

## 女子の体組成に及ぼす体操の影響について

小松 恵理子

### <はじめに>

近年の技術革新によって重労働や肉体労働に従事する人口が減少し、交通機関の発達や家事労働における電力化によって省力化が進行している。このことは、豊富な食物によるエネルギーの過剰摂取と裏腹にエネルギー消費量の減少という事態を生ぜしめている。このエネルギー消費量の減少は、体力の低下、肥満、高血圧、虚血性心疾患、糖尿病、高脂血症などの誘因になっている<sup>1)</sup>。したがって、肥満を予防し体力低下を防ぎ「健康」の維持増進を図るためには、生体の維持にとって余分なエネルギーを消費するための運動やスポーツが必要となってきている。「健康」の維持増進のための身体活動は、短期間で中断されることなく継続され、習慣化されることに価値が存在すると考えられ、その効果も大きいと考えられる。しかし継続は諸種の因子により制限され、その効用についての報告は少ないように思われる。

そこで、本研究は特別な器具などを必要としない「体操／身体の筋肉を偏ることなく動かし、身体各部へ刺激を与えることを考慮してプログラムされたもの」を長期間継続することによる、体組成および有酸素的作業能力、また、血中脂質に及ぼす体操の影響を検討することを目的とした。

### <研究方法>

#### ①測定 I

被験者は、中等度の強度をもつ、約50分間を週一回継続している30才代の主婦244名、40才代142名、50才代64名の計450名を対象とした。

各年代の被験者を、継続年数により三グループに分け、体操継続一年未満の者をAグループ・一年以上三年未満の者をBグループ・三年以上の者をCグループとした。

各々上腕背部・肩甲骨下部の皮下脂肪を測定し、この測定値より長峯・鈴木の体密度計算式およびBrozekらの計算式<sup>2)</sup>により% Fatを求めた。使用した式は以下の通りである。

#### ①長峯・鈴木の体密度計算式

成人女子：身体密度＝1.0897－0.00133×(上腕背部＋肩甲骨下部)

## ② Brozek et al の % Fat 計算式

$$\% \text{ Fat} = \left( \frac{4.570}{D (\text{身体密度})} - 4.142 \right) \times 100$$

また、有酸素的作業能力を評価するために、PWC<sub>170</sub>を測定した。PWC<sub>170</sub>は自転車エルゴメーター（モナーク社製）を用いて3段階からなる漸増負荷によって、各段階4分間の駆動を行ない、最後の1分間の心拍数とその時の仕事量（kgm/分）から回帰式を求め、心拍数170/分時の仕事量を求めた。

## ②実験 I

本体操の脂質に対する影響を更に詳細に検討するために次の二つの実験を行なった。まず、はじめに初心者と三年以上の継続者の安静時の血中脂質の比較を行なった。初心者の被験者数は5名、継続者の被験者数は8名であり、各々の身体特性は表2に示す通りである。最大酸素摂取量は自転車エルゴメーターを使用し、負荷漸増法により exhaustion 至るまで連続的に採気した。分析は、aerobic processor（日本電機三栄社製）の respiratory mataboric analyzer を使用した。HR は胸部双極誘導法により心電図を記録し、1分間の R 波から求めた。血液サンプルの分析は各々 Total-cholesterol（酵素法）・HDL、LDL（ヘパリン・カルシウム比濁法）・Triglyceride（酵素法）・FFA（ACS-ACO法）によった。

Table 1. Physical characteristics of subjects.

Subj.	N	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	% Fat (%)	LBM (kg)	$\dot{V}O_2\text{max}$ (ml/kg · min)	
Untrained	5	$\bar{X}$	43.0	155.3	56.3	25.4	41.9	29.5
		SD	1.4	5.2	5.2	2.9	3.9	2.6
Trained	8	$\bar{X}$	44.1	152.4	49.3	22.4	38.1	33.7
		SD	2.6	2.9	4.4	4.4	2.1	5.8

## ③実験 II

本体操の運動プログラムをシュミレートした、自転車エルゴメーターによる運動を一過性に行なわせ、運動前後に肘部静脈血の採血を行なった。被験者の身体特性は表3の通りであり、同体操の初心者を対象とした。血液サンプルの分析は実験 I と同方法によった。新たに加えられた乳酸は酵素法、Glucose はグルコースオキシダーゼ酵素電極法によった。

