

水泳トレーニングが中高年女子の身体組成, 有酸素性作業能 血清脂質に及ぼす影響

深代 泰子*, 跡見 順子**

Effect of Eight-Week Swimming Training on Body Composition, Aerobic Work Capacity and Serum Lipids of Middle-Aged Women

Taiko FUKASHIRO* and Yoriko ATOMI**

Abstract

Epidemiologic studies have demonstrated an inverse correlation between HDL-cholesterol and the incidence of coronary artery disease. On the other hand physically active individuals tend to have higher HDL levels than sedentary people. We examined the effect of eight-week swimming training on the body composition, aerobic work capacity and serum lipids and lipoproteins of ten middle-aged women whose physical activity level was relatively high.

A training effect was documented by a significant increase in $\dot{V}O_2\max$ from 31.6 to 38.6 ml/kg/min. Although their $\dot{V}O_2\max$ before training was slightly higher than that of the sedentary women of an age, 20 per cent increase in $\dot{V}O_2\max$ indicated the middle-aged women's high trainability. Significant correlation coefficient ($r = 0.699$) was found between the increase in $\dot{V}O_2\max$ and the frequency of the training. There was also a significant decrease in the lipids in the β -fraction of the lipoprotein distribution from 55.0 to 49.4%. However, there was no significant change in body composition, serum total-cholesterol, free-cholesterol, HDL-cholesterol, triglycerides, α - and pre- β fractions, although the values of free-cholesterol and triglycerides decreased. Though in this study swimming training did not elevate HDL-cholesterol level, because of the slightly low total-cholesterol and slightly high HDL-cholesterol levels, total-/HDL-cholesterol ratio was smaller than that of the sedentary before training. So it was suggested that their physically active life style before training might have already affected not only their aerobic work capacity but also their total-/HDL-cholesterol ratio.

KEY WORDS : Training, $\dot{V}O_2\max$, Serum lipids, Middle-aged women

緒言

近年, HDL (高密度リポタンパク) の濃度と冠動脈疾患の発症率との間に緊密な関係のあることが明らかにされ, リポタンパクが注目を浴びるようになった。1975年, Millerらが虚血性心疾患患者では健常者に比べてHDL濃度が低くなっているということを指摘し, HDL濃度の低下は動

脈壁からのコレステロール除去を抑制し, 動脈硬化症の進展に促進的に作用する可能性があるとして発表し, その後の研究によって, HDLを減少させる要因として, 高中性脂肪血症, 肥満, 糖尿病, 運動不足, 喫煙がある, 男性は女性よりHDLが低い, 適度なアルコール摂取はHDLを上昇させることなどが明らかにされた。

一方, 身体活動とHDLの関係については, ラ

* 鹿屋体育大学 National Institute of Fitness and Sports in Kanoya, Kogoshima, Japan

** 東京大学 University of Tokyo, Tokyo, Japan

ンニングやジョギングなど持久的なトレーニングによってHDL-コレステロールが高まるという報告^{4,7,8,11)}がなされている。

本研究においては、トレーニングとして水泳を選び、水泳によるトレーニングが中高年女子の身体組成、有酸素性作業能及び血清脂質、リポタンパクに及ぼす影響について検討を試みた。

方法

被検者は東京都足立区にあるNASスイムスクール花畑の水泳クラスに参加している比較的活動的な中高年女子(年齢 41.3 ± 6.7 歳, 身長 154.7 ± 4.2 cm, 体重 51.2 ± 6.3 kg)とし, 1回1時間, 週3回, 8週間の水泳トレーニングを行なった。トレーニングは, 距離, 泳法, インターバル中心の日をそれぞれ週1回設け, 計週3回を基準として行なった。

8週間のトレーニングの前後に, 身体組成および有酸素性作業能力の測定を行なった。身体組成については, 皮下脂肪厚および水中体重の測定を行ない, 体脂肪率, 体脂肪量, 除脂肪体重を求めた^{3,10)}。また, 有酸素性作業能力についてはモナーク社製自転車エルゴメータを用い, 漸増負荷法により all-out に至るまで作業を遂行させた。ダグラスバック法により呼気を採取し, 自動ガス分析

