

# 大学女子ハンドボール選手の身体組成と運動諸機能に及ぼすシーズンオフにおける脱トレーニングと再トレーニングの影響

松岡弘記\*

Effects of the Detraining and Retraining of Female College Handball Players during the Off-Season on Body Composition and Physical Working Capacity.

Hiroki MATSUOKA

## Abstract

The body composition (by weighing under-water) and physical working capacity (sub-maximal endurance capacity, muscle strength, whole body reaction time and anaerobic power output) of eight female college handball players ( $20.1 \pm 0.8$  yrs.) were measured at the end of the competitive season (before detraining), after 40 days of detraining (after detraining) and after 47 days of retraining. The daily energy expenditure before detraining was  $2648 \pm 250$  kcal, and the value after detraining was 600 kcal, significantly lower ( $P < 0.001$ ) than that before detraining. The daily energy intake before and after detraining did not change significantly ( $P > 0.05$ ). After 40 days of detraining body weight increased significantly from  $56.91 \pm 5.13$  kg to  $58.16 \pm 5.37$  kg ( $P < 0.05$ ), and body fat increased significantly by 1.63 kg ( $P < 0.01$ ). After retraining, body weight and body fat were 1.51 kg ( $P < 0.05$ ) and 0.86 kg ( $P < 0.05$ ), significantly higher than those before detraining. LBW after retraining and before detraining did not differ significantly ( $P > 0.05$ ). After detraining, HR during sub-maximal work (except 11'-12') increased significantly ( $P < 0.05$ ) compared to that before detraining. After retraining, HR during sub-maximal work (at 11'-12 and 15'-16') were decreased significantly ( $P < 0.05$ ) compared to that before detraining. After detraining, muscle strength of handgrip decreased 7.0% ( $P < 0.05$ ), significantly less than that before detraining. After retraining, muscle strength of handgrip decreased 16.5% ( $P < 0.001$ ), significantly less than that before detraining, but muscle strength of arm flexion was significantly increased by 4.8% ( $P < 0.05$ ). After detraining, whole body reaction time was delayed by 21.8% ( $P < 0.05$ ), significantly more than that before detraining, but after retraining whole body reaction time did not differ significantly from that before detraining ( $P > 0.05$ ). Anaerobic power output did not significant change ( $P > 0.05$ ). Consequently, after retraining, physical working capacities had sufficiently recovered to the level at the end of the competitive season. These data suggested that the retraining program for female college handball players was not effective for decreasing body weight and body fat, and must be replaced by a retraining program in which energy balance was well controlled to decrease body fat.

**Key words:** detraining, retraining, body fat, physical working capacity, handball player

## I. 緒言

スポーツ選手がシーズンオフに長期間トレーニングを中止すると、体力はトレーニングをす

る以前の状態に戻る<sup>5) 8) 31)</sup>ことが報告されている。シーズンオフといえどもトレーニングを完全に中止せずに、競技シーズン終了時の体力

\* 愛知大学現代中国学部助教授

レベルを維持するようなトレーニングプログラムがスポーツ選手に勧められている<sup>10) 29) 39)</sup>。しかし、シーズン中に発生した傷害の治療をしたり、試合や日頃の激しいトレーニングから生じた身体的あるいは精神的なストレスから解放されて心身をオーバーホールするためにシーズンオフにトレーニングを中止しているスポーツ選手もいる。このようにシーズンオフの一定期間に脱トレーニングしたスポーツ選手は、再トレーニングにより競技シーズンまでに十分に体力を回復させることが重要となる。

これまでに脱トレーニングと再トレーニングが身体組成や運動諸機能へどのような影響を及ぼすかは、日頃運動をしていない人にトレーニングを十分に負荷して、引き続いて脱トレーニングの影響を検討した研究<sup>9) 11) 12) 15) 25) 26) 32) 33) 34) 35) 36)</sup>が多く報告されている。しかし、筆者が知る限り、スポーツ選手を対象とした脱トレーニングと再トレーニングが身体組成や運動諸機能への影響を検討した報告は数例<sup>1) 5) 8) 13) 14) 17) 27) 31)</sup>あるものの、それらの研究例では脱トレーニング期間が一定ではなく、互いに比較できるほどの例数はない。また、運動諸機能については全身持久性能力<sup>1) 5) 8) 17) 27) 31)</sup>や筋力<sup>13) 14)</sup>について検討されたものはある

が、無酸素的パワーや全身反応時間について検討したものは見当たらない。一般に敏捷性は球技スポーツにとって競技を遂行する上で重要な体力要素であるが、その敏捷性を構成する無酸素的パワーや全身反応時間について脱トレーニングと再トレーニングの影響についての検討を加えるべきである。

特に大学のスポーツ競技の場合、競技シーズンとして春と秋の二シーズン制を採用している競技団体が多くみられる。このような競技団体では、秋のリーグ戦が11月あるいは12月に終了するとともにシーズンオフとなり、1月は正月と大学の期末試験期間のためトレーニングを中止して、4月からの競技シーズンをめざして2月から再トレーニングを開始するのが一般的のようである。このシーズンオフにおける1.5~2ヶ月程度の脱トレーニングが実際にどの程度、選手の身体組成と運動諸機能に影響を及ぼし、そして、再トレーニングによって競技シーズンを向かえるまでに十分に体力が回復するかは興味を持たれるところである。

そこで本研究は、大学で二シーズン制を採用している大学女子ハンドボール選手が競技シーズン終了後のシーズンオフの一定期間に脱トレーニングした際と引き続いて再トレーニング

Table 1. Physical characteristics of subjects, and changes in body weight and body composition during the competitive season (before detraining), after detraining and after retraining.