Table 2

Subj.	N	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	% Fat (%)	LBM (kg)	$\dot{V}O_2\text{max}$ (ml/kg · min)	
Gymnastic Group	11	$\bar{X}$	38.2	153.4	52.8	23.8	40.2	30.1
		SD	4.6	4.3	5.2	2.6	3.5	2.3

### 〈結果と考察〉

#### (1) % Fat

体組成 (body composition)とは、身体の構成要素すなわち皮膚・筋肉・骨・内臓諸器官などと脂肪との割合であり、% Fat は体重を100とした場合に体脂肪量がその何%を占めるか表している。脂肪は糖質と並び筋収縮の主要なエネルギーであり、ある程度の脂肪を有することはエネルギー供給源として必要である。しかし、エネルギー産生に貢献しない脂肪は長年の間に血管内壁に堆積し、血管のアテローム変性<sup>3)</sup>につながり各種の成人病の原因となる。したがって、表面的な体重だけではなく、その体内の脂肪量がどの程度存在するのか知っておく必要があると考えられる。一般に貯蔵脂肪が異常に増加した状態が肥満であり、男子の% Fat で20~25%、女子で30~35%以上が肥満とされている。この% Fat は密度法 (水中体重法) や皮下脂肪厚の測定値から推定する方法など数種考案されている。ここでは比較的容易に多人数の測定可能な皮下脂肪厚計測値から、長峯・鈴木<sup>3)</sup>の体密度計算式および、これも広く用いられている Brozek et al の計算式によって求められた。本研究において、% Fat に及ぼす体操の継続年数 (1年未満, 1年~3年, 3年以上) と年齢 (30才代, 40才代, 50才代) の効果を検討のために2要因 (3×3) の分散分析を行ったところ要因の主効果が認められた (Table 3)。

つまり加齢に伴い% Fatが増加し、また、継続年数が長い程% Fatは少ないといえる。年齢と継続年数に交互作用は認められなかったが、年齢別及び継続年数別に% Fatの推移を図示すると、Fig. 1の通りとなる。各年代のA・BおよびCグループともに加齢に伴い、値が上昇している。また各年代とも継続年数が長くなる程低い数値を示している。

以上のように体操継続が長期に渡る程% Fatの増加を防ぐ効果があるといえる。

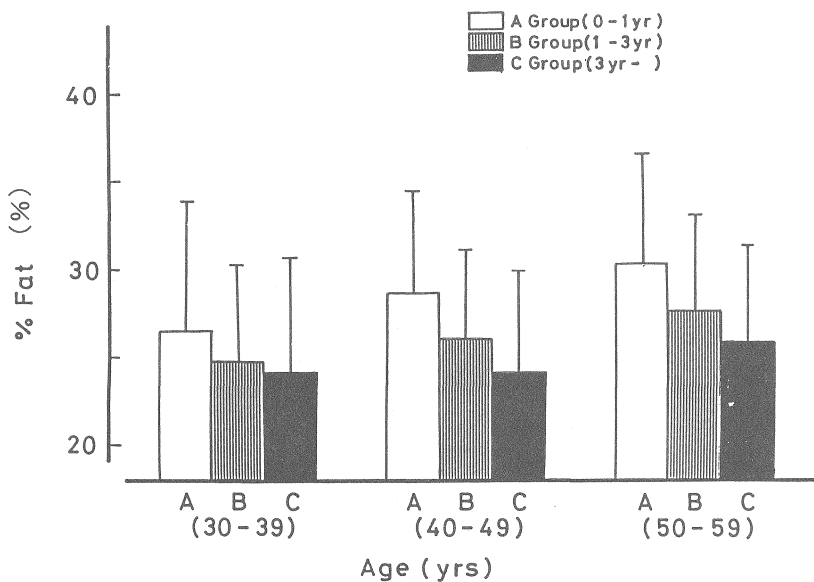


Fig. 1 Comparison of % Fat among the three different period of duration. Values are the mean±SD.

