

身体的トレーニングの中断と再開が最大酸素摂取量、 脚筋力、身体組成に及ぼす影響

北村 潔和

（1994年10月13日受理）

Changes in Maximum Oxygen Uptake, Leg Strength and Body Composition with Detraining and Retraining

Kiyokazu KITAMURA

キーワード：トレーニングの中断，トレーニングの再開，最大酸素摂取量，脚筋力，身体組成
Key Word : detraining, retraining, $\dot{V}O_2\max$, leg strength, body composition

I. 目 的

身体的なトレーニングやその中断が、最大酸素摂取量（ $\dot{V}O_2\max$ ）に及ぼす影響についての報告は^{1, 2, 4, 6, 8, 22, 28, 30, 31}多い。その中でトレーニングによる $\dot{V}O_2\max$ の増加率は、トレーニング前の $\dot{V}O_2\max$ と密接な関係にあり、トレーニング前の値が低いとその増加率は大きいことが報告されている^{2, 6, 30}。また、トレーニング中断の影響を検討した報告では、トレーニング前の $\dot{V}O_2\max$ の大きい者ほどその低下率の大きいことが明らかにされている^{4, 29}。そして、このような関係の認められる理由が、トレーニング前の身体活動量の違いや、トレーニングによって獲得された $\dot{V}O_2\max$ はトレーニング中断の影響を受けやすいことで説明されてきている^{2, 6, 29}。しかし、これらを確かめた報告はみられない。

本研究はバレーボールの練習（以後はトレーニングとする）による $\dot{V}O_2\max$ の増加率とその中断による $\dot{V}O_2\max$ の低下率との関係を、よくトレーニングされたバレーボール選手を対象に、トレーニングの中断と再開を行わせ、その間の $\dot{V}O_2\max$ の測定から明らかにするために企画した。併せて、それらが脚筋力と身体組成に及ぼす影響についても検討を加えた。

II. 実験方法

被検者はT大学バレーボールクラブに所属する、年齢18-22歳の健康な女子部員16名である。これらの被検者は実験に参加する前、少なくとも3ヶ月以上の間、同じ内容のトレーニングを1週間に4-5回、1回2時間30分-3時間程度行っていた。トレーニングの内容は、対人パス、対人レシーブ、2人レシーブ、スパイク、練習試合などである。これらの運動強度については、先に報告した²⁰。

1986年7月16日にトレーニング中断前（以後はBDTとする）、同年8月18日にトレーニング中断後（以後はADTとする）、同年12月3日にトレーニング再開後（以後はARTとする）の測定を実施した。したがって、被検者は33日間のトレーニングの中断（特別な身体活動を行わない日常生活を送らせた）と、その後、約15週間（実際にトレーニングを行った日数は66日であった）のトレーニングを行ったことになる。トレーニング中断期間を33日、トレーニング再開期間を15週としたのは、それらの影響が顕著に現われるのに十分な期間と考えたからである。

被検者の皮下脂肪は、皮脂厚計（栄研式）を用いて、上腕背部と肩甲骨下の2ヶ所について測定した。得られた皮脂厚から身体密度を算出し

(NagamineとSuzuki²⁷⁾の推定式), Brozekら²⁸⁾の式を用いて体脂肪率(%Fat)を求めた。体脂肪量は体重(Wt)×%Fat/100より, 除脂肪体重(LBM)はWtより体脂肪量を差し引いて求めた。

左右の最大脚伸展力は, 多用途筋力測定装置(竹井機器工業株式会社)と背筋力計を改造した筋力計を用いて測定した。すなわち, 被検者を測定用の椅子に座らせ腰部をバンドで固定した。次に筋力計に接続されたベルトを足首に架け, ベルトの長さを膝関節角度が90度になるように調節し, その姿勢で約3秒間の最大努力の脚伸展を行わせた。測定は左右の脚ともに2度行い得られた高い方の値を最大筋力として採用した。筋力計の較正は筋力検定器(竹井機器工業株式会社)を用いて, 測定前後に行った。

