

## 女子スポーツ競技者の減量

芳賀 脩 光・松田 光 生・小 関 迪\*・浅見 高明  
福原 祐 三・小島 龍 平・植屋 悦 男\*\*

### Weight reduction in young female sport athletes

Shukoh HAGA, Mitsuo MATSUDA, Susumu KOSEKI, Takaaki ASAMI,  
Yuzo FUKUHARA, Ryuhei KOJIMA and Etsuo UEYA

To understand how the weight reduction of female sport athletes affects their physical fitness, its influence over their maximal oxygen uptake and cardiac output was studied as well as its influence over the biochemical characteristics of their blood. The female sports athletes from volleyball clubs and track and field clubs volunteered to be the subjects of this study. The weight reduction was continued for 10 days by reducing diet or limiting their calorie intake (1500kcal/day), and by sweating or consuming calorie by exercise (900~1000kcal/day).

The results were as follows : The weight decreased significantly by 7.4%, from 65.6kg to 60.7kg. The set goal was completely attained. A significant decrease in total body fat was equally observed among the subjects, from 21.6% of weight to 19.0%. A marked decrease in lean body mass was detected from 51.3kg to 49.2kg (4.1%). There was a significant increase in free fatty acid level after their weight reduction.

The measurement of their physical fitness revealed that there was a significant reduction in stepping on the both sides, but no changes in other items. Their physical endurance was surveyed from the viewpoint of exhaustion time using an ergometer. The mean value decreased, but there was no statistically significant difference. Therefore, it is assumed that the physical fitness will not be affected greatly.

The maximal oxygen uptake values before and after their weight reduction were 2.62 l/min, 40.1 l/kg min and 2.56 l/min, 42.3 l/kg min, respectively. No changes were observed in both cases. These result show that the aerobic work capacity as an index for physical endurance cannot be affected.

The maximal cardiac output and maximal stroke volume, both the main factors of maximal oxygen uptake, significantly reduced by 11.7% ( $p<0.001$ ) and 11.8% ( $p<0.001$ ), respectively. This result shows that their cardiovascular functions may be affected greatly. Presumably, this occurred because the blood was concentrated due to sweating and dehydration, consequently the circulating blood volume reduced, whereby the venous return reduced as well. On the other hand, the  $a-\bar{v}O_2$  diff. increased significantly ( $p<0.001$ ) to make up this reduction and the maximal oxygen uptake could be kept at the same level as that before the weight reduction.

---

\* 筑波記念病院, 日本体力医科学研究所

\*\* 愛知大学

From the above mentioned, the weight reduction by 7% will not bring the female sport athletes any serious decrease in physical fitness. Whereas it may reduce their lean body mass and affect their cardiovascular function.

Key words ; Female sport athletes, Weight reduction, Body composition, Maximal oxygen uptake, Cardiovascular function, Physical fitness

## I 目 的

体重階級制スポーツ競技の場合、体重調整、あるいは減量の問題は制限体重の中でいかに体力を高め、維持するかということから重要な課題である。その因子としては目標とする体重の減少量(%)の設定である。通常、3～10%の場合<sup>7,8,9,13,15,35,36,42)</sup>が多いが、15%<sup>8)</sup>に及ぶこともある。また、摂取カロリーと運動によって燃焼する消費カロリーの設定、さらには短期減量<sup>15)</sup>か長期減量<sup>24)</sup>かの期間の設定などが最も基本的な問題である。しかし、こうした減量は身体作業成績(physical performance)や生理機能にいろいろな変化を生ずる。男子スポーツ競技者を対象とした場合、行動体力の要因として体脂肪量や除脂肪体重等の身体組成<sup>10)</sup>、筋力や筋持久力<sup>8,13,36,44)</sup>、全身持久性<sup>7,31,43)</sup>等から検討されている。また、生理機能については、発汗<sup>1)</sup>、血液濃縮<sup>44)</sup>、体蛋白の変化<sup>15)</sup>、血液性状<sup>9,10)</sup>、心臓機能<sup>7)</sup>、心理面<sup>9)</sup>等の点から検討がなされているが、いずれもその影響については、減量の割合の程度とも関連し様々である。

一方、今日、女子スポーツ競技選手については美的表現を追求する競技種目<sup>32)</sup>や長時間の全身持久的競技<sup>47)</sup>また、体重階級制の種目<sup>14)</sup>において減量がおこなわれている。しかしながら、減量の研究については、今日報告は数少なく、身体組成<sup>17)</sup>、貧血<sup>16)</sup>、免疫機能<sup>18,20)</sup>、減量危険の警鐘<sup>33)</sup>等の検討にとどまっている。

従って、本研究の目的は、減量についてまだ十分に検討がなされていない女子スポーツ競技者を対象として検討すること、減量の限界<sup>36)</sup>と考えられている7%程度の体重減少を目標とすること、研究内容としては、減量による体力の消耗が女子スポーツ競技者の場合、どのように影響されるかという観点から、最大酸素摂取量、またその主因となる心臓脈管系機能、すなわち、心拍出量に対する影響について検討することを主たる目的とし、また併せて、行動体力の諸因子や血液生化学的性

状への影響を検討することであった。

## II 方 法

### 1. 減量の割合

減量の目標設定は体重の5～10%未満の範囲で実施した。

### 2. 被検者

被検者は某大学女子バレーボール部員(関東学生女子バレーボールリーグ1部校)、及び陸上競技女子部員(日本学生陸上競技対抗選手権大会出場者)で、本研究に自主的に参加したものの合計10名であった。年齢は20～21歳(平均 $20.8 \pm 0.4$ 歳)であった。また、被検者の身体的特徴に関しては表1に示した通りである。平均値でみると身長は、165.5cm、体重は65.6kgであった。

### 3. 減量の条件

減量は次の2つの方法を併用して行った。

#### 1) 減食による方法

栄養士の指導管理のもとに摂取カロリーを1500kcal/日に制限し、栄養素の配合を蛋白質120g、糖質200g、脂質23gとし、食事の材料を秤量して配分し、各自が調理して摂取するようにした。

#### 2) 運動量

各運動部での練習は1日3～4時間行わせ、運動によるカロリー消費と発汗を促した。また、発汗の少ない者、体重減少の少ない者は運動部での練習以外にさらに30分程度のジョギングをセーターやジャッケを着用して行った。運動による消費カロリーはおおよそ900～1000kcal/日に相当するものであった。

### 4. 減量期間

減量の期間は短期減量期間に該当するが、精神的ストレスが過剰にならないことを勘案して10日間とした。

## 5. 測定項目

### 1) 形態測定

1 ; 形態測定として身長, 体重, 皮下脂肪厚(上腕背部: Arm, 肩甲骨下部: Scapula, 腹部臍右側: Abdomen)を測定した。体重の測定は減量の経過を観察するために期間中, 毎朝8時に実施した。

### 2 ; 身体組成の算出

体脂肪量 (TBF) 及び除脂肪体重 (LBM) の算出は Nagamine and Suzuki<sup>26)</sup>による推定式,  $D = 1,0897 - 0.00133X$ ,  $X = \text{Arm} + \text{Subscapula}$  を用いた。