	Detraining		Retraining
	Before	After	
Age(yrs.)	20.1±0.8		
Height(cm)	162.8±2.9		
Body weight(kg)	56.91±5.13	58.16±5.37*	58.42±5.40†
%fat(%)	18.4±5.6	20.7±6.2***	19.3±5.9***†
Fat(kg)	10.47±3.41	12.10±4.12**	11.33±3.87***†
LBW(kg)	46.44±5.32	46.06 ±4.79*	47.08±5.00*

Values are mean±SD (N=8).

After detraining vs. before detraining or retraining ( \*: P < 0.05, \*\*: P < 0.01, \*\*\*: P < 0.001).

Retraining vs. before detraining ( †: P < 0.05 ).

した際の身体組成と運動諸機能へ及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

## II. 方法

### A. 被検者

被検者は体育学部に所属する女子ハンドボール選手8名であり、年齢は19才~21才であった。これらの選手はいずれも大学選手権大会に出場した。また、競技シーズン中の身体的特徴を Table 1 に示した。

女子ハンドボール部の脱トレーニング期間は12月上旬からの67日間であり、その間トレーニングを中止した。また、再トレーニング期間は2月上旬からの64日間であった。再トレーニング後65日目には公式試合が行われた。

本研究では、身体組成と運動諸機能への影響をみるために競技シーズン終了時（以下脱トレーニング前）、トレーニング中止中（以下脱トレーニング後）、再トレーニング中（以下再トレーニング後）にそれぞれ同じ測定を実施して比較した。ただし、被検者の練習や合宿の妨げにならない期間を設定した。

脱トレーニング前の測定は、最後の公式試合が終わった直後の2日間に測定を実施した。また、脱トレーニング後の測定は、トレーニングが中止されてから41日目と42日目に実施した。さらに、再トレーニング後の測定は、再トレーニングが開始されてから48日目と49日目に実施した。

### B. 測定項目と方法

測定項目は、形態（体重と皮下脂肪厚）、身体組成（体脂肪量：以下 Fat, 除脂肪体重：以下 LBW）、筋力、最大下負荷運動による呼吸循環器系機能、無酸素的パワー、全身反応時間であった。また、脱トレーニング前と後のそれぞれ連続する3日間に栄養摂取調査と生活時間調査を行い、1日のエネルギー摂取量と消費量を求めた。測定方法の詳細は以下のものであった。

体重と身体組成の測定は早朝空腹時に排便排尿をさせた後に行った。身体組成の測定方法は前報<sup>30)</sup>の通りであった。すなわち、水中体重秤量法による密度法にて、残気量は純酸素希釈

法を用いて測定することにより身体密度を実測した。そして、体脂肪率の算出は Brožek et al. の式によった。

皮下脂肪厚の測定は、栄研式キャリパーを用いて、10ヶ所について実施した。その詳細は、北川の報告<sup>21)</sup>にもとづいて行った。

筋力の測定項目は、握力、腕伸展力、腕屈曲力、脚伸展力、脚屈曲力であり、すべて体側の右で測定した。筋力の測定方法は電子筋力計を用いて、最大努力により最大等尺性収縮で筋力を発揮させた。その詳細は前報<sup>30)</sup>の通りであった。

最大下負荷運動による呼吸循環器系機能の測定は、トレッドミルを用いて負荷漸増法により各負荷作業時の心拍数（以下 HR）と酸素摂取量（以下  $\dot{V}O_2$ ）を求めた。その詳細は前報<sup>30)</sup>の通りであった。

無酸素的パワーの測定は、Margaria et al. の階段かけ上がりテスト法に準拠し、全身反応時間の測定は猪飼たち<sup>18)</sup>の方法に準拠したが、その測定の詳細は北川の報告<sup>22) 23)</sup>にもとづいて行った。

栄養摂取調査は基本的に摂取する食品の重量を秤量させたが、外食については目安量を自己記入させた。また、後日に面接して食品と重量を確認した。栄養計算は四訂食品成分表<sup>20)</sup>を用いて、エネルギー摂取量を求めた。また、生活時間調査は自己記入式のタイムスタディ法を用いた。その詳細は前報<sup>30)</sup>の通りであった。ただし、選手の練習時のエネルギー消費量は、練習時の HR を HR 記憶装置（VINE 社製）を用いて測定し、前述の最大下負荷作業で得た個人の  $HR \cdot \dot{V}O_2$  関係式に代入し、 $O_2$  は 11 当たり 5 kcal の産熱が生じると仮定して計算した。

競技シーズン中の練習は試合へ向けての通常の練習であり、週に6日、1日当たり2.5時間であった。その内容は、ボールを使った基本練習とゲームを想定した応用練習やゲームであり、特別に体力要素を高めるための練習は実施していなかった。