$\dot{V}O_2\max$ を得るための最大作業は, 自転車エルゴメーター(モナーク社)を用いた漸増負荷方法で行わせた。すなわち, 自転車エルゴメーター作業は50wattの負荷から開始し, 3分目までは1分毎に25wattづつ, その後は疲労困憊まで12.5wattづつ負荷を漸増した。ペダルの回転数は50rpmとし, メトロノームによりリズム調整を行わせた。

$\dot{V}O_2\max$ は疲労困憊直前の2分間の呼気ガスを1分毎にダグラスバッグに採集し, 乾式ガスメーター(品川制作所)で換気量を求め, その1部の呼気ガス中の O_2 と CO_2 濃度を呼気ガス分析装置(三栄測器株式会社1H06型)で分析することによって求めた。分析装置の較正は, 日鉄化学工業株式会社製の標準ガス(O_2 :15%, CO_2 :5%, N_2 :80%と O_2 :18%, CO_2 :3%, N_2 :79%)を用いて行った。

自転車エルゴメーター作業中の心拍数(HR)は, 作業開始から終了まで胸部双極誘導法により導出した心電図を記録器に連続記録し, 得られた心電図のR波を1分毎に数えることにより求めた。また, 作業開始から終了までの仕事量の総計を総仕事量(TW)として求めた。

なお, 3回の $\dot{V}O_2\max$ の測定は, 室温 22 ± 0.5 ℃, 相対湿度 60 ± 5 %に設定されたサンヨープレハブ恒温恒湿室(サンヨーメディカ株式会社)で

実施した。

BDT, ADT, ARTのそれぞれの間の差の検定は, Studentの対応のあるt検定を用いて行い, 5%水準をもって有意とした。

III. 結 果

表1はBDT, ADT及びARTで得られた身長(Ht), 体重(Wt), 体脂肪率(%Fat), 除脂肪体重(LBM), 脚筋力(LS), 総仕事量(TW), 最高心拍数(HRmax), 最大換気量($\dot{V}E\max$), 最大酸素摂取量($\dot{V}O_2\max$), Wt当たりの最大酸素摂取量($\dot{V}O_2\max/Wt$), LBM当たりの最大酸素摂取量($\dot{V}O_2\max/LBM$)を示したものであり, 3回の測定間の差の検定結果を示したものが表2である。

Wt, %Fat, LBM及び左右のLSは, ADTやARTで有意な変化を示さなかった。

TWはADTで9.3%減少し, ARTではADTに比べて34.3%増大し, いずれも有意であった。また, ARTでのTWは, BDTに比べて有意な増大であった(21.8%)。

$\dot{V}E\max$ はADTで15.9%減少し, ARTではADTに比べて40.8%増大し, ARTではBDTに比べて18.5%増大し, いずれも有意であった。

$\dot{V}O_2\max$ はADTで8.0%減少し, ARTではADTに比べて15.5%増大し, いずれも有意であった。また, ARTではBDTに比べて有意に高い値であった(6.2%)。WtやLBMが実験期間中に有意に変化しなかったことから, $\dot{V}O_2\max/Wt$ と $\dot{V}O_2\max/LBM$ は, $\dot{V}O_2\max$ の変動とほぼ同じ傾向を示した。

HRmaxはBDTとARTの間に有意差が認められた他には, 有意差は認められなかった。

図1はBDT, ADT及びARTの同一仕事量での自転車エルゴメーター作業中に得られたHRを示したものである。ADTでのHRはBDTやARTに比べて有意に高い値を示し, BDTとARTの間に有意差は認められなかった。

図2はBDTの $\dot{V}O_2\max/Wt$ とADTで得られたその変化率との関係を示したものであり, 両者の間に負の密接な関係が認められた($r=-0.525$, $p<0.05$)。しかし, $\dot{V}O_2\max$ については有意な

