑波大学大学院修士論文，1978.
- 25) Kral, J. Heart volume determination, In "Fitness, Health and Work Capacity" edited Larson, L. A. 177-180. Macmillan Pub. Co. Inc. 1974.
- 26) Kubicek, W. G., D. A. Witsoe, R. P. Patterson., M. A. Mosharrafa., J. N. Karnegie and A. H. L. Form.: Development and evaluation of an impedance cardiographic system to measure cardiac output. Contract. No NAS-9-4500 for NASA. 1967.
- 27) Kubicek, W. G, R. P. Patterson, and D. A. Witsoe.: Impedance cardiography as a non-invasive method of monitoring cardiac function and other parameters of the cardiovascular system. Ann. N. Y. Acad. Sci **170** : 724-732, 1970.
- 28) Kubicek, W., G. F. J. Kotte., M. U. Ramos., R. P. Patterson, D. A. Witsoe, J. W. Labree, W. Remole, T. E. Layman, H. Schoening, and J. J. Garamelland.: The minnesota impedance cardiograph theory and applications, Biomedical Engineering **9**(9) : 410-416, 1974.
- 29) 松井秀治, 宮下充正, 三浦望慶, 小林寛道, 長沢弘, 水谷四郎, 亀井貞次, 村瀬豊, 袖山紘: 健康成人の Aerobic work capacity のトレーニング submaximal な運動を継続することに対する生体反応. 体育科学 **1** : 125-133, 1973.
- 30) 松井秀治, 宮下充正, 小林寛道, 星川保: 健康成人の Aerobic work capacity のトレーニング (第2報), 中高年者の70% $\dot{V}O_2$ max トレーニング歩行トレーニングの全身持久性におよぼす効果, 体育科学 **2** : 197-206, 1974.
- 31) 松田洋三, 山田重信, 佐藤光, 友松達弥: ミネソタインピーダンス法による左心機能の測定, 呼吸と循環 **25**(3) : 241-246, 1977.
- 32) 長沢弘, 小林寛道, 水野義雄, 松井秀治: 歩行運動による中高年者のトレーニング効果に関する研究 ($\dot{V}O_2$ max 70% 負荷で1年間トレーニングした場合), 体力科学 **25**(1) : 7-15, 1976.
- 33) Naughton J. P. and F. Nagle.: Peak oxygen intake physical fitness program for middle aged men. J. Am. Med. Assoc. **191** : 899-901, 1965.
- 34) 小野三嗣: 四年間連続ランニングトレーニングの一例から, 体力科学 **24**(2) : 79-80, 1975.
- 35) 小野三嗣, 渡辺雅之, 春日規克, 小山芳徳, 小室史恵: パルミトオレイン酸の不整脈誘発作用, 体力科学 **27**(1) : 31-36, 1978.
- 36) Pollock, M. L., H. S. Miller., R. J. Janeway, A. C. Linnerud., R. Robertson, and R. Valentino : Effect of walking on body composition and cardiovascular function of middle-aged men. J. Appl. Physiol **30**(1) : 126-130, 1971.
- 37) Pollock, M. L.: The Quantification of endurance training programs, In "Exercise and Sports Science Reviews" I. Edited by J. H. Wilmore, Acad, Press, 155-188, 1973.
- 38) Pollock, M. L.: Physiological characteristics of older champion track athletes. Res. Quart. **45** : 363-373, 1974.
- 39) Ribsl, P. M.: Effects of training upon the maximal oxygen uptake of middle-aged men. Int. Z. Angew. Physiol, **27** : 154-160, 1969.
- 40) Saltin, B., L. H. Hartley, A. Kilbom and I. Åstrand.: Physical training in sedentary middle-aged and older men. J. clin Lab. Invest. **24** : 323-334, 1969.
- 41) Shephard, R. J.: 心臓疾患予防に関するランニングと中高年者の健康法, 教体育 **46**(3) : 210-216, 1976.
- 42) 進藤宗洋, 田中宏暉, 小原史朗, 徳山郁夫: 中高年者の自転車エルゴメーターによる50% $\dot{V}O_2$ max 強度の60分間トレーニング, 体育科学 **2** : 139-152, 1974.
- 43) 進藤宗洋, 田中宏暉, 松本謹吾, 小原繁: 中年婦人への自転車エルゴメーターによる50% $\dot{V}O_2$ max 強度の60分間トレーニングの効果, 体育科学 **4** : 77-88, 1976.
- 44) Strandell, T.: Heart volume and its relation to some anthropometric data in old men compared with young men. Acta Med Scand **176** : 205-210, 1964.
- 45) 鈴木慎次郎: 運動処方専門委員会初年度研究概要, 体育科学 **1** : 1-4, 1973.
- 46) 体育科学センター編: 体育科学センター方式健康づくり運動カルテ: 講談社, 1976.
- 47) Wilmore, J., J. Royce, R. Girandola., F. Katch, and V. Katch: Physiological alterations resulting from a 10 week: Program of jogging. Med. Sci. Sports **2** : 7-14, 1970.