

## 大学男子重量拳選手の高蛋白質減量食が 身体組成と運動諸機能へ及ぼす影響

松岡弘記\*・寺島 徹\*\*・北川 薫\*\*

### The Weight Reducing Effects of a High Protein Diet on Body Composition and Physical Working Capacity of Male College Weight Lifters.

Hiroki MATSUOKA\*, Touru TERASHIMA\*\* and Kaoru KITAGAWA\*\*

#### Abstract

The present study examined the effect of high protein diet programs (Protein  $\geq 2.0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ ) for male college weight lifters on weight reduction in preparation for competitions. Body composition (under-water weighing), physical working capacity (muscle strength and maximal anaerobic power output), blood constituents and urinary nitrogen excretion (UN) of five male weight lifters ( $20 \pm 2$  years) were measured before and at the last stage of the dieting. The period of dieting was 20 days. They practiced about two hours per day, five days a week, during the diet period. The average daily diet contained 2424 kcal ( $30.95 \text{ kcal}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ ) with 163 g of protein ( $2.1 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ ), 81 g of fat and 250 g of carbohydrate. All vitamin intake (A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, C) and mineral intake (calcium and iron) in this diet were higher than the Japanese recommended dietary allowance (RDA). After dieting, body weight decreased from 78.33 kg to 75.77 kg and the difference was composed of 1.15 kg of body fat and 1.41 kg of lean body weight (LBW). Blood constituents (Ht, TP, Alb, BUN, FFA) were still within normal ranges despite significant changes. UN was increased significantly, but the difference between nitrogen intake and UN was positive (+7.53 g). The estimated value of the nitrogen balance including fecal nitrogen loss ( $\leq 2.6 \text{ g}$ ) and dermal nitrogen loss ( $\leq 2.8 \text{ g}$ ) was positive (+2.13 g). None of the physical working capacities in muscle strength and maximal anaerobic power output showed significant changes. These data suggested that a high protein diet program for weight reduction in weight lifters was not effective for maintaining LBW. However, it was indicated that the decrease of LBW was not caused by body protein loss.

**Key words:** weight reduction, high protein diet, LBW, body protein loss, weight lifter

---

\* 愛知大学教養部 (〒470-02 愛知県西加茂郡三好町黒笹370)

\* Faculty of liberal Arts, Aichi University, 370 Kurozasa, Miyoshi-cho, Aichi 470-02

\*\* 中京大学体育学部 (〒470-03 愛知県豊田市貝津町床立101)

\*\* Laboratory for Exercise Physiology and Biomechanics, School of Physical Education, Chukyo University, 101 Tokodate, Kaizu-cho, Toyota, Aichi 470-03

## I. 緒言

体重階級制スポーツ選手の減量では、筋量の指標としての除脂肪体重 (Lean Body Weight: 以下LBW) をできるだけ維持し、体脂肪量 (以下Fat) を減少させ、運動諸機能を低下させずに減量することが重要である。これまでスポーツ選手の減量食による減量が運動諸機能へ及ぼす影響を検討した報告例はいくつかあるものの、それらの研究例は、実態調査<sup>9,11,16,17,33)</sup>であったり、水中体重秤量法による身体組成の検討がなされていなかったり、<sup>5,9,11,21,32)</sup>栄養摂取調査がなされていないもの<sup>9,10,12,16,22,27)</sup>がほとんどである。一方、減量期間に減量食が用いられ、食事のコントロールが十分にされた研究例は、極めて少なく筆者が知る限り数例<sup>21,24,28,31)</sup>であるが、いずれの研究例も5日~7日という短期間である。

これまでにスポーツ選手のトレーニング期における蛋白質所要量に関しては、多くの研究がなされている。Haymes<sup>7)</sup>は多くの研究例をまとめ、スポーツ選手にとって $1.0\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ の蛋白質摂取は不十分であり、少なくとも $1.2\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ が必要であり、さらに激しい筋力トレーニングを行うスポーツ選手では $2.0\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ が望ましいとした。これに対してWilliams<sup>34)</sup>は筋肉をつくるために必要な蛋白質はわずかな量で十分であることから $2.0\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ 以上の過剰な蛋白質摂取が筋肉の増量をもたらさない、との見解をまとめている。また、このように過剰な蛋白質摂取が体蛋白合成を高めて筋肉づくりに有効であるか否かはこれまで十分に明らかになっていない。

筆者たち<sup>19)</sup>は先に、重量挙げ選手の減量食を用いた20日間の減量が運動諸機能と身体組成へ及ぼす影響を検討した。その際にHaymes<sup>7)</sup>のいうスポーツ選手の所要量としての下限値である $1.2\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ の蛋白質摂取量で献立 (朝食分と夕食分) を作成し、LBW への影響を検討した。減量食摂取による減量期間20日間の平均1日当たりのエネルギー摂取量は $28.06\text{kcal}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ で、蛋白質の摂取量が $1.48\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ となった。この減量食を摂取した結果、体重は3.53kg減少し重量挙げ選手が飲水の制限や脱水をせずに、運動諸機能と体調を十分に減量前の水準を保って減量できることが確認でき、より長期的な減量が重量挙げ選手にとって有効であることを報告した。しかし、この研究では体重減

少分に占めるLBWの割合が60.9%と顕著であった。

このLBW減少の原因には、減量による体蛋白の過剰な分解と体水分損失のいずれか、あるいは両者の損失が考えられた。ボディビルダーが用いられた先行研究<sup>31)</sup>によれば、エネルギー摂取量が $18\text{kcal}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ の減量時に $1.6\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ の蛋白質摂取量で窒素出納は正となり体窒素の保留に効果的であることが示唆されているが、しかし、我々の前回の研究と同じようにLBWの減少がみられた。この研究の減量期間は7日間と短期間であり激しいエネルギー制限を伴っており、スポーツ選手がベストな体調で試合へ臨めるようにエネルギー制限を軽度にしたより長期的な減量期間を設定し、窒素出納とLBWの変化を検討するべきである。