身体的トレーニングの中断と再開が最大酸素摂取量, 脚筋力, 身体組成に及ぼす影響

表 1. 最大運動中の生理的パラメーターと身体的特徴

Variable	トレーニング中断前		トレーニング中断後		トレーニング再開後	
	\bar{X}	± SD	\bar{X}	± SD	\bar{X}	± SD
Height(cm)	160.6	3.0	160.8	3.0	160.7	2.9
Weight(kg)	56.8	5.1	56.5	5.2	56.6	4.9
%Fat(%)	24.4	4.4	24.3	3.9	25.3	4.1
LBM(kg)	42.8	2.4	42.7	2.4	42.2	2.6
Leg strength						
Right(kg)	49.6	11.1	49.6	7.7	49.1	10.8
Left(kg)	51.1	10.4	50.6	8.1	50.2	9.4
Total work(kgm)	1024.2	141.2	928.9	168.6	1247.7	195.2
HR max(beats/min)	180.4	9.4	181.9	9.9	185.5	7.8
$\dot{V}E$ max(ℓ /min)	73.1	12.3	61.5	9.5	86.6	11.5
$\dot{V}O_2$ max(ℓ /min)	2.25	0.2	2.07	0.2	2.39	0.2
$\dot{V}O_2$ max /Wt($m\ell$ /kg \cdot min)	39.7	3.9	36.7	3.3	42.3	3.8
$\dot{V}O_2$ max /LBM($m\ell$ /kg \cdot min)	52.6	5.1	48.5	4.6	55.8	6.4

values are mean \pm SD.

%Fat: 体脂肪率, LBM: 除脂肪体重, HR max: 最高心拍数, $\dot{V}E$ max: 最大換気量
 $\dot{V}O_2$ max: 最大酸素摂取量, $\dot{V}O_2$ max/W: 体重当たりの最大酸素摂取量
 $\dot{V}O_2$ max/LBM: 除脂肪体重当たりの最大酸素摂取量

表 2. トレーニング中断前, トレーニング中断後, トレーニング再開後の差の検定

Variable	BAT & ADT	ADT & ART	BDT & ART
Height(cm)	NS	NS	NS
Weight(kg)	NS	NS	NS
%Fat(%)	NS	NS	NS
LBM(kg)	NS	NS	NS
Leg strength			
Right(kg)	NS	NS	NS
Left(kg)	NS	NS	NS
Total work(kgm)	**	***	***
HR max(beats/min)	NS	NS	***
$\dot{V}E$ max(ℓ /min)	***	***	***
$\dot{V}O_2$ max(ℓ /min)	***	***	**
$\dot{V}O_2$ max /Wt($m\ell$ /kg \cdot min)	***	***	**
$\dot{V}O_2$ max /LBM($m\ell$ /kg \cdot min)	***	***	**

BDT: トレーニング中断前, ADT: トレーニング中断後, ART: トレーニング再開後
*** = $p < 0.005$, ** = $p < 0.01$, NS = not significant

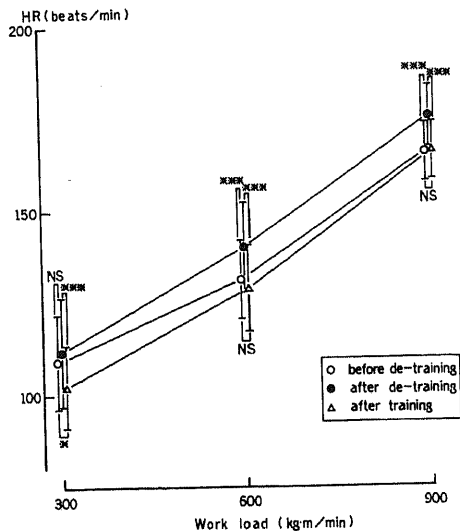


図1. トレーニングの中断前, 中断後, 再開後における最大下の同一作業中の心拍数。白丸印はトレーニング中断前, 黒丸印はトレーニング中断後, 白三角印はトレーニング再開後を示す。

*** = $P < 0.001$; * = $P < 0.05$, NS = not significant

関係は認められなかった。

図3はADTの $\dot{V}O_2 \max$ とARTで得られたその変化率との関係を示したものであり, 両者の間に負の密接な関係が認められた ($r = -0.508$, $P < 0.05$)。しかし, $\dot{V}O_2 \max / Wt$ については有意義な関係は認められなかった。

