

高蛋白減量食と有酸素運動による減量が 重量挙げ選手の筋持久力に及ぼす影響

The weight reducing effects of a high protein diet and aerobic exercise on muscle endurance of male college weight lifters.

松岡 弘 記*

Hiroki Matsuoka

Abstract

The present study examined the effect of a high protein diet (Protein $\geq 2.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$) and aerobic exercise (running for about 300 kcal consumption at 50 % $\dot{V}O_2\text{max}$, 3 days per week) programs for male college weight lifters on weight reduction in preparation for competitions. Muscle peak torque and muscle endurance (isokinetic maximal contraction of arm flexion and extension, leg flexion and extension at 180 degree $\cdot \text{sec}^{-1}$) of five male weight lifters (20 ± 1 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 averaged daily diet contained 2004 ± 373 kcal with 165 g of protein ($2.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$), 49 g of fat and 250 g of carbohydrate ($2.8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$). All vitamin intake (A, B₁, B₂, C) and mineral intake (calcium and iron) in this diet were higher than the Japanese recommended dietary allowance (RDA). After dieting, body weight significantly decreased from 81.26 kg to 78.31 kg. Muscle peak torque showed significant change. Muscle endurance ratios of right and left arm flexion significantly decreased 9.3 %, 13.0 % respectively. But, none of the muscle endurance not showed declined. These data indicated that a high protein diet and aerobic exercise program for weight reduction in weight lifters was very effective for maintaining muscle endurance.

緒 言

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^{2) 4) 6) 7) 8) 9) 10) 12) 13)}は少なく、スポーツ競技者が運動諸機能を低下させずに減量するための適切な減量食組成については、未だ十分に明らかになっていない。

スポーツ競技者が、1週間以上の長期的な減量時にエネルギーバランスをマイナスとして、低炭水化物摂取状態を続けると、慢性的に筋グリコーゲンの貯蔵量を減少³⁾させ、筋グリコーゲン量を十分に回復できない状態が続くものと考えられる。そのような状態では試合へ向けての競技練習にも影響を及ぼし、十分な競技練習ができなくなり、試合でのパフォーマンスの低

下をもたらすことが懸念される。

これまでエネルギー摂取がマイナスとなる減量時に低炭水化物摂取が48時間～72時間続けば、筋グリコーゲンの再合成が十分に行われず、筋グリコーゲンの貯蔵量が減少する³⁾ことが報告されている。しかし、この研究では実際に筋持久力が低下するか否かは検討されていない。また、筆者が知る限り、1週間以上の長期的な減量時の低炭水化物摂取が、筋持久力へマイナスの影響を及ぼすことを報告した2つの研究^{7) 12)}があるが、被検者数が少なかつたり⁷⁾、7日間という短期間¹²⁾であり、これまで減量時の低炭水化物摂取による筋持久力への影響の検討は十分ではない。このためより長期的な減量時における低炭水化物摂取が、筋持久力へどのような影響を及ぼすかを検討することが必要である。また、減量時に筋持久力を低下させない

*愛知大学現代中国学部

表1 被検者の年齢と身体的特徴

		5
n		5
年齢	(歳)	20 ± 1
身長	(cm)	172.4 ± 7.5
体重	(kg)	81.26 ± 22.90
体脂肪率	(%)	16.6 ± 10.2
体脂肪量	(kg)	15.29 ± 13.89
除脂肪体重	(kg)	65.97 ± 9.86

表2 献立食と栄養所要量との比較

		献立食	栄養所要量*
エネルギー	(kcal)	2000	3245
蛋白質	(g)	163	88
脂肪	(g)	50	99**
炭水化物	(g)	225	500***
カルシウム	(mg)	1000	620
鉄	(mg)	15	10
ビタミンA	(IU)	3000	2000
ビタミンB ₁	(mg)	5.00	1.28
ビタミンB ₂	(mg)	2.00	1.72
ビタミンC	(mg)	150	50

