

日常練習の中断が身体組成，筋力， 最大酸素摂取量に及ぼす影響

北 村 潔 和

〒930 富山市五福3190

富山大学教養部運動生理学教室

Effect of De-training on Body Composition, Strength and Maximum Oxygen Uptake

Kiyokazu Kitamura

Laboratory for Work Physiology, College of Liberal Arts,

Toyama University, 3190 Gofuku 930

Abstract The effect of 35 day de-training on the body composition (total body weight, % body fat and lean body mass), maximum strength (knee extension) and maximum oxygen uptake of eighteen female subjects was studied.

The mean maximum oxygen uptake (8.4%) and maximum ventilation (14.4%) were significantly decreased after de-training ($p < 0.001$). However, the body composition and maximum strength did not change significantly after de-training ($p > 0.05$).

These results suggest that the maximum oxygen uptake is influenced considerably by de-training compared with the body composition and strength.

I. 目 的

先に我々は，バレーボール選手を対象に，日常行われている技術の向上を目的とした練習が，体力の増大をも期待できるものかどうかについて，練習中の心拍数を手掛りに検討

した⁷⁾。その結果、日常の練習が、体力（有酸素的作業能力）を増大させるのに十分な強度であることを明らかにし、体力トレーニングのために特別な練習時間を設けなくとも、日常の練習を工夫することにより体力の増大が期待できることを示唆した。しかし、この仮説についてはまだ検討されていない。

適度の強さの身体運動を定期的に続けることによって体力は増大するが、それは制限なく増大するのではなく、その上限は個人によって決定されていることが報告されている^{1,8,10)}。したがって、すでに3ヶ月～2年3ヶ月近くの練習を重ねた者に対して、現在の体力と数ヶ月後の体力の比較を行ったとしても、日常練習の体力に及ぼす影響を明らかにすることは難しい。そこで、本実験では、日常練習の身体組成、体力、呼吸循環系機能に及ぼす影響を明らかにするために、日常練習を中断した時のそれらの変化を検討した。

II. 結 果

被検者は、富山大学女子バレーボール部員18名である。その身体的特徴は表1に示した。

表1. 練習中断前後の測定値

測 定 項 目	練 習 中 断 前		練 習 中 断 後		t ^{*)}	p
	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD		
身 長 (cm)	161.1 ± 3.15		161.2 ± 3.09		—	—
体 重 (kg)	57.3 ± 5.04		57.0 ± 5.07		1.44	NS
除脂肪体重 (kg)	43.0 ± 2.34		43.0 ± 2.45		0.19	NS
体脂肪比 (%)	24.7 ± 4.20		24.4 ± 2.45		0.54	NS
脚伸展力右 (kg)	50.9 ± 11.66		51.0 ± 8.73		0.02	NS
脚伸展力左 (kg)	51.6 ± 10.43		51.7 ± 8.40		0.03	NS
最高心拍数 (拍/分)	179.3 ± 9.97		181.4 ± 10.22		1.60	NS
最大換気量 (l/分)	74.0 ± 11.95		63.3 ± 0.25		5.45	0.001
最大酸素摂取量 (l/min)	2.30 ± 0.24		2.11 ± 0.23		4.85	0.001
最大酸素摂取量/体重 (ml/kg min)	40.3 ± 4.15		37.1 ± 3.34		4.59	0.001
最大酸素摂取量/除脂肪体重 (ml/kg min)	53.5 ± 5.62		49.1 ± 4.70		3.94	0.01
総仕事量 (watt)	1050.7 ± 157.2		968.1 ± 206.1		2.67	0.02

平均±標準偏差

皮下脂肪は、皮脂厚計 (EIYOKEN-TYPE) 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。得られた皮脂厚と Nagamine と Suzuki⁹⁾の身体密度の推定式より身体密度を算出した。さらに、Brozek²⁾の式を用いて体脂肪比 (%fat) を求めた。また、体脂肪量は、体重×%fat/100より、除脂肪体重 (LBM) は体重-体脂肪量より求めた。

左右の最大脚伸展力は、多用余筋力測定台 (竹井器機工業株式会社) と背筋力計 (竹井器機工業株式会社) 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、筋力計と接続されたベルトを足首に通し、膝関節が90度になるようにベルトの長さを調節し、その状態で約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度行わせ、得られた高い方の値を筋力として採用した。

