

Physical Working Capacity と Body Composition

の変化からみた中高年者の身体トレーニング効果

(中高年者の体力に関する研究—1—)

黒田善雄* 片岡幸雄* 小山秀哉*

沢田美智子* 水野忠和**

Effects of Physical Training on Physical Working Capacity and Body Composition for Middle-Aged Men

by

YOSHIO KURODA*, YUKIO KATAOKA*, SHUYA OYAMA*

MICHIKO SAWADA* and TADAKAZU MIZUMO**

Eighteen sedentary middle-aged men whose ages ranged from 34 to 57 (average was 43.5 years old) voluntarily participated in prescribed physical training programs consisting of running, circuit training, basketball and tennis from 90 to 120 minutes a day on one or two days a week for seven months. Medical, anthropometrical, and physiological measurements were made at the beginning and the end of the period. In this study those measures were comparatively examined so as to find out the effects of physical training on body composition and cardio-respiratory function among following three groups of subjects; Group A, 5 subjects who participated regularly more than once a week for more than a half of the total period; Group B, 5 subjects who participated irregularly for less than a half of the total period; and Group C, 8 subjects who participated for less than one fifth of the total period and quit early in the period. Followings were the results obtained.

1. Groups B and C did not show any changes in body weight, but Group A showed a significant decrease in it. As to skinfold thickness as indicated by the total sum of the measures obtained at triceps, subscapular and abdomen, Group A showed 36.5% decrease, Group B 12.3% and Group C 6.1% decreases, respectively. In abdomen greater decreases were obtained for Groups A and B. Percentage of fat against the total body weight decreased only 2.9% for Groups B and C, but Group A showed a significant decrease of 13.2%.

2. When taking account of cardio-respiratory responses to step-wise increment of exercise loads (three stages of four minutes each, totally 12 minutes) on bicycle ergometer, heart rates and blood pressures, as of being compared with the values obtained in the last minute of every four minutes, revealed significant decrease for Groups A and B. And, Group A showed a decreasing tendency in ventilation and oxygen intake (consumption) and, in turn, Groups A and B showed positive increasing trends in oxygen removal and oxygen

* 東京大学教養学部体育研究室 (Department of Physical Education, College of General Education, University of Tokyo)

** 順天堂大学体育学部 (Faculty of Physical Education, Juntendo University)

pulse; whereas, Group C revealed a decrease in oxygen pulse. Values of P.W.C. 130, 150 and 170(measured in Watt) increased, respectively, 53.0%, 43.4% and 36.7% for Group A, 15.5%, 17.4% and 18.0% for Group B, and 3.7%, 4.3% and 4.5% for Group C. Resting blood pressure did not change significantly in both systolic and diastolic pressures.

3. From above results it might be concluded that participation in regular physical training programs lasting 90 to 120 minutes a day and repeating once or twice a week for 7 months could help improve body composition and cardio-respiratory function. [Proceedings of Department of Physical Education, College of General Education, University of Tokyo, No. 8, 1-18, 1974]

はじめに

最近、中高年者体力についての関心が高まっている。このことは、わが国の人口構成の老化と大いに関連がある。戦後、出生率の低下と公衆衛生等の発達による平均寿命の延長に伴って中高年層人口が増加してきた。この現象は社会における中高年層労働力への依存度を高める結果となった。一方、わが国の家族構成がより核家族化し、個人の経済的必要性のために、定年後もなお働かなくてはならなくなってきたことは種々の調査によっても明らかである。定年後の就業状況についてみると55~60才で80%を越え、61~65才でも70%以上の就業率を示している¹⁾。このような現状を考えると、中高年者にとって、個人的にも、社会的にも『職業的活動に耐える健康・体力』を有することは極めて重要であり、これは人間として、健康で豊かな生活を営むための基盤であろう。

われわれはある年令に至れば、必然的に老化を来たすものである。この現象は、一般的に、すべての器官、機能に一樣に起こるのではなく、その進行速度はある器官、機能によって異なるものである。さらに、加齢に伴ってますます個人差も著しくなってくる事が知られている²⁾。

勝木³⁾は、老化現象の要因として遺伝的因子は当然無視できないけれども、後天的因子として、おもに、次の3つがあげられるだろうと述べている。すなわち、1)慢性疾患(疾病歴)の影響 2)一般生活諸条件の影響(気候、栄養、労働など)および3)Behavior feedback 現象である。ここでわれわれが目したいのは3)のBehavior feedback という考え方である。すなわち、人間の諸器官は日常、適度に使用すると機能の低下は少なく、使用しないと低下するという事である。

る。つまり、日常の生活行動がそのまま老化現象に反映するという事であるから、生産技術の機械化、交通機関の発達等によって、日常生活における身体活動の量が減少してきた今日、青少年層はもとより、特にスポーツなどに親しむ機会の少ない中高年者の体力低下は深刻な問題となろう。近時、運動不足病(Hypokinetic disease)という名称さえきかされるようになってきた。⁴⁾ KrausとRaabは1961年、著書“Hypokinetic Disease-Produced by lack of exercise”の中で、背痛、変性性心臓血管病、過度肥満などの疾病は生活の近代化によってもたらされた運動不足に起因するものであると述べている。また、中高年者にとって、加齢に伴って増加する動脈硬化やそれに伴う中枢神経系血管障害、心臓病などの成人病に対する心配はいつも起っている。これらの疾病と呼吸循環機能との関連は極めて大きいことは当然考えられることであろう。われわれ人間の身体活動を持続するために最も重要な機能は呼吸循環機能である。この機能の低下はいわば酸素運搬能力の低下であり、これは活動能力の制約につながる事である。身体運動と呼吸循環機能との関係については種々のことが知られている。たとえば、運動不足の人の呼吸循環機能は肉体労働者あるいは運動家に比べて明らかに劣っていること、また身体的トレーニングによって、これらの機能は向上することなどはすでに認められている。

また、変性性心臓血管病に対する運動療法の効果も認められている。

そこで、中高年者における身体運動の目的の一つが、加齢に伴う身体諸機能の低下をできるだけいとめ、社会的活動に耐えるだけの機能水準を維持すること、また、加齢に伴って起ってくる種々の疾病、障害を予防しようとするところにある

といえよう。以上のような観点から、本研究は中高年期に継続的な身体運動を行なうことが、いかに生体の諸機能に影響するものであるかを検索することを目的としている。今回は、特に呼吸・循環機能に及ぼす影響について若干の知見をえたので報告する。

研究 方法

1) 被 験 者

対象は東京大学教養学部所属する30才以上の教職員18名である。これら被験者の体格および体力を表1に示した。これらの被験者はわれわれが計画した Physical Training Program に積極的に参加を希望した者であり、現在、殆んどが Sedentary life を送っており、特に意識的、継続的の身体活動を行っていない。

18名の被験者をトレーニング期間中のトレーニング参加回数によって次の3群に分けてトレーニング効果を検討した。

A群：トレーニング回数が全回数（50回）の半分以上で、かつ、少くとも、1週間に1回以上規則的に行った者5名（30代～2名、40代～3名）

B群：トレーニング回数が全回数の半以下で、かつ、不規則であった者5名（30代1名、40代～3名、50代～1名）

C群：トレーニング回数が全回数の $\frac{1}{3}$ 以下で、かつ、トレーニング開始当初のみで中止した者8名（30代～3名、40代～4名、50代～1名）

2) トレーニング・プログラム

イ) トレーニング期間および頻度

昭和46年5月から12月にかけて、1週間に1～2回のおよそ7ヶ月間である。

ロ) トレーニングの内容および時間

- ・徒手および柔軟体操 10～20分
- ・ランニング 10～20分
- ・サーキット・トレーニング 10～20分
- ・バスケットボール、
バドミントン、テニス 約60分

計90～120分

3) 測定項目並びに測定方法

イ) 体 重：YAMATO 製バネばかり（精度 0.2kg）を使用した。

ロ) 皮脂厚：Keys-Brozek 式 Skinfold-Caliper を用いて右上腕外側部中央（以下腕部と略）、右肩甲骨下部（以下背部と略）および右臍部横（以下腹部と略）の3部位を測定した。

また、% fat は G.H. Crook⁶⁾の方法によって求めた。すなわち身長と体重から求めた % over weight と右肩甲骨下の皮脂厚を用い、それぞれで推定した2つの % fat 値を平均したものである。この方法は⁴⁰K 同位元素を用いた全カリウム量測定による % fat 算出法と関係が深い。