* : 20歳男性の生活活動強度Ⅲ

** : エネルギー比の27.5%

*** : エネルギー比の61.6%

ためにどの程度の炭水化物摂取量が必要なのかも明らかにする必要がある。

アメリカスポーツ医学会¹⁾では、体脂肪量を減少させるための望ましい減量プログラムとして、最大心拍数の60%強度の持久性運動を20分~30分、週に少なくとも3回の頻度で行い、1日の負のエネルギーバランスは1000kcalを越えてはならないとしている。また、日本体育協会¹¹⁾では減量時の貧血の発生防止¹⁴⁾や体蛋白の過剰な分解を防止する観点から体重1kg当たり2gとなる高蛋白質減量食を用いることを勧めている。しかしながら、両者の見解を組み合わせた減量プログラムが筋持久力へどのような影響を及ぼすかは明らかではない。

そこで本研究は、スポーツ競技者に勧められている減量プログラムが筋持久力へ及ぼす基礎データを得ることとした。すなわち、スポーツ競技者が高蛋白質減量食と有酸素運動を用いて減量した際に、筋持久力へ及ぼす影響を明らかにし、その減量プログラムがスポーツ競技者へ

適用可能か否かを検討することを目的とした。

方 法

1. 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。先行研究¹²⁾でウェイトトレーニングをしているボディビルダーが用いられていることから、競技練習がそれとほぼ同じである重量拳選手を被検者とした。

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に被検者の年齢と身体的特徴を5名の平均で示した。

2. 減量方法

減量食と有酸素運動により20日間で体重を減少させるために、両者を組み合わせる1日当たりエネルギーバランスを1000kcalマイナスとした。その内訳は、減量食で1日当たり850kcalマイナスにし、1回当たり300kcalを消費する有酸素運動を週に3回、計10回行わせた。また、減量期間中は飲水を自由にし、脱水を禁じた。

減量食は、栄養士が作成した高蛋白質減量食を用いた。この減量食は、朝食、昼食、夕食の3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) 1日当たりのエネルギー摂取量を850kcalマイナスにするために、減量食の1日当たりのエネルギー摂取量を2000kcalとする。あらかじめ減量前の7日間に栄養摂取調査を行った結果、7日間の平均でエネルギー摂取量は2883 ± 338kcalであり、その間に体重変動がないことを確認したことからこの値を設定した。3) 蛋白質の摂取量は、体重1kg当たり2gになるようにする。また、脂肪はエネルギー比の27.5%以下に押さえ、残りを炭水化物とする。4) 我々の先行研究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)⁸⁾を参考にしてミネラル(カルシウムと鉄)とビタミン(A, B₁, B₂, C)は, RDA を充足させる。

その内容および RDA を表 2 に示した。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⁵⁾を用いて行った。

有酸素運動は, 最大酸素摂取量の 50% 程度の強度となるトレッドミル走を週に 3 回, 計 10 回行わせた。1 回当たりの運動時間は 300kcal 消費するように設定した。

3. 測定の内容

1) 最大酸素摂取量の測定 最大酸素摂取量の測定は, トレッドミル走による負荷漸増法を用いた。最初の 4 分間は $180\text{m} \cdot \text{分}^{-1}$ の速度で走らせ, 続いて 1 分ごとにトレッドミルの傾斜を 2 度ずつ上昇させて被検者をオールアウトに追い込んだ。その間, 連続して採気し, 30 秒毎に酸素摂取量を OXYCON-4 (フクダ産業社製)を用いて測定した。

2) 等速性最大筋力の測定 Lido active system (Loredan Biomedical 社製)を用い, 角速度 $180^\circ \cdot \text{秒}^{-1}$ で脚伸展力, 脚屈曲力, 腕伸展力, 腕屈曲力を測定した。測定は両肢について行った。

脚伸展力は, 椅座位姿勢から最大努力で膝関節を伸展させる動作を行った時, 脚屈曲力は, 脚伸展力を発揮して膝が伸展した状態から休まずに一気に最大努力で下腿を引きもどすように膝関節を屈曲させる動作を行った時に発揮されたピークトルクをそれぞれ脚伸展力, 脚屈曲力の指標とした。

腕伸展力は, 両膝を床面につき, 上腕を水平位に台上において, マシンのハンドルを手の掌を手前側に向けて握り, 最大努力で前方に伸展させた時のピークトルクを測定した。腕屈曲力は, 手の掌を手前側に向けてハンドルを握り, 肘関節の伸展した状態から, 最大努力で屈曲させた時のピークトルクを測定した。