一方、再トレーニング中の練習は週に6日、1日当たり3時間であった。最初の10日間は

ボールを使わずに、スプリントトレーニング(50 m ダッシュ) ウェイトトレーニングと全身持久性トレーニング(30分間持続走とインターバルトレーニング)による体力回復をねらいとした練習であった。11日目～35日目は、ボールを使った基本練習とゲームを想定した応用練習やゲームと同時にスプリントトレーニング、ウェイトトレーニング、インターバルトレーニングが実施された。さらに、それ以降公式試合までは、試合へ向けてのコンビネーションプレーやフォーメーションプレーといった通常の練習であった。再トレーニング中のウェイトトレーニングは週2回、6種目(ミリタリー、ハンズカール、スクワットジャンプ、ベンチプレス、ベントアームプルオーバー、リストアップ)を10～15RMの強度で10回、3セット実施した。また、インターバルトレーニングは3種類の方法(100 m×10本、200m×7本、400m×7本)から順に一種類を週に3回実施した。

### Ⅲ. 結果

栄養調査と生活時間調査から求めた1日当たりのエネルギー消費量と摂取量の変化をTable 2に示した。脱トレーニング後のエネルギー消費量は脱トレーニング前の値と比較して、600 kcal有意に減少した( $P < 0.001$ )。エネルギー摂取量については、脱トレーニング後の値は脱トレーニング前の値よりも減少する傾向であったが、有意な差ではなかった( $P > 0.05$ )。

体重と身体組成の変化をTable 1に示した。脱トレーニング後の体重とFatは脱トレーニ

ング前の値よりも、1.25kg ( $P < 0.05$ ), 1.48kg ( $P < 0.01$ )それぞれ有意に増加した。また、脱トレーニング後のLBWは減少する傾向であったが、その差は有意ではなかった( $P > 0.05$ )。一方、再トレーニング後の体重とFatは脱トレーニング前の値よりも1.51kg( $P < 0.05$ ), 0.86 kg ( $P < 0.05$ )それぞれ有意に高かった。しかし、脱トレーニング前と再トレーニング後のLBWには有意な差はなかった( $P > 0.05$ )。

皮下脂肪厚の変化をTable 3に示した。脱トレーニング前よりも脱トレーニング後に高かった部位は、顔部、胸部、側胸部を除く部位であり、17.3%～32.3%の範囲で有意に増加した( $P < 0.05$ )。また、脱トレーニング後よりも再トレーニング後の方が低い値を示したのは、胸部( $P < 0.05$ )、腹部( $P < 0.01$ )、上腕背部( $P < 0.05$ )、肩胛骨下部( $P < 0.01$ )、大腿部( $P < 0.05$ )であり、9.5%～23.5%の範囲で有意に減少した。さらに、脱トレーニング前よりも再トレーニング後の方が高い値を示したのは、胸部( $P < 0.05$ )、上腕背部( $P < 0.05$ )、大腿部( $P < 0.05$ )、腓腹部( $P < 0.05$ )であり、12.7%～16.2%の範囲で有意に高かった。

筋力、無酸素的パワー、全身反応時間の変化をTable 4に示した。筋力については、測定項目中において握力のみが脱トレーニング前よりも脱トレーニング後に有意に7.0%減少した( $P < 0.05$ )。また、脱トレーニング前と再トレーニング後との比較では、再トレーニング後の握力が16.5%有意に低く( $P < 0.001$ )、腕屈曲力は4.8%有意に高かった( $P < 0.05$ )。さらに、再

Table 2. Energy intake and energy expenditure during the competitive season (before detraining) and after detraining.

	Before	After
Energy expenditure (kcal)	2648±250	2048±229***
Energy intake (kcal)	2203±292	1929±510

Value are mean±SD. (N=8).

After detraining vs. before detraining (\*\*\*:  $P < 0.001$ ).

トレーニング後の握力は脱トレーニング後よりも10.3%有意に低かった ( $P < 0.001$ )。

無酸素的パワーについては、脱トレーニング前と脱トレーニング後および再トレーニング後との間、さらに、脱トレーニング後と再トレーニング後との間に有意な変化はなかった ( $P > 0.05$ )。

全身反応時間については、脱トレーニング後は脱トレーニング前よりも21.8%有意に遅延した ( $P < 0.05$ )。また、脱トレーニング後の動作時間と動作開始時間は脱トレーニング前よりもそれぞれ16.6%, 26.5%有意に長くなった ( $P < 0.05$ ,  $P < 0.05$ )。一方、再トレーニング後の全身反応時間と動作時間は脱トレーニング後よりもそれぞれ10.8%, 10.4%有意に短くなった。さらに、脱トレーニング前と再トレーニング後との比較では、再トレーニング後の全身反応時間、動作時間、動作開始時間のいずれも脱トレーニング前よりも長い傾向であったが、その差は有意ではなかった ( $P > 0.05$ )。