これを Brožek たちの式<sup>3)</sup>

$\text{Fat} = 100 \times (4.570/D - 4.142)$  に代入して求めた。

なお, これらの測定は減量前後で実施した。

### 2) 機能測定

#### 1 ; 最大心拍出量

最大心拍出量の測定は Klausen<sup>19)</sup>によって確立された方法で, また, 猪飼・宮村<sup>11)</sup>, 芳賀・宮下<sup>6)</sup>が報告している  $\text{CO}_2$ -Rebreathing 法を用いて行った。すなわち, Fick の原理による式を変形した次式によって心拍出量を求めた。

$$\dot{Q} = \dot{V}\text{CO}_2 / (\text{C}\dot{v}\text{CO}_2 - \text{CaCO}_2)$$

$\dot{Q}$  : 毎分心拍出量

$\text{C}\dot{v}\text{CO}_2$  : 混合静脈血炭酸ガス含有量 (vol %)

$\text{CaCO}_2$  : 動脈血炭酸ガス含有量 (vol %)

$\dot{V}\text{CO}_2$  : 毎分炭酸ガス排出量 (l/min)

混合静脈血炭酸ガス含有量の測定は, 疲労困憊 (Exhaustion) になり, 運動を終了した直後, 3 ~ 4 l の混合ガス ( $\text{CO}_2$  : 4 ~ 5 %,  $\text{O}_2$  : 95 ~ 96 %) を再呼吸させ, そのときの混合静脈血炭酸ガス分圧 ( $\text{P}\dot{v}\text{CO}_2$ ) を測定し, さらに炭酸ガス解離曲線によって求めた。動脈血炭酸ガス含有量は End-tidal 法により炭酸ガス解離曲線から求めた。動静脈酸素較差 ( $a - \dot{v}\text{O}_2$  diff.) は次式から算出した。

$$a - \dot{v}\text{O}_2 \text{ diff.} = \dot{V}\text{O}_2 / \dot{Q}$$

心拍数は胸部誘導法により記録した。また, 運動終了直前 1 分間の心拍数を最高心拍数 (HRmax) とした。最大一回拍出力 (SVmax) は最大心拍出量を最高心拍数で除して求めた。

#### 2 ; 最大酸素摂取量の測定

作業負荷装置としてモナーク式自転車エルゴメーターを用いた。ペダルの回数を, メトロノームに合わせ, 1 分間 60 回転とし, 負荷は漸増負荷法

を用いた。360kpm/min の負荷からはじめ 1 分毎の 90kpm/min ずつ増加させ, およそ 10 分程度で疲労困憊になるようにした。換気はダグラスバック法を用い, 採気時間は運動開始 4 分目から運動終了時に至るまで 1 分毎に行った。呼吸の分析は, ベックマンガス分析装置 ( $\text{O}_2$  : OM-11 型,  $\text{CO}_2$  : LB-2 型) を使用した。また呼吸数はサーミスター法で行い, 一回換気量を算出した。

### 3 ; パフォーマンスの測定

減量前後に自転車エルゴメーターを用い, 漸増負荷法により疲労困憊となって運動を中止した時間をパフォーマンスとした。

### 4 ; 血液生化学検査

血液生化学検査は総蛋白 (Total Protein : ビュレーレット法), 総コレステロール (Total Cholesterol : COD・DAOS 法), 中性脂肪 (Triglyceride : GPO・DAOS 法), 遊離脂肪酸 (Free Fatty Acid : 酸素法) について実施した。

### 5 ; 安静時の呼吸機能および血圧測定

安静時の呼吸機能については努力性肺活量 (FVC), 1 秒量 (FEV1.0), 1 秒率 (FEV1.0%) を測定した。また, 血圧はマンシェット法を用い座位にて測定した。

### 6 ; 体力測定

体力測定は握力, 背筋力, 脚力, 垂直跳び, ステッピング, タッピング, 全身反応時間, 立位体前屈, 伏臥上体反らしについて行った。各測定項目は減量の前後でそれぞれ実施した。

## III 結 果

### 1) 減量における体重および身体組成の変化

10 日間の減量期間における体重減少の推移を図 1 に示した。これによれば, 体重の変化は減量開始の初日から一過性に漸減していくことが全ての被検者に同一にみられた。

次に, 減量前後における体重, 肥満係数としての BMI, 体脂肪量 (% , kg), 除脂肪体重 (kg) の結果については表 1 に示した。体重の変化は平均値でみると 65.60kg から 60.70kg と 4.90kg の減少であった。平均の減少率 (%) は, 7.4% と有意な低下 ( $p < 0.001$ ) であった。BMI は減量前 23.9 から減量後 22.2 を示した。体脂肪量は減量前では体重の 16.2% ~ 26.7% の範囲にあり, 平均では 21.6% であったが, 減量後は全員が減少し, 平均で 19.0% に低下 ( $p < 0.001$ ) した。また, その平均値で

は、14.30kg から11.60kg と2.70kg の減少 ( $p < 0.001$ ) であった。除脂肪体重は被検者10名中9名が減少し、平均値では51.3kg から49.2kg と2.1kg (24.1%) の減少 ( $p < 0.001$ ) を示した。そして、減量後、体重に対する除脂肪体重の割合は78.2% から81.1% と2.9% 増大した。

## 2) 減量による血液生化学的性状の変動

血液生化学的性状の結果は表2に示した。総蛋白は減量前で7.3g/dl, 減量後7.7g/dl を示し、総コレステロールは196.7mg/dl から206.9mg/dl と

減量前後では変化がなかった。また、総蛋白, 総コレステロールは共に正常域値であった。しかし、中性脂肪は54.2mg/dl から35.0mg/dl へと低下したが統計的には変化がなかった。遊離脂肪酸は0.0251 mmol/l から0.0725 mmol/l へと有意な増加 ( $p < 0.05$ ) を示した。