Table 3. 分散分析表

SV	SS	DF	MS	F
A	682.204	2	341.102	8.594 **
B	394.967	2	197.484	4.976 **
A * B	50.546	4	12.637	0.318
WIT. C.	17502.924	441	39.689	

\*\* P &lt; 0.01

## (2) 有酸素的作業能力

現在使用されている体力の中で最も客観的指標とされているものは、最大酸素摂取量である。最大酸素摂取量とは、1分間に摂取できる酸素の最大量のことであり、有酸素エネルギーを単位時間内にどれほどさせるかの指標である。主として心拍出量の大きさ、酸化能力（筋肉が酸素を利用する能力の大きさ）で決定される。すなわち、最大酸素摂取量の大きい人は全身持久力がつよく激しい運動を長時間継続できる能力、俗に言うスタミナが優れているということになる。しかしこの測定には高価な機器と熟練した技術者を必要とし、被験者の心身の負担も少なからぬところから、多人数を測定する場合には、最大酸素摂取量ときわめて高い相関関係にあり、比較的容易に測定可能なPWC<sub>170</sub>が使用される。PWC<sub>170</sub>とは心拍数170拍/分時になされる仕事量（Physical Working Capacity）から個人の全身持久力を推定するものである。本研究では対象者が多数であることから、有酸素的作業能力の指標としてPWC<sub>170</sub>を用いた。体重当たりのPWC<sub>170</sub>についての結果は、Fig. 2に示された通りである。2要因のF検定を実施した結果有意な差は認められなかった。しかしこの図に示された通り30才代、40才代では、A・B・C各グループともに差はなく、50才代になると、A→B→Cグループと継続年数が長くなる程高い値を示している。この能力の向上のためには週一回のペースを守るとするならばプログラムの変更の必要性も考えられる。

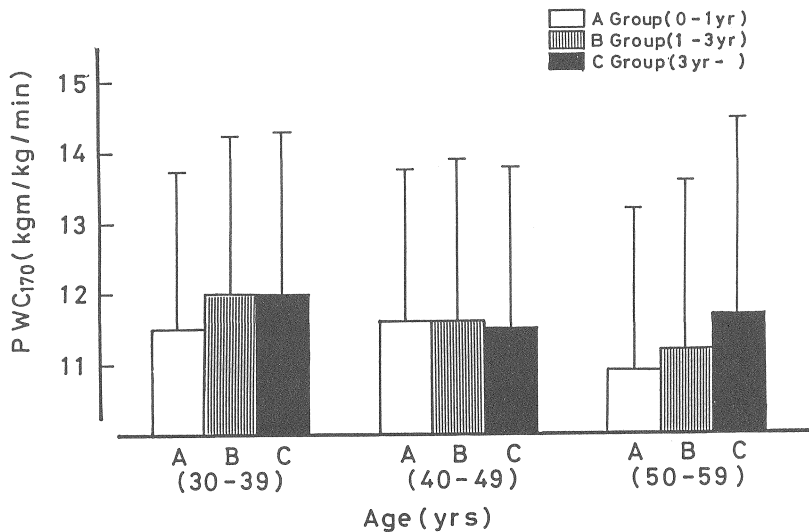


Fig. 2 Comparison of PWC<sub>170</sub> among the three different period of duration. Values are the mean ± SD.

(1)(2)に示されたように、本体操を長期に継続することにより有酸素的作業能力には変化が認められなかったが% Fatを減少させる効果が認められた。

(3) 安静時の血中脂質の比較

先の測定において% Fatに顕著な差が認められた40才代の体操実践の初心者及び継続者について、安静時の血中脂質すなわちTotal-cholesterol (総コレステロール), HDL (高比重リポタンパク), LDL (低比重リポタンパク), Triglyceride (中性脂肪), FFA (遊離脂肪酸)について比較した。各測定項目の比較によって、運動習慣が血中脂質水準に及ぼす影響を検討した。結果はFig. 3に示された通りである。

まず、Total-Cholesterolでは初心者の方が継続者よりも高い値を示した。HDLでは余り差が見られなかったが、LDLにおいて継続者の方が低い値が得られた。このことは、この体操継続が、一般に動