これまでスポーツ選手の蛋白質所要量に関する研究のほとんどは、エネルギー平衡状態で検討されており、 $2.0\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ 以上の過剰な蛋白質摂取は、窒素出納を正にし体窒素保留をもたらしてLBWを増加する<sup>4,8,18)</sup>という報告がいくつかあるものの、これとは対照的に窒素出納は正となるもののLBWは増加しない<sup>15,29,30)</sup>という報告もなされている。いずれにせよエネルギー平衡状態では $2.0\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ 以上の蛋白質摂取量では、窒素出納は正出納となることは明らかである。しかし、エネルギー平衡が負となるスポーツ選手の減量時において $2.0\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ 以上の蛋白質摂取による窒素出納の動態はこれまで報告されておらず不明であるが、仮に我々の前回の研究でみられたLBWの減少の原因が、エネルギー制限による過剰な体蛋白の分解によるものと仮定するならば、 $2.0\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ 以上の過剰な蛋白質摂取は体蛋白の過剰な分解に適合するかあるいはそれを上回る窒素の摂取をもたらし、窒素出納が平衡あるいは正出納となり、体窒素保留を効果的にすることからLBWの減少を抑制できるものと考えられる。

そこで本研究は、重量挙げ選手が $2.0\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ の高蛋白質減量食を用いて20日間で減量した際に、LBWを維持し、運動諸機能を低下させずに減量可能か否かを検討し、重量挙げ選手にとっての適切な減量食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、合宿所で共同自炊生活をしている大学男子重量拳選手5名で、全日本学生選手権大会へ出場が予定されているレギュラー選手であった。なお、この大会は本研究の被検者が最大の目標にし、細心の注意を払って調整を行う大会であった。

減量期間は、試合前の20日間であった。この間、被検者は試合へ向けて週に5日、1日約2時間の通常の練習をしていた。その練習量と内容は、減量前と同じであった。表1に被検者の身体的特徴と体重階級を示した。20日間で必要な体重の減少量は、平均で $2.33 \pm 1.06$  kg (1.07 kg ~ 3.71 kgの範囲)であり、体重減少率は、平均で $3.1 \pm 1.8\%$  (1.3% ~ 5.9%の範囲)であった。

### B. 減量方法

減量方法は、栄養士が作成した減量食によるダイエット法とし、減量期間中は飲水を自由にし、脱水を禁じた。この減量食は、朝食、昼食、夕食の三食からなり、9日分の献立を作成した。その作成に当たり次の点を考慮した。1) 被検者の好みを取り入れる。2) 20日間で目標体重まで体重を減少させるために1日当たりのエネルギー摂取量は、2,000 kcalにする。3) 蛋白質の摂取量は、体重1 kg当たり2 gになるようにする。また、脂肪はエネルギー比の27.5%に押さえ、残りを炭水化物にする。4) 我々の先行研究<sup>19)</sup>で行った生活時間調査により得られた日本人20歳男性の生活活動強度Ⅲの栄養所要量 (Japanese recommended dietary allowance: 以下RDA)<sup>14)</sup>を参考にしてミネラル (カルシウムと鉄) とビタミン (A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, C) は、RDAを充足させる。

その内容およびRDAを表2に示した。この献立を基準にして、食品の摂取量を変えることにより1日のエネルギー摂取量と蛋白質の摂取量を個人別に調整した。1日のエネルギー摂取量については、体格の違いを考慮して各個人別に算出したエネルギー所要量とエネルギー摂取量との差が、約900 kcalとなるようにした。これは20日間で必要な減量分 (体重の3.1%) から算出した。また、蛋白質の摂取量については、これまでスポーツ競技者の減量食として体重1 kg当たり2 gの摂取量が、貧血や体蛋白の過剰な分解を防ぐのに勧められている<sup>25,35)</sup>ことから、個人の減量前の体重1 kg当たり2 gを越えるようにした。

毎日の食事の準備は秤量法を用いて検者が行った。また、食事の残菜量は記録しておき、後で栄養計算の際に差し引いた。栄養計算は四訂食品成分表<sup>13)</sup>を用いて行った。なお、減量直前の栄養調査は基本的には秤量法により行ったが、外食については調査用紙に目安量の記入をさせた。

### C. 測定項目と方法

減量による身体諸機能の変化をとらえるために体重、身体組成 (Fat, LBW)、筋力、最大無酸素パワー、血液成分、尿中成分を測定した。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>19)</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.<sup>3)</sup>の式によった。また、我々の研究室で以前に確認された再現性に関するこの測

Table 1 Physical characteristics of the subjects before dieting.

Subj.	Age (yrs.)	Height (cm)	Body weight (kg)	%fat (%)	Body weight class (kg)	target of body weight reduction
A	20	166.7	62.71	6.5	59	-3.71
B	22	169.0	65.77	9.8	64	-1.77
C	19	175.6	86.10	19.7	83	-3.10
D	19	171.3	84.07	22.7	83	-1.07
E	22	173.5	93.00	20.6	91	-2.00
Mean	20	171.2	78.33	15.9	—	-2.33
±SD	2	3.5	13.33	7.2	—	1.06

**Table 2 Comparison of the diet and Japanese recommended dietary allowance (RDA).**

		the diet	RDA
Energy	(kcal)	2061	3245
Protein	(g)	150	88
Fat	(g)	69	99*
Carbohydrate	(g)	210	500**
Calcium	(mg)	1670	620
Iron	(mg)	15.0	10
VA	(IU)	8290	2000
VB <sub>1</sub>	(mg)	3.71	1.28
VB <sub>2</sub>	(mg)	3.60	1.72
VC	(mg)	182	50

the diet : Values are the means of the 9 menus that were arranged by the dietitian taking weight lifters' choices of food into consideration.