## 3) 体力測定および自転車エルゴメーターによるパフォーマンスの結果

体力測定の結果は表3-1, 3-2に示した。また、パフォーマンス (Exhaustion time) の結果は

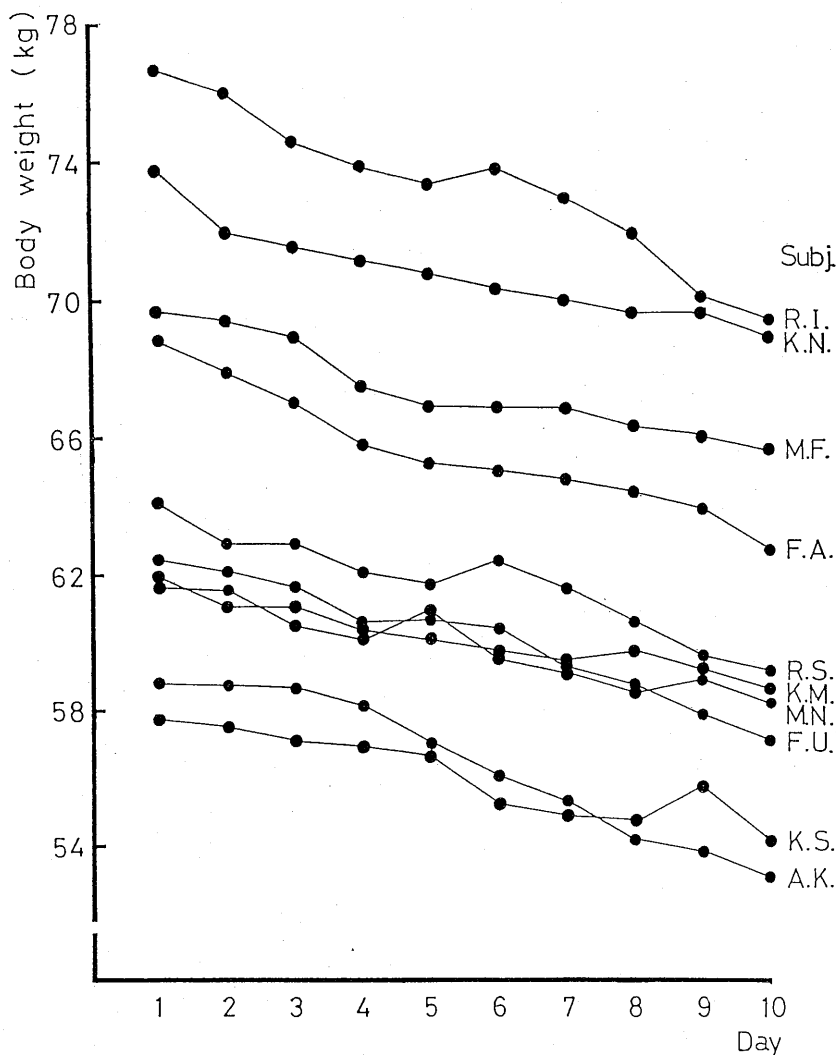


Fig. 1 The change of body weight during weight reduction period

Table 1 Physical characteristics of subjects and changes of body composition before and after weight reduction

Subj.	Age (yrs)	Height (cm)	Body weight (kg)			BMI (kg/m <sup>2</sup> )		T. B. F. (%)			T. B. F. (kg)		L. B. M. (kg)	
			pre	post	△%	pre	post	pre	post	△%	pre	post	pre	post
K. S.	20	160	57.90	54.45	5.96	22.6	21.3	19.47	18.11	7.0	11.27	9.86	46.63	44.59
F. A.	20	161	68.75	62.65	8.87	26.9	24.4	21.95	19.20	12.5	15.09	12.03	53.66	50.62
F. U.	21	159	62.40	57.45	7.93	24.7	22.7	17.29	16.21	6.2	10.79	9.31	51.61	48.14
A. K.	21	164	58.85	53.20	9.60	21.9	19.8	23.34	20.85	10.7	13.74	11.09	45.11	42.11
M. N.	21	164	61.85	57.75	6.63	23.0	21.5	23.34	21.12	10.0	14.44	12.20	47.41	45.55
K. M.	21	167	62.10	58.75	5.39	22.3	21.1	20.02	18.65	6.8	12.43	10.96	49.67	47.79
M. F.	21	169	69.75	65.70	5.81	24.4	23.0	26.71	21.95	18.0	18.63	14.42	51.12	51.28
R. I.	21	169	76.75	69.55	9.38	22.2	20.5	27.27	22.50	17.5	20.93	15.65	58.52	53.90
R. S.	21	170	64.05	59.30	7.42	26.5	24.2	16.21	13.53	16.5	10.38	8.02	53.67	51.28
K. N.	21	172	73.55	68.65	6.66	24.9	23.2	20.30	17.84	12.1	14.93	12.25	58.62	56.40
Mean	20.8	165.5	65.60	60.70	7.40	23.9	22.2	21.60	19.00	11.7	14.30	11.60	51.30	49.20
S. D.	0.4	4.6	6.30	5.70	1.50	1.8	1.6	3.70	2.80	4.4	3.40	2.30	4.30	4.40
			p<0.001			p<0.001			p<0.001			p<0.001		

Table 2 The change of total protein, total cholesterol, triglyceride, and free fatty acid before and after weight reduction

Subj	Total protein (g/dl)		Total cholesterol (mg/dl)		Triglyceride (mg/dl)		FFA (mmol/l)	
	pre	post	pre	post	pre	post	pre	post
K. S.	7.2	8.2	205.1	251.5	48.7	35.2	0.499	1.000
F. A.	7.5	7.6	240.7	253.4	92.0	35.9	0.196	0.823
F. U.	7.5	7.6	181.6	167.0	51.7	19.4	0.221	0.592
A. K.	—	—	—	—	—	—	—	—
M. N.	7.2	6.9	197.5	187.4	42.9	32.0	0.241	0.578
K. M.	7.1	7.4	191.2	194.3	59.2	32.9	0.242	0.601
M. F.	6.5	7.2	127.7	149.9	33.5	27.1	0.167	0.388
R. I.	7.7	8.3	168.3	172.1	75.0	52.1	0.166	0.974
R. S.	7.8	8.2	231.2	266.1	38.3	33.3	0.274	0.842
K. N.	7.6	7.8	226.7	220.4	46.1	47.1	—	—
Mean	7.3	7.7	196.7	206.9	54.2	35.0	0.2508	0.7248
S. D.	0.4	0.5	35.2	42.5	18.7	9.8	0.110	0.220
p<0.05								

表 6 に示した。

握力、背筋力、脚力、垂直跳び、タッピング、全身反応時間、立位体前屈、伏臥上体そらしにおいては減量前後で変化がなかった。しかし、ステッピングには左右共有意な低下 ( $p<0.05$ ,  $p<0.01$ ) を示した。

自転車エルゴメーターによるパフォーマンスからみた全身持久性としてのパフォーマンスは、減

量前12'28"から11'46"と低下を示したが統計的有意差はなかった。

#### 4) 安静時における呼吸機能および血圧の変化

安静時における呼吸機能および安静時血圧の変化については表 4 に示した。努力性肺活量、1 秒率に変化がなかったが、1 秒量において増大 ( $p<0.05$ ) した。また、収縮期血圧 (BPs) においては