ハ) 自転車エルゴメーター運動負荷による呼吸循環機能：運動負荷は Elema-Schönder 社製の自転車エルゴメーターを用い、あらかじめ、3分間のウォーミング・アップの後

3～5分間の休息をおき、3段階、それぞれ4分間計12分間の運動負荷を連続して行わせた。各個人について、第一回目（トレーニング前）と第二回目（トレーニング後）は同一の負荷強度で行ない、その時の心拍数、

血圧および呼吸ガス代謝を測定し、比較した。また、負荷強度の設定にあたっては、3分間のウォーミング・アップ時の心拍数から推定し、第一の負荷が心拍数で 100～120 拍/分になるような負荷強度を選んだ。第二・第三の負荷については、以後 25 watts づつ漸増した。すなわち、50 watts～75 watts～100 watts, 75 watts～100 watts～

表1 被験者の体格・
 (Table 1 Physical characteristics

	Items Subj.	Age. (yer)	Starture (cm)	Body Wt. (kg)	Rohrer Index	Skinfold (mm)			
						Triceps	Scapular	Abdomen	Sum
A-Group	H. F.	35	157.8	69.0	175	13.0	21.0	47.0	81.0
	K. K.	39	161.5	53.4	126	4.5	7.5	10.5	22.5
	H. S.	44	170.8	80.0	160	17.0	23.0	23.0	63.0
	Y. N.	47	164.5	61.5	138	10.0	22.0	15.0	47.0
	F. N.	48	169.5	68.5	140	5.0	8.0	8.0	21.0
\bar{X}		42.6	164.8	66.5	147.8	9.9	16.3	20.7	46.9
S. D.		4.92	4.86	8.82	17.44	4.76	7.01	14.11	23.19
B-Group	K. W.	39	157.2	52.4	135	5.0	8.0	6.0	19.0
	S. N.	42	166.5	71.6	155	8.0	24.0	23.0	55.0
	K. F.	41	158.0	62.0	157	8.0	15.0	22.0	45.0
	T. H.	46	162.8	49.1	113	4.0	8.0	7.5	19.5
	S. T.	57	174.0	62.0	118	7.0	7.0	10.0	24.0
\bar{X}		45.0	163.7	59.4	135.6	6.4	12.4	13.7	32.5
S. D.		6.42	6.16	7.97	18.20	1.63	6.47	7.31	14.74
C-Group	M. N.	37	166.5	50.0	108	3.5	6.5	5.0	15.0
	T. Y.	39	162.2	53.4	124	4.0	5.5	8.0	17.5
	A. N.	34	171.1	47.0	94	3.5	6.5	7.0	17.0
	T. Y.	46	168.0	52.5	111	5.0	10.0	6.0	21.0
	I. I.	41	166.9	52.0	112	4.0	7.0	8.5	19.5
	K. O.	45	172.3	59.4	116	6.0	8.0	7.0	21.0
	Y. H.	46	165.7	57.1	125	5.0	7.0	6.0	18.0
	T. Y.	55	171.5	52.5	104	7.0	6.0	16.0	29.0
\bar{X}		42.9	168.0	53.0	111.8	4.8	7.1	7.8	19.6
S. D.		6.15	3.22	3.61	9.58	1.17	1.31	3.22	4.02

* トレーニング参加回数 (全50回)

体力一覽表
of the subjects)

Resting Pressure		Blood (mmHg)	5 min. running (m)	x* 50	運 動 経 験		
Systolic	Diastolic	過			去	現	在
140	92	1090	27	な	し	な	し
130	74	1090	25	卓	球	な	し
156	80	900	47	な	し	な	し
130	82	970	43	な	し	な	し
120	85	1000	25	柔	道 選 手	1年	に10回
135.2	82.6	1010.0	33.4				
12.17	5.92	72.94	9.58				
148	82	1180	15	バレー	ボール選手	時々	、バレー、テニス
138	80	—	12	野	球	"	、ゴルフ
148	110	1120	15	25才	ころからサッカー	"	、サッカー
142	90	1070	13	陸上	競技、弓道、射撃	な	し
115	85	980	21	卓球	、ボート、テニス、空手	卓	球
138.2	89.4	1087.5	15.2				
12.21	10.84	73.27	3.12				
130	70	1080	5	野球	、山岳	な	し
134	78	930	9	ラ	グ ビ ー	な	し
112	70	950	5	卓	球	な	し
120	80	915	8	な	し	な	し
130	70	1000	8	バレー	ボール	時々	、山登り
130	92	1150	10	乗馬	、グライダー、柔道、スキー	"	、テニス、山登り、スキー
132	76	—	5	な	し	"	、スキー
130	70	900	4	剣	道	な	し
127.3	75.8	989.3	6.8				
6.92	7.24	86.78	2.11				

125 watts および 100 watts ~ 125 watts ~ 150 watts の三種であった。また、各段階の運動負荷の最終30秒間の心拍数3点から回帰直線を求め、心拍数130, 150 および 170時の作業量 (watt) を求めた。

- ・ 皮脂厚および血圧の測定に関しては、トレーニングの前後ですべて同一人が測定した。
- ・ 測定時の室温は pre-Tr. で $23.3 \pm 1.55^{\circ}\text{C}$, post-Tr. で $19.0 \pm 1.95^{\circ}\text{C}$ であった (表3)。

結 果

1) 体重, 皮脂厚, % fat, および安静時血圧の変化 (表2)

体重はA群では平均 1kg と有意な減少 ($P < 0.05$) を示したが, B群とC群では殆んど変化しなかった。個人別で最高の減少を示したのはA群の Subj. H.S. で約 3kg であった。

皮脂厚は3部位の合計値からみると, A群は 36.5%, B群は, 12.3%, C群では 6.1% とそれぞれ減少した。部位別にみるとA群とB群では腹部の減少率が一番大きく, 次いで, 腕部, 背部であった。しかし, B群では部位別にみるとその減少はいずれも有意ではなかった。

% fat は A群が 13.2% と有意な減少 ($P < 0.05$) を示したが, B群とC群では 2.9% と減少が少なかった。安静時血圧は最大血圧ではA群は平均 12mmHg, B群は 13mmHg, C群は 7mmHg といずれも減少したが有意ではなかった。最小血圧もまた3群ともに有意な変化は示さなかった。

2) 自転車エルゴメーター運動負荷に対する呼吸循環機能の変化

図1は3群のトレーニング前後の運動負荷による心拍数および血圧の変化を示したものである。心拍数は pre-Tr. では3群の心拍水準に若干差があり, A群はB群とC群に比べて高かったが, post-Tr. ではA群の低下が著しく, 運動負荷最終時点 (12分目) で平均約 30拍/分も減少した。各運動負荷4分間の最終1分間の値, 回復時5分目および10分目を比較するとA群とB群ではいずれも有意に減少した。 ($P < 0.01$ と 0.05)

血圧は最大血圧ではA群とB群は pre-Tr. でC群に比べて若干高い水準であったが, post-Tr. では両群ともC群の水準まで低下した。心拍数と同時点で比較するとA群では4分目と8分目および回復5分目で有意に低下した。 ($P < 0.05$)。最小血圧ではA群は12分目, B群は4分目にそれぞれ有意に低下した ($P < 0.05$)。一方, C群では最大, 最小血圧ともにほとんど変化がみられなかった。

図2は運動時の最高心拍数を100%として回復5分間の心拍数の回復率を示したものである。pre-Tr. では3群ともほぼ同様な回復曲線を示したが, post-Tr. ではB群およびC群に比べて, A群は回復率がよく, 回復2分後ですでに64%の回復率を示し, 回復5分後まで62~64%の範囲を示した。一方, B群とC群では pre-Tr. 時と同様な回復曲線を示した。pre-Tr. と post-Tr. の脈拍回復率の変化をみるとA群では4分目を除き, 1分, 2分, 3分, 5分目では有意に減少率が大きく ($P < 0.01$ と 0.05)。B群では減少率が大きい傾向にあったがその差は有意ではなかった。一方, C群では殆んど差はみられなかった。

表3は各運動負荷段階の最終30秒間の心拍数の3点を取り, 作業量 (watt) との回帰直線から, 内そう法あるいは外そう法によって, 心拍数130, 150 および 170拍/分の時の作業量 (watt) を求めたものである。pre-Tr. ではA群はいずれも3群中一番小さい値であったが, post-Tr. では逆に一番大きい値を示した。増加率で示すと, A群ではそれぞれ 53.0%, 43.0%, 36.7%, B群では 15.5%, 17.4%, 18.0%, C群では 3.7%, 4.3%, 4.5% であった。