RDA : Japanese recommended dietary allowances for the light heavy level (Ⅲ) of physical activity.

\* : Fat is 27.5% of total energy.

\*\* : Carbohydrate is 61.6% of total energy.

定誤差は、身体密度で示すと±0.1%以内であった。

筋力の測定項目は、右握力、背筋力、右腕伸展力、右脚伸展力であった。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>19)</sup>の通りであった。

最大無酸素パワーの測定は、パワーマックスV (コンビ社製)を用いて行った。この機器に内蔵されたコンピュータープログラムによる最大無酸素パワーテストを1試行実施した。実施に際して、被検者に最大努力でペダリングするよう指示した。

血液の測定項目と測定方法は前報<sup>19,20)</sup>の通りであった。採血は、病院にて臨床検査技師が早朝空腹時、座位安静30分後に右肘正中皮静脈より行った。尿中成分の測定項目は、尿素窒素、クレアチニン、アンモニア、蛋白、尿酸であった。測定方法は、尿素窒素はUV法、クレアチニンは酵素法、アンモニアは直接比色法、蛋白はスルホサリチル酸法、尿酸はウリカーゼ・カタラーゼ法を用いた。これらの測定項目の分析結果と尿量から、それぞれの分子式に基づき尿中総窒素量を求めた。採尿は、減量前と減量終了時(18日目から20日目)の各々連続した3日

間に行った。

減量前と減量後の測定値を比較するために、減量前の測定は減量開始の直前の3日間に行い、減量後の測定は減量を開始して18日目から20日目に行った。

#### D. 統計処理

各測定項目について平均値および標準偏差を求めた。平均値の差の有意性は、Studentの対応のあるt検定を用いた。また、% fatと体重減少分に占めるLBWの割合に関してはPearsonの相関係数を求め、相関の有意性の検定を行った。いずれも5%水準を統計学的有意の基準とした。

### Ⅲ. 結果

減量食摂取前と減量期間中の栄養摂取調査の比較を表3に示した。減量食摂取前の値は、減量食の摂取を開始する直前の3日間の平均値で示し、減量期間中の値は、減量食の摂取中の20日間の平均値で示した。ただし、被検者2名の体重が減量開始後10日目に目標の体重に達したため、11日目以降のエネルギー摂取量を1日当たり500kcal分多くなるよう米飯を余分に摂取させ、体重を維持するようにさせた。

減量期間中のエネルギー摂取量は、平均で2,424kcal ( $30.95 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ )となったが、減量食摂取前の値と有意な差はなかった ( $P > 0.05$ )。しかし、彼らのRDAの74.7%となり、RDAよりも821kcal少なかった。

減量期間中の蛋白質の摂取量は、減量食摂取前の2倍になり、有意に増加し ( $P < 0.001$ )、体重1kg当たりの摂取量は2.1gとなった。また、減量期間中の脂肪のエネルギー比は、30.1%となり、減量期間中の炭水化物は減量食摂取前よりも100g有意に減少した ( $P < 0.01$ )。

ミネラル(カルシウムと鉄)とビタミン(A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, C)では、減量期間中のカルシウムとビタミンB<sub>1</sub>が減量食摂取前よりもそれぞれ有意に増加した ( $P < 0.001$ ,  $P < 0.001$ )が、他の栄養素には有意な変化はなかった。しかし、減量期間中のミネラルとビタミンは、彼らのRDAの1.7倍~4.2倍となった。

減量前と減量後の体重と身体組成の変化を表4に示した。20日間で体重は、2.56kg有意に減少し ( $P < 0.01$ )、体重減少率は3.3%であった。身体組成については、% fatが1.0%有意に減少し ( $P < 0.05$ )、

**Table 3 Comparison of the diets before and during dieting according to the nutrition survey. (n=5)**

Subj.		Energy (kcal)	Protein (g) (g·kg <sup>-1</sup> )	Fat (g)	Carbohydrate (g)	Calcium (mg)	Iron (mg)	VA (IU)	VB <sub>1</sub> (mg)	VB <sub>2</sub> (mg)	VC (mg)	
A	Before	1737	60.3	0.96	48.0	260.6	361	8.6	2140	0.74	1.04	490
	During	2018	142.6	2.27	68.3	197.7	1681	14.7	5454	4.77	3.35	204
B	Before	2307	45.8	0.70	56.7	270.9	276	5.4	1159	0.98	0.92	604
	During	2077	147.7	2.25	72.3	197.4	1681	16.2	7874	4.88	3.72	211
C	Before	2782	105.4	1.22	89.3	382.5	1211	15.7	2203	1.48	2.42	257
	During	2445	169.0	1.96	83.2	255.0	2323	16.3	8265	4.97	4.50	203
D	Before	2850	101.6	1.21	67.7	432.1	494	22.6	38535	1.46	6.74	134
	During	2644	167.6	1.99	81.8	292.2	1976	17.6	8190	5.07	4.31	209
E	Before	3214	103.1	1.11	119.7	405.0	451	16.7	33634	1.31	3.92	152
	During	2934	187.2	2.01	98.2	307.8	2555	18.1	9448	5.20	5.05	213
Mean	Before	2578	83.2	1.04	76.3	350.2	559	13.8	15534	1.19	3.01	328
	±SD	570	28.1	0.22	28.8	79.2	374	6.9	18844	0.33	2.42	210
	During	2424	162.8***	2.10**	80.8	250.0**	2043***	16.6	7846	4.98***	4.19	208
		385	18.0	0.15	11.6	51.6	390	1.3	1465	0.17	0.67	4

Before : averaged value during three days before dieting.