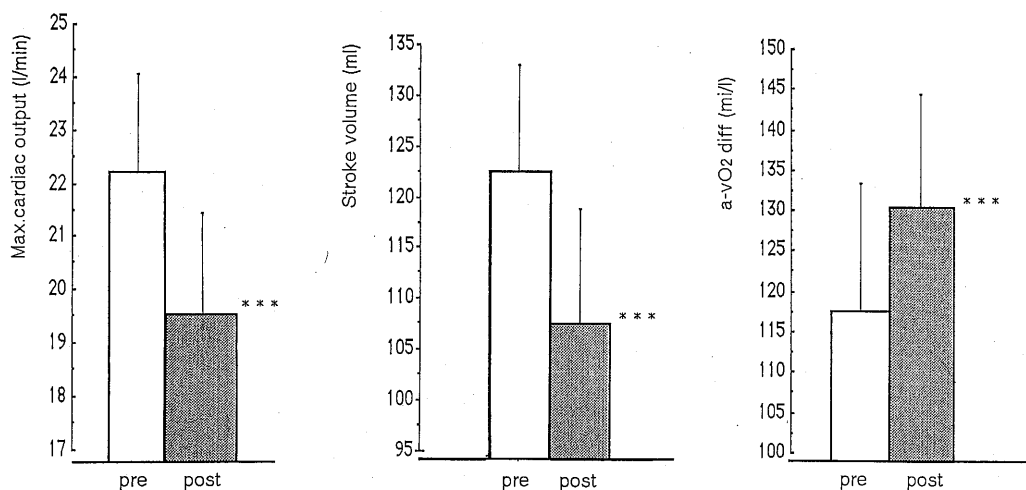


Fig. 2 The change of maximal cardiac output ( $\dot{Q}_{\max}$ ), maximal stroke volume ( $SV_{\max}$ ), and  $a-v\bar{O}_2$  diff before and after weight reduction

Table 3-1 The result of the physical fitness tests before and after weight reduction

Subj.	Grip strength (kg)				Back strength (kg)		Leg strength (kg)				Sargent jump (cm)	
	R		L		pre	post	R		L		pre	post
	pre	post	pre	post			pre	post	pre	post		
K. S.	29	31	25	26	100	92	44	51	54	58	51.4	47.0
F. A.	30	28	31	29	127	117	46	54	49	52	54.1	49.0
F. U.	33	33	30	30	122	123	72	65	75	60	57.0	53.0
A. K.	34	36	34	31	122	115	47	45	43	44	47.8	48.0
M. N.	26	30	21	26	105	97	46	44	49	51	52.5	52.0
K. M.	26	29	25	28	106	98	41	48	42	50	49.2	52.0
M. F.	27	32	29	29	125	117	49	53	49	42	—	—
R. I.	34	38	32	32	127	134	70	69	41	52	48.5	45.5
R. S.	33	41	33	37	111	134	70	64	67	64	57.8	52.0
K. N.	31	32	33	32	104	89	47	46	48	50	—	—
Mean	30.3	33	29.3	30	114.9	111.6	53.2	53.9	51.7	52.3	52.3	49.8
S. D.	3.2	4.1	4.3	3.3	10.7	16.7	12.2	9	11.1	6.8	3.8	2.8

全員に低下がみられ、平均値では112mmHgから102mmHgと有意な低下 ( $p < 0.001$ ) を示した。しかし、拡張期血圧では変化はなかった。

#### 5) 最大酸素摂取量, 最大換気量, 呼吸数, 一回換気量の結果

表5は最大酸素摂取量 ( $\dot{V}O_{2\max}$ ), 体重当たりの最大酸素摂取量 ( $\dot{V}O_{2\max}/\text{weight}$ ), 最大換気量 ( $\dot{V}E_{\max}$ ), 呼吸数 (R.R), 一回換気量 ( $V_T$ )

の結果を示した。

最大酸素摂取量は、被検者 K.N. において2.94 l/min から、減量後は2.73 l/min とおよそ7.1%の減少をしたものや、また、被検者 M.N. のように1.98 l/min から2.43 l/min と逆に22.7%も大きな増加を示したものもみられるが、平均値では減量前2.62 l/min から減量後2.56 l/min (-2.3%) を示し、ほとんど変化がなかった。体重当たりの最大酸素摂取量では体重が減少したことから、平均値で40.1 ml/

Table 3-2 The result of the physical fitness tests before and after weight reduction

Subj.	Tapping (times/10sec)				Stepping (times/10sec)				Whole body reaction time (sec)		Toe touching (cm)		Wing lift (cm)	
	R		L		R		L		pre	post	pre	post	pre	post
	pre	post	pre	post	pre	post	pre	post						
K. S.	68	65	64	62	55	61	58	58	0.344	0.360	18.5	18.0	59.4	59.0
F. A.	84	86	72	73	78	54	78	57	0.419	0.387	14.7	13.0	53.0	56.7
F. U.	84	84	72	72	64	61	73	56	0.388	0.394	19.3	19.0	60.0	62.5
A. K.	82	64	62	53	81	67	67	51	0.364	0.331	19.0	20.3	63.5	64.0
M. N.	75	72	73	70	59	68	56	54	0.365	0.357	15.5	12.0	58.5	58.0
K. M.	75	76	67	68	68	63	68	63	0.360	0.359	17.5	20.0	59.4	59.5
M. F.	73	75	76	69	76	63	61	61	0.447	0.390	19.0	19.5	64.7	63.0
R. I.	69	76	69	71	66	61	74	59	0.399	0.357	16.5	17.5	61.5	67.9
R. S.	61	65	65	60	77	53	74	46	0.396	0.381	19.0	16.0	63.5	59.1
K. N.	65	64	62	58	86	53	75	52	0.392	0.409	6.5	5.0	53.8	62.2
Mean	73.6	72.7	68.2	65.6	71	60.4	68.4	55.7	0.387	0.373	16.6	16.0	59.7	61.2
S. D.	8	8.2	4.9	6.9	10.1	5.4	7.2	5.1	0.031	0.023	3.9	4.8	3.9	3.4
					p<0.05		p<0.01							

Table 4 The change of resting respiratory function and blood pressure before and after weight reduction

Subj.	Vital capacity (cc)		FEV <sub>1.0</sub> (cc)		FEV <sub>1.0</sub> % (%)		BP <sub>s</sub> (mmHg)		BPd (mmHg)	
	pre	post	pre	post	pre	post	pre	post	pre	post
K. S.	2900	2990	2410	2520	83	84	110	104	67	56
F. A.	3930	4040	3410	3500	87	87	108	100	60	60
F. U.	3790	3460	2550	2570	73	74	110	96	68	70
A. K.	3360	3230	2720	2710	81	84	102	88	64	48
M. N.	3750	3680	2990	3170	80	86	108	102	64	68
K. M.	3580	3730	3080	3240	86	87	106	100	62	58
M. F.	3700	3700	2880	3020	78	82	112	104	58	68
R. I.	4530	4700	3650	3630	81	77	128	110	68	80
R. S.	4370	4380	3730	3700	85	84	114	104	64	64
K. N.	3670	3600	2920	3030	79	84	118	110	74	54
Mean	3758	3751	3034	3109	81	83	112	102	65	63
S. D.	464	511	443	422	4	4	7	6	5	9
					p<0.05		p<0.001			

kg から42.3 ml/kg と5.5%の増加であった。しかし、統計的有意差はなかった。換気量は92.1 l/min から87.1 l/min とほぼ同じ値であった。呼吸数は45 freq/min から49 freq/min と変化なかった。一回換気量は、2108ml から1863ml に有意な低下を ( $p<0.001$ ) 示した。