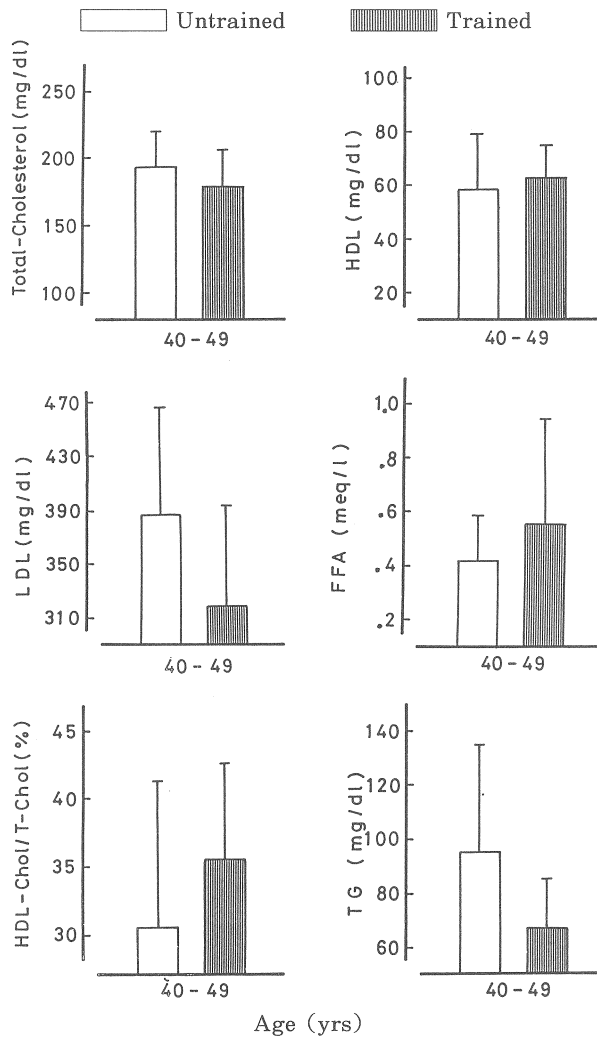


Fig. 3 Comparison of blood lipids between trained and untrained subjects at rest.

脈硬化を予防する働きをもち、善玉コレステロールと呼ばれる HDL<sup>10)</sup>を増加させることよりも、動脈硬化を促進する働きを持つ悪玉コレステロールと呼ばれる LDL の増加を抑制することを示すものと考えられる。さらに、Total-Cholesterol 中の HDL の占める割合を見てみると、継続者の方が約 5% 高値を示している。この傾向は、中年女子を対象とした北嶋等<sup>8)</sup>・肥満女性を対象とした田中等<sup>9)</sup>の報告と一致している。また、Triglyceride および FFA をみても、初心者と比較して継続者の方が、Triglyceride が低く、FFA が高い値を示している。このように安静時において初心者よりも体操継続者の血中脂質が中性脂肪が少なく、遊離脂肪酸が多いという良好な状態に維持されているといえることができる。

#### (4) 体操前後の血中成分の比較

Fig. 4 は、本体操の運動プログラムであり、x 軸は時間を示し y 軸は %  $\dot{V}O_2\max$  を示している。%  $\dot{V}O_2\max$  とは運動強度を客観的に表す指標として用いられ、個人の最大酸素摂取量を 100% とした場合にその何% の負荷強度であるかを示す指標である。一般には酸素摂取と心拍数の両者に正比例 (直線) 関係があることから心拍数によって運動強度を把握する方法がとられている。

本体操は著者などの実験<sup>13)</sup>により確認された約 50%  $\dot{V}O_2\max$  の運動強度をもつ 50 分間の体操である。その構成は V 群からなり、第 I 群は約 45%  $\dot{V}O_2\max$  の運動を 6 分間、第 II 群では約 47%  $\dot{V}O_2\max$  運動を 14 分間、同様に III 群では約 53%  $\dot{V}O_2\max$  の運動を 5 分間、IV 群では約 42%  $\dot{V}O_2\max$  運動を 12 分間、V 群では立位の移動で約 68%  $\dot{V}O_2\max$  の運動を 13 分間行なうものである。