During : averaged value during the 20 day-dieting.

\*\* : Indicates significant difference between before and during at P < 0.01.

\*\*\* : Indicates significant difference between before and during at P < 0.001.

**Table 4 Changes of body weight and body composition before and after dieting. (n=5)**

Subj.		Body weight (kg)	%fat (%)	Fat (kg)	LBW (kg)	△LBW† (%)
A	Before	62.71	6.5	4.08	58.63	
	After	59.45	5.2	3.09	56.36	69.6
B	Before	65.77	9.8	6.45	59.32	
	After	63.94	9.5	6.07	57.87	79.2
C	Before	86.10	19.7	16.96	69.14	
	After	82.04	18.0	14.77	67.27	46.1
D	Before	84.07	22.7	19.08	64.99	
	After	82.84	21.8	18.06	64.78	17.1
E	Before	93.00	20.6	19.16	73.84	
	After	90.58	19.9	18.03	72.55	53.3
Mean	Before	78.33	15.9	13.15	65.18	
	±SD	13.33	7.2	7.30	6.48	
	After	75.77**	14.9*	12.00*	63.77*	53.1
		13.37	7.2	6.99	6.71	24.0

\* : Indicates significant difference between before and after at P < 0.05.

\*\* : Indicates significant difference between before and after at P < 0.01.

† : Change in lean body weight (△LBW) as percentage of total body weight loss.

Fat と LBW の両方とも有意に減少した ( $P < 0.05$ )。その減少量は、Fat が 1.15 kg で、LBW が 1.41 kg であった。また、体重減少分に占める Fat と LBW の割合は、それぞれ 44.9%、55.1% となった。

減量前の % fat と体重減少分に占める LBW の割合との関係を図 1 に示した。減量前の % fat と体重

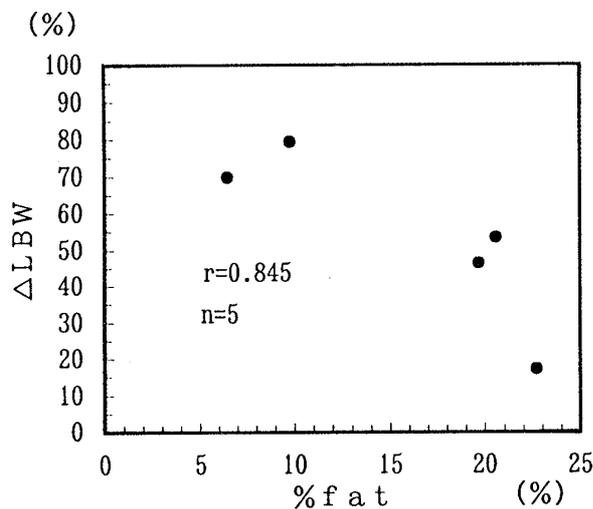


Fig. 1 Relationship between percent of body fat (% fat) before the weight reduction and change in lean body weight ( $\Delta$ LBW) as percentage of total body weight loss.

減少分に占める LBW との間には有意な相関 ( $P > 0.05$ ) がなかった。

減量前と減量後の血液成分の変化を表 5 に示した。減量前と減量後との間に有意な変化を示したのは、Hb ( $P < 0.05$ ), TP ( $P < 0.05$ ), Alb ( $P < 0.05$ ), BUN ( $P < 0.01$ ), FFA ( $P < 0.01$ ) であり、これらのどの項目も有意に増加した。しかし、どの項目も正常範囲内の変化であった。

減量食摂取前と減量期間中の尿中成分と摂取窒素の変化を表 6 に示した。尿量は減量期間中の方が 40.6% 有意に増加した ( $P < 0.05$ ) が、尿中クレアチニン量には有意な変化はなかった ( $P > 0.05$ )。尿中窒素排泄量は、減量期間中に 6.56 g 有意に増加した ( $P < 0.05$ )。また、摂取窒素量は 12.81 g 有意に増加し ( $P < 0.01$ )、摂取窒素量と尿中窒素排泄量との差は、減量期間中に有意に増加し ( $P < 0.01$ )、減量食摂取前の 5.9 倍になった。

減量前と減量後の筋力および最大無酸素パワーテストの結果を表 7 に示した。減量後の筋力は、どの項目も減量前よりも減量後の値の方が高くなる傾向であったが、両者の間に有意な差はなかった ( $P > 0.05$ )。また、最大無酸素パワーについても、減量前と減量後の値の間に有意な差はなかった ( $P > 0.05$ )。

Table 5 Changes of blood constituents before and after dieting. (n=5)

Subj.	RBC ( $\times 10^4$ )	Hb ( $g \cdot dl^{-1}$ )	Ht (%)	TP ( $g \cdot dl^{-1}$ )	Alb ( $g \cdot dl^{-1}$ )	A $\cdot$ G $^{-1}$	BUN ( $mg \cdot dl^{-1}$ )	BS ( $mg \cdot dl^{-1}$ )	TG ( $mg \cdot dl^{-1}$ )	FFA ( $\mu Eq \cdot l^{-1}$ )
A Before	554	16.2	48.5	6.9	4.3	1.65	12.8	83	50	321
After	556	16.8	48.2	7.1	4.6	1.84	22.6	78	48	455
B Before	502	13.9	40.1	6.8	4.4	1.83	16.1	84	45	173
After	512	14.3	40.6	6.9	4.6	2.00	27.3	79	63	314
C Before	544	16.3	47.3	7.1	4.5	1.73	14.6	98	183	274
After	533	16.5	46.3	7.3	4.6	1.70	17.8	96	77	623
D Before	490	15.7	45.1	7.0	4.3	1.59	12.7	89	90	102
After	504	16.8	45.7	7.3	4.6	1.70	18.8	94	56	287
E Before	492	15.3	44.5	7.5	4.4	1.42	13.3	98	210	196
After	512	16.1	45.7	8.0	4.6	1.35	19.6	95	127	337
Mean Before	516	15.5	45.1	7.1	4.4	1.64	13.9	90	116	213
$\pm$ SD	30	1.0	3.2	0.3	0.1	0.15	1.4	7	76	86
After	523	16.1*	45.3	7.3*	4.6*	1.72	21.2**	88	74	403**
	21	1.0	2.8	0.4	0.0	0.24	3.8	9	31	139

\* : Indicates significant difference between before and after at  $P < 0.05$ .