#### 6) 最大心拍出量, 最大一回拍出量, 最高心拍数, 動静脈酸素較差の変化

表6は最大心拍出量 ( $Q_{max}$ ), 最大一回拍出量

(SVmax), 動静脈酸素較差 ( $a-vO_2diff$ ), 最高心拍数 (HRmax) を示した。また図2はこれを図示したものである。

最大心拍出量は被検者 M.N. において減量後増大したが, 他の被検者は減少した。平均値では22.3 l/min から19.7 l/min と11.7%の有意な低下 ( $p<0.001$ ) を示した。また, 最大一回拍出量においても122.5 ml から108.1 ml と11.8%の有意な低下 ( $p<0.001$ ) を示した。動静脈酸素較差は, 平均値で117.9 ml/l から130.6 ml/l へと10.8%の有意な

Table 5 The change of maximal oxygen uptake ( $\dot{V}O_{2max}$ ), maximal ventilation ( $\dot{V}E_{max}$  BTPS), respiratory rate (R. R.) and tidal volume ( $V_T$ ) before and after weight reduction

Subj.	$\dot{V}O_{2max}$ (l/min)		$\dot{V}O_{2max}/weight$ (ml/kg)		$\dot{V}E_{max}$ (BTPS) (l/min)		R. R. (freq/min)		$V_T$ (ml)	
	pre	post	pre	post	pre	post	pre	post	pre	post
K. S.	2.25	2.20	38.9	40.4	88.3	84.4	44	55	2007	1542
F. A.	2.70	2.67	39.9	42.6	94.4	84.8	39	34	2421	2493
F. U.	2.63	2.73	42.2	47.5	108.7	102.4	57	60	1908	1707
A. K.	2.64	2.41	44.9	45.3	103.2	79.9	60	59	1721	1354
M. N.	1.98	2.43	32.0	42.1	101.5	88.7	56	59	1813	1503
K. M.	2.78	2.80	44.8	47.7	70.3	94.9	30	45	2343	2105
M. F.	2.52	2.63	36.1	40.0	71.4	81.0	34	44	2099	1841
R. I.	2.82	2.78	36.7	40.0	97.5	88.4	39	39	2499	2267
R. S.	2.93	2.22	45.8	37.4	86.7	73.2	35	31	2477	2306
K. N.	2.49	2.73	40.0	39.8	98.6	93.6	55	62	1792	1510
M	2.57	2.56	40.1	42.3	92.1	87.1	45	49	2108	1863
S. D.	0.28	0.23	4.4	3.5	13.0	8.4	11	12	304	402
p<0.001										

Table 6 The change of maximal cardiac output ( $\dot{Q}_{max}$ ), maximal stroke volume ( $SV_{max}$ ), a- $\dot{V}O_2$ diff, maximal heart rate ( $HR_{max}$ ), and exhaustion time before and after weight reduction

	$\dot{Q}_{\max}$ (l/min)		$SV_{\max}$ (ml/beat)		a- $\dot{V}O_2$ diff (ml/l)		$HR_{\max}$ (beats/min)		Exhaustion time (min)	
Subj.	pre	post	pre	post	pre	post	pre	post	pre	post
K. S.	22.4	17.5	123.9	94.4	100.5	125.1	181	186	12'00"	10'00"
F. A.	21.2	19.0	111.0	102.7	127.3	140.4	191	185	10'55"	11'00"
F. U.	22.9	20.0	125.0	111.3	114.7	135.9	183	180	13'00"	11'35"
A. K.	24.8	19.5	139.2	104.4	106.4	123.4	178	187	13'00"	10'00"
M. N.	20.2	22.2	112.3	121.9	97.8	109.3	180	182	12'00"	12'00"
K. M.	21.5	21.6	119.5	119.6	129.4	129.3	180	181	13'00"	13'00"
M. F.	24.3	23.0	134.4	127.8	103.5	114.5	181	180	13'00"	13'00"
R. I.	19.1	17.6	104.5	97.6	146.6	158.2	183	180	10'00"	11'00"
R. S.	24.3	17.7	132.2	96.7	120.6	125.4	184	183	13'00"	12'00"
K. N.	22.2	18.8	123.4	104.3	132.3	144.8	180	180	14'00"	14'00"
M	22.3	19.7	122.5	108.1	117.9	130.6	182	182	12'24"	11'46"
S. D.	1.9	2.0	11.0	11.6	16.0	14.6	4	3	1'11"	1'19"
	p<0.05		p<0.05		p<0.05					

増大 ( $p<0.05$ ) を示した。最高心拍数ではいずれの被検者においてもほとんど変化なく、平均値でも182beats/minから182beats/minと同じ値であった。

#### IV 考 察

はじめに被検者の形態的な面から検討したい。本研究では、バレーボール及び陸上競技というス

ポーツ競技に所属する選手であるので、平均身長は同年齢の日本人平均身長<sup>23)</sup>の156.5cmよりは、およそ10cmほど大きな値を示している。また体重も同様に同年齢の一般成人女性の場合(61.1kg)よりおよそ4~5 kg大きい。身体的特徴として形態的に大きいのが、体脂肪率は21.6%で一般女性と同じく正常範囲にある。また肥満係数としての Body Mass Index (B.M.I) でみても、23.9を示し正常域



であった。減量による身体組成の影響について検討すると、その測定法は水中体重法による体密度法が最も適切であることが多く報告<sup>17,35,46,48)</sup>されている。従って、本研究では皮脂厚法で間接的に算出したもので多くを論ずることは出来ない。しかし、体脂肪量の減少が著明にみられたことは、運動による消費カロリーが大きいということに加えて、1500kcal/日という摂取カロリーの制限から、貯蔵脂肪の動員が行われたものと思われる。また重要なことは、除脂肪体重の減少もみられたことである。除脂肪体重の減少は筋実質量の減少と考えられるので、体蛋白の崩壊<sup>2,4,40,45)</sup>が指摘されるであろう。即ち血中の総蛋白を補充するために骨格筋を利用するのではないかと推察される。減量中の運動は逆に体蛋白の崩壊を抑止するといわれる報告<sup>26)</sup>もあるが、減量を多量に行おうとすれば、除脂肪体重の減少は不可避であろうと考えられる。