装置(三栄測器製)により, O_2 , CO_2 濃度を分析し, 最大酸素摂取量($\dot{V}O_{2max}$)を求めた。

トレーニングの前後および4週の時点において, 血清脂質およびリポタンパクの分析を実施した。採血は12時間以上絶食した後, 早朝空腹時, 肘静脈より行なった。血清脂質のうちHDL-コレステロールのHDL分画の分離には硫酸デキストラ沈澱法を用いた。コレステロールおよび中性脂肪の分析はすべて酵素法によった。リポタンパクの分析については, セルロース・アセテート膜を用いて電気泳動を行ない, 脂溶性色素 Fat Red 7B により染色し, デンシトメータにより α , pre- β , β の各分画に含まれる脂質の分布を求めた。

結果および考察

表1に各被検者のトレーニング状況を示した。8週間に泳いだ総距離は平均20,975m, 最も少ない者は11,900m, 最も多く泳いだ者では37,025mと3倍程度の開きが見られた。総トレーニング回数は平均26.1回となり, 週当りにすると3.26回となった。トレーニング頻度の最も少なかった者は2.25回, 多かった者は5.25回と二倍以上の開きがあった。1回の水泳距離は平均799mであった。

Table 1. Swimming distance and frequency of training

Subject	Age yrs	Total Distance for 8 weeks (m)	No. of Workout for 8 weeks	Frequency per week	Distance per day (m)
A	31	17425	26	3.25	670
B	37	15295	22	2.75	695
C	38	30050	32	4.00	939
D	39	11900	19	2.375	626
E	40	19400	18	2.25	1078
F	40	27300	37	4.625	738
G	41	15850	20	2.50	793
H	42	19900	24	3.00	829
I	51	37025	42	5.25	882
J	54	15600	21	2.625	743
Mean \pm SD	41.3 \pm 6.7	20975 \pm 7523	26.1 \pm 7.8	3.26 \pm 0.97	799 \pm 130

身体組成

表2にトレーニング前後の体重, 体脂肪率, 体脂肪量, 除脂肪体重を示した。体重の変化は-1.7~+1.1kgの範囲にあり, 全体としてみると0.3kgの減少にとどまった。体脂肪率は平均値ではトレーニング前23.4%から8週後に22.3%と1.1%の低下が見られたが有意ではなかった。しかしながら, 被検者F, G, Hの3名においては3.6~5.4%と著しい体脂肪率の減少が観察された。体脂肪量については体脂肪率と同様の傾向が見られた。また除脂肪体重については全体としたはトレーニング前後で大きな変化はみられなかったが, 体脂肪率の減少した被検者(F, G, H)においては1.54~4.20kgの増加が認められた。

一方, 皮下脂肪厚については, トレーニングによって上腕背部では平均して17.6mmから16.7mmへ, 肩甲骨下部では18.4mmから17.6mmへ, 腹部では29.1mmから27.6mmへとわずかに減少する傾向があったが, 有意差は認められなかった。

水泳による減量効果については, 800mをゆっくり泳いだ場合およそ300Kcalのエネルギー消費となり, これを1日おきに実施すれば, 1ヶ月当たり0.8kgの体重減少が期待されるという²⁾。本研究の水泳トレーニングは1回の平均距離800m, 週3.26回, 8週間であったので, エネルギー消費の面からは, 1.6kgの体重減が可能であったはずだが, 実際には平均0.3kgの減少にとどまり, 消費エネルギーの増加に見合うように摂取エネルギーも増加したものと考えられる。

有酸素性作業能力

表3にトレーニング前後の $\dot{V}O_2\max$ の変化を示した。絶対値では1.61 l/分から1.95 l/分へ, 体重当りでは31.6ml/kg・分から38.6±5.9ml/kg・分へ, LBM当りでは41.3ml/kg・分から49.6ml/kg・分へと, トレーニング後に20%という $\dot{V}O_2\max$ の有意な増加が見られた。

図1は年齢と体重当り $\dot{V}O_2\max$ の関係を示したものである。被検者10名中9名において $\dot{V}O_2\max$ の著しい増加が認められるが, トレーニング前(●印)において既に被検者全員が運動習