最大酸素摂取量の測定は、ダグラスバッグ法で行った。すなわち疲労困憊作業終了直前の1分間の呼気ガスをダグラスバッグに採気し、乾式ガスメーターで呼気量を求め、さらに、そのサンプルガスの一部のO₂とCO₂濃度を呼気ガス分析装置 (三栄測器株式会社) を用いて求めた。

心拍数は、胸部双極誘導法により心電図を作業開始から終了まで多用途記録監視装置 (日本光電工業株式会社) 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。

最大作業 (疲労困憊作業) は、自転車エルゴメーターを用いた負荷漸増法により行わせた。すなわち、ペダルの回転数は50回/分とし、メトロノームによってリズム調整を行わせた。練習中断前の作業は、50wattの負荷から開始し、3分目までは毎分25wattづつ、それ以後は疲労困憊まで12.5wattづつ負荷を漸増させることにより行わせた。練習中断後の作業は、50wattの負荷から開始し、2分目までは毎分25wattづつ、それ以後は疲労困憊まで12.5wattづつ負荷を漸増させて行わせた。

なお、最大酸素摂取量の測定は、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 (サンヨーメディカ製) で行なった。これらの測定は、練習中断前 (7月16日) と練習中断後 (8月18日) に行なった。

練習中断前と中断後の差の検定は、student の t テストを用いて行なった。

III. 結 果

表1は、練習中断前と中断後 (34日後) に測定された身長 (Height)、体重 (Weight)、体脂肪比 (%fat)、除脂肪体重 (LBM)、左右の脚伸展力 (Strength)、最高心拍数 (HRmax)、最大換気量 ($\dot{V}E_{max}$)、最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_{2max}$)、体重当り最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_{2max}/w$)、除脂肪体重当り最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_{2max}/LBM$)、総仕事量 (Total work) を示したもの