次に減量期間の面から検討していきたい。減量期間は10日間という短期減量に相当する内容であったが、体重の減少は徐々に進行し、どの被検者においても一時的に減量が停滞する傾向はなかった。これは1日の栄養摂取量を肥満者が減量する場合と同様に、総摂取カロリーを1500kcal/日に制限し、厳守させたこと、及び1日の運動量が3～4時間の長時間に渡り、およそ900～1000kcal/日の運動によるエネルギー消費が行われたことを反映しているものと思われる。女子スポーツ競技選手の減量に関する報告は非常に少なく、これまで5～10%の減量を実施した報告はない。男子ボクシング選手<sup>38)</sup>の例をみると同様に10日間の減量の結果、いずれの被検者も本研究の場合と同じように次第に減少することを認めている。肥満者治療の報告<sup>29)</sup>を参考としてみると、成人女子の場合、1200～1300kcal/日、成人男子の場合、1600～1700kcal/日の摂取、また、1日30分のトレッドミル歩行を行わせ、30日間にわたる長期減量を実施している。その結果、女子の被検者は実施開始20日頃まで極めて緩徐な体重減少を示したが、男子の場合は実験開始4日目までは体重は急激に低下し、以後一定に保たれ、18日以後再び急速な体重低下を招来したことを述べている。その急激な低下は主に体水分の喪失により、その後の低下は脂肪組織の減少が主体であると述べている。本研究は女子スポーツ競技選手の体重調整を主たる目的とした減量であり肥満治療のための減量ではない。従

って、体重減少の傾向については、直接比較できない。しかしながら、減量期間を検討すると、長期減量では体重減少の停止が生ずるであろうが、本研究のように短期減量では、限られた時間内の減量であるため、1日の減量の程度が大きくなり、一過性に体重が減少することが考えられる。こうした体重減少の推移や内容に関する検討はスポーツ競技選手でも、スポーツ種目、体組成、摂取カロリー量や運動による消費カロリー量の相違、あるいは性別、減量期間の相違などが複雑に関与し、同一の傾向をみることは困難なものと思われ、なお今後検討が必要である。

次に血中脂質の面から検討していきたい。総コレステロールは減量前後で正常域値を示し、変化はなかった。しかし、中性脂肪(54.2mg/dl)は一般正常域値の1/2程度であり、減量後はさらに35mg/dlと1/3程度となり統計的有意差はなかったが、絶対値では減少の傾向を示した。それに反し、遊離脂肪酸は著明な増大を示し、これまでの諸報告<sup>5,22,29,39)</sup>と一致した。これは減量によって皮下等に存在する貯蔵脂肪エネルギー源に転換されたことを示すものであろう。

次に体力測定の結果について検討したい。減量の結果、ステッピングに低下を示したが他の項目に影響はなかった。これまでの報告からみると、Tuttle<sup>42)</sup>はレスリングの男子選手を対象として、体重の5%程度の減量では筋力や他の身体機能には影響はないと報告している。白井<sup>37)</sup>も同様にレスリング選手について体重の7%内の減量では筋力や腕持久力、上体起こし等では減量後に増大する傾向を示したと述べている。岩野<sup>14)</sup>は同様にレスリング選手において7%の減量を行ったが、背筋力を除く他の筋力には変化はなかったとしている。以上のように、概して、体力測定の面からみれば、ほとんど変化ないとするものが多い。しかし堀居<sup>8)</sup>はレスリング選手を対象として7%の減量を行ったがその結果、握力は変化はなかったが、背筋力、脚筋力などには著明な低下がみられたと述べている。また個人的症例であるが15%の減量を行った者の握力、背筋力、脚筋力、全身反応時間が極めて大きく低下し、試合を放棄したことを報告している。本研究は女子スポーツ競技選手の減量であり、女性という身体的機能的特徴の面から、男子スポーツ競技選手の場合と直接比較することは出来ない。しかし、毎日、トレーニングが繰り返さ

れる競技力の高い女子スポーツ競技選手においては、行動体力を評価する通常の体力測定の結果からみれば、男子スポーツ競技選手の場合と同様に減量の影響はないように思われる。

次に安静時呼吸循環機能、また最大酸素摂取量、及び心臓脈管系機能をみる最大心拍出量等の結果から減量の影響について検討したい。はじめに呼吸循環機能に関する過去からみると、男子選手を対象としてのこれまでの知見では、岩野たち<sup>14)</sup>や Singer たち<sup>36)</sup>は、体重の7%までの減量ではハーバードステップテストには変化はないとしている。芳賀たち<sup>7)</sup>は男子柔道選手の場合、体重の5%までの減量では、最大心拍出量、最大酸素摂取量に変化はないとしている。しかし、井関たち<sup>13)</sup>はボクシング選手を対象としての落汗法による短期減量ではハーバードステップテストに影響を生ずるとしている。本研究の結果、自転車エルゴメーターによる全身持久性パフォーマンスは、統計的に有意差はなかったが、個人的に著しく低下するものは10名中4名にみられた。被検者の一部のものにおいては全身持久性は減量後著しく低下する<sup>16,32,43)</sup>というこれまでの結果と一致した。一方、体重当たりの最大酸素摂取量に変化はなかったが、心臓脈管系においては、減量後最大心拍出量は11.7%、最大一回拍出量は11.8%著明に低下し、最大酸素摂取量は、動静脈酸素較差の増大(10.8%)によって維持されたと考えられる。このように多量の減量の場合は、心拍出量、一回拍出量が減少し、その補償として動静脈酸素較差の増大が生じる。この理由としては、過度の減量を行えば発汗や脱水が亢進され、同時に血液が濃縮し、循環血液量の減少、或いは血漿量の減少が生ずるものと思われる。また最高心拍数には変化がなかったことから交感神経系の作用には影響がないものと思われるが、最大一回拍出量はスターリングの法則から推されるように、血液量の減少から招来する静脈環流量の減少をそのまま反映して同様に低下したものと思われる。また、一回拍出量の減少については心筋それ自身の収縮力の低下が関与したかもしれない。そして動静脈酸素較差の増大は血液の濃縮が生じることから、血液粘性が高まり、従って毛細血管内の血流速度が遅くなり、そのため筋末梢部における酸素の抽出能が高まることが関与するかもしれない。こうした減量による変化に対し、白井<sup>37)</sup>は骨格筋の消耗、循環機能の低下、エネルギー

源の喝咽などが関与し、運動能力が低下するのではないかと述べている。特に循環機能について、減量が著しい場合は心臓の萎縮が生ずるのではないかと、またその他の因子によって収縮力が弱まり、収縮期血圧が低下し、脈圧が減少すると述べている。日本体育協会スポーツ科学委員会は、最大下同一負荷及び回復期における心拍数反応から心機能を検討した<sup>28)</sup>。これによると、減量後は最大下同一負荷時や回復期で心拍数は増加するが、これは一回拍出量の低下を交感神経興奮による心拍数の増加で補償し、低下した心筋収縮力を逆に高めようとするのではないかと推論している。古典的な、「断食の研究」の中で高比良<sup>41)</sup>は、断食の初期に血圧が下降するが、これは血液量の減少によって心拍出量と末梢血管抵抗の低下が考えられる。しかし、更に研究を要すると述べている。また、成人肥満者を対象として、摂取カロリー330kcal/日に制限して減量し、体重の9%低下させた結果、超音波心エコー図からの検討において左室拡張終期径は減少し、また心収縮力を示す左室平均円周短縮速度、左室駆出率の有意な低下が報告されている<sup>31)</sup>。この報告では330kcal/日という極めて少ない摂取カロリーの影響が生じているものと思われるが、女子スポーツ競技選手の場合においても心エコーからの検討は重要なものであり、今後の課題としたい。本研究の結果も安静時の収縮期血圧は有意な低下があったことから考えれば、同時にこうしたことも循環機能低下の一因として関与しているのではないかと推察される。