Table 2. Body composition before and after 8-week training

Subject	Body Weight (kg)			% Body Fat (%)			Body Fat (kg)			Lean Body Mass (kg)		
	before	after	diff.	before	after	diff.	before	after	diff.	before	after	diff.
A	46.6	45.3	-1.3	18.9	18.2	-0.7	8.81	8.23	-0.58	37.81	37.06	-0.75
B	50.8	49.1	-1.7	18.5	20.5	+2.0	9.37	10.05	+0.68	41.38	39.00	-2.38
C	49.4	51.0	+0.6	17.9	18.7	+0.8	8.83	9.54	+0.71	40.59	41.42	+0.82
D	56.5	56.2	-0.3	28.8	30.3	+1.5	16.24	18.20	+1.96	40.22	37.97	-2.25
E	54.4	54.0	-0.4	23.0	21.6	-1.4	12.50	11.68	-0.82	41.92	42.33	+0.41
F	44.4	44.6	+0.2	20.7	17.1	-3.6	9.02	7.62	-1.40	35.40	36.94	+1.54
G	65.0	66.1	+1.1	35.4	30.1	-5.3	23.00	19.87	-3.13	41.98	46.18	+4.20
H	52.8	52.0	-0.8	25.2	19.8	-5.4	13.29	10.28	-3.01	39.51	41.67	+2.16
I	44.7	43.9	-0.8	23.5	24.3	+0.8	10.49	10.64	+0.15	34.21	33.22	-0.99
J	47.2	47.2	±0.0	22.8	22.8	±0.0	10.77	10.76	-0.01	36.43	36.39	-0.04
Mean ± SD	51.2 ± 6.0	50.9 ± 6.4	ns	23.4 ± 5.4	22.3 ± 4.7	ns	12.23 ± 4.24	11.69 ± 3.86	ns	38.95 ± 2.67	39.22 ± 3.53	ns

Table 3. $\dot{V}O_2$ max before and after 8-week swimming training

Subject	$\dot{V}O_2$ max (l/min)			per body weight (ml/kg·min)			per LBM (ml/kg·min)		
	before	after	diff.	before	after	diff.	before	after	diff.
A	1.79	1.88	+0.09	38.4	41.5	+ 3.1	47.4	50.7	+ 3.3
B	1.75	2.17	+0.42	34.4	44.2	+ 9.8	42.3	55.6	+13.3
C	1.42	1.99	+0.57	28.7	39.0	+10.3	35.0	48.0	+13.0
D	1.59	1.75	+0.16	28.1	31.1	+ 3.0	39.5	44.7	+ 5.2
E	1.68	1.66	-0.02	30.9	30.7	- 0.2	40.1	39.2	- 0.9
F	1.64	2.17	+0.53	36.9	48.7	+11.8	46.3	58.7	+12.4
G	2.01	2.50	+0.49	30.9	37.8	+ 6.9	47.9	54.1	+ 6.2
H	1.53	1.96	+0.43	29.0	37.7	+ 8.7	38.7	47.0	+ 8.3
I	1.43	1.86	+0.43	32.0	42.4	+10.4	41.8	56.0	+14.2
J	1.25	1.53	+0.28	26.5	32.4	+ 5.9	34.3	42.0	+ 7.7
Mean±SD	1.61±0.22	1.95±0.28	*	31.6±3.9	38.6±5.9	**	41.3±4.6	49.6±6.2	***

* : significant (p<0.05), ** : significant (p<0.01), *** : significant (p<0.005)