最大下負荷作業中のHR,  $\dot{V}O_2$ , 体重当たりの $\dot{V}O_2$ の変化を Table 5 に示した。脱トレーニング後の各負荷作業中のHRは脱トレーニング前よりも増加する傾向であり、11分 - 12分時の値を除いて有意に増加 ( $P < 0.05$ ) した。また、 $\dot{V}O_2$ と体重当たりの $\dot{V}O_2$ については、脱トレーニング後における15-16分時の体重当たりの $\dot{V}O_2$ が脱トレーニング前よりも有意に減少 ( $P < 0.01$ ) した以外は有意な変化はなかった。

一方、再トレーニング後の各負荷作業中のHRは、脱トレーニング前の値よりも11-12分時 ( $P < 0.001$ ) と15-16分時 ( $P < 0.01$ ) にそれぞれ有意に低くなった。

#### IV. 論議

本研究の被検者は体育学部の学生であり、12月上旬からの脱トレーニング期間であっても12月末までの2週間は週に3日程度、1回90分のスポーツ実技授業があり、身体活動を行っていたことからこの間は完全に脱トレーニングの状

Table 3. Changes in skinfold thickness during the competitive season (before detraining), after detraining and after retraining.

	Detraining		Retraining
	Before	After	
Cheak	18.3±2.4	18.3±1.9	19.4±2.0
Neck	4.7±0.8	5.1±0.9	5.1±1.2
Chest	20.3±6.8	26.3±8.1**	22.9±8.4*†
Axilla	14.4±4.4	15.9±5.1	14.3±5.4
Abdomen	20.1±6.5	26.6±8.1**	22.3±8.1**
Suprailium	17.3±6.0	21.3±6.6**	17.8±6.9
Triceps	18.4±4.9	23.1±6.4**	20.9±6.5*†
Subscapula	15.7±7.6	20.0±8.9*	15.3±6.6**
Thigh	22.9 ±3.0	28.5±4.1***	25.8±4.5*†
Calf	17.3±3.0	21.5±4.4**	20.1±4.2†

Values are mean±SD (N=8). Unit is mm.

After detraining vs. before detraining or retraining ( \*:  $P < 0.05$ , \*\*:  $P < 0.01$ , \*\*\*:  $P < 0.001$ ).

Retraining vs. before detraining ( †:  $P < 0.05$  ).

態ではなかった。しかし、12月末以降の脱トレーニング期間では授業が終了したために全く身体活動を実施しなかった。また、この脱トレーニング期間内に正月を迎えて一般に通常よりも食べ過ぎになる時期であった。

本来、脱トレーニングの生理的な影響を検討するには完全な脱トレーニング期間を設定してその影響を検討すべきであり、また、食習慣が変化するような特別な時期を除いて検討すべきである。しかし、本研究では体育学部の学生を被検者としたことと競技シーズンが春季・秋季の二シーズン制を採用している大学スポーツ競技であったことからそのような脱トレーニング期間を設定できなかった。このため本研究の脱トレーニングは、体育学部に所属している大学生であり、秋季の競技シーズン終了後にシーズンオフを迎えるといった特殊性を有している。

本研究の被検者がトレーニングを中止して40日経過した結果、LBW に有意な減少はなかつ

たが、Fat が有意に増加し、%fat は同年齢の女子の値<sup>17)</sup> に近づいた。トレーニング中止による身体組成の変化について Wilmore<sup>39)</sup> はトレーニングによる身体組成の変化と全く逆の変化が見られるであろうと述べており、Després たち<sup>7)</sup> は日頃運動していない女性に20週間の全身持久性トレーニングをさせて、その後50日間の脱トレーニングの身体組成へ及ぼす影響を検討した。その結果、全身持久性トレーニングにより有意に減少した%fat は脱トレーニング後に有意に増加し、Wilmore<sup>39)</sup> の見解を示唆する結果を得た。本研究にてもトレーニングの中止によって%fat が有意に増加して同年齢の女子の値に近づいたことは、身体組成がトレーニングを行う以前の状態に戻ることを示唆するのであろう。

本研究の被検者における体重は、脱トレーニング後に1.25kg 有意に増加した。一般に体重や身体組成の変化の度合は食事から摂取するエネルギー量と身体活動にて消費するエネルギー

Table 4. Changes in muscle strength, anaerobic power output and whole body reaction time during the competitive season (before detraining), after detraining and after retraining.

	Detraining		Retraining
	Before	After	
Muscle strength (N)			
Hand-grip	356 ± 44	331 ± 36*	297 ± 25***†††
Elbow extension	154 ± 43	148 ± 31	156 ± 42
Elbow flexion	183 ± 18	188 ± 21	197 ± 15†
Knee extension	417 ± 74	380 ± 109	359 ± 60
Knee flexion	215 ± 25	217 ± 43	211 ± 40
Anaerobic power output (W)	760 ± 49	765 ± 57	746 ± 55
Whole body reaction time (msec)	326 ± 30	397 ± 34*	354 ± 25*
Movement time	157 ± 14	183 ± 21*	164 ± 13**
Movement reaction time	170 ± 24	215 ± 32*	189 ± 24

Values are mean ± SD (N=8).

After detraining vs. before detraining or retraining ( \*: P < 0.05, \*\*: P < 0.01, \*\*\*: P < 0.001).

Retraining vs. before detraining ( †: P < 0.05, †††: P < 0.001).