図4の左は $\dot{V}O_2 \max$, 右は $\dot{V}O_2 \max / Wt$ について, BDTの値を基準にして求めたADTの変化率とADTの値を基準にして求めたARTの変化率との関係をそれぞれについて示したものである。両者ともに負の密接な関係が認められた ($r = -0.512$, $P < 0.05$ 及び $r = -0.506$, $P < 0.05$)。

IV. 論 議

加賀谷らは¹⁷⁾女子バレーボールのトップレベルの大学選手の%Fat (19.0%)を, 黒田らは²⁴⁾ロサンゼルスオリンピック代表選手の%Fat (22.6%)を報告している。本実験の被検者はこれらの

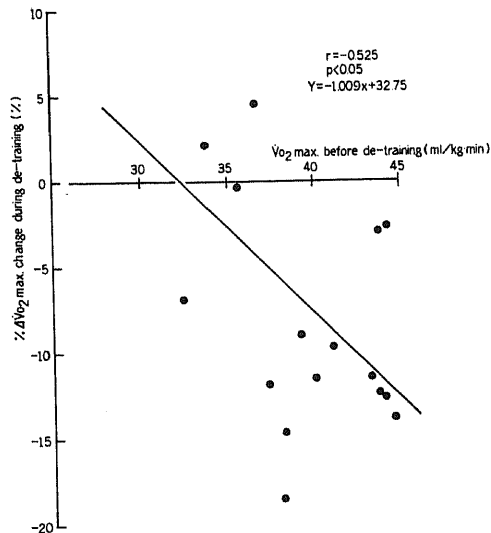


図2. トレーニング中断前の体重当たり最大酸素摂取量とトレーニング中断後のその変化率の関係。

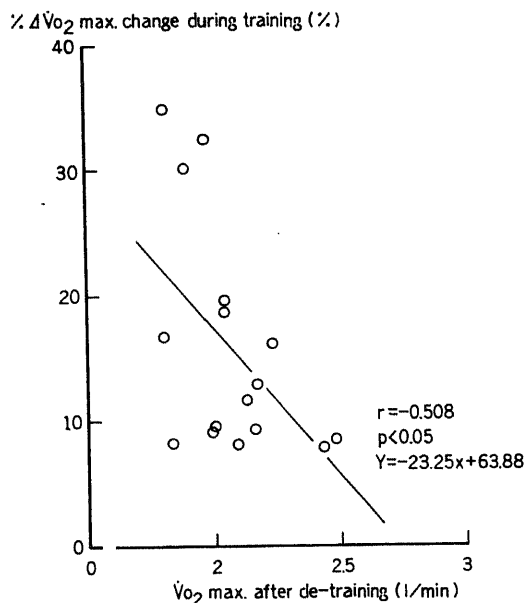


図3. トレーニング中断後の最大酸素摂取量とトレーニング再開後のその変化率の関係。

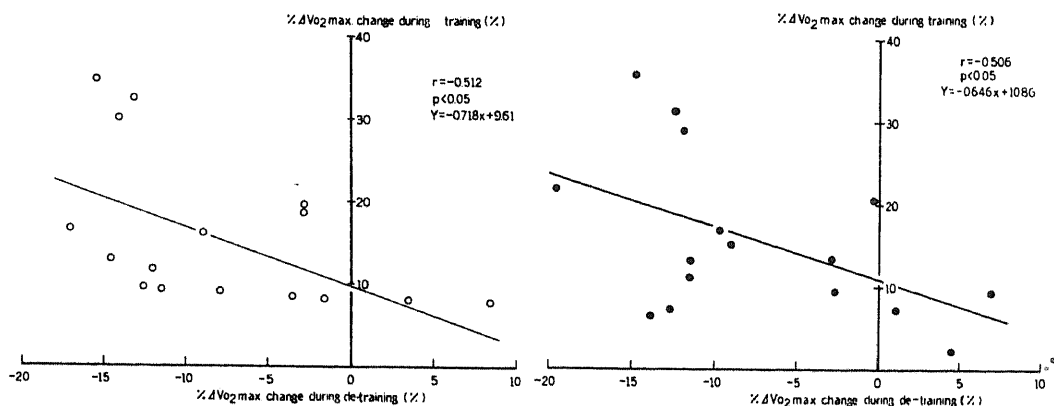


図4. トレーニング中断による変化率とトレーニング再開による変化率の関係。白丸印は最大酸素摂取量，黒丸印は体重当たりの最大酸素摂取量を示す。

報告よりも高い%Fat (24.4%)を示し、北川¹⁹⁾の報告している一般女子の値 (22.2-25.7%)とほぼ同じであった。

Fardyらは⁷⁾バレーボール選手を対象に、競技シーズン前後 (約2ヶ月) に%Fatを測定し有意な変化のないことを、CunninghamとHillは⁵⁾、皮下脂肪厚やWtがトレーニングやその中断によって変化しなかったことを報告している。Greenらは¹¹⁾アイスホッケー競技シーズン後の活動量の低下が、%Fatに有意な変化を生じさせないことを明らかにしている。本実験の被検者のWt, %Fat, LBMは、ADTやARTで有意な変化を示さずこれらの報告とほぼ一致し、ベッド安静などの特別な日常生活を²⁰⁾送らない限り、トレーニングの中断や再開が競技者の身体組成に及ぼす影響は小さいものと考えられる。

福永らは⁹⁾特別な筋力トレーニングをしていなかった時の実業団女子バレーボール選手のLSが、左右の平均で49.5kgと報告しており、本実験の値 (左: 51.1kg, 右: 49.6kg) とほぼ一致した。先のFardyらは⁷⁾はバレーボール競技シーズン前後に握力や大腿周径を測定し、有意な変化が認められなかったことを報告している。筋力が筋の横断面積と密接な関係にあることから、これらはバレーボールのトレーニングによって、前腕や脚の筋力が変化しないことを示しており本実験の結果とは