図3は換気量, 酸素摂取量, 酸素摂取率および酸素脈の変化を示したものである。

換気量はA群では運動時, 回復時ともに減少した。B群とC群は目立った変化はみられない。酸素摂取量は換気量の変化とよく似た変化を示したが, B群では運動時に若干増加した。酸素摂取率はA群とB群では明らかに増加の傾向にあった。酸素脈もまたA群とB群では明らかに増加の傾向にあった。一方C群ではむしろ減少した。

図4は3群について年代別にみた成績である。

表 2 トレーニング前後の体重, 皮脂厚, % fat および安静時血圧の変化
 (Table 2 Changes of body weight, skinfold, % fat and resting blood pressure between pre and post training)

Items Subj.	Body Weight (kg)		Skin Fold (mm)						% fat		Blood Pressure (mmHg)								
	pre	post	Triceps		Scapular		Abdomen		Sum		pre	post	Systolic		Diastolic				
			pre	post	pre	post	pre	post	pre	post			pre	post	pre	post			
A-Group																			
H. F.	69.0	68.9	13.0	6.2	21.0	10.8	47.0	17.2	81.0	34.2	29.2	23.4	140	136	92	86			
K. K.	53.4	52.3	4.5	3.6	7.5	6.3	10.5	7.7	22.5	17.6	12.2	11.0	130	114	74	76			
H. S.	80.0	77.2	17.0	11.2	23.0	18.3	23.0	18.0	63.0	47.5	30.6	26.6	156	120	80	84			
Y. N.	61.5	60.5	10.0	5.3	22.0	15.5	15.0	12.6	47.0	33.4	23.1	19.7	130	132	82	80			
F. N.	68.5	68.5	5.0	4.1	8.0	7.1	8.0	5.1	21.0	16.3	18.5	17.9	120	116	85	82			
\bar{X}	66.5	65.5	9.9	6.2	16.3	11.6	20.7	12.1	46.9	29.3	22.7	19.7	135.2	123.6	82.6	81.6			
S. D.	8.82	8.45	4.76	2.72	7.01	4.67	14.11	5.09	23.19	11.62	6.82	5.30	12.17	8.8	5.92	3.44			
減少率	-1.5	※	-38.4	※	-29.8	※	-42.5	※	-36.5	※	-13.2	※	-8.6		-1.2				
B-Group																			
K. W.	52.4	52.0	5.0	4.0	8.0	6.5	6.0	5.0	19.0	15.5	13.6	13.1	148	132	82	90			
S. N.	71.6	71.1	8.0	6.5	24.0	22.5	23.0	18.0	55.0	47.0	29.5	28.6	138	114	80	76			
K. F.	62.0	61.0	8.0	7.0	15.0	13.0	22.0	21.0	45.0	41.0	22.0	20.2	(148)	—	(110)	—			
T. H.	49.1	50.3	4.0	4.2	8.0	8.8	7.5	6.5	19.5	19.5	10.7	11.3	142	132	90	80			
S. T.	62.0	62.5	7.0	6.5	7.0	6.8	10.0	6.1	24.0	19.4	11.6	11.6	115	114	85	76			
\bar{X}	59.4	59.4	6.4	5.6	12.4	11.5	13.7	11.3	32.5	28.5	17.5	17.0	135.8	123.0	84.3	80.5			
S. D.	7.97	7.57	1.63	1.27	6.47	5.96	7.31	6.76	14.74	12.89	7.22	6.66	12.50	9.00	3.77	3.72			
減少率	0		-12.5		-7.3		-17.5		-12.3	※	-2.9		-9.4		-4.5				
C-Group																			
M. N.	50.0	49.3	3.5	3.0	6.5	6.6	5.0	4.0	15.0	13.6	8.8	8.8	130	114	70	72			
T. Y.	53.4	53.0	4.0	4.0	5.5	4.5	8.0	7.5	17.5	16.0	11.0	10.4	134	132	78	82			
A. N.	47.0	46.5	3.5	3.5	6.5	6.0	7.0	5.0	17.0	14.5	8.8	8.2	112	108	70	80			
T. Y.	52.5	51.5	5.0	5.2	10.0	9.5	6.0	5.5	21.0	20.2	11.9	11.3	120	132	80	84			
I. I.	52.0	52.9	4.0	5.0	7.0	6.5	7.0	7.5	18.0	19.0	10.2	10.2	130	130	70	82			
K. O.	59.4	59.4	6.0	4.0	8.0	6.5	7.0	8.5	21.0	19.0	12.2	11.6	130	114	92	84			
Y. H.	57.1	57.2	5.0	4.5	7.0	6.5	6.0	5.0	18.0	16.0	13.1	13.1	132	108	76	68			
T. Y.	52.5	52.7	7.0	6.5	6.0	5.5	16.0	17.0	29.0	29.0	8.2	7.6	130	124	70	76			
\bar{X}	53.0	52.8	4.8	4.5	7.1	6.5	7.8	7.5	19.6	18.4	10.5	10.2	127.3	120.3	75.8	78.5			
S. D.	3.61	3.81	1.17	1.03	1.31	1.33	3.22	3.87	4.02	4.61	1.70	1.74	6.92	9.77	7.24	5.55			
減少率	-0.4		-6.3		-8.5	※※	-3.8		-6.1	※	-2.9		-7.5		+3.6				

※ P < 0.05 ※※ P < 0.01

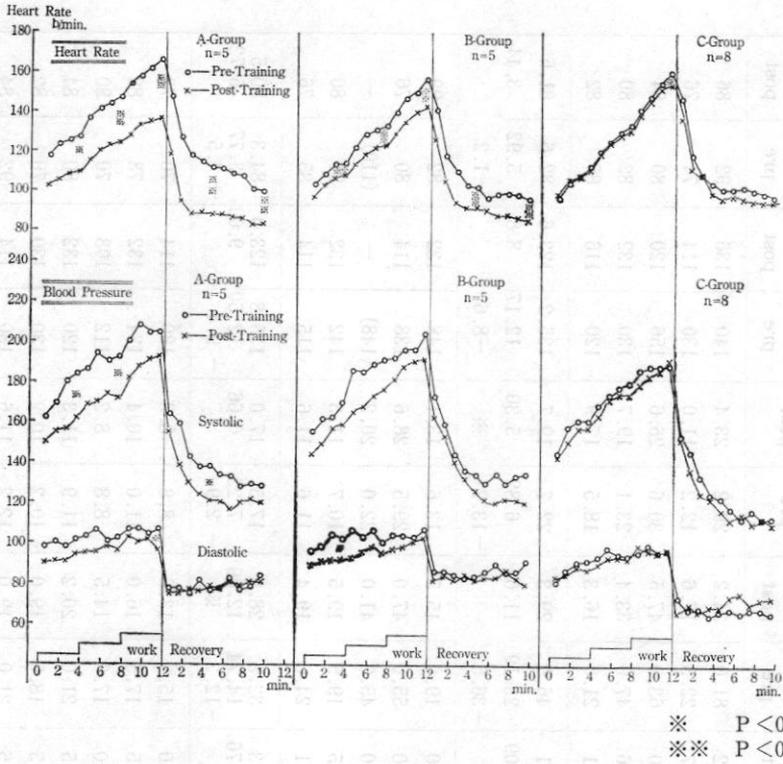


図1 トレーニング前後の運動負荷に対する心拍数，血圧の変化

(Fig. 1 Changes of heart rate and blood pressure in bicycle ergometer work between pre and post training)