量とのバランスによって変化する。Table 2 に示した脱トレーニング後の1日のエネルギーバランスは119kcal マイナスであり、体重の変化と矛盾する。したがって、体重が増加した原因としては、脱トレーニング期間に正月があり、その時に過剰なエネルギー摂取がなされた可能性が十分考えられよう。また、エネルギーバランスの調査の実施は正月期間が終わった後であり、この調査を行った時にはエネルギー摂取量の不足がみられたと考える方が妥当であろう。

一方、67日間の脱トレーニング後に47日間の再トレーニングを実施しても、LBW は脱トレーニング前の値と有意な差はなかったものの、再トレーニング後の体重、%fat、Fat は脱トレーニング前の値よりも有意に高く、秋季の競技シーズン終了時の値まで十分に回復していなかった。身体トレーニングが身体組成に与える効果はトレーニングの質と量により異なり、これまでトレーニングの質に関しては、全身持久性トレーニングではLBW が不変でFat の減少による体重の減少がみられ<sup>3) 37)</sup>、ウェイトトレーニングでは筋肥大によるLBW の増加と%fat の減少がみられること<sup>3) 38)</sup> が報告されている。また、トレーニングの量については、ACSM<sup>2)</sup> は身体組成に効果的に影響を与えるトレーニングプログラムの基本事項として、50%  $\dot{V}O_2\max$  の強度で1回当たり300kcal 消費する20分以上の有酸素運動を週に3回以上実施することを勧告している。

本研究の被検者が実施した再トレーニングの質は、スプリントトレーニング、ウェイトトレーニングと全身持久性トレーニング、ボールを使った基本練習とゲームを想定した応用練習やゲームであり、十分に体力づくりのためのトレーニングが実施された。また、再トレーニングに費やしたエネルギー量を実測していないが、脱トレーニング前と後との間における1日のエネルギー消費量の差は600kcal であり、これを練習の有無による差として考えたならば、本研究の再トレーニングはACSM<sup>2)</sup> の見解に十分あてはまるトレーニング量であったと考えられ、増えたFat は十分に減少するはずであ

る。しかし、47日間の再トレーニングでは、脱トレーニング後のFat よりも少なかったものの、秋季の競技シーズン終了時の値より0.86kg 多かった。今回は、再トレーニング中におけるエネルギーバランスは被検者の都合で調査できなかった。仮に脱トレーニングで増えたFat の1.63kg を再トレーニングの47日間で減らす試算をすると、エネルギーバランスを1日当たり294kcal マイナスにすれば済むことが計算できる。したがって、この間エネルギー摂取量も増えていたことが考えられ、増えたFat を十分に減らすエネルギーバランスではなかったと考えられる。このように脱トレーニングによって増えたFat は再トレーニングで十分に減らせないことが明らかとなり、この減らなかったFat は負荷となり、本研究の被検者にとっては競技を遂行するにはマイナスとなることから、再トレーニング期間中にエネルギーのバランスを適切に調節した食事を用いて前の競技シーズンの水準までFat を戻して試合に臨むことが必要であろう。

これまでに脱トレーニングによる運動諸機能の変化についての報告は、日頃トレーニングをしていない人を対象としてトレーニングを負荷し、その後に脱トレーニングした際の全身持久性能力<sup>9) 11) 15) 25) 26) 32) 33) 34) 35)</sup> や筋力<sup>12) 36)</sup> の変化について検討されているが、スポーツ競技者を対象とした脱トレーニングによる運動諸機能の変化についての報告は筆者が知る限り少なく、これまでに全身持久性能力<sup>1) 5) 8) 17) 27) 31)</sup> と筋力<sup>13) 14)</sup> の変化が報告されている。これらの報告の中で本研究の脱トレーニング期間である40日間とほぼ同じ脱トレーニング期間であった研究例は、脱トレーニング期間が49日間であったMichael たち<sup>31)</sup> の研究と42日間であったAllen<sup>1)</sup> の研究の2例だけであった。Michael たちは、女子陸上競技選手の最大下作業中のHR が脱トレーニング前（競技シーズン終了時）よりも有意に上昇し、全身持久性能力の低下を報告した。また、Allen は男子ラグビー選手の42日間の脱トレーニングによる $\dot{V}O_2\max$  の低下を報告した。本研究では $\dot{V}O_2\max$  を測

定できなかったが、最大下負荷作業テストにおいて、脱トレーニング後の作業中のHRが脱トレーニング前よりも有意に上昇し、Michaelたちの報告例と一致したことより、全身持久性能力の低下が示唆された。

一方、本研究では筋力、パワー、全身反応時間についても検討したが、これらの運動諸機能が測定されて本研究の脱トレーニング期間とほぼ一致するような研究例は見当たらない。本研究の脱トレーニング後の筋力とパワーについては、右握力が有意に減少した以外に有意な変化

はなかった。しかし、ハンドボールの主導的な働きをする握力が低下したことは注目される。さらに、全身反応時間は脱トレーニングにより有意に遅延した。全身反応時間は、スポーツ競技者は非鍛錬者よりも短く<sup>19)</sup>、刺激の発生からインパルスが筋へ到達するまでの時間に両者の間に差がない<sup>18)</sup>ことから、この両者の差は筋系機能を反映するところのMT（猪飼は筋収縮時間と称する）による差である<sup>22)</sup>ことが報告されている。本研究でもMTと刺激が発生してから動作が開始されるまでのMRTとに分け

Table 5. Changes in heart rate (HR), oxygen uptake ( $\dot{V}O_2$ ,  $\dot{V}O_2 \cdot \text{wt.}^{-1}$ ) in sub-maximal work during the competitive season (before detraining), after detraining and after retraining.