ほぼ一致する。LSがADTやARTで有意に変化しなかったことは、自分の体重を負荷としたバレーボールのトレーニングが、LSを高めるのに有効な負荷とならないことを示しているよう。

本実験のBDTで得られた $\dot{V}O_2\max$ (2.25 l/min) は、バレーボールの大学トップレベルの選手 (3.22 l/min)¹⁷⁾やオリンピック代表選手 (2.80 l/min)²⁴⁾に比べて低く、一般女子 (1.75-1.89 l/min) よりも高い値であった。しかし、身体の大きさを考慮した $\dot{V}O_2\max/Wt$ (39.7 ml/kg·min) は、オリンピック代表選手 (40.1 ml/kg·min)²⁴⁾とほぼ同じで、大学選手 (48.8 ml/kg·min)¹⁷⁾に比べて9.1 ml/kg·min低い値であった。大学選手と本実験の $\dot{V}O_2\max$ の差は、LBM (大学選手: 53.6kg, 本被検者: 42.8kg) の違いや自転車エルゴメーター運動 (本実験とオリンピック代表選手) とトレッドミル運動 (大学選手) といった、 $\dot{V}O_2\max$ 測定時の運動方法の^{25,26)}違いによるものと考えられ、本実験の被検者は一流のバレーボール選手と同程度の $\dot{V}O_2\max$ を獲得していたと言える。

Coyleら⁴⁾はトレーニングされたランナーやサイクリストに、85日間のトレーニングの中断を行わせ、 $\dot{V}O_2\max$ は22日間で6.6%、57日間で13.0%の減少を、また、Houstonらは¹⁵⁾ランナーに15日間のトレーニングの中断を行わせ、 $\dot{V}O_2\max$ は

4.0 %減少したことを報告している。本実験の $\dot{V}O_2\max$ は33日間のADTで8.0%の減少を示し、この値はCoyleら⁴⁾の22日目と57日目の間に相当し、Houstonら¹⁵⁾の約2倍にあたる。これらの結果を含めてトレーニング中断期間と $\dot{V}O_2\max$ の減少率の関係を検討すると、その減少率はトレーニングの中断期間の長さに比例して大きくなり、1日当たり2.7%減少することになる。しかし、これはトレーニング中断期間を特別な身体運動をしない日常生活を送った場合であり、Saltinら²⁹⁾のようにベッド安静で日常生活を送ると20日間で20-46%の減少を示す。