最大努力の筋力発揮は, それぞれ 3 回行い,

最もよい記録を最大ピークトルクとして採用した。

3) 等速性筋持久力の測定 Lido active system を用いて, 角速度 $180^\circ \cdot \text{秒}^{-1}$ で, 脚伸展力と脚屈曲力および腕伸展力と腕屈曲力について筋持久力の測定を行った。測定は両肢について行った。測定では等速性筋力の測定と同じ姿勢をとり, 脚と腕とも最大努力で伸展を行った後に, 続けて最大努力の屈曲を行うという膝関節および肘関節の伸展・屈曲動作を休息なしに各々 50 回繰り返した。この時, 各回ごとに発揮されたピークトルクの値を記録した。

筋力発揮の低下率は, 50 回の連続的筋力発揮のうち, 1 回~5 回までの発揮筋力の平均値を初期値とし, 45 回~50 回までの発揮筋力の平均値を終末値として, 初期値から終末値を減じた値を初期値で除して%で示した。

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。

4. 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。統計学的有意の基準は 5% 水準とした。

結 果

減量前の最大酸素摂取量は, 5 名の平均で $3.10 \pm 0.101 \cdot \text{分}^{-1}$ であり, 有酸素運動の運動時間は 1 回当たり 38 ± 1 分であった。さらに, 減量期間中に実測したエネルギー消費量は, 1 回当たり $333 \pm 34\text{kcal}$ であり, 運動強度は, 最大酸素摂取量の $57.4 \pm 5.9\%$ であった。

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 7 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。

減量期間中のエネルギー摂取量は, 平均で $2004 \pm 373\text{kcal}$ となり, 減量食摂取前よりも 879kcal 有意に減少した ($P < 0.001$)。

表3 減量食摂取前と摂取中の栄養摂取量の比較

	摂取前	摂取中
エネルギー(kcal)	2883 ± 338	2004 ± 373***
(kcal · kg ⁻¹)	36.97 ± 4.70	25.41 ± 2.15**
蛋白質 (g)	113.4 ± 29.8	165.1 ± 46.0**
(g · kg ⁻¹)	1.40 ± 0.03	2.03 ± 0.02***
脂肪 (g)	95.0 ± 18.9	48.9 ± 10.8***
炭水化物 (g)	386.0 ± 19.0	219.0 ± 23.0***
(g · kg ⁻¹)	5.00 ± 1.14	2.81 ± 0.53**
カルシウム (mg)	1071 ± 514	1110 ± 262
鉄 (mg)	15.9 ± 1.3	17.4 ± 3.2
ビタミン A (IU)	5422 ± 512	3744 ± 465***
ビタミン B ₁ (mg)	2.27 ± 0.13	5.93 ± 0.70***
ビタミン B ₂ (mg)	2.27 ± 0.85	2.82 ± 0.56*
ビタミン C (mg)	311 ± 76	178 ± 7*

値は平均値 ± 1SD.

摂取前: 減量食摂取に入る直前の7日間の平均値.

摂取中: 減量期間20日間の平均値.

摂取前対摂取中

(***: P < 0.001, **: P < 0.01, *: P < 0.05)

表4 等速性筋力の変化

	減量前	減量後
腕伸展力(右)	34.0 ± 15.7	38.2 ± 12.6
腕伸展力(左)	34.0 ± 9.0	35.4 ± 7.1
腕屈曲力(右)	35.6 ± 9.2	39.6 ± 9.2
腕屈曲力(左)	34.2 ± 6.8	36.2 ± 8.1
脚伸展力(右)	200.4 ± 38.8	198.2 ± 41.4
脚伸展力(左)	197.2 ± 64.4	200.2 ± 55.2
脚屈曲力(右)	112.2 ± 29.3	108.0 ± 23.5
脚屈曲力(左)	105.0 ± 37.0	104.2 ± 29.1

単位は N · m

値は平均値 ± 1SD.

表5 等速性筋持久力(低下率)の変化

	減量前	減量後
腕伸展力(右)	55.2 ± 11.7	50.6 ± 17.3
腕伸展力(左)	52.7 ± 5.1	50.2 ± 11.0
腕屈曲力(右)	62.2 ± 14.0	56.4 ± 14.4*
腕屈曲力(左)	65.4 ± 6.0	56.9 ± 11.2*
脚伸展力(右)	58.4 ± 6.2	57.5 ± 5.6
脚伸展力(左)	55.3 ± 10.5	50.1 ± 16.2
脚屈曲力(右)	59.0 ± 4.9	57.6 ± 10.7
脚屈曲力(左)	47.2 ± 14.3	48.2 ± 12.1

単位は%.