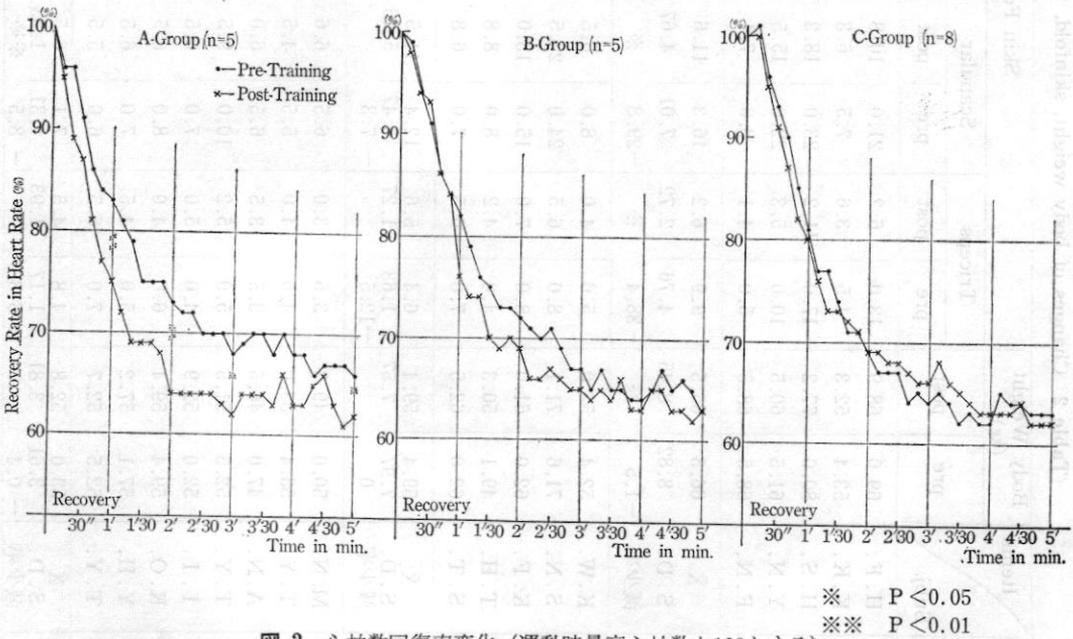


図2 心拍数回復率変化 (運動時最高心拍数を100とする)

(Fig. 2 Changes of heart rate decrement in recovery period)

表 3 トレーニング前後の P.W.C. 130 および 170 値 (watts) の変化
 (Table 3 Changes of PWC 130, 150 and 170 (watt) between pre and post training)

Gr.	Items Subj.	P.W.C. 130 (watt)			P.W.C. 150 (watt)			P.W.C. 170 (watt)			Room Temperature (°C)		
		pre	post	post-pre	pre	post	post-pre	pre	post	post-pre	pre	post	post-pre
A-Group	H.F.	64	108	44	107	150	43	151	192	41	23.5	17.0	-6.5
	K.K.	23	72	49	50	97	47	78	123	45	22.0	19.0	-3.0
	H.S.	88	138	50	116	173	57	145	207	62	21.0	17.0	-4.0
	Y.N.	75	81	6	96	113	17	117	144	27	23.5	17.0	-6.5
	F.N.	101	138	37	119	167	48	138	194	56	23.0	20.0	-3.0
B-Group	\bar{X}	70.2	107.4	37.2	97.6	141.0	42.4	125.8	172.0	46.2	22.6	18.0	-4.6
	S.D.	26.66	27.65	16.27	25.11	31.13	13.50	26.51	32.54	12.19	0.97	1.27	1.59
	増加率		+ 53.0	※		+ 43.4	※※		+ 36.7	※※			
	K.W.	87	103	16	116	130	14	146	159	13	24.0	20.0	-4.0
	S.N.	106	131	25	130	165	35	154	197	43	24.5	17.0	-7.5
C-Group	K.F.	105	114	9	133	143	10	162	173	11	24.0	20.0	-4.0
	T.H.	80	96	16	102	130	28	124	162	38	25.5	19.0	-6.5
	S.T.	66	69	3	82	93	11	98	116	18	21.5	18.0	-3.5
	\bar{X}	88.8	102.6	13.8	112.6	132.2	19.6	136.8	161.4	24.6	23.9	18.8	-5.1
	S.D.	15.22	20.54	7.41	18.86	23.40	10.05	23.17	26.34	13.28	1.32	1.17	1.59
C-Group	増加率		+ 15.5	※		+ 17.4	※		+ 18.0	※			
	M.N.	73	77	4	94	96	2	116	116	0	23.0	21.3	-1.7
	T.Y.	81	89	8	101	111	10	122	133	11	22.5	18.5	-4.0
	A.N.	68	76	8	85	95	10	103	113	10	22.3	24.0	+1.7
	T.Y.	88	84	-4	108	105	-3	129	126	-3	23.0	21.5	-1.5
C-Group	I.I.	99	107	8	122	132	10	145	156	11	25.5	17.0	-8.5
	K.O.	100	103	3	125	130	5	149	158	9	27.0	17.5	-9.5
	Y.H.	114	109	-5	143	139	-4	171	169	-2	21.7	18.0	-3.7
	T.Y.	93	97	4	118	126	8	142	155	13	21.7	21.0	-0.7
	\bar{X}	89.5	92.8	3.3	112.0	116.8	4.8	134.6	140.8	6.1	23.3	19.9	-3.5
S.D.	14.24	12.30	4.87	17.52	16.06	5.45	20.09	19.97	6.17	1.78	2.30	3.60	
増加率		+ 3.7			+ 4.3			+ 4.5	※				

※ P < 0.05

※※ P < 0.01

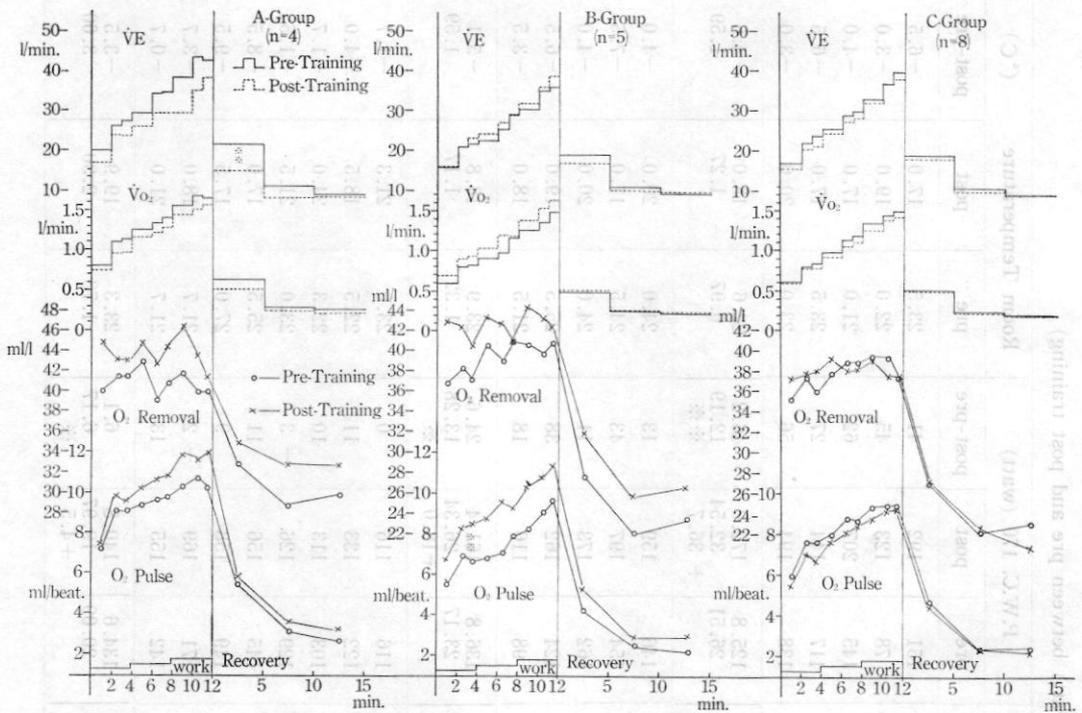


図3 トレーニング前後の運動負荷に対する換気量，酸素摂取量，酸素摂取率および酸素脈の変化 (Fig. 3 Changes of ventilation, O₂ Intake, O₂ Removal and O₂ pulse in bicycle ergometer work between pre and post training)