ARTで得られた $\dot{V}O_2\max$ はADTに比べて15.5%の増大を示した。この値は一般人のトレーニングで増大すると期待される20-30%の範囲³¹⁾にあり、バレーボールのトレーニングが自転車のペダリングやランニングと同じように^{2,6,15,21)}、 $\dot{V}O_2\max$ を増大させるのに有効であることを示している。

また、トレーニングの再開によって、 $\dot{V}O_2\max$ がBDTの値に直ちに回復するか否かは興味ある問題である。先のHoustonら¹⁵⁾は15日間、Saltinら²⁹⁾の非トレーニング者では10日間でBDTの $\dot{V}O_2\max$ に戻り、トレーニング者ではBDTの値に戻るのに29-40日間必要であったことを報告している。トレーニングの効果は運動の強度、実施時間、実施頻度や運動の質、被検者のトレーニングの程度などによって影響されることから、本実験の $\dot{V}O_2\max$ がBDTの値に戻っていた日を推測することは難しい。これについては $\dot{V}O_2\max$ の測定を頻繁に行うことなどによって検討する必要がある。

ところで、Ekblomら⁹⁾、浅見ら²⁾、Sharkeyはトレーニング前の $\dot{V}O_2\max/Wt$ の小さい者ほどその効果が大きいことを、また、Coyleらは⁴⁾はトレーニング中断の影響は、その中断前の $\dot{V}O_2\max/Wt$ の大きい者ほど大きいことを報告している。本実験でも $\dot{V}O_2\max$ と $\dot{V}O_2\max/Wt$ についてそれらの関係を検討したが、ADTでは $\dot{V}O_2\max/Wt$ 、ARTでは $\dot{V}O_2\max$ に密接な関係が認められただけで、 $\dot{V}O_2\max$ と $\dot{V}O_2\max/Wt$ の両方に密接な関係が認められることはなかった。これらは、トレーニング中断や再開の影響が、BDTやADTでの $\dot{V}O_2\max$ や $\dot{V}O_2\max/Wt$ の大小のみによって

説明できないことを示しているものと考えられる。

本実験では $\dot{V}O_2\max$ と $\dot{V}O_2\max/Wt$ について、トレーニング中断による変化率とトレーニング再開による変化率の関係を検討し、両者ともに密接な関係が認められた。これは、トレーニングの影響を大きく受けた者は、トレーニング中断の影響も大きく受けたことを示しており、トレーニングの影響を受けやすい者とそうでない者がいることを示唆していると考えられる。そして、トレーニングの中断や再開の影響が、BDTやADTでの $\dot{V}O_2\max$ や $\dot{V}O_2\max/Wt$ の大小よりも、被検者個々の持つ要因によって決定されることを示唆している。この要因を特定するにはさらに検討する必要があるが、筋の速筋線維と遅筋線維の分布比率が遺伝によって決定されるとするKomiとKarlsson²³⁾の一卵性双生児を対象にトレーニングを行わせ、速筋線維と遅筋線維の比率に変化が認められなかったとする報告や本実験でLBMが変化しなかったことなどを考えると、筋線維組成の構成や筋の質的变化の要因^{10,13,14,16,21)}などが考えられる。

これまで、トレーニングやその中断による $\dot{V}O_2\max$ の増減は、心拍出量によって影響されることが知られている²⁹⁾。本実験においてもトレーニング中断によって最大下の同一仕事量や同一酸素摂取量に対するHRが高くなり、トレーニング再開によってそれらに対するHRが低下し、これまでの報告と一致した。また、最大作業時の酸素脈(BDT: 12.5ml/beat)がADTで低下し(11.4ml/beat)、ARTで増大(12.9ml/beat)したことから、本実験での $\dot{V}O_2\max$ の増減に心拍出量の変化が関与していたことが推測できる。

また、TWのADTやARTでの変動は、 $\dot{V}O_2\max$ の変動傾向とよく一致したが、変化率は $\dot{V}O_2\max$ よりも大きいものであった。この結果はこれまでの報告と一致し、持久的な作業であっても、そのパフォーマンスを決めるのは $\dot{V}O_2\max$ だけでなく他の要因¹⁸⁾が関与することを示唆している。