\*\* : Indicates significant difference between before and after at  $P < 0.01$ .

**Table 6 Changes of urine volume, urinary creatinine, urinary nitrogen (UN) excretion and nitrogen (N) intake before and after dieting. (n=5)**

Subj.		Urine volume (ml·24h <sup>-1</sup> )	Creatinine (g·24h <sup>-1</sup> )	UN Excretion (g·24h <sup>-1</sup> )	N Intake (g·24h <sup>-1</sup> )
A	Before	759	1.74	10.95	11.82
	After	1153	1.48	17.99	23.42
B	Before	505	1.67	7.90	5.20
	After	1178	1.48	18.99	24.20
C	Before	782	1.75	12.56	19.87
	After	922	1.90	14.77	25.51
D	Before	1287	2.02	13.48	13.22
	After	1641	2.15	21.73	26.27
E	Before	1111	2.46	15.33	16.50
	After	1354	2.26	19.52	31.24
Mean ±SD	Before	889	1.93	12.04	13.32
		310	0.33	2.81	5.50
	After	1250*	1.85	18.60*	26.13**
		267	0.37	2.54	3.07

Values are means during three days before and after dieting.

\* : Indicates significant difference between before and after at  $P < 0.05$ .

\*\* : Indicates significant difference between before and after at  $P < 0.01$ .

**Table 7 Changes of muscle strength and maximal anaerobic power before and after dieting. (n=5)**

Subj.		Muscle strength (N)				Maximal anaer- obic power (W)
		Hand- grip	Elbow ex- tension	Knee ex- tension	Trunk ex- tension	
A	Before	475	255	568	1235	687
	After	451	216	862	1372	774
B	Before	647	245	647	2205	666
	After	666	265	588	1862	631
C	Before	598	294	588	1588	972
	After	676	294	627	1764	989
D	Before	666	323	666	1323	856
	After	686	392	676	1568	845
E	Before	686	196	902	2205	1036
	After	833	294	1078	2303	1160
Mean ±SD	Before	615	263	674	1711	843
		84	49	133	469	163
	After	663	292	766	1774	880
		137	64	204	351	203

## IV. 論 議

### 1) LBW の減少

20日間の栄養摂取調査の結果、エネルギー摂取量は、平均で2,424 kcal ( $30.95 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ )となり減量直前の3日間の平均値と有意な差がなかった。これは減量直前の調査方法が基本的には秤量法を用いたものの外食については調査用紙に目安量に記載することによる誤差が大きくその影響によると考えられた。しかし、20日間のエネルギー摂取量の平均値を彼らのRDAと比較すると1日当たり821 kcal マイナスであった。また、蛋白質の摂取量は、 $2.1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ となり、脂肪はエネルギー比の30.1%となった。この脂肪のエネルギー比が、献立食の27.5%から増えた原因は、献立食をベースにして蛋白質の摂取量を個人別に $2.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ を越えるように食品で調整したためであった。

さらに、ミネラル(カルシウムと鉄)とビタミン(A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, C)の摂取量は、RDAの1.7倍~4.2倍となりRDAを十分に充足していた。このようにエネルギーと栄養素の摂取量は、減量期間中に十分にコントロールされ、我々の意図した通りに実施されたことが確認できた。

このような減量食により、体重は2.56 kg減少し、選手にとって必要な減量(2.33 kg)に達し減量の目的を達成した。しかしながら、その内訳はFatが1.15 kgで、LBWが1.41 kgとなり、体重減少分に占めるLBWの割合は55.1%となった。なお、本研究における水中体重秤量法による身体組成の測定上の誤差は、LBWで示すと、 $\pm 0.39 \text{ kg}$ であり本研究のLBWの減少量はこの誤差値よりも高い値を示した。このLBWの減少がFatの減少よりも多かった結果は、我々の先行研究<sup>19)</sup>の結果と同じであった。その研究では、エネルギー摂取量が $28.06 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ で蛋白質の摂取量が $1.48 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ の減量食を摂取した結果、体重減少量は3.53 kgとなり、体重減少分に占めるLBWの割合は60.9% (範囲47.7%~77.8%)となり、FatよりもLBWの減少量が多かった。本研究の減量食は、前回の減量食よりもエネルギー制限が軽度であり、かつ蛋白質の摂取量が多い減量食であったにもかかわらず、体重減少分に占めるLBWの割合には大きな差異をもたらさないことが明らかとなった。

ところで減量前の% fatがもともと小さい者では、Fatを減らしにくいことが考えられる。そこで

本研究では減量前の% fatの大小と体重減少分に占めるLBWの割合との関係を検討した。減量前の% fatと体重減少分に占めるLBWの割合の間には有意な相関関係が示されず、減量前の% fatの大小と体重減少分に占めるLBWの割合の間には密接な関係がないことが示唆された。しかし、この問題点については、今後も例数を増やし、検討を続けていくことが必要である。