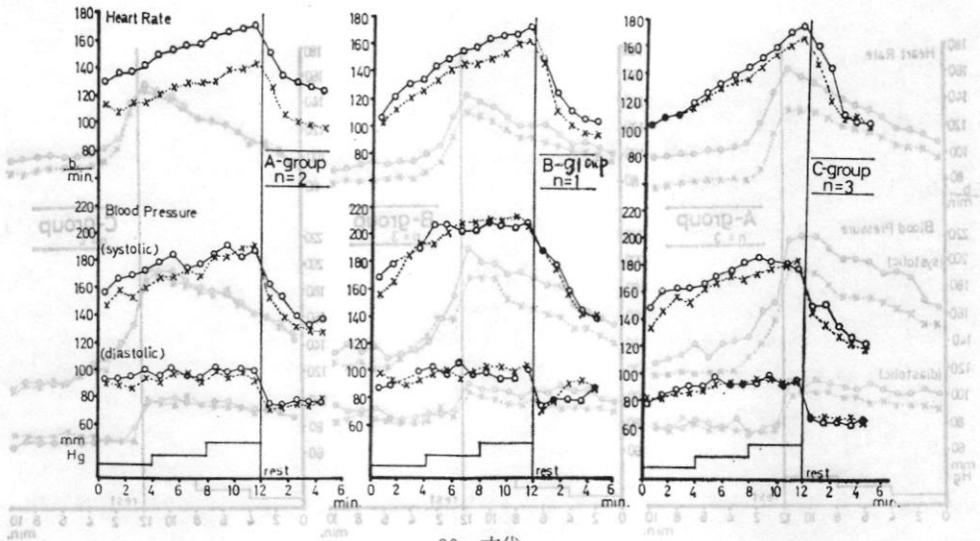
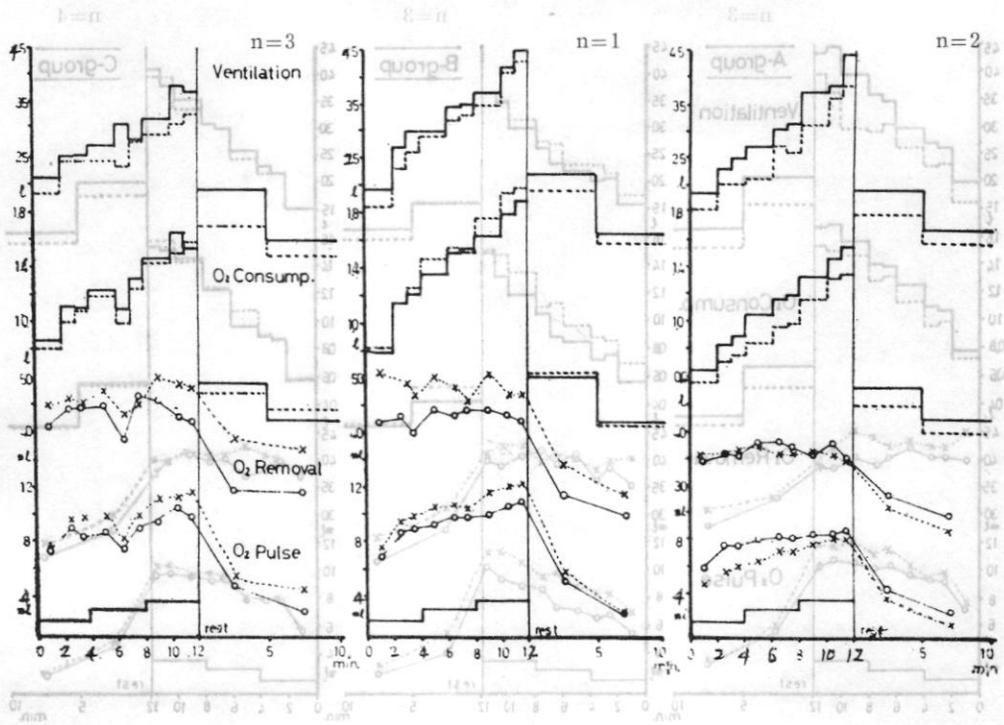
心拍数はいづれの年代でも A 群と B 群では減少した。一方，血圧は30代では明確な減少の傾向はみられなかったが，40代と50代の A 群・B 群では減少した。C 群は心拍数，血圧ともに変化は少なかった。C 群の50代の1例では血圧が運動後半にむしろ若干上昇した。換気量と酸素摂取量は似た変化を示し，A 群（30代と40代）では運動時，回復時ともに減少し，B 群の50代の1例では運動時に増加したのが目立った。酸素摂取率は40代の B 群を除けば，いづれの年代でも A 群と B 群では上昇の傾向にあった。一方，C 群はいづれも変化しなかったが，50代の1例ではむしろ減少した。酸素脈はいづれの年代でも A 群と B 群では上昇しているが，C 群の40代では不変，30代と50代ではむしろ減少した。

考 察

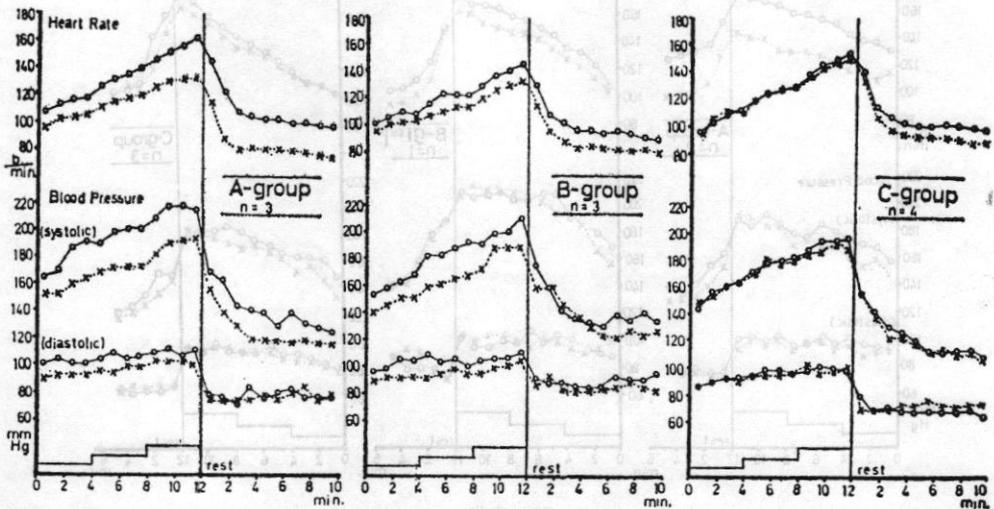
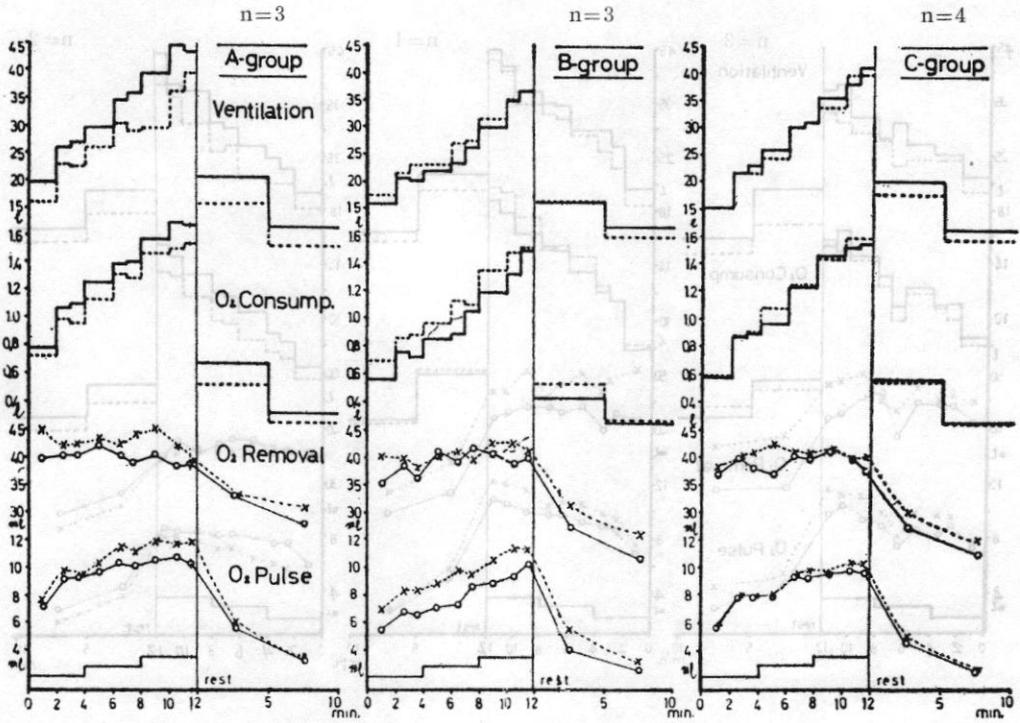
1) 中高年層にとって Body Composition の改

善は個人の健康度とも関連する重要な問題であろうと思われる。たとえば，体重の増加，とくに過度の脂肪沈着は呼吸・循環系への負担の増加，運動能力の減退，さらに動脈硬化症や糖尿病などの要因となることはすでに知られている。しかしながら他方，皮脂厚が厚すぎることと同様にうすすぎることとも生体の機能を低下させる事実⁶⁾を見逃すことができない。したがって，中高年層に対する身体運動の目的の一つには，過度の脂肪沈着を除去すること，あるいは沈着が起らないようにすることや筋肉などの活性組織 (Metabolic active mass) の質量両面にわたる改善などにあるといってもよいであろう。この意味では，われわれが行った中高年者のトレーニングにおいて，少なくとも，1週間に1回のトレーニングでも約7ヶ月間続けたことによって，ある程度の除脂肪の効果が期待できるといえよう。