以上のことから、ADTやARTの $\dot{V}O_2\max$ に影響を及ぼす無視できない被検者固有の因子のあることが示唆された。また、バレーボールのトレーニングはLS、%Fat、LBMよりも $\dot{V}O_2\max$ に影響

を及ぼすことが明らかになった。

V. 要 約

バレーボール選手を対象にBDT, ADT, ARTでの $\dot{V}O_2\max$, %Fat, LBM, LSを測定した。%Fat, LBM, LSはトレーニングの中断や再開によって有意に変動しなかった。 $\dot{V}O_2\max$ はADTで有意に減少し, ARTによって有意に増大した。 $\dot{V}O_2\max$ のトレーニング中断による変化率とトレーニング再開による変化率の間に負の密接な関係が認められ, トレーニング中断によって大きい変化率を示した者は, トレーニング再開による変化率も大きいことが示唆された。

文 献

- (1) Andersen, P. and J. Henriksson: Capillary supply of the quadriceps femoris muscle of man: adaptive response to exercise. *J. Physiol.*, 270: 677-690, 1977.
- (2) 浅見俊雄, 山本恵三, 北川薫, 佐野祐: 全身持久性のトレーニング処方に関する研究(2)強度と時間の違いによるトレーニングについて。体育科学, 2: 117-122, 1974.
- (3) Brozek, I., F. Grande, J. T. Anderson and A. Keys: Densitometric analysis of body composition: Review of some quantitative assumption. *Ann. N. Y. Sci.* 110: 113-140, 1963.
- (4) Coyle, E. F., W. H. Martin, D. R. Sinacore, M. J. Joyner, J. M. Hagberg and J. O. Holloszy: Time course of loss of adaptations after stopping prolonged intense endurance training. *J. Appl. Physiol.*, 57: 1857-1864, 1984.
- (5) Cunningham, D. A. and J. S. Hill: Effect of training on cardiovascular response to exercise in women. *J. Appl. Physiol.*, 39: 891-895, 1975.
- (6) Ekblom, B.: Effect of physical training on circulation during prolonged severe exercise. *Acta Physiol. Scand.*, 78: 145-158, 1970.
- (7) Fardy, P. S., M. G. Hritz and H. K. Hellerstein: Cardiac responses during women's intercollegiate volleyball and physical fitness changes from a season of competition. *J. Sports Med.*, 16: 291-300, 1976.
- (8) Fox, E. L., R. L. Bartels, C. E. Billings, R. O'Brien, R. Bason and D. K. Mathews: Frequency and duration of interval training programs and changes in aerobic power. *J. Appl. Physiol.*, 38: 481-484, 1975.
- (9) 福永哲夫, 奥山秀雄, 金久博昭, 池川繁樹, 石田良恵: バレーボール選手の5ヶ月間にわたるトレーニングが身体組成及びエネルギー出力におよぼす効果について。財団法人日本バレーボール協会報, 13: 2-7, 1982.
- (10) Gollnick, P. D., R. B. Armstrong, B. Saltin, C. W. Saubert, W. L. Sembrowich and R. E. Shepherd: Effect of training on enzyme activity and fiber composition of human skeletal muscle. *J. Appl. Physiol.*, 34: 107-111, 1973.
- (11) Green, H. J., J. A. Thomson, B. D. Daub and D. A. Ranney: Biochemical and histochemical alterations in skeletal muscle in man during a period of reduced activity. *Can. J. Physiol. Pharmacol.*, 50: 1311-1316, 1980.
- (12) Hamel, P., J. A. Simoneau, G. Lortie, M. R. Boulay and C. Bouchard: Heredity and muscle adaptation to endurance training. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 18: 690-696, 1986.
- (13) Henriksson, J. and J. S. Reitman: Time course of changes in human skeletal muscle succinate dehydrogenase and cytochrome oxidase activities and maximal oxygen uptake with physical activity and inactivity. *Acta Physiol. Scand.*, 99: 91-97, 1977.
- (14) Hoppeler, H., H. Howald, K. Conley, S. L. Lindstedt, H. Classen, P. Vock and E. R. Weibel: Endurance training in humans: aerobic capacity and structure of skeletal