である。

図1は体重、体脂肪比、除脂肪体重を示したものである。図1でも明らかなように、こ

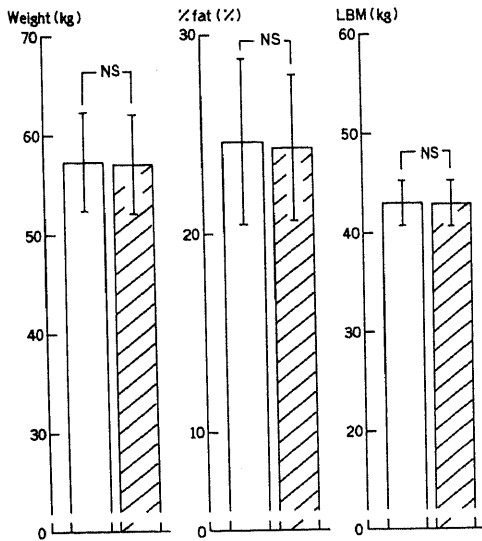


図1. 体重(weight), 体脂肪比(%fat), 除脂肪体重(LBM)。白棒グラフは練習中断前を斜線棒グラフは練習中断後を示す。

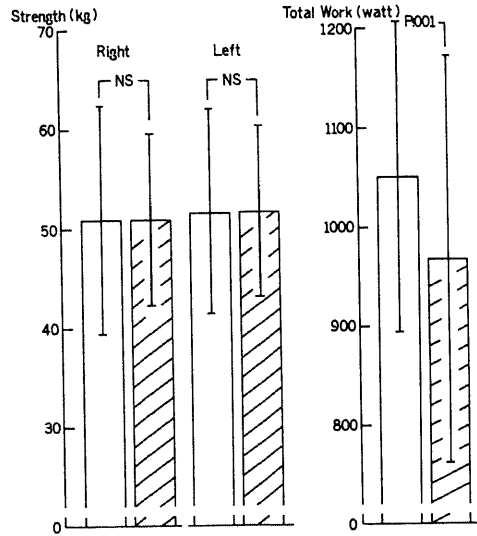


図2. 筋力(strength), 総仕事量(total work)を示す。白棒グラフは練習中断前を斜線棒グラフは練習中断後を示す。

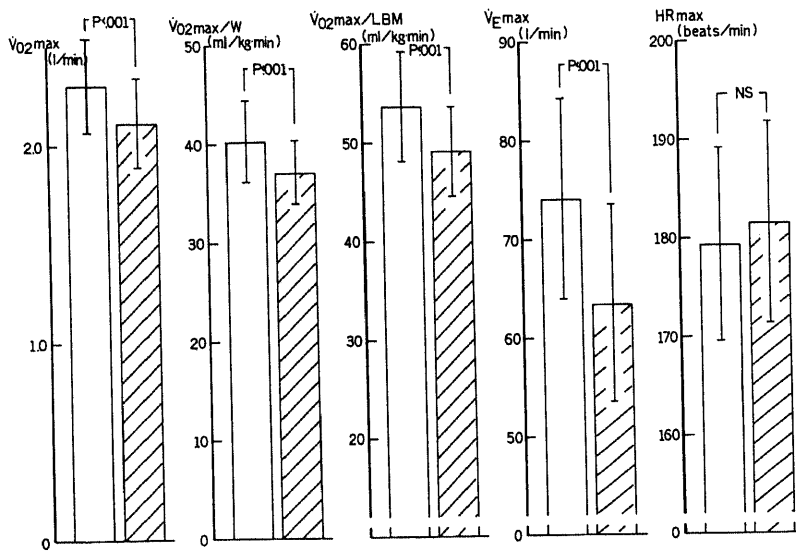


図3. 最大酸素摂取量(\dot{V}_{O_2max}), 体重当り最大酸素摂取量(\dot{V}_{O_2max}/w), 除脂肪体重当り最大酸素摂取量(\dot{V}_{O_2max}/LBM), 最大換気量($\dot{V}_E max$), 最高心拍数(HRmax)。白棒グラフは練習中断前を斜線棒グラフは練習中断後を示す。

これらの測定項目には練習中断前と中断後の間に有意差は認められなかった。

図2は、左右の脚伸展力と総仕事量（作業開始から疲労困憊までの総仕事量）を示したものである。脚伸展力は、左右の脚ともに練習中断前と中断後に有意差は認められなかった。