すなわち，A 群は体重，皮脂厚，% fat が B 群



30 才代
分本 01



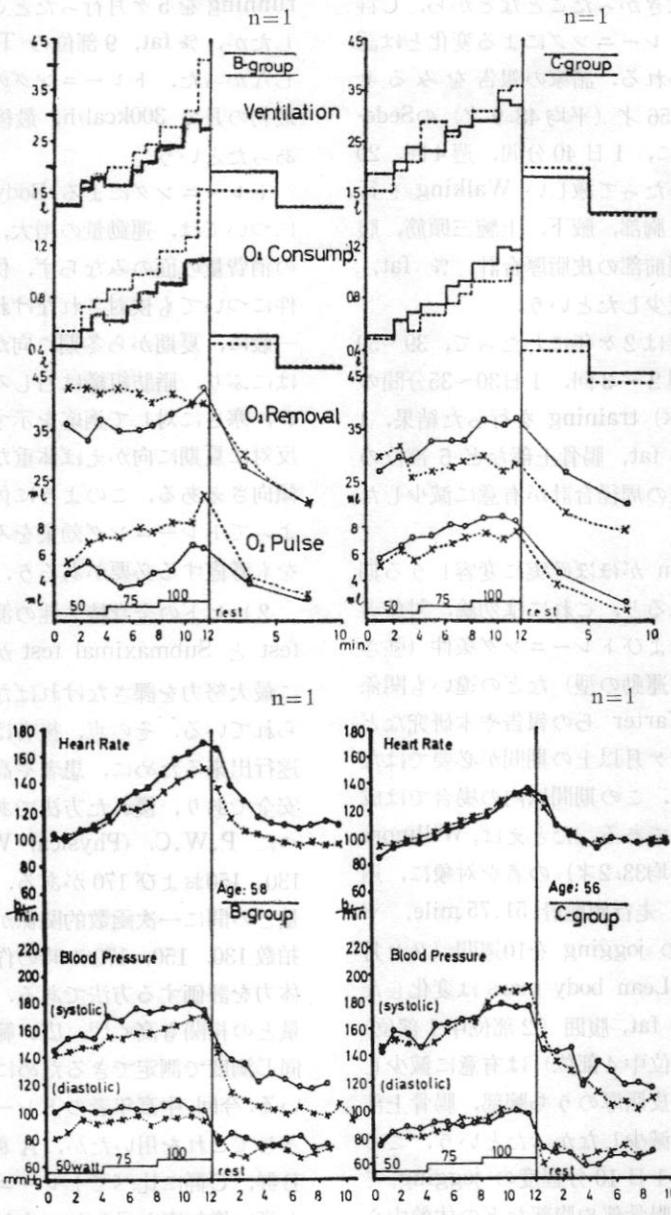


図 4 年代別にみた 3 群のトレーニングによる諸変化

(Fig. 4 Changes resulted from training for three groups (30, 40 and 50 ages))

およびC群に比べて大きな減少率を示した。皮脂厚ではC群に比べて約6倍、B群に比べて約3倍の減少率を示した。A群ではもともと皮脂厚の大きな人が多いことが減少率を大きくした理由の一つであると思われるが、皮脂厚の同じ程度の人を比較してみてもA群>B群>C群であった。また、腹部ではC群に比べて11倍以上の減少率を示

し、B群とともに3部位のうちで腹部の減少が一番大きかったことはトレーニング効果として、特徴的な変化といえるかもしれない。

これは、一般に加齢に伴って男性では皮下脂肪は身体中心部で大となり、末梢部で減少する傾向があるという加来ら⁷⁾の報告から考えると、C群では腹部で8名中3名がむしろ増加し、腕部や背

部の減少率の方が大きかったことなどから、C群の皮脂厚の変化はトレーニングによる変化とは認めがたいように思われる。諸家の報告をみると Pollock ら⁸⁾は40~56才(平均48.9才)の Sedentary men を対象に、1日40分間、週4回、20週間(5ヶ月)にわたって激しい Walking を行ったところ、体重、胸部、腋下、上腕三頭筋、腹部、腸骨上部、大腿前部の皮脂厚合計、% fat、腹囲などが有意に減少したという。

また、Carter ら⁹⁾は2ケ年にわたって、39~59才の男子を対象に週2~3回、1日30~35分間の Interval (run-walk) training を行った結果、1年目には、体重、% fat、腸骨上部など5部位の皮脂厚合計、11部位の周径合計が有意に減少したと報告している。

Body Composition がほぼ確実に変容しうる期間について考えてみると、これには勿論、対象者の年齢や食事条件およびトレーニング条件(強さ、頻度、期間および運動の型)などの違いも関係するが、Pollock, Carter らの報告や本研究などの結果からおおよそ数ヶ月以上の期間が必要ではなからうかと思われる。この期間以内の場合では成果は一定でないようである。たとえば、Willmore ら¹⁰⁾は17~59才(平均33.2才)の者を対象に、週3回、合計413分間、走行距離計 51.75 mile、平均速度 200m/min の jogging を10週間(2ヶ月半)行ったところ、Lean body mass は変化しなかったが、体重、% fat、腹囲(2部位中1部位)および皮脂厚(7部位中4部位)は有意に減少したという。しかし、皮脂厚のうち腕部、腸骨上部および腹部は有意に減少しなかったという。このように、2ヶ月半で1日10分程度の jogging では皮脂厚のとくに、腸骨部や腹部などの体幹中心部の減少はあまり期待できないようである。また、Pollock ら¹¹⁾は30~45才(平均38.7才)の Sedentary men を対象に1日45分間、週2回、最高心拍数の80%と90%の強さで20週間(実質的には16週間) jogging を行った結果、90%群の6部位の Total skinfold と % fat が有意に減少した以外は、体重と腹囲など4部位の周径と80%群では減少を示さなかったと報告している。さらに Ribisl の報告¹²⁾によれば、週3回、1日35分間の

running を5ヶ月行ったところ体重は有意に減少したが、% fat、9部位の Total skinfold は減少しなかった。トレーニングのエネルギー消費量は最初の月で 300kcal/h、最後の月で 750kcal/h であったという。

トレーニングによる Body Composition の変化については、運動量の増大、すなわちエネルギーの消費量の面のみならず、供給面すなわち食事条件についても検討されなければならない。また、一般に、夏期から冬期に向かう場合は、代謝活動はにぶり、脂肪組織はむしろ貯蔵の方向に向かい、寒さに対して適応を示すようになってくる。反対に夏期に向かえば体重などはむしろ減少する傾向さえある。このように体重や皮脂厚の変化によってトレーニング効果をみる場合、季節の要因をも考慮する必要がある。

2) ヒトの全身持久性の測定法には Maximal test と Submaximal test がある。前者は被験者に最大努力を課さなければならない点で対象が限られている。その点、後者は余裕をもって作業が遂行出来るために、患者や高齢者などに対しては安全であり、優れた方法である。このテストの一つに P.W.C. (Physical Working Capacity) 130, 150および170がある。これは心拍数と作業量との間に一次函数的関係が成立することから心拍数130, 150, 170の時の作業量を求めることで体力を評価する方法である。これは最大酸素摂取量との相関も高く¹³⁾、広い範囲の被験者に対して同じ測度で測定できるために近時、広く使われている。今回、中高年者のトレーニング効果の評価法としてこれを用いたが、A群の P.W.C.170値はB群、C群に比べてトレーニングにより2~8倍も高い増加率を示した。すなわち、A群で36.7%、B群で18.0%、C群で4.5%とそれぞれトレーニングの参加回数に応じた増加率を示している。この場合、P.W.C.170値の増加はある一定の運動負荷に対して、pre-Tr. よりも低い水準の心拍数で作業が遂行できたことであって作業能力(Working Capacity)の増加とみることが出来る。すなわち呼吸・循環器系における Oxygen Transportation の効率がよくなったことを示している。著者ら¹⁴⁾は中高年者の体力を P.W.C.170によ