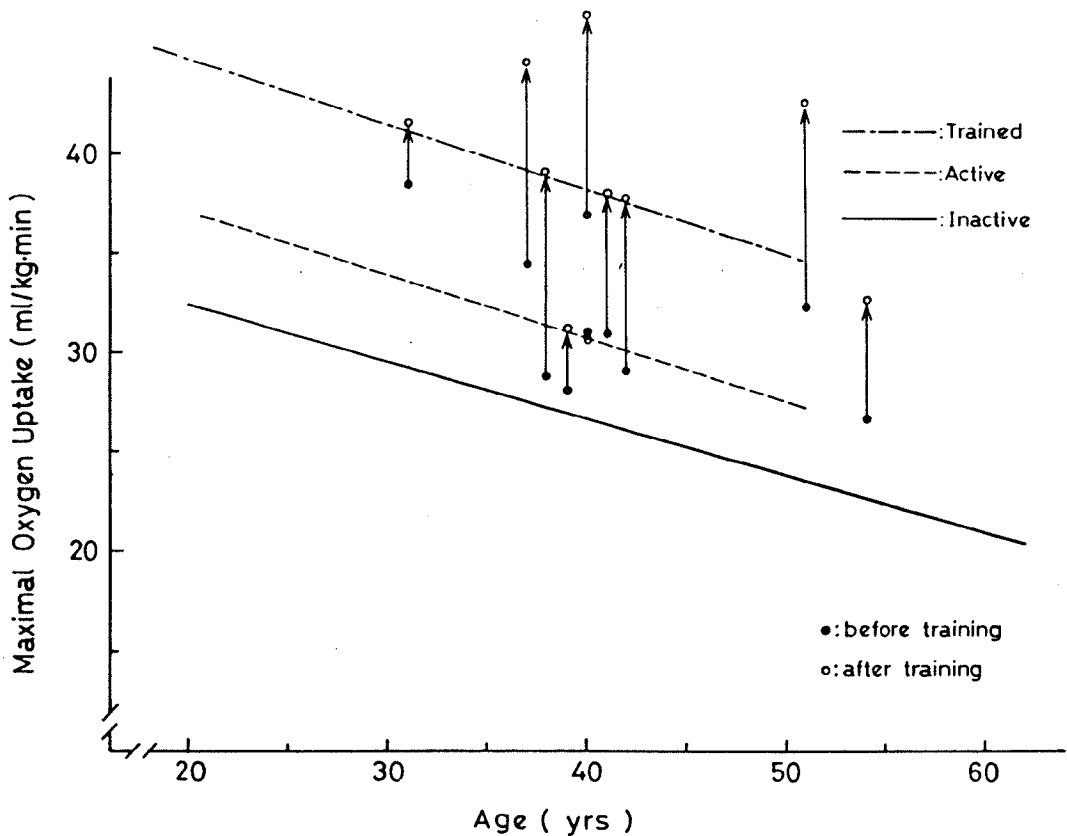


Fig. 1 Change of $\dot{V}O_2$ max due to 8-week training in reference to age

慣を有しない一般女子の平均¹⁾ (——) よりも高いレベルにあり, うち7人はさらに活動的な女子の平均¹⁾ (-----) よりも高いレベルにあったことが注目された。8週のトレーニング後 (○印), 全員が活動的な女子のレベルを超え, うち7人はさらにトレーニングを行っている女子のレベル¹⁾ (-----) に達していることが示されている。

被検者全員が, トレーニング前から高い $\dot{V}O_2\max$ を有していたということは, トレーニング以前のスイムスクールにおける身体活動を反映しているものと考えられる。

図2はトレーニングの頻度と $\dot{V}O_2\max$ (体重当り)の変化量との関係を示すものであるが, 両者の間には $r = 0.699$ と5%水準で有意な相関係数が得られ, トレーニング頻度の多い者ほど $\dot{V}O_2\max$ の伸びが大きく, 特に週4回以上トレーニングを実施した者は10ml以上の増加を示したこ

とが注目された。

泳力の指標として400mクロールのタイムを測定し, これと $\dot{V}O_2\max$ の関係をトレーニング前後について比較したのが図3である。トレーニングによって $\dot{V}O_2\max$ とタイムともに改善が認められたが, 被検者H, Iの2名においては $\dot{V}O_2\max$ がそれぞれ8.7, 10.4ml/kg・分の増加に対し, タイムが1分半程度短縮したのに対し, 被検者A, Dの2名においては $\dot{V}O_2\max$ の増加量が3.1, 3.0ml/kg・分と被検者H, Iの3分の1程度にすぎなかったにもかかわらず, タイムの短縮が2分と大きく, 被検者A, Dにおいては水泳技術の改善がより大きかったことが示唆された。一方, 被検者Jでは $\dot{V}O_2\max$ の増加量5.9ml/kgに対してタイムの短縮が30秒程度にとどまり, 有酸素性作業能力の向上が水泳のパフォーマンスにあまり反映されていなかった。