さて、緒言でも述べたように本研究と比較検討できる報告例は十分ではない。そのなかでWalberg et al.<sup>31)</sup>が、ボディビルダーがウェイトトレーニングを行いつつ十分に食事をコントロールした7日間の減量による身体組成の変化を検討している。その報告では、同一のエネルギー摂取条件下( $18 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ )で蛋白質の摂取量が $0.8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 群と $1.6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 群とを比較検討している。その結果、体重減少量は前者で $4.0 \pm 0.2 \text{ kg}$ 、後者で $3.6 \pm 0.5 \text{ kg}$ となり、筆者がそのデータにもとづいて体重減少分に占めるLBWの割合を計算すると、前者が67.5%であり、後者が38.9%であった。本研究は、彼らの研究よりもエネルギー制限が緩やかであり、蛋白質の摂取量も高かったにも関わらず、蛋白質摂取量が $1.6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 群よりも体重減少分に占めるLBWの割合は高値を示した。このように、本研究結果でみられる体重減少に占めるLBWの減少量は、無視できる大きさではないことがWalberg et al.の研究結果からも確かめられている。

一般にスポーツ競技者の減量食では、蛋白質の摂取量は、貧血の発生や体蛋白の過剰な分解を防ぐのに $2.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ を維持すること<sup>25,35)</sup>が勧められている。我々は、前回の減量食の蛋白質摂取量( $1.48 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ )でも貧血が発生しなかったことを報告した。本研究でも貧血を判定するところのRBCとHbは減量後に減少せず、正常範囲内の変化であったことから、貧血を生じていないものと考えた。このことは、前回よりも蛋白質の摂取量が増えたことから判断して妥当な結果であった。

一方、血液成分中で体蛋白の異化を示唆する項目にはBUNがある。BUNは低エネルギー食や低蛋白質食の条件下で、体蛋白の異化のために増加する<sup>26)</sup>ことが知られている。しかし、BUNは食事による変動が大きく、摂取蛋白質量が最大の因子となり<sup>2)</sup>、高蛋白質食条件下でも増加する<sup>1)</sup>ことが知られている。我々は<sup>20)</sup>、以前に陸上投擲選手に高蛋白質食

( $2.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ ) を64日間摂取させたが、BUNは摂取前よりも1.2倍有意 ( $P < 0.01$ ) に増加したことを明らかにしている。そして、本研究では減量後のBUNは減量前の1.5倍と有意に増加したものの、この増加が低エネルギー食による体蛋白の異化の影響か、高蛋白質食摂取による影響かは、明らかにすることはできなかった。

前回までの研究<sup>19)</sup>では、LBW減少の主な原因には、体蛋白の過剰な分解によるもの、あるいは体水分量の減少によるもの、あるいはその両者によるものが考えられた。本研究ではその点を明らかにするために尿中成分の変化に注目した。減量食摂取中の摂取窒素量と尿中窒素排泄量との差は7.53gであり、摂取窒素量の方が尿中窒素排泄量よりも高かった。しかし、本来、窒素出納を検討する際には糞便中の窒素量と経皮窒素損失量を加味して検討しなければならない。だが、本研究では、試合前であったことから選手への精神的な負担の影響を考慮し、糞便中と経皮窒素損失量の測定をしなかった。

この点について、村松と高橋<sup>23)</sup>、Consolazio et al.<sup>4)</sup>、Tarnopolsky et al.<sup>29,30)</sup>の報告に基づき、高蛋白質摂取条件下で測られた糞便中窒素量 ( $\leq 2.6 \text{ g}$ ) と経皮窒素損失量 ( $\leq 2.8 \text{ g}$ ) の和を、それぞれ最大に見積もって5.4gとして仮定し、これらの窒素量を加味して本研究の窒素出納を検討してみたところ、正出納 (+2.13g) であるものと推察された。引用した研究例は、いずれもエネルギー平衡状態で検討されたものであり、本研究とは代謝状態が異なる。しかし、エネルギー出納が負であったWalberg et al.<sup>31)</sup>の減量時の窒素出納のデータでは、 $0.8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 群では負出納 ( $-3.3 \text{ g}$ ) となり、 $1.6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 群では正出納 (+4.1g) であった。その結果、彼らは高蛋白質摂取はボディビルダーの体窒素保留に効果的であったことを示唆した。本研究はWalberg et al.<sup>31)</sup>の減量よりもエネルギー制限が軽く、高蛋白質摂取条件であったことから、本研究において推察された正の窒素出納は妥当な結果であり、したがって、減量中に体蛋白の過剰な分解が生じなかったものと考えられる。

本研究では、前回の研究よりも蛋白質の摂取量を増やしてLBWの減少量が抑制できるかを検討したが、LBWの減少量は蛋白質の摂取量を増やしたにもかかわらず抑制できなかった。このLBW減少の原因としては、推定された窒素出納が正であったこ

とから、体蛋白以外の減少によるものではないかと考えられた。

## 2) 運動諸機能の変化

減量が運動諸機能へ及ぼす影響についてみると、これまで1週間以上の長期的な減量食による減量が、スポーツ競技者の運動諸機能へ及ぼす影響について検討した報告は少ない。無酸素性パフォーマンスと筋持久力については、減量食組成により影響されることが報告<sup>21,31)</sup>されている。Walberg et al.<sup>31)</sup>の研究では、減量時の炭水化物摂取量が、 $2.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ の時に筋持久力は減少したが、 $3.1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ の時には筋持久力の変化がなかったことを報告している。また、McMurray et al.<sup>21)</sup>は、レスリング選手の無酸素性パフォーマンスの指標としてWingateテストを用いて、減量時の炭水化物摂取量が $2.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 摂取時には減少したものの、 $4.1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ の摂取時には減量による変化はなかったことを報告している。