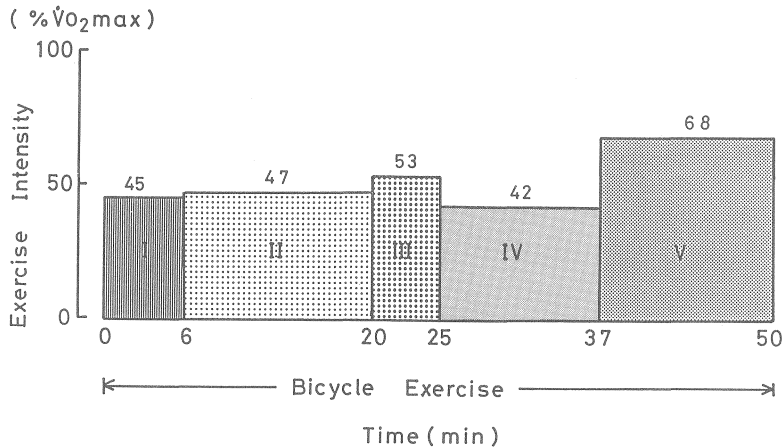


Fig. 4 Exercise Program

このような運動プログラムをもつ一過性の運動の血液成分に及ぼす影響を検討した。

まず、この運動中の呼吸商からエネルギー消費に対する糖質燃焼及び脂質燃焼の依存率を推定した。結果は Fig. 5 に示された通りである。50 分間の体操中、I 群、IV 群は全エネルギー消費量に対する脂質燃焼の割合が高くなっている。II 群・III 群ではほぼ 50% の依存率を示している。第 V 群になると糖質燃焼の割合が高くなっている。運動は強度が強くなると糖質が主たるエネルギー源となり、運動強度が軽く長時間になると脂肪がエネルギー源として利用されるようになる<sup>11)</sup>。本体操は Fig. 5 から明らかな

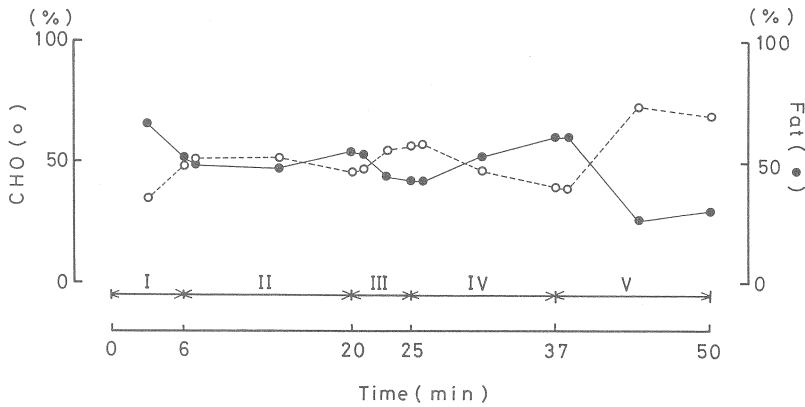


Fig. 5 Ratio of combustion carbohydrate and Fat

ように脂肪燃焼率が約50%前後であり、その時間も長くなっている。以上のことから、本体操は脂質代謝が比較的高いことが推察される。

さらに、運動前後の血中成分の変化を Fig. 6 に示した。この図は安静時のレベルを100%とし、運動後の血中成分の変化を示したものである。Total-Cholesterol, HDL, LDL は約 5% の増加を示しているが、それに対して Triglyceride は約 5.1% の減少を示している。また、Glucose の約 1.5% の増加と比較して、FFA は約 2.5 倍の増加を示し、脂質の動員率の高いことが推察される。

このように、脂肪燃焼率が約50%であることから推察されるように、血中脂質においても Total-Cholesterol, LDL, Triglyceride の低下という変化を示し、体操継続が間接法から推定した% Fat の減少という好ましい影響を与えていることの根拠が示されたものと考えられる。