	Detraining		Retraining
	Before	After	
HR (beats·min <sup>-1</sup> )			
Rest	64±7	69±7	62±8
3' - 4'	83±8	91±9***	80±5*
7' - 8'	97±9	103±10*	93±6*
11' - 12'	129±14	132±11	119±7***††
15' - 16'	146±7	154±10*	138±7***††
$\dot{V}O_2$ (l·min <sup>-1</sup> )			
Rest	0.24±0.03	0.22±0.03	0.25±0.05
3' - 4'	0.67±0.08	0.66±0.06	0.58±0.14
7' - 8'	0.87±0.07	0.86±0.10	0.84±0.15
11' - 12'	1.40±0.14	1.35±0.10	1.35±0.14
15' - 16'	1.69±0.15	1.61±0.10	1.64±0.22
$\dot{V}O_2 \cdot \text{wt.}^{-1}$ (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )			
Rest	4.26±0.66	3.85±0.72*	4.32±0.80
3' - 4'	11.78±1.30	11.37±1.30	10.05±2.52
7' - 8'	15.29±1.17	14.93±2.19	14.50±2.63
11' - 12'	24.69±2.15	23.36±1.75	23.18±2.77
15' - 16'	29.70±2.47	27.73±1.71**	28.20±3.90

Values are mean±SD (N=8).

After detraining vs. before detraining or retraining ( \*: P < 0.05, \*\*: P < 0.01, \*\*\*: P < 0.001).

Retraining vs. before detraining ( ††: P < 0.01, †††: P < 0.001).



てみたが、MTの遅延よりもMRTの遅延が著しかった。このことは脱トレーニングが筋の内部組成の生化学的あるいは組織学的な何等かの変化を生じさせたか、さらには神経系的な要因にも変化をきたしたのかもしれない。

このように全身持久性能力、筋力の一部、全身反応時間といった運動諸機能は40日間の脱トレーニングにより低下することが明らかとなった。これらの運動諸機能において47日間の再トレーニング後、最大下作業中のHRと左右の握力だけが有意な低下を示した。再トレーニング後の最大下作業中における同一作業負荷に対するHRの低下は、呼吸循環器系機能の改善を示しており、再トレーニングによって全身持久性能力が改善されたことが示唆された。また、再トレーニング後のHRの水準は脱トレーニング前よりも有意に低かったことから前の競技シーズンの水準まで十分に回復できたと考えた。

一方、再トレーニング後の左右の握力が低下を示した原因は、再トレーニング後の筋力測定が被検者の都合でハンドボールの練習直後に実施されたことにより握力が練習により低下していたことが影響しているものと考えられる。一般に47日間のトレーニング期間では、トレーニング条件が適切であれば十分にトレーニング効果が得られるはずである。また、再トレーニング後の腕伸展力、脚伸展力、脚屈曲力には低下がみられなかったことと再トレーニング後の腕屈曲力は脱トレーニング前よりも有意に増加したことから、再トレーニング後の筋力は前の競技シーズンの水準まで十分に回復したと考えた。さらに、再トレーニング後の全身反応時間についても有意に時間が短縮されており、脱トレーニング前と有意な差はなかった。したがって、40日間の脱トレーニングにより低下した運動諸機能は47日間の再トレーニングにより十分に回復できることが明らかとなった。

## V. 要約

本研究は、大学女子ハンドボール選手8名(19~21歳)を対象に競技シーズン終了後40日間の脱トレーニングと引き続き47日間の再トレーニングが身体組成と運動諸機能へ及ぼす影響を

検討した。その結果、次のことが明らかとなった。

1) 脱トレーニング前のエネルギー消費量は $2648 \pm 250$  kcalであり、脱トレーニング後に600 kcal有意に減少した ( $P < 0.001$ )。また、脱トレーニング前のエネルギー摂取量は $2203 \pm 292$  kcalであり、脱トレーニング後との間に有意な差はなかった ( $P > 0.05$ )。

2) 脱トレーニング後の体重とFatは脱トレーニング前よりも、1.25kg ( $P < 0.05$ ), 1.48kg ( $P < 0.01$ )それぞれ有意に増加した。また、再トレーニング後の体重とFatは脱トレーニング前の値よりも1.51kg ( $P < 0.05$ ), 0.86kg ( $P < 0.05$ )それぞれ有意に高かった。しかし、脱トレーニング前と再トレーニング後のLBWには有意な差はなかった ( $P > 0.05$ )。

3) 筋力は、握力のみが脱トレーニング前よりも脱トレーニング後に有意に7.0%減少した ( $P < 0.05$ )。また、再トレーニング後と脱トレーニング前の比較では握力が16.5%有意に低く ( $P < 0.001$ )、腕屈曲力は4.8%有意に高かった ( $P < 0.05$ )。さらに、再トレーニング後の握力は脱トレーニング後よりも10.3%有意に低かった ( $P < 0.001$ )。