- muscle. *J. Appl. Physiol.*, 59:320-327, 1985.
- (15) Houston, M.E., H. Bentzen and H. Larsen : Interrelationships between skeletal muscle adaptations and performance as studied by detraining and retraining. *Acta Physiol. Scand.*, 106:163-170, 1979.
- (16) Ingjer, F. : Effects of endurance training on muscle fibre ATP-ase activity, capillary supply and mitochondrial content in man. *J. Physiol.*, 294:419-432, 1979.
- (17) 加賀谷淳子, 横関利子, 高橋和之 : 女子バレーボール選手の有酸素的作業能力とゲーム中の身体活動水準。昭和57年度日本体育協会スポーツ科学研究報告書。I I : 22-30, 1982.
- (18) 加藤橘夫, 金子公宥, 豊岡示朗, 石井喜八 : 勤労青壮年者の有酸素的作業能に及ぼすトレーニング効果 : 頻度差の影響。体育科学, 1 : 116-124, 1973.
- (19) 北川薫 : 日本人青少年男女の身体組成とその国際比較。保健の科学, 20 : 491-495, 1978.
- (20) 北村潔和, 山地啓司, 堀田朋基 : バレーボールの練習及び試合中の心拍数。富山大学教養部紀要 (自然科学編), 19 : 15-25, 1986.
- (21) Klausen, K., L.B. Andersen and I. Pelle : Adaptive changes in work capacity, skeletal muscle capillarization and enzyme levels during training and detraining. *Acta Physiol. Scand.*, 113:9-16, 1981.
- (22) 小林寛道, 北村潔和, 豊島進太郎, 水野義雄, 長沢弘, 松井秀治 : 健康成人女子及び女子スポーツ選手の Aerobic Power. 体育学研究, 24 : 237-246, 1981.
- (23) Komi, P.V. and J. Karlsson : Physical performance, skeletal muscle enzyme activity, and fibre types in monozygous and dizygous twins of both sexes. *Acta Physiol. Scand. Supple.* 462:1-28, 1979.
- (24) 黒田善雄他 : 第33回ロスアンゼルスオリンピック大会代表選手健康診断, 体力測定報告。昭和59年度日本体育協会スポーツ科学研究報告。I V : 1-62, 1984.
- (25) Matsui, H., K. Kitamura and M. Miyamura : Oxygen uptake and blood flow of the lower limb in maximal treadmill and bicycle exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 40:57-62, 1978.
- (26) Miyamura, M., K. Kitamura, A. Yamada and H. Matsui : Cardiorespiratory responses to maximal treadmill and bicycle exercise in trained and untrained subjects. *J. Sports Med.*, 18:25-32, 1978.
- (27) Nagamine, S. and S. Suzuki : Anthropometry and body composition of Japanese young men and women. *Human Biol.*, 36:8-15, 1964.
- (28) Prud'homme, D., C. Bouchard, C. Leblanc, F. Landry and E. Fontaine : Sensitivity of maximal aerobic power to training is genotype-dependent. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 16:489-493, 1984.
- (29) Saltin, B., G. Blomqvist, J.H. Mitchell, R.L. Johnson, Jr. K. Wildenthal and C.B. Chapman : Response to exercise after bed rest and after training. *Circulation*, 38. Suppl. 7: VII-1-VII-78, 1968.
- (30) Sharkey, B.J. : Intensity and duration of training and the development of cardiorespiratory endurance. *Med. Sci. Sports*, 2 : 197-202, 1970.
- (31) Sinning, W.E. and M.J. Adrian : Cardiorespiratory changes in college women due to a season of competitive basketball. *J. Appl. Physiol.*, 25:720-724, 1968.
- (32) 山地啓司, 横山泰行 : 持久性トレーニング (強度, 時間, 頻度, 期間) の最大酸素摂取量への影響。体育学研究, 32 : 167-179, 1987.