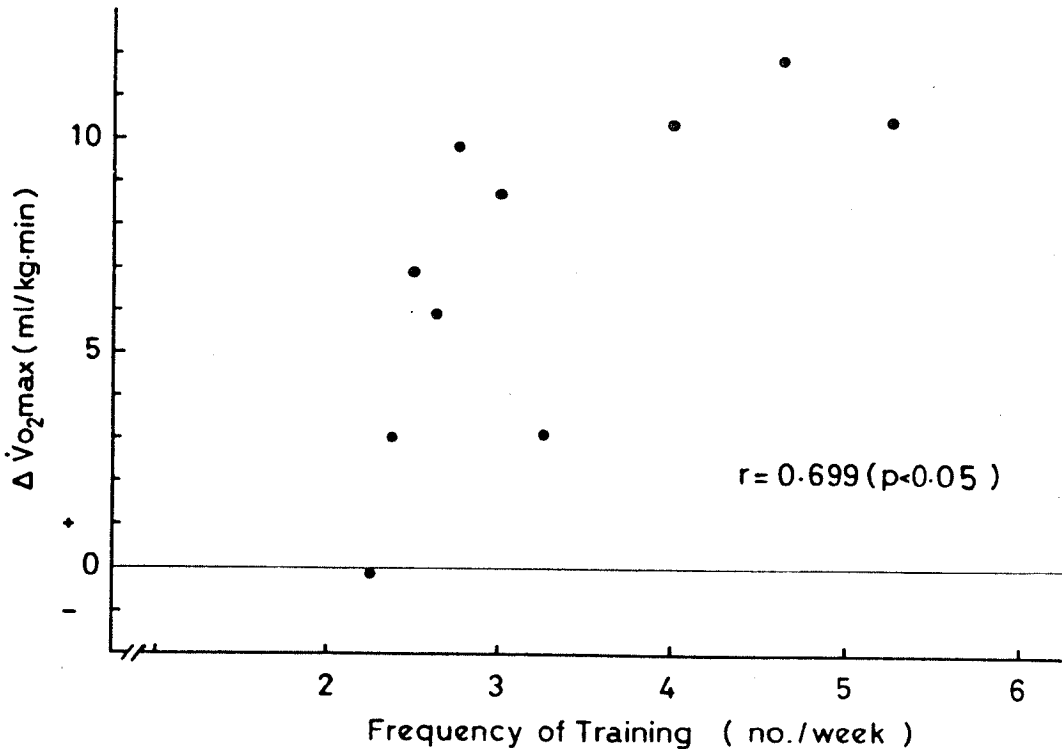


Fig. 2 Relation between frequency of training and change of $\dot{V}O_2\max$

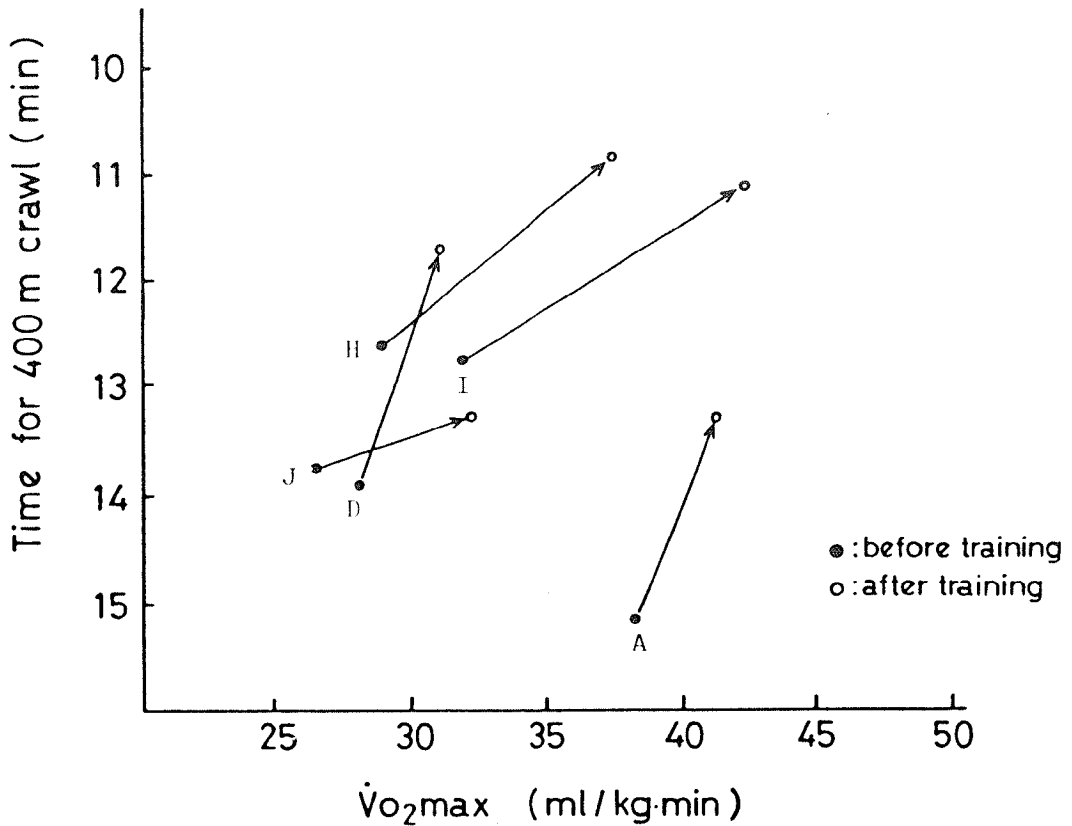


Fig. 3 Change of $\dot{V}O_2\max$ and time for 400m due to swimming training

8週間の水泳トレーニングにより、 $\dot{V}O_2\max$ の20%の増加が見られた。女子の持久性トレーニングについては数多くの研究がなされているが、 $\dot{V}O_2\max$ の80%の強度で週3回、6～10週のトレーニングを実施したときの $\dot{V}O_2\max$ の伸びは20～24%であることが報告されている。^{6,9,12)} $\dot{V}O_2\max$ の増加率に基づけば、本研究の水泳トレーニングの強度は $\dot{V}O_2\max$ の80%に相当するであろうと推定される。

また、トレーニング以前においても水泳のクラスに参加し、やや高い $\dot{V}O_2\max$ を有していたが、トレーニングにより $\dot{V}O_2\max$ の大きな伸びが見られたことは、中高年女子のtrainabilityの大きさを示すものといえる。

血清脂質およびリポタンパク

トレーニング前・中・後の総コレステロール、遊離コレステロール、HDLコレステロール、

総コレステロール/HDLコレステロール比を表4に示した。

総コレステロールはトレーニング前には188mg/dlであったのが、4週後に199mg/dlと若干増加し、8週後にはやや減少して193mg/dlとなったが、有意な変化は見られなかった。遊離コレステロールも同様に、トレーニング前47mg/dl、4週後に増加して55mg/dl、8週後には減少して44mg/dlとトレーニング前より低い値を示した。HDLコレステロールは4週後に64mg/dlとやや上昇を示したものの、トレーニング前61mg/dl、8週後60mg/dlと同じレベルであった。総コレステロール/HDLコレステロール比については、4週の時点でのHDLコレステロールの上昇に対応して、4週後に比はやや小さい値を示し、トレーニング後には3.27とやや大きな値となったが、変化は有意ではなかった。