4) 無酸素的パワーは、脱トレーニング前と脱トレーニング後および再トレーニング後との間、さらに、脱トレーニング後と再トレーニング後との間に有意な変化はなかった ( $P > 0.05$ )。

5) 全身反応時間は、脱トレーニング後は脱トレーニング前よりも21.8%有意に遅延し ( $P < 0.05$ )、動作時間と動作開始時間は脱トレーニング前よりもそれぞれ16.6%, 26.5%有意に長くなった ( $P < 0.05$ ,  $P < 0.05$ )。また、再トレーニング後の全身反応時間と動作時間は脱トレーニング後よりもそれぞれ10.8%, 10.4%有意に短くなり、どの項目も脱トレーニング前との間には有意な差はなかった ( $P > 0.05$ )。

6) 最大下負荷作業中のHRは脱トレーニング前よりも脱トレーニング後に増加する傾向であり、11分 - 12分時の値を除いて有意に増加 ( $P < 0.05$ ) した。また、 $\dot{V}O_2$ と体重当たりの $\dot{V}O_2$

については、脱トレーニング後における15-16分時の体重当たりの $\dot{V}O_2$ が脱トレーニング前よりも有意に減少 ( $P < 0.01$ ) した以外は有意な変化はなかった。一方、再トレーニング後の各負荷作業中のHRは、脱トレーニング前の値よりも11-12分時 ( $P < 0.001$ ) と15-16分時 ( $P < 0.01$ ) にそれぞれ有意に低くなった。

以上のように40日間のトレーニングの中止によりFatは増加し、筋力の一部、全身反応時間、全身持久性能力は低下することが明らかとなった。しかし、引き続き47日間の再トレーニングにより運動諸機能は十分に前年の競技シーズンの水準まで回復したものの、脱トレーニングによって増えたFatは再トレーニングで十分に減らせないことが明らかとなり、再トレーニング期間中にエネルギーのバランスを適切に調節した食事を用いて前の競技シーズンの水準までFatを戻して試合に臨むことが必要であることが示唆された。

#### 謝辞

本研究の遂行にあたり御協力下さった中京大学女子ハンドボール部の選手の方々に心から感謝致します。

#### 参考文献

- 1) Allen, G. D. (1989) : Physiological and metabolic changes with six detraining. Australian journal of science and medicine in sports 21, 4-9.
- 2) American College of Sports Medicine (1983) : Proper and improper weight loss programs. Med. Sci. Sports Exerc. 15, ix-xiii.
- 3) Boileau, R. A., Massey, B. H. and Misner, J. E. (1973) : Body composition changes in adult men during selected weight training and jogging program. Res. Quart. 44, 158-168.
- 4) Chi, M.-Y., Hintz, C. S., Coyle, E. F., Martin III, W. H., Ivy, J. L., Nemeth, P. M., Holloszy, J. O. and Lowry, O. H. (1983) : Effects of detraining on enzymes of energy metabolism in individual human muscle fibers. Am. J. Physiol. 244, C276-C287.
- 5) Costill, D. L., Fink, W. J., Hargreaves, M., King, D. S., Thomas, R. and Fielding, R. (1985) : Metabolic characteristics of skeletal muscle during detraining from competitive swimming. Md. Sci. Sports Exerc. 17, 339-343.
- 6) Coyle, E. F., Martin III, W. H., Bloomfield, S. A., Lowry, O. H. and Holloszy, J. O. (1985) : Effects of detraining on responses to submaximal exercise. J. Appl. Physiol. 59, 853-859.
- 7) Després, J. P., Bouchard, C., Savard, R., Tremblay, A., Marcotte, M. and Theriault, G. (1984) : Effects of exercise-training and detraining on fat cell lipolysis in men and women. Eur. J. Appl. Physiol. 53, 25-30.
- 8) Drinkwater, B. L. and Horvath, S. M. (1972) : Detraining effects on young women. Med. Sci. Sports. Exerc. 4, 91-95.
- 9) Fournier, M., Ricci, J., Taylor, A. W., Ferguson, R. J., Montpetit, R. R. and Chaitman, B. R. (1982) : Skeletal muscle adaptation in adolescent boys: sprint and endurance training and detraining. Med. Sci. Sports. Exerc. 14, 453-456.
- 10) Fox, E. L. and Mathews, D. K. (1981) : The physiological basis of physical education and athletics, 3 ed, Holt-Saunders, Philadelphia, 333-339.
- 11) Fringer, M. N. and Stull, G. A. (1974) : Changes in cardiorespiratory parameters during period of training and detraining in young adult females. Med. Sci. Sports Exerc. 6, 20-25.
- 12) Hakkinen, K. and Komi, P. (1983) : Electromyographic changes during strength training and detraining. Med. Sci. Sports Exerc. 15, 455-460.
- 13) Hakkinen, K., Alen, M. and Komi, P. V. (1985) : Changes in isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fiber characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. Acta. Physiol. Scand. 125, 573-585.
- 14) Hakkinen, K. and Alen, M. (1986) : Physiological performance, serum hormones, enzymes and lipids of an elite power athlete during training with and without androgens and during prolonged detraining. J. Sports Med. & Phys. Fit. 26, 92-100.
- 15) Hardman, A. E. and Hudson, A. (1994) : Brisk walking and serum lipid and lipoprotein variables in previously sedentary women effect of 12 weeks of regular brisk walking followed by 12 weeks of