総仕事量は、練習中断前に比べて中断後に有意に低い値を示した（ $P < 0.02$ ）。

図3は最大酸素摂取量、体重当り最大酸素摂取量、除脂肪体重当り最大酸素摂取量、最

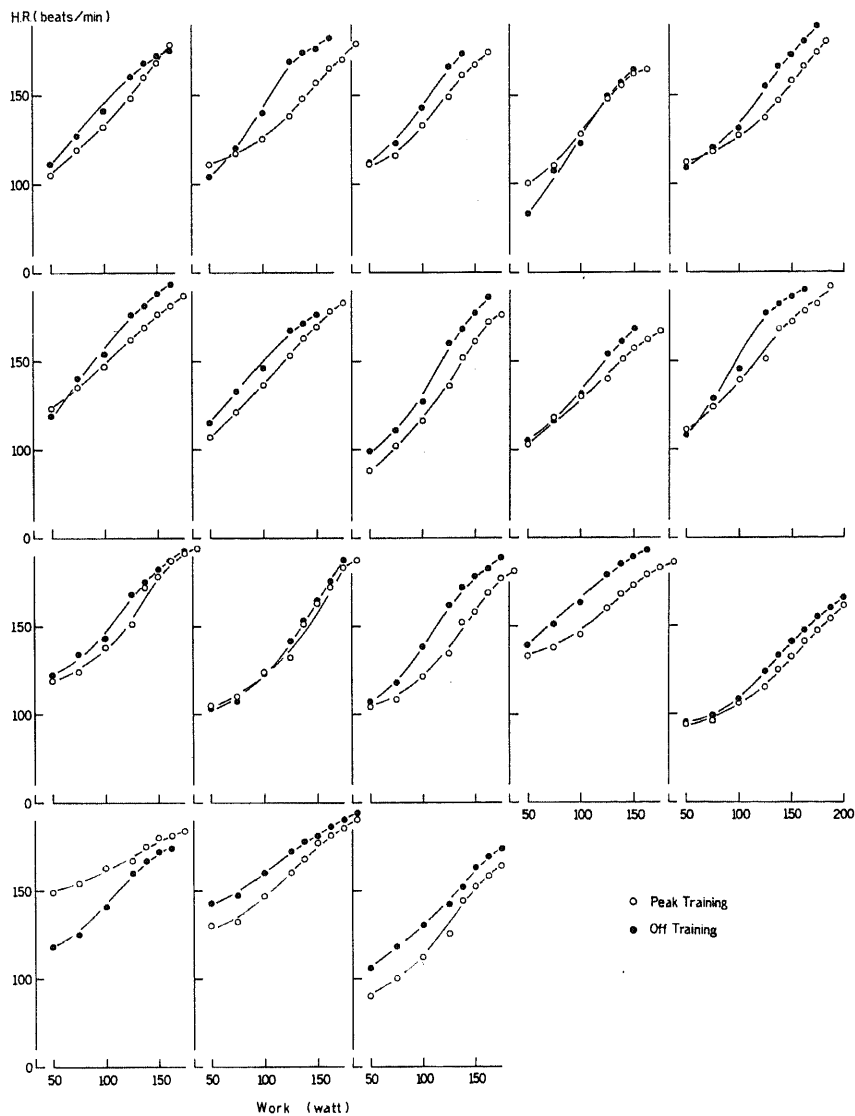


図4. 同一仕事量に対する心拍数を示す。白丸印は練習中断前を黒丸印は練習中断後を示す。

大換気量，最高心拍数を示したものである。

最大酸素摂取量，体重当り最大酸素摂取量，除脂肪体重当り最大酸素摂取量，最大換気量は，練習中断前に比べて中断後に有意に低い値を示した（ $P < 0.01 \sim P < 0.001$ ）。練習中断後の最大酸素摂取量は，練習中断前に比べて約8.4%の低下であった。最大換気量は，練習中断前に比べて中断後に約14.4%の低下を示した。

最高心拍数は，練習中断前と中断後の間に有意差は認められなかった。

図4は，練習中断前と中断後の心拍数を同一仕事量に対して被検者別に示したものである。1名の被検者を除いて，同一仕事量に対する心拍数は，練習中断前に比べて中断後に高い値を示した。

IV. 考 察

本実験の被検者は，1回2時間30分～3時間の練習を週4～5回行っているバレーボールクラブに所属する女子学生である。この被検者が日常行っている練習中の運動強度は，心拍数の平均値でみると128.9～133.8拍/分であり，ストレッチ体操や休憩時間などの心拍数を除けば，最大酸素摂取量の70%以上であることは先に報告した⁷⁾。

本実験では，このような運動強度の日常練習を34日間中断することによって身体組成，筋力，呼吸循環系機能がどのように変化するかを検討することから，日常練習がそれらに及ぼす影響を明らかにしようとした。ただし，練習中断期間中の日常生活については，特別な制限を行わなかった。

その結果，身体組成（体重，身体脂肪量，除脂肪体重）には，練習中断前と中断後の間に有意差は認められなかった。Fardy³⁾らは，女子バレーボール選手を対象にシーズン中とシーズンオフ（練習中断）の身体組成を測定し，シーズンオフとシーズン中の身体組成に有意な変化は認められなかったことを報告しており，本実験の結果とよく一致した。これに対し，Saltin¹³⁾らは，男子被検者について20日間のベッド安静をとらせた時の身体組成⁶⁾の変化を検討し，体重は変化しなかったが除脂肪体重が減少したことを，石黒らは1年間の船上生活（不活発な生活）を送ることによって，体重に変化は認められなかったが，除脂肪体重が有意に減少したことを報告している。これらの報告は，日常の活動量を減らすことによって，身体組成が変わることを示しており，本実験の結果と一致しなかった。Saltin³⁾ら石黒⁶⁾らの報告と本実験の結果の相違は，練習中断期間が短かったこと，練習中断期間中の活動量がベッド安静や船上生活に比べて高かったことによるものと考えられる。

筋力についてみると，本実験の左右の脚伸展力は，練習中断によって有意に変化しなかった。Fardy³⁾らは，シーズン中の練習によって，PWC170 や最大酸素摂取量（間接法で

測定)が有意に増大したことを報告している。この報告は、シーズンオフ(練習中断)によって呼吸循環系機能が低下し、それが練習によって増大したことを示しており本実験の結果と一致するものと考えられる。また、彼ら³⁾の日常練習中の運動強度は平均心拍数で見ると133.8拍/分であり、本実験の被検者の日常練習中の運動強度とよく一致した。

Taylorら¹⁵⁾、Saltinら¹³⁾は、ベッド安静によって最大酸素摂取量が、石黒らは船上生活を送ることによってPWC170が低下したことを報告しており、本実験の結果とよく一致した。しかし、本実験の低下率(8.4%)は、Saltinら¹³⁾(28%)、Taylorら¹⁵⁾(13~22%)に比べて小さかった。この結果の相違は、先にも述べたようにベッド安静に比べて本実験の練習中断期間の活動量が高かったことによるものと考えられる。