Table 4. Change of serum lipids

	before	4 weeks	8 weeks	
Total Cholesterol mg/dl	188±24.6	199±28.5	193±30.5	ns
Free Cholesterol	47±5.1	55±9.9	44±4.2	ns
HDL-Cholesterol	61±10.6	64±14.4	60±10.6	ns
Triglyceride	90±16.4	89±18.9	83±16.0	ns
Total/HDL-Cholesterol Ratio	3.13±0.61	3.05±0.51	3.27±0.54	ns
Mean ± SD				

Table 5. Change of distribution of serum lipoprotein

fraction	before	4 weeks	8 weeks	
α	36.3 ± 6.1%	29.9 ± 7.9%	39.4 ± 5.1%	ns
pre- β	9.4 ± 2.4	19.6 ± 13.9	11.3 ± 5.1	ns
β	55.0 ± 6.3	50.4 ± 8.0	49.4 ± 4.9	significant (p<0.05)

表5に電気泳動によって分離された血清リポタンパクの各分画に含まれる脂質の相対的な割合を示した。 α 分画はHDLに相当するが、トレーニング前36.3%、4週の時点で減少して29.9%、8週後に増加して39.4%となった。この変化の傾向はHDL-コレステロールの変化傾向と逆であり、コレステロール以外の脂質の変化が示唆された。VLDL（超低密度リポタンパク）に相当するpre- β は4週の時点で大きな増加を示したが、トレーニング前後では10%前後とほとんど同じレベルにあった。LDL（低密度リポタンパク）に相当する β 分画はトレーニング前55.0%であったのが、4週後50.4%、8週後49.4%と低下し、トレーニング後に有意な低下が認められた。

トレーニングによる高脂血症の改善に関しては、これまでの研究から、総コレステロールについてはやや困難であるが、中性脂肪、HDL-コレステロール、総コレステロール/HDL-コレステロール比の改善は比較的易しいとされている⁵⁾。