って評価しようと試みている。ところが、P.W.C. 170は30代では40代よりもむしろ低い結果となった。これはわれわれが対象とした30代の被験者に問題があったのかもしれないが、しかし、同時に、われわれは、30代、40代、50代に同一の運動負荷を与えた時、30代では心拍数の上昇が大きいのに対し40代、50代ではむしろ心拍数の上昇よりも血圧の上昇の方が大きかった事実をみている。このことは増田ら¹⁵⁾によっても報告されている。つまり、30代と40代、50代では労作に対する循環器系の反応が異なると考えられる。したがって、中高年者の体力を評価しようとする場合、心拍数の変化を基にしている P.W.C. 170 という指標に若干の疑問を残している。しかし、今回トレーニングを行った結果、3群でそれぞれトレーニング参加回数に応じた P.W.C. 170 の増加率を示したわけである。したがって、横断的に体力を評価することはともかくとしても、トレーニングによる効果を追跡しようとする場合には、有効な評価の手段であろうと考えられる。

また、中高年者に対して運動負荷を与える場合、血圧の上昇による危険性や心拍数がそれ程上昇しないことがある¹⁶⁾。このような場合には P.W.C. 170 よりもむしろ P.W.C. 150 を指標として用いる方が適当であろう。

諸家の報告をみると、Hanson¹⁷⁾らは40～49才20名の Sedentary men を対象に、週3回、7ヶ月間、1日1時間から1時間半、ランニング、バレーボール、バドミントン、バスケットボールなどを行ない、P.W.C. 130、150 および 170 (kg·m/min) がそれぞれ21%、34%、30%増加したと報告している。また、トレーニングに伴って、Submaximal work に対する心拍数の減少は比較的多く報告されている。なかでも、Wallin¹⁸⁾は31～60才21名に対して、週3回、1日5～15分間、歩行、柔軟体操などを10週間行った時、また、Tzankoff¹⁹⁾は44～66才15名に対して、週2～3回、1日55分間、ジョギング、歩行、水泳、テニス、ハンドボールなどを6ヶ月間行った時などで、同様な結果が報告されている。

3) 一般に全身持久力—Aerobic Physical Working Capacity—を生理学的立場から客観的に

測定する場合「最大酸素摂取量」が最も適当な指標であると考えられている。これはまた身体資源 (Physical Resource) としての指標でもあり、トレーニング効果を追求する指標として近時ひろく使われている。しかし、中高年者におけるトレーニング効果をとらえるための Criterion としては、この方法は最大の努力が要求されることから測定上に問題がないわけではない。日常、身体活動の少ない、いわば Sedentary life を送っている中高年層にとって、まず、危険性や測定の信頼性などが問題となつてこよう。また、現代の日常生活における身体の活動水準は一般にそれ程高くないのであるから、評価のためにのみ最大の努力が要求される必要もないのではないかと考えられる。すなわち、勝木²⁰⁾が述べているように、中高年者のトレーニング効果を評価する場合、トレーニングがどのような目的でなされているかによって Criterion を選択すべきであろう。すなわち、中高年者であっても Athletic な能力の向上を目指しているのであれば最大酸素摂取量が Criterion として用いられてもよいと思われる。しかし、Sedentary life を送る多くの中高年層が日頃の運動不足を補い体調を整える、いわば積極的に健康を維持しようとしてトレーニングを行うような場合においては、その効果判定の Criterion に必ずしも最大酸素摂取量を用いる必要はないと思われる。たとえば、本研究でトレーニング程度によって増加率が異なり、よくトレーニングした者は増加率が高かった P.W.C. 130、150 および 170 値や一定の心拍数に到達する迄の作業量²¹⁾を求めなどの Submaximal work に対する反応がより安全であり、実際的な指標であろうと考えられる。しかし、Submaximal work に対する response をみる場合、特に心拍数の変化によってトレーニング効果を評価しようとする時、被験者の身体のコンディションや測定機器に対する慣れはもとより、環境条件、特に温湿度の影響に注意しなければならない。豊岡ら²²⁾によれば、心拍数は室温が 10° と 20° では最大作業の 40～70% の間で、また、20° と 30° では 90% までの間で有意な差を認めたという。また、沼尻ら²³⁾は RMR 2.4～2.8 (踏台昇降) の作業時に心拍数は 5°～25°C

間では殆んど変化なく、30°では50分後に増加しはじめる」と述べている。そこで、今回の測定時の室温をみると、pre-Tr.で平均 23.3 ± 1.55 、post-Tr.で $19.0^\circ\text{C} \pm 1.95$ で、その差は 4.3°C であった。またそれぞれの群でトレーニング前後の温度差をみると、A群は平均 4.6°C 差($-3.5 \sim -6.5^\circ\text{C}$)、B群は平均 5.1°C 差($-3.5 \sim -7.5^\circ\text{C}$)、C群では平均 3.5°C 差($+1.7 \sim -9.5^\circ\text{C}$)であった。今回の場合、豊岡らの 10° 差の成績とは必ずしも比較できないが、C群でpost-Tr.に $8.5 \sim 9.5^\circ\text{C}$ 低かった例がみられた。これらの例では室温の低下が心拍数を減少させる一因となったのかもしれない。(このことを考えると、C群のP.W.C. 170の増加はトレーニングによる増加とは認めがたいと考えられる)。しかし、他の例では、特に今回程度の温度差では心拍数を有意に変化しないと考えられる。

4) 血圧はおもに心拍出量と末梢血管抵抗によって調節されている。細小動脈はその収縮あるいは拡張によってその部位を流れる血流量を調節し、血圧の調節を行っている。また、心拍出量の増大により血圧が上昇する。心拍出量は心拍数 \times 一回拍出量で示されるから、A群およびB群において、トレーニングにより運動負荷時の最高心拍数が低下したことは、心拍出量の減少をもたらすことも考えられ、このことが運動負荷時の血圧上昇の減少の一因となつてと思われる。また安静時一回拍出量の増加も推定される。これらのことは呼吸効率(O_2 Removal)の上昇、酸素消費量の減少と関連し、トレーニングによるエネルギー効率の上昇を示すものといえよう。

このような血行力学的機構を支配する神経ホルモンの作用についてはカテコールアミンが心臓、血管に作用し血圧を変動させることはすでに知られている。この場合、血管とくに小動脈の収縮による血圧上昇はノルアドレナリンに強く、心臓促進作用はどちらかといえばアドレナリンに強いといわれている。

勝木¹⁹⁾は一般に運動家の心臓についてみると概括的にいって、カテコールアミンの作用に対抗し、それを抑える方向の働きの強くなっていると述べている。また、Raab²⁴⁾によればトレーニング

による安静時心拍数の減少、運動後心拍数回復率の増大は副交感神経の緊張が高まっている一方、脳中枢からの交感神経抑制作用が加わっているであろうと述べている。さらに、運動不足と変性性心臓血管病の関連について、極度の運動不足状態が続くとカテコールアミンの作用に対する対抗力が弱く交感神経緊張優位の状態になるためであるといい、変性性心臓疾患に対して効果をあげている運動療法をはじめとする治療法の多くは基本的にはカテコールアミンの作用に対抗しようとするものであると述べている。

このような考え方から推察すれば、今回の中高年者のトレーニングにおいて運動負荷時の血圧の上昇が減少したことはカテコールアミンの分泌抑制も一因と考えられる。

また、Brandfonbrener²⁵⁾は心拍出量と年齢との間には有意な関係があり、1年あたり約1%の割合で直線的に低下することを認め、この低下は一回拍出量の低下が身体の大きさの減少や心拍数の減少により増強されたためであるといい、一方、全末梢抵抗は増加し、かつ、心収縮時間はやや延長をみることから心臓における仕事の圧成分が増大し、仕事率は低下し、ポンプとしての心臓の予備力を低下せしめていると述べている。すなわち老年者は運動負荷に対して、末梢抵抗の増加に対抗して、心収縮を強めることによって、血液を心臓から駆出しなければならない。そのために、血圧が上昇する結果となり、一方、拍動数はそれほど高められない状態になると考えられる。今回のトレーニングによる血圧の変化を年代別にみると、30代では40代および50代ほど明確に減少の傾向が示されなかった。この点については、著者¹⁹⁾らが報告したように、30代と40代および50代では運動負荷に対する循環系の反応が異なり、30代では心拍数が、40代および50代では心拍数よりもむしろ血圧が高かった事実と関係があるものと考えられる。さらに、カテコールアミンの分泌や臓器の反応性、あるいは末梢循環への影響なども関連するものと思われる。今後、更に検討が必要である。