また、Saltinら¹³⁾は、心臓容積と心拍出量を測定し、ベッド安静後の最大酸素摂取量が低下する要因を検討し、主として心臓容積の減少によって1回拍出量が低下し、その結果、最大心拍出量が低下したことによることを報告している。本実験では、心拍出量を測定していないが、動静脈酸素較差に練習中断の影響がなかったと考えると¹⁴⁾、最大下の同一仕事量に対する心拍数が高くなったことは(図4)、1回拍出量が低下したことを示すものであり、本実験においても、最大運動時の心拍出量が低下したことが考えられ、練習中断によって最大酸素摂取量が低下した要因の一つは、最大心拍出量が低下したことが考えられる。さらに、練習中断によって筋量(除脂肪体重が変化しなかったことから)が変化しなかったことを考えると、筋の質的变化(例えば筋中の酸化酵素活性の低下⁵⁾、血液量の減少^{11,12)}、グリコーゲン量の減少⁴⁾など)が推測される。しかし、これらについては、さらに検討する必要がある。

以上の検討から、バレーボール競技の日常練習は、呼吸循環系機能を高めるために有用であるが、身体組成を変えることや筋力を高めるためには十分でないことが明らかとなった。

V. 要 約

バレーボール競技の日常練習が身体組成、筋力、呼吸循環系機能に及ぼす影響を明らかにするために、日常練習を34日間中断した時のそれらの変化を検討した。

身体組成(体脂肪比、除脂肪体重)は、練習中断による有意な変化は認められなかった。左右の脚伸展力は、練習中断による有意な変化は認められなかった。

呼吸循環系機能(最大酸素摂取量、体重当り最大酸素摂取量、除脂肪体重当り最大酸素摂取量、最大換気量)は、練習中断によって有意に低下した($P < 0.02 \sim 0.001$)。また、最大下の同一仕事量に対する心拍数は、練習中断によって高くなる傾向が認められた。し

かし、最高心拍数は、練習中断による有意な変化は認められなかった。

したがって、バレーボール競技の日常練習は、呼吸循環系機能に有意な影響を及ぼすが、身体組成や筋力には有意な影響を及ぼさないことが示唆された。

文 献

- 1) 跡見順子, 宮下充正: $\dot{V}O_2\max$ に対するトレーニング強度の影響. 体育学研究, 24:137-148, 1979.
- 2) Brozek, J., F.Grande, J.T.Anderson and A.Keys: Densitometric analysis of body composition: Review for some quantitative assumptions. Ann.N.Y.Acad.Sci., 110:113-140, 1963.
- 3) Fardy, P.S., H.G.Hrity and K.Hellersten: Cardiac responses during women's intercollegiate volleyball and physical fitness changes from a season of competition. J.Sports Med., 16:291-300, 1976.
- 4) Gollnick, P.D., R.B.Armstrong, B.Saltin, C.W.Saubert IV, 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.
- 5) 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.
- 6) 石黒光祐, 北村潔和, 山地啓司: 1年間の船上生活が身体組成, 筋力, 呼吸・循環系機能におよぼす影響. 体育の科学, 33:156-159, 1983.
- 7) 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.
- 8) Klissouras, V.: Heritability of adaptive variation. J.Appl. physiol., 31:338-344, 1971.
- 9) Nagamine, S. and S.Suzuki: Anthropometry and body composition of Japanese young men and women. Human Biol., 36:8-15, 1964.
- 10) 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%で1年間トレーニングした場合—. 体力科学, 25:7-15, 1976.
- 11) Rochell, R. H., R. L. Stumpner, S. Robinson, D. B. Dill and S. M. Horvath: Peripheral blood flow response to exercise consequent to physical training. Med.Sci.Sports, 3:122-129, 1971.
- 12) Rohter, F. D., R. H. Rochelle and C. Hyman: Exercise blood flow changes in the human forearm during physical training. J.Apple.Physiol., 18:789-793, 1963.
- 13) Saltin, B., G. Blomquist and J. H. Mitchell: Response to exercise after bed rest and after training. Circulation, 38:1-78, 1968.
- 14) 田口貞善: 筋酸素摂取量からみた筋持久力トレーニング効果の研究. 体育学研究, 14:19-27, 1969.
- 15) Taylor, H. L., A. Henschel, J. Brozek and A. Keys: Effects of bed rest on cardiovascular function and work performance. J.Apple.Physiol., 2:223-239, 1949.