本研究においてはトレーニングによる血清脂質の顕著な変化は認められなかったが、これは被検者がいずれも健康人で、血清脂質レベルが正常範囲内であったためと考えられる。しかし、HDL-コレステロールはトレーニング前でも61mg/dl

と同年代の平均よりやや高く、一方総コレステロールは平均よりやや低く、その結果、総コレステロール/HDL-コレステロール比が小さく、良好な状態にあり、トレーニング以前から水泳を行なうなど比較的活動的であったことが影響していることが考えられた。

まとめ

中高年女子10名（年齢41.3±6.7歳）に1回1時間、週3回、8週間の水泳トレーニングを行なわせ、身体組成、有酸素性作業能、血清脂質のトレーニングによる変化を観察した。

体重、体脂肪率、体脂肪量はわずかに減少、除脂肪体重はわずかな増加を示したが、全体として身体組成の有意な変化は見られなかった。

有酸素性作業能力については、トレーニング前にすでに $\dot{V}O_{2max}$ が平均よりも高いレベルにあったが、トレーニングによりさらに平均20%の増加が認められ、高いtrainabilityが示された。 $\dot{V}O_{2max}$ の増加率よりトレーニング強度は $\dot{V}O_{2max}$ の80%に近いものであったことが推察された。また、トレーニング頻度と $\dot{V}O_{2max}$ の間には5%水準で有意な相関係数が得られた。 $\dot{V}O_{2max}$ の増加に伴い、泳力の向上が認められた。

血清脂質レベルにトレーニングによる大きな影

響は見られなかったが、トレーニング後電気泳動による β 分画中に含まれる脂質の割合の低下が認められた。総コレステロール/HDL-コレステロール比はトレーニング前から比較的低いレベルにあり、トレーニング前の比較的活発な身体活動によりすでに影響をうけていたことが示唆された。

参考文献

- 1) 跡見順子：女子の呼吸循環系機能. 体育の科学 31:17-27, 1981.
- 2) 跡見順子：肥満者のためのスポーツ. 浅見・宮下・渡辺編 現代体育・スポーツ大系第10巻健康・体力とスポーツ. p.157~168 講談社. 1984.
- 3) Brožek, J., F. Grande, J. T. Andersen and A. Keys : Densitometric analysis of body composition : Review of some quantitative assumptions. Ann. N. Y. Acad. Sci. 110 : 113-140, 1963
- 4) Holloszy, J. O. and J. S. Skinner : Effect of six month program of endurance exercise on the serum lipids of middle-aged men. Am. J. Cardiol. 14 : 253, 1964
- 5) 伊藤朗：代謝性障害者のための運動処方. 浅見・宮下・渡辺編 現代体育・スポーツ大系第10巻健康・体力とスポーツ. p.169~179. 講談社. 1984.
- 6) 加賀谷淳子：成人女子の持久性トレーニングの強度に関する研究(1)——最大酸素摂取量の80%負荷のトレーニング効果——. 体育科学 1:98-107, 1973.
- 7) Lehtonen, A. and J. Viikari : The effect of rigorous activity in reference to serum high-density lipoprotein cholesterol. Acta Physiol. Scand. 104 : 117-121, 1978
- 8) Lipson, L. C., R. O. Bonow, E. J. Schaefer, H. B. Brewer and F. T. Lindgren : Effect of exercise conditioning on plasma high density lipoproteins and other lipoproteins. Atherosclerosis 37 : 529-538, 1980
- 9) 宮下充正, 跡見順子, 伊藤克子, 岩崎洋子：有酸素性作業能のトレーニング効果に及ぼす強度と頻度の影響. 体育科学 3:76-84, 1975.
- 10) Nagamine, S. and S. Suzuki : Anthropometry and body composition of Japanese young men and women. Human Biol. 36 : 8-15, 1964
- 11) Wood, P. D., W. Haskell, H. Klein, S. Lewis, M. P. Stern and J. Farguhár : The distribution of plasma lipoproteins in middle-aged male runners. Metabolism 25 : 1249-1257, 1976
- 12) 山川純, 宮原富貴子：持久力 training の処方に関する研究——自転車エルゴメーターによるトレーニング効果の比較. 体育科学 2 : 259-265, 1974.