- detraining. *Brit. J. Sports Med.* 28, 261-266.
- 16) 橋本勲 (1984): 運動量の測定と評価, *臨床スポーツ医学*1, 650-655.
  - 17) Houston, M. E., Bentzen, H. and Larsen, H. (1979): Interrelationship between skeletal muscle adaptations and performance as studied by detraining and retraining. *Acta Physiol. Scand.* 105, 163-170.
  - 18) 猪飼道夫, 浅見高明, 芝山秀太郎 (1961): 全身反応時間の研究とその応用, *Olympia* 7, 18-27.
  - 19) 猪飼道夫編 (1973): 身体運動の生理学, 初版, 杏林書院, 東京, P. 87-88.
  - 20) 科学技術庁資源調査会編 (1983): 四訂日本食品成分表, 初版, 医歯薬出版, 東京, P. 28-251.
  - 21) 北川薫 (1978): 日本人青年男女の身体組成とその国際比較, *保健の科学*20, 491-495.
  - 22) 北川薫, 磨井祥夫, 宮下充正 (1980): 跳躍反応動作にみる肥満の影響, *体育の科学*30, 741-743.
  - 23) Kitagawa, K., Suzuki, M. and Miyashita, M. (1980): Anaerobic power output of young obese men: Comparison with non-obese men and the role of excess fat. *Eur. J. Appl. Physiol* 43, 229-234.
  - 24) 北川薫, 松岡弘記 (1984): 女子器械体操選手の身体組成と運動諸機能へ及ぼす減量食の影響, *体力科学*33, 119-129.
  - 25) Klausen, K., Andersen, L. B. and Pelle, I. (1981): Adaptive changes in work capacity, skeletal muscle capillarization and enzyme levels during training and detraining. *Acta. Physiol. Scand.* 113, 9-16.
  - 26) Londeree, B. R. (1997): Effect of training on lactate /ventilatory thresholds: a meta-analysis. *Med. Sci. Sports Exerc.* 29, 837-843.
  - 27) Madsen, K., Pedersen, P. K., Djurhuns, M. S. and Klitgaard, N. S. (1993): Effects of detraining on endurance capacity and metabolic changes during prolonged exhaustive exercise. *J. Appl. Physiol.* 75, 1444-1451.
  - 28) Margaria, R., Aghemo, P., Rovelli, E. (1966): Measurement of muscular power (anaerobic) in man. *J. Appl. Physiol.* 21, 1662-1664.
  - 29) 松井秀治編 (1981): コーチのためのトレーニングの科学, 初版, 大修館書店, 東京, P. 434.
  - 30) 松岡弘記, 北川薫 (1983): 女子器械体操選手の減量食による減量の実態とその身体諸機能への影響, *中京大学体育学論叢*24, 27-37.
  - 31) Michael, E., Evert, J. and Jeffers, K. (1972): Physiological changes of teenage girls during five months of detraining. *Med. Sci. Sports Exerc.* 4, 214-218.
  - 32) 宮下充正, 芳賀脩光, 水田拓道 (1976): 中高年者における全身持久性トレーニング終了6か月後の有酸素的作業能および呼吸循環機能の変化, *体育科学*4, 52-59.
  - 33) Miyashita, M. Haga, S. and Mizuta, T. (1978): Training and detraining effects on aerobic power in middle-aged and older men. *J. Sports Med.* 18, 131-137.
  - 34) Pate, R. R., Hughes, R. D., Chandler, J. V. and Ratliff, J. L. (1978): Effects of arm training on retention of training effects derived from leg training. *Med. Sci. Sports Exerc.* 10, 71-74.
  - 35) Pedersen, P. K. and Jorgesen, K. (1978): Maximal oxygen uptake in young women with training, inactivity, and retraining. *Med. Sci. Sports Exerc.* 10, 233-237.
  - 36) Staron, R. S., Leonardi, M. J., Karapondo, D. L., Malicky, E. S., Falkel, J. E., Hagerman, F. C. and Hikida, R. S. (1991): Strength and skeletal muscle adaptations in heavy resistance-trained women after detraining and retraining. *J. Appl. Physiol.* 70, 631-640.
  - 37) Wilmore, J. H., Royce, J., Girandola, R. N., Katch, F. I. and Katch, V. L. (1970): Body composition changes with a 10-week program of jogging. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2, 113-117.
  - 38) Wilmore, J. H. (1974): Alterations in strength, body composition and anthropometric measurements consequent to a 10-week weight training program. *Med. Sci. Sports Exerc.* 6, 133-138.
  - 39) Wilmore, J. H. (1982): Training for sports and activity. 2nd ed., Allyn and Bacon, Boston, 138-145.
  - 40) Wilmore, J. H. and McCloy, C. H. (1983): The research lecture: Appetite and body composition consequent to physical activity. *Res. Quart*