5) 酸素脈はA群およびB群ではトレーニングにより増加し、一方、C群ではむしろ減少した。

A群およびB群では同様に増加を示したが、内容的には異ったものと思われる。つまり心拍数は両群ともに減少した（A群の減少の方が大である）が、一方、酸素摂取量ではA群は減少しているのに対し、B群ではむしろ増大した。したがってB群の増加率はA群のそれよりも若干大となっている。これは作業の Efficiency の面からみると質的に異った現象である。一般に、同一の運動負荷に対して少ない酸素需要量でそれが遂行された場合、運動の Efficiency がよいと考えるが、今回、B群では運動時ではむしろ増加の傾向にあり、このことのみで判断すれば、Efficiency はむしろ悪くなったと考えざるをえない。同様の結果を Willmore²⁷⁾ らも報告している。すなわち、週3回、10週間 jogging を1日10分程度行った結果、同一の運動負荷に対して酸素摂取量は増加の傾向にあった。この成績は従来の結果と矛盾していることを認めながら、採用した2分間漸増負荷法に問題があると述べているが十分な説明はなされていない。今回の場合、回復時は変らないが運動時のみ増加している。A群とC群との中間にあるとも考えられ、これはトレーニング効果のあらわれの一過程なのかもしれないが、現在十分な論議をつくすことが出来ず、今後さらに検討を加えたい。

また、呼吸効率の面からみると、A群と同様B群においても酸素摂取率は増加の傾向にあった。しかし、B群の増加の傾向はむしろ、30代と50代の例の増加が影響している（40代で殆んど変化はみられない原因については不明である）。つまり、B群では呼吸面においては必ずしも明確に一樣な結果を示さない。これはA群ほどトレーニング回数が多くないことなどが個人差を生む原因となっているように思われる。

総 括

34~57才（平均43.5才）のsedentary lifeを送っている中高年男子18名を対象に、7ヶ月間、週1~2回、1日90~120分間、Running, Circuit training, Basketball, Tennis および Badminton などを行ない、Body Composition（体重、皮脂厚および% fat）および Cardio-Respiratory

function（心拍数、血圧、換気量、酸素摂取量、酸素摂取率、酸素脈およびP.W.C. 130, 150, 170）に及ぼす影響について検討した。18名の被験者を7ヶ月間のトレーニング後、参加回数によって次の三群に分け比較した。

A群：トレーニング回数が全回数の半分以上で、かつ、少くとも1週間に1回以上、規則的に行った者（5名）。

B群：トレーニング回数が全回数の半分以下で、かつ、不規則であった者（5名）。

C群：トレーニング回数が全回数の $\frac{1}{2}$ 以下で、かつ、トレーニング開始当初のみで中止した者（8名）。

結果は次のとうりである。

各群について、7ヶ月間のトレーニング前後を比較すると、

1) 体重はB群とC群では殆んど変化がみられなかったが、A群は平均1.0kgの有意な減少を示した（ $P < 0.05$ ）。皮脂厚は右上腕外側中央部、右肩甲骨下部および右臍部横の三部位合計値からみると、A群は、36.5%、B群は12.3%、C群は6.1%とそれぞれ減少した。部位別にみると、A群とB群では右臍部横の減少が大であった。% fat はB群とC群では約3%と殆んど変化がなかったが、A群は約13%と有意に減少した（ $P < 0.05$ ）。

安静時血圧は最大血圧、最小血圧とも3群で有意な変化はみられなかった。

2) 4分間3段階計12分間の自転車エルゴメーター連続運動負荷に対する呼吸・循環系の反応は、心拍数では各4分間の最終1分間値、回復5分目および10分目値を比較すると、A群とB群では有意にトレーニング後で減少した（ $P < 0.01$ と 0.05 ）。

血圧では心拍数と同様にA群とB群が有意に減少した。一方、C群は殆んど変化がなかった。換気量および酸素摂取量はA群では運動時、回復時ともに減少する傾向がみられた。酸素摂取率はA群とB群では明らかに増加の傾向にあった。しかし、40代のB群では殆んど変化がなかった。酸素脈も又、A群とB群では明らかに増加の傾向にあったが、C群ではむしろ減少した。

P.W.C. 130, 150 および170値 (watt) は A 群では 53.0%, 43.4%, 36.7%, B 群では 15.5%, 17.4%, 18.0%, とあきらかに増加したが, C 群では 3.7%, 4.3%, 4.5% の増加であった。

3) 以上の結果から, 7ヶ月間にわたって, 1日 90~120 分間, 少なくとも 1 週間に 1~2 回規則的にトレーニングした人たちでは, あきらかに, Body Composition, Cardio-Respiratory function に改善がみられた。(最後に, 実験に御協力戴きました当教室の諸先生方ならびに国土館大学体育学部運動生理学研究室の渡辺剛先生, 今野広隆先生に感謝致します。)

参 考 文 献

- 1) 勝木新次(1968): 中高年者の労働をめぐって. 労働科学, 44-10, 559-556.
- 2) 斎藤 一(1967): 向老者の機能特性—停年性問題を背景に考へて—労働の科学, 22(1), 4-9.
- 3) 勝木新次(1971): 高齢者の労働と健康—特に老化防止について—労働の科学, 26-2,
- 4) 勝木新次(1969): 健康と体力づくり—文明病としての運動不足病の克服—光生館.
- 5) G.H. Crook et al. (1966): Evaluation of Skin Fold Measurements and Weight Chart to Measure Body Fat. JAMA Oct 3, Vol. 138, No. 1.
- 6) 生山 匡. 勝木新次(1967): 皮脂厚と身体機能. 体力研究, 13.
- 7) 加来道隆他(1968): 女性肥満症とその臨床. 金原出版.
- 8) M.L. Pollock, et al. (1971): Effects of Walking on body Composition and Cardiovascular function of middle-aged men. J. Appl. physiol. 30(1), 126-130.
- 9) J.E. Carter et al. (1969): Structural changes in exercising middle-aged males during a 2-year period. J. Appl. physiol. 27(6), 787-794.
- 10) J.H. Willmore, et al. (1970): Body composition changes with a 10-week program of jogging Medicine and Science in Sports. Vol. 2, No. 3, 113-117.
- 11) M.L. Pollock et al. (1972): Effects of training two days per week at different intensities on middle-aged men. Medicine and Science in Sports. Vol. 4, No. 4, 192-197.
- 12) P.M. Ribisl. (1969): Effects of Training upon the Maximal Oxygen Uptake of Middle-Aged Men. Int. z. angew. physiol. 27, 154-160.
- 13) 猪飼道夫(1968): 最大下負荷による作業能測定法の検討, 体協体力トレーニング研究小委員会報告.
- 14) 黒田善雄, 片岡幸雄, 沢田美智子, 小山秀哉, 水野忠和(1971): 中高年者の体力に関する研究, 第22回日本体育学会発表.
- 15) 増田 充, 芝山秀太郎, 江橋 博(1965): 循環, 呼吸機能の解析による中高年者の運動至適量の検索. 体力研究 6,
- 16) K.L. Andersen et al. (1971): Fundamentals of Exercise Testing. W.H.O.
- 17) J.S. Hanson et al. (1968): Long-Term physical Training and Cardiovascular Dynamics in Middle-aged Men. Circulation Vol. XXXVIII.
- 18) C.C. Wallin and J.S. Schendel. (1969): physiological changes in middleaged men following a ten-weeks jogging program. Res. Quart. 40-3.
- 19) S.P. Tzankoff et al. (1972): physiological adjustment to work in older men as affected by physical training. J. Appl. physiol. 33(3), 346-350.
- 20) 勝木新次(1972): 中高年者における体育運動の効果をめぐって. 体力研究, 25, 1-11.
- 21) R.L. Kurucz et al. (1969): Construction of Submaximal Cardiovascular step test. Res. Quart. Vol. 40, No. 1, 115-122.
- 22) 豊岡示郎・金子宥宥(1973): 最大・作業時の呼吸循環系反応に及ぼす室温の影響. 体育学研究, 17-4, 205-201.
- 23) 沼尻幸吉, 大西徳明(1973): 環境温度が運動時の生理機能に及ぼす影響に関する実験的研究. 体育科学, 1, 144-151.
- 24) Kraus, H. and Raab, W. (1961): Hypokinetic Disease, Disease Produced by Lack of Exercise C.C. Thomas, (勝木新次著, 健康と体力づくり文明病としての運動不足病の克服 光生館より引用)
- 25) Brandfonbrener, M., Landowne, M. and Shock, N.W. (1955): Changes in Cardiac output with age. Circulation, 12, 557.
- 26) Landowne, M., Brandfonbrener, M. and Shock N.W. (1955): The relation of age to certain measures of performance in the heart and circulation. Circulation, 12, 567.
- 27) J.H. Willmore et al. (1970): physiological alterations resulting from a 10-week program of jogging. Medicine and Science in Sports. Vol. 2, No. 1, 7-14.