これらの研究例をまとめ、Fogelholm<sup>6)</sup>は減量時に無酸素性パフォーマンスや筋持久力を低下させないためには、筋グリコーゲンの再合成を十分にするための高炭水化物摂取が必要であることを示唆している。本研究においては、減量前後の最大無酸素パワーに有意な変化はなく、減量中の炭水化物摂取量は、 $3.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ であったことから重量挙げ選手にとって十分な摂取量であったと考えられた。

一方、これまで筋力については、長期的な減量により増加した<sup>5,16,33)</sup>ことが報告されており、長期的な減量により筋力にマイナスの影響はみられていない。本研究では、いずれの筋力も減量前よりも減量後に増加する傾向であったが、有意な変化ではなく、減量により筋力にマイナスの影響がなかった我々の先行研究<sup>19)</sup>と一致した。

以上のように、本研究の減量においても筋力と最大無酸素パワーは十分に減量前の水準を維持できることが明らかとなった。なお、試合での競技成績は、5名の挙上重量の平均値と彼らが以前に出しているベスト記録とを比較すると、スナッチではベスト記録の97.2%となり、ジャークでは、97.7%であり、十分にベスト記録に近い重量を挙上できた。

## V. 要約

重量挙げ選手を対象に高蛋白質減量食 ( $2.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ ) を用いた20日間の減量が、身体組成

(FatとLBW)と運動諸機能へ及ぼす変化をとらえ、この減量食による減量が運動諸機能を低下させずにかつ体蛋白の過剰な分解を起こさずにLBWの減少を抑制できるか否かを検討した。その結果、次のことが明らかとなった。

1) 20日間の平均1日当たりのエネルギー摂取量は、 $30.95 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$  (蛋白質163 g, 脂肪81 g, 炭水化物250 g)であり、体重1 kg当たりの蛋白質摂取量は、2.1 gとなった。また、ミネラル(カルシウムと鉄)とビタミン(A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, C)の摂取量はRDAを十分に充足し、減量食は意図した通りに摂取できた。

2) 体重減少量は、平均で2.56 kg ( $P < 0.01$ )であった。そのうちFatが1.15 kg ( $P < 0.05$ )でLBWが1.41 kg ( $P < 0.05$ )であり、体重減少分に占める割合は、Fatが44.9%, LBWが55.1%となり、LBWの減少分がFatより多かった。また、減量前の% fatの大小と体重減少分に占めるLBWの割合との間には、有意な( $P > 0.05$ )相関関係がなかった。

3) 血液成分では、Hb ( $P < 0.05$ ), TP ( $P < 0.05$ ), Alb ( $P < 0.05$ ), BUN ( $P < 0.01$ ), FFA ( $P < 0.01$ )が有意に増加したが、いずれも正常範囲内の変化であった。

4) 減量期間中の摂取窒素量と尿中窒素排泄量は、減量食摂取前よりもそれぞれ12.81 g ( $P < 0.01$ ), 6.56 g ( $P < 0.05$ )有意に増加した。また、摂取窒素量と尿中窒素排泄量との差に糞便中の窒素量および経皮窒素損失量を考慮し、窒素出納を推察すると、2.13 g正出納であった。

5) 運動諸機能では、最大等尺性筋力と最大無酸素パワーは、有意な変化( $P > 0.05$ )を示さず、減量前の水準に十分維持された。

以上のように本研究の高蛋白質減量食 ( $2.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ )を用いた重量挙げ選手の20日間の減量では、運動諸機能は十分に減量前の水準を維持できたが、LBWの減少を抑制できないことが明らかとなった。このLBW減少の主な原因は、体蛋白以外の減少によるものであると示唆された。

## 謝 辞

本研究にあたり、ご協力頂きました中京大学重量挙げ部監督加藤正雄氏と選手の皆様方ならびに厚生連加茂病院生化学検査室杉浦隆氏と中根生弥氏に深謝

致します。

(なお、本研究は1993年度愛知大学研究助成により行った。)

## 参考文献

- 1) Addis, T., Barrett, E., Poo, L., & Yuen, W. (1947) The relation between the serum urea concentration and the protein consumption of normal individuals. *J. Clin. Invest.* 26 : 869-874.
- 2) Annino, J. S., & Relman, A. S. (1959) The effect of eating on some of the clinically important constituents of the blood. *Am. J. Clin. Path.* 31 : 155-159.
- 3) Brožek, J., Grande, F., Anderson, J. T., & Keys, A. (1963) Densitometric analysis of body composition. : Review of some quantitative assumption. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 110 : 113-140.
- 4) Consolazio, C. F., Johnson, H. L., Nelson, R. A., Drimise, J. G., & Skala, J. H. (1975) Protein metabolism during intensive physical training in the young adults. *Am. J. Clin. Nutr.* 28 : 29-35.
- 5) Fogelholm, G. M., Koskinen, R., Laakso, J., Rankinen, T., & Ruokonen, I. (1993) Gradual and rapid weight loss. : effects on nutrition and performance in male athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* 25 : 371-377.
- 6) Fogelholm, M. (1994) Effects of bodyweight reduction on sports performance. *Sports Med.* 18 : 249-267.
- 7) Haymes, E. M. (1983) Proteins, vitamins and iron. *Ergogenic Aids in Sports*, edited by Williams, M. H., Human Kinetics 27-55.
- 8) Hickson, J. F. and Hinkelman, K. (1985) Exercise and protein intake effects on urinary 3-methylhistidine excretion. *Am. J. Clin. Nutr.* 41 : 246-253.
- 9) Hickson, J. F., Coleman, A. E., Frank, P. R., Gordon, E. D., & Kish, K. (1989) For strategies for body weight control in athletics. *Nut. Res.* 9 : 1109-1117.
- 10) Hickson, J. F., Jhonson, T. E., Lee, W. & Sidor, R. J. (1990) Nutrition and the precontest preparations of a male bodybuilder. *J. Am. Diet. Assoc.* 90 : 264-267.
- 11) Horswill, C. A., Park, S. H., & Roemmich, J. N. (1990) Changes in the protein nutritional status of adolescent wrestlers. *Med. Sci. Sports Exerc.* 22 : 599-604.
- 12) Inger, F., & Sundgot-Borgen, J. (1991) Influence of body weight regulation on maximal oxygen uptake in female elite athletes. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 1 : 141-146.