以上の点から考えると、体重の7%に相当する減量は、行動体力と諸因子や有酸素的作業能に対しては明らかな低下はみられなかったが、除脂肪体重の減少や心臓脈管系への影響は大きいことが指摘される。また、減量に対する生理的反応は様々で個人差も大きい。井上たち<sup>12)</sup>によれば通常一般人や肥満者が減量した場合、正常の体重は標準体重の±10%以内であることから、減量が10%以上になれば多くのリスクが生じることを示唆している。このことは、本研究の結果から考えればスポーツ競技者の場合でも同様で、体重の7~8%、最大の減量を考えても10%以内の減量は限界のレベルと考えられる。そしてさらにそれ以上の過度の減量や、急激な減量、あるいは度々繰り返すなどの減量を実施すれば、体力や生理的機能の低下やリスクは著明なものとなろう。白井<sup>37)</sup>は7%以上

の減量を実施すると、肝臓や脾臓の消耗萎縮を伴うことを推察している。今後における女子スポーツ競技選手の減量について検討する場合、これまで軽度の減量でも免疫能は低下する<sup>19,21)</sup>ことや、また、女性の体重減少、体脂肪量の減少は月経異常、続発性無月経を招きやすい<sup>24)</sup>ことが報告されている。また、心理的な分析も重要と思われる。すなわちスポーツ競技者であっても今後はこうした点からの検討も必要であり、多くの課題を有するものと思われる。

## V 要 約

本研究は女子スポーツ競技選手の減量が体力にどのように影響するかという観点から、最大酸素摂取量、またその主因としての最大心拍出量に及ぼす影響について検討することを主たる目的とし、併せて、行動体力や血液生化学的性状への影響を検討した。

被検者は女子スポーツ競技選手で、バレーボール部、陸上競技部に所属し、自主的に参加した者、10名であった。減量の割合は体重の7%を目標として設定した。

減量期間は10日間、また、減量の方法は減食、すなわち、摂取カロリーの制限による方法(1500 kcal/day)と運動の練習によるカロリー消費(900~1000kcal/day)の発汗法を併用した。測定項目は形態測定として、身長、体重、また皮下脂肪厚(肩甲骨下部)を測定し、身体組成を算出した。また、安静時呼吸機能、血圧測定、血中脂質、体力測定を実施した。また、自転車エルゴメーター法を用いて最大酸素摂取量を測定し、同時に、CO<sub>2</sub>-Rebreathing法により最大心拍出量を求めた。

結果については次の通りである。

1) 体重は65.6kgから60.7kgと7.4%の有意な低下を示し、設定した目標を達した。身体組成について、体脂肪量は被検者のすべてが減少し、体重の21.6%から19.0%に有意に低下した。しかし、同時に除脂肪体重も1名を除いて全て減少し、51.3kgから49.2kgと4.1%の有意な減少を示した。

2) 血液生化学的性状について、総蛋白、総コレステロールは正常域にあり、また、減量前後では変化がなかった。中性脂肪は54.2mg/dlから35.0mg/dlと減少の傾向を示したが有意差はなかった。遊離脂肪酸は減量後著明に増大した。これは貯蔵

脂肪である皮下脂肪や中性脂肪等がエネルギー源として動員されたことを示すものであろう。

3) 体力測定の結果、ステップングが左右とも有意な低下を示したが、他の項目には全て変化がなかった。また、エルゴメーターによるExhaustion timeからみた全身持久性は、平均値では低下したが統計的には有意差はなかった。すなわち、行動体力に対する影響は著明なものではないと考えられる。

4) 安静時における呼吸機能では1秒量、1秒率において増大し、また、収縮期血圧は112mmHgから102mmHgと有意な低下を示した。

5) 最大酸素摂取量は、減量前2.62 l/min, 40.1 ml/kg・min, 減量後2.56 l/min, 42.3 ml/kg・minを示したが、いずれも変化はなかった。すなわち、全身持久性の指標としての有酸素的作業には影響しないと考えられる。

6) 最大酸素摂取量の主因子である、最大心拍出量、最大一回拍出量への影響についてみると、最大心拍出量は11.7%、最大一回拍出量は11.8%とそれぞれ有意な低下を示し、心臓脈管系機能への影響は著明に大きいことが指摘される。

これは発汗、脱水によって血液が濃縮し、循環血流量そのものが減少し、静脈血流量そのものの低下を反映するものであろう。また、こうしたことから、安静時収縮期血圧も低下したのと考えられる。

しかし、反面、その代償として動静脈酸素較差の有意な増大により、減量前の最大酸素摂取量の値を維持出来たものと考えられる。

7) 以上の点からみる女子スポーツ競技者を対象として、体重の7%に相当する減量は、明らかな体力の低下を招くことはないと考えられるが、除脂肪体重の減少や心臓脈管系機能への影響は大きいと考えられる。また、今後は、貧血、免疫機能、女性ホルモン等への検討が課題であろう。

## 引用文献

- 1) Ahlman K and Karvonen M (1961) : Weight reduction by sweating in wrestlers and its effect on physical fitness. *J. Sports Med* 1 : 58-62.
- 2) Babirak SP, Dowell RT and Oscai LB (1974) : Total Fasting and Total Fasting plus Exercise -Effect on Body composition of Rat-. *J Nutr*