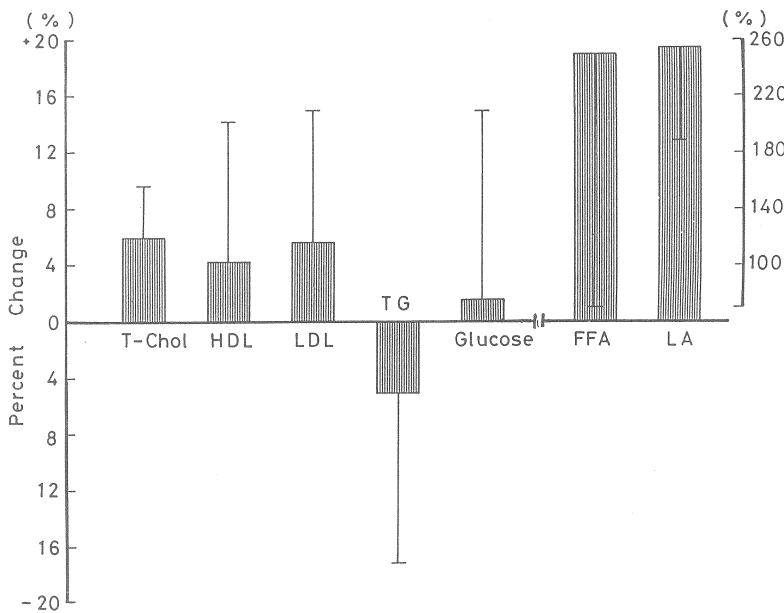


Fig. 6 Change of the blood components pre-and post-exercised.

### 〈おわりに〉

以上のことから、約50%  $\dot{V}O_2\max$  の50分間の体操を週一回、長期に渡り継続することにより、加齢に伴う身体脂肪量の増加を抑制する効果があるといえる。このように体組成に対し顕著な影響を示した原因はこの体操プログラムの脂質の動員率の高さによるものと考えられる。体組成に効果的な影響を与えるトレーニングプログラムとして、アメリカスポーツ医学会の公式見解は、週3回の頻度・50%  $\dot{V}O_2\max$  の強度・20～30分の時間が必要であるとしているが、週一回の運動習慣においても長期に継続することにより、体組成に影響を与え、成人病のリスクファクターの一つである、脂肪の過剰な蓄積を軽減することが可能であると考えられる。

### 〈謝 辞〉

本研究に際し、鹿児島大学教育学部名誉教授三井島智子先生、鹿児島大学教育学部美坂幸治先生・丸山敦夫先生、鹿児島経済大学平木場浩二先生に、ご協力いただきましたことを深く感謝申し上げます。

### 引用・参考文献

- 1) 厚生省保健医療局健康増進栄養課 監修「日本人の栄養所要量」第一出版 1989 p 41～46  
p 152～156
- 2) 青木純一郎・前嶋 孝・吉田敬義編「日常生活に生かす運動処方」第3版 杏林書院 1984  
p 128～129
- 3) 波多野義郎・加藤敏明「奇跡の速歩健康術」第4版 朝日ソノラマ 1985 p 14～16
- 4) 山路啓司「運動処方のための心拍数の科学」第6版 大修館書店 1981 p 75
- 5) 池上晴夫「運動処方の実際」第3版 大修館書店 1990 p 66
- 6) 小宮秀一・佐藤彦彦・安河内郎「体組成の科学」朝倉書店 1988 p 91
- 7) 丸山敦夫・美坂幸治「 $\dot{V}O_2AT$  および  $\dot{V}O_2\text{submax}$  による長距離選手 Performance の推定について」鹿児島大学教育学部 紀要 自然科学編 35号 1984
- 8) 北嶋久雄・江崎利昭「中年女子の血清脂質と有酸素的作業能力に対する10週間の Exercise Conditioning Program 効果」日本体育学会第36会大会号 1986 p 635
- 9) 田中喜代次他「中高龄肥満女性の活力年齢の経年的変化」日本体育学会第41回大会号1990  
p 502
- 10) 本間康彦「動物性脂肪・コレステロール」からだと科学 Vol.138 p52～55
- 11) 宮村実晴・矢部京之助編「体力トレーニング」真興交易出版 1986 p 139～141
- 12) 長尾愛彦・有江醇子他「中高龄長期ランニング継続者の血清脂質と食物摂取量、運動量との正準相関分析について」体力科学 1983 Vol. 32 p 126～133
- 13) 三井島智子・小松恵理子「主婦層の体操継続が身体へ及ぼす影響について一形態・体組成・体力の観点から」鹿児島大学教育学部 紀要 自然科学編 40号 1989
- 14) 北川 薫「運動が身体組成に与える効果」体育の科学 VOL.35 No.10 体育の科学社 1985



- 15) 小松恵理子・三井島智子・丸山敦夫・平木場浩二 「女子の体組成に及ぼす体操の影響について  
一年齢変化および継続年数の観点から」 第36回日本体育学会号 p 541 1985