- 13) 科学技術庁資源調査会, (1982), 四訂日本食品成分表, 初版, 医歯薬出版, 東京, 1-347.
- 14) 厚生省保健医療局健康増進栄養課, (1989), 第四次改訂日本人の栄養所要量, 初版, 第一出版, 東京, 8-20.
- 15) Lemon, P. W. R., Tarnopolsky, M. A., MacDougall, J. D., and Atkinson, S. A. (1992) Protein requirements and muscle mass/strength changes during intensive training in novice bodybuilders. *J. Appl. Physiol.* 73 : 767-775.
- 16) Maffulli, N. (1992) Making weight : a case study of two elite wrestlers. *Br. J. Sports Med.* 26 : 107-110.
- 17) Manore, M. M., Thompson, J., & Russo, M. (1993) Diet and exercise strategies of a world-class bodybuilder. *Int. J. Sports Nutr.* 3 : 76-86.
- 18) Marable, N. L., Hickson, J. F., Korslund, M. K., Herbert, W. G., Desjardins, R. F., and Thye, F. W. (1979) Urinary nitrogen excretion as influenced by a muscle-building exercise program and protein intake variation. *Nutr. Rep. Inter.* 19 : 795-805.
- 19) 松岡弘記, 安井謙, 北川薫, (1987) 重量拳選手の短期・長期二種類の減量食による減量方法の比較, *J. J. Sports Sci.* 6 : 657-664.
- 20) 松岡弘記, 吉田弘, 北川薫, (1991) 競技シーズン中のより多くの蛋白質摂取が身体組成と身体諸機能へ及ぼす効果—大学投擲選手の場合—, *体力科学* 40 : 219-226.
- 21) McMurray, R. G., Proctor, C. R., & Wilson, W. L. (1991) Effect of caloric deficit and dietary manipulation on aerobic and anaerobic exercise. *Int. J. Sports Med.* 12 : 167-172.
- 22) Melby, C. L., Schmidt, W. D., & Corrigan, D. (1990) Resting metabolic rate in weight-cycling collegiate wrestlers compared with physically active, non-cycling control subjects. *Am. J. Clin. Nutr.* 52 : 409-414.
- 23) 村松成司, 高橋徹三, (1986) 運動時の尿中窒素排泄量, 経皮窒素損失量および窒素出納値に及ぼすタンパク質およびエネルギー摂取レベルの影響, *栄食誌* 39 : 441-447.
- 24) 中村良三, (1984) III 減量時の身体作業能に及ぼす減量食組成の影響, 昭和59年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, No. II 競技種目別競技力向上に関する研究, 174-180.
- 25) 日本体育協会スポーツ科学委員会, (1980) スポーツマンの食事の取り方, 初版, 減量食について, ベースボールマガジン社, 東京, 37-41.
- 26) 折田義正, 中田一洋, 安東明夫, 三上祐司, 阿部裕, (1980) 1980年春季増刊血液・尿化学検査その数値をどう読むか, 初版, NPN(BUN), 日本臨床, 東京 (1980)62-76.
- 27) Strauss, R. H., Laness, R. R., & Malarkey W. B. (1985) Weight loss in amateur wrestlers and its effect on serum testosterone levels. *J. A. M. A.* 254 : 3337.-3338.
- 28) 高橋徹三, 村松成司, 山田哲雄, 服部洋児, (1986) 減量時の体組成, 血液性状およびエネルギー利用状況に及ぼす食質の影響, *筑波大学体育科学系紀要* 9:255-264.
- 29) Tarnopolsky, M. A., MacDougall, J. D., & Atkinson, S. A. (1988) Influence of protein intake and training status on nitrogen balance and lean body mass. *J. Appl. Physiol.* 64 : 187-193.
- 30) Tarnopolsky, M. A., Atkinson, S. A., MacDougall, J. D., Chesley, A., Phillips, S., & Schwarcz, H.P. (1992) Evaluation of protein requirements for trained strength athletes. *J. Appl. Physiol.* 73 : 1986-1995.
- 31) Walberg, J. L., Leidy, M. K., Sturgill, D. J., Hinkle, D. E., Ritchey, S. J., & Sebolt, D. R. (1988) Macro-nutrient content of a hypoenergy diet affects nitrogen retention and muscle function in weight lifters. *Int. J. Sports Med.* 9 : 261-266.
- 32) Walberg-Rankin, J., Edmonds, C. E., & Gwazdauskas, F.C. (1993) Diet and weight changes of female bodybuilders before and after competition. *Int. J. Sports Nutr.* 3 : 87-102.
- 33) Widerman, P. M., & Hagan, R. D. (1982) Body weight loss in a wrestler preparing for competition. : a case report. *Med. Sci. Sports Exerc.* 14 : 413-418.
- 34) Williams, M. H. (1985) Nutritional aspects of human physical and athletic performance, 2nd ed., Charles C. Thomas, 137-146.
- 35) Yoshimura, H. (1970) Anemia during physical training (Sports anemia). *Nutr. Rev.* 28 : 251-253.

(平成7年11月21日受付)  
(平成8年4月22日受理)