- 104 : 452-457.
- 3) Brožek JE, Grande J, Anderson T and Keys A (1963) : Densitometric analysis of body composition. revision of some quantitative assumptions. *Ann N Y Acad Sci* 110 : 113-140.
- 4) George F C (1970) : Starvation in Man. *New Eng J Med* 282 : 668-675.
- 5) 後藤芳雄, 喜多尚武, 堤達也 (1975) : 運動強度と血漿 FFA Triglycerides Cholesterol 糖および乳酸の変動ならびにそれ等の相互関連について. *体力研究* 31 : 11-25.
- 6) 芳賀脩光, 宮下充正 (1973) : 情動的興奮時における心拍出量. *東京大学教養学部紀要* 13 : 237-243.
- 7) 芳賀脩光, 浅見高明, 中村良三, 宮下充正, 秦優子 (1976) : 柔道選手の減量に関する一考察. 軽度の減量が身体組成と呼吸循環機能に及ぼす影響. *武道学研究* 9 : 29-36.
- 8) 堀居昭 (1982) : スポーツマンの栄養, 休養—レスリング競技者の場合—. *体育の科学* 32 : 40-46.
- 9) Horswill CA, Hickner RC, Scott JR, Costill D L and Gould D (1988) : Weight loss, dietary carbohydrate modifications, and high intensity physical performance. *Med Sci Sports Exerc* 22 : 470-476.
- 10) Horswill CA, Park SH and Roemmich JN (1990) : Changes in the protein nutritional status of adolescent wrestlers. *Med Sci Sports Exerc* 22 : 599-604.
- 11) 猪飼道夫, 宮村実晴 (1970) : 最大毎分拍出量の性・年齢別比較. *体育学研究* 14 : 175-183.
- 12) 井上修二, 斉藤紀文, 永瀬肇 (1989) : 肥満, 減量の病態—主に減量のリスクについて—. *スポーツ医学* 6 : 593-597.
- 13) 井関敏之, 鈴木正朗 (1964) : スポーツと体重調節 (とくにボクシング選手の減量について). *大阪市中央体育館体育医事年報* 3 : 34-39.
- 14) 岩野悦真, 倉敷千稔, 田淵和彦, 村上長雄, 武部吉秀 (1966) : レスリング選手の体力に関する研究 (第3報)—減量の問題について. *体育学研究* 10 : 194.
- 15) 春日俊, 佐藤みどり, 吉岡行政, 橋本圭央, 関秀, 成澤三雄 (1990) : 女子柔道選手の減量に関する実態調査. *武道学研究* 23 : 13-14.
- 16) 片岡幸雄 (1973) : 階級制スポーツにおける急速減量に関する研究. (1) レスリング選手の減量の呼吸循環機能および筋力に及ぼす影響. *東京大学教養学部体育学紀要* 7 : 29-40.
- 17) 北川薫 (1984) : 肥満者の脂肪量と体力. *杏林書院*, 東京, pp.20-21.
- 18) 北川薫, 松岡弘記 (1985) : 女子器械体操選手の身体組成と運動諸機能に及ぼす減量食の影響. *体力科学* 33 : 119-129.
- 19) 喜多尾浩代, 松田光生, 河野一郎, 芳賀脩光, 福島秀夫, 小西智子 (1989) : 鍛錬者における摂取エネルギー制限による減量の免疫機能に及ぼす影響. *体力科学* 38 : 95-104.
- 20) Klausen K (1965) : Comparison of CO<sub>2</sub> re-breathing and acetylene method for cardiac output. *J Appl Physiol* 20 : 763-766.
- 21) Kono I, Kitao H, Matsuda M, Haga S, Fukushima H and Kashiwagi H (1988) : Weight reduction in athletes may adversely affect the phagocytic function of monocytes. *Physician Sportsmed* 16 : 56-65.
- 22) 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.
- 23) 飯塚鉄雄, 日丸哲也, 永田晟, 中西光雄, 岩崎義正, 磯川正教 (1980) : 日本人の体力標準値第3版. *東京都立大学研究所身体適正学研究編*. 不味堂出版, 東京, pp.66-69.
- 24) 目崎登, 佐々木純一 (1986) : ウェイトコントロールと女子選手. *J J Sports Sci* 5 : 849-854.
- 25) 南谷和利 (1986) : ウェイトコントロールの医学. *J J Sports Sci* 5 : 828-829.
- 26) Morse WI, Sidorov JJ, Soeldner JS and Dickson RC (1960) : Observation on carbohydrate Metabolism in Obesity. *Metabolism* 9 : 666-679.
- 27) Nagamine S and Suzuki S (1964) : Anthropometry and body composition of Japanese young men and women. *Human Biol* 36 : 8-15.
- 28) 小野三嗣, 井川幸雄, 窪田登, 野村晋一, 長谷川勇, 道明博, 大和真, 吉田幸夫, 山本郁栄, 伊藤静夫 (1976) : 体重減量に関する研究. 第2次研究報告. 昭和51年度日本体育協会スポーツ科学研究報告, pp.1-50.
- 29) 太田富貴雄, 大島寿美子, 山昌子, 鈴木慎次郎 (1973) : 肥満治療のための運動と栄養の処方に関する研究. *栄養学雑誌* 31 : 230-240.
- 30) 太田富貴雄 (1974) : 減量時における運動と高蛋白質食の生体代謝機能に及ぼす影響. *栄養学雑誌* 32 : 187-197.
- 31) Ramhamadany E, Dasgupta P, Brigden G, Lahiri A, Raftery EB and Maclea I (1989) : Cardiovascular changes in obese subjects on very low calorie diet. *Int J Obesity* 13 (Suppl) 2 : 95-99.
- 32) Ribisl PM and Herbert WG (1970) : Effect of rapid weight reduction and subsequent re-

- hydration upon the physical working capacity of wrestler. *Res Quart* 45 : 536-541.
- 33) Rosen LW and Hough DO (1988) : Pathogenic weight-control behaviors of female college gymnasts. *Physician Sportsmed* 16 : 141-146.
- 34) Rosen LW, Mckeag DB, Hough DO and Curley V (1986) : Pathogenic weight-control behaviors in female athletes. *Physician Sportsmed* 14 : 79-86.
- 35) 佐藤光毅 (1975) : 日本人の Body Fat Mass に関する研究—青年期における Body Fat Mass について—. *体力科学* 24 : 134-150.
- 36) Singer RN and Weiss SA (1968) : Effects of weight reduction on selected anthropometric, physical, and performance measures of wrestlers. *Res Quart* 39 : 361-369.
- 37) 白井伊三郎 (1963) : 体重調整が体力に及ぼす影響について. *Olympia* 20 : 9-12
- 38) 鈴木久乃 (1989) : スポーツ選手の減量の具体例—ウエイトコントロールの栄養計画—. *臨床スポーツ医学* 6 : 645-650.
- 39) 鈴木慎次郎, 手塚朋通, 梶原寿美子 (1973) : 肥満症に体する運動と栄養の処方に関する研究. *体育科学* 1 : 162-164.
- 40) 鈴木慎次郎, 太田富貴雄, 大島寿美子 (1976) : 肥満治療のための運動と栄養の処方に関する研究. 第3報. *体育科学* 4 : 31-38.
- 41) 高比良英雄 (1930) : 絶食研究. 岩波書店. 東京, pp.318-324.
- 42) Tuttle WW (1943) : The effect of weight loss by dehydration and the withholding of food on the physiologic response of wrestlers. *Res Quart* 14 : 158-166.
- 43) Walberg JL (1989) : Aerobic exercise and resistance weight-training during reduction. Implications for obese persons and athletes. *Physician Sportsmed* 7 : 343-356.
- 44) 渡辺美智子, 向笠由美, 鈴木久乃, 金子佳代子, 小池五郎, 桜間幸次 (1984) : スポーツ選手の10% 前後急速感覚に関する研究. *体力科学* 33 : 40-51.
- 45) 上田伸男 (1980) : 減食および運動負荷時に見られる栄養生理学的変化. *体力科学* 29 : 152-164.
- 46) Wilmore JH, Girandola N and Moody DL (1970) : Validity of skinfold and girth assessment for predicting alteration in body composition. *J Appl Physiol* 29 : 313-317.
- 47) 山川純 (1984) : 一流女子選手の体重コントロールの実態. *体育の科学* 34 : 611-615.
- 48) Zwiren L, Skinner JS and Buskirk ER (1973) : Use of body density and various skinfold equations for estimating small reduction in body fatness. *J Sports Med* 13 : 213-218.