数値は平均値 ± 1SD.

減量前対減量後 (*: P < 0.05)

減量期間中の蛋白質の摂取量は、減量食摂取前の1.5倍になり、有意に増加し(P < 0.01)、体重1kg当たり2.0gとなった。また、減量期間中の脂肪のエネルギー比は22.0%となり、減量期間中の炭水化物は減量食摂取前よりも167g有意に減少し(P < 0.001)、体重1kg当たり2.8gとなった。

ミネラル(カルシウムと鉄)とビタミン(A, B₁, B₂, C)では、減量期間中のビタミンの摂取量が有意に増加した(P < 0.05 ~ P < 0.001)が、ミネラルには有意な変化がなかった。しかし、減量期間中のミネラルとビタミンの摂取量は、彼らのRDAの1.6倍~4.6倍となった。20日間の減量で体重は、81.26 ± 22.90kgから78.31 ± 21.35kgへと2.95kg有意に減少した(P < 0.05)。

減量前と減量後の等速性筋力の変化を表4に示した。いずれの等速性筋力も有意な変化を示さなかった(P > 0.05)。

減量前と減量後の等速性筋持久力の変化を低下率で表5に示した。右腕屈曲力と左腕屈曲力の低下率は、減量後にそれぞれ9.3%, 13.0%有意に減少した(P < 0.05)以外、他の項目の低下率は有意な変化を示さなかった(P > 0.05)。

論 議

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2004 ± 373kcalとなり、減量直前の7日間の平均値よりも879kcal有意に減少した。また、蛋白質の摂取量は、2.0g · kg⁻¹ · day⁻¹となり、脂肪はエネルギー比の22.0%、となった。さらに、ミネラル(カルシウムと鉄)とビタミン(A, B₁, B₂, C)の摂取量は、RDAの1.6倍~4.6倍となり、RDAを十分に充足した。

一方、減量期間中に減量のために実施した有酸素運動は、減量期間中に実測した結果、57.4% $\dot{V}O_2max$ の強度であり、1回当たり333kcal消費していた。この運動強度が50% $\dot{V}O_2max$ よりも若干高くなった原因は、50% $\dot{V}O_2max$ となるランニング速度を決定する際に用いた方法に問題があったと考えられる。この方法は、50% $\dot{V}O_2max$ に相当する酸素摂取水準

までランニング速度を4分毎に漸増し、酸素摂取量が定常状態を示す各負荷段階の最後の1分間の酸素摂取量を実測し、50% $\dot{V}O_2\text{max}$ のランニング速度を決定した。しかし、減量期間中の有酸素運動の時間が平均38分間と長かったために、この酸素摂取水準が維持できなかったものと考えられた。

このように減量期間中の有酸素運動の酸素摂取水準は若干高めとなり、有酸素運動のエネルギー消費量は1回当たり333kcalで、毎日のエネルギー摂取制限は879kcalとなり、20日間の1日当たりのエネルギーバランスは1046kcal マイナスとなり、この減量プログラムはほぼ筆者の意図した通りに実施されたことが確認できた。

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。筋力については筆者たちが報告した3例^{6) 8) 9)}の研究とそれ以外に筆者が知る限り、Maffulli⁷⁾の研究とWiderman & Hagan¹³⁾の研究しか見当たらない。

Maffulliは、レスリング選手が1400kcal $\cdot\text{day}^{-1}$ の減量食を21日間摂取した結果、最大等尺性収縮で発揮された脚伸展力は維持されたが、腕屈曲力が17.5%~18.4%増加したことを報告している。また、Widerman & Haganは、レスリング選手が1511kcal $\cdot\text{day}^{-1}$ ~2006kcal $\cdot\text{day}^{-1}$ の減量食を53日間摂取した結果、最大等張性収縮で発揮された筋力は維持され、最大等速性収縮で発揮された筋力は5.6%~25.0%増加したことを報告した。筆者らは、女子器械体操選手が1194kcal $\cdot\text{day}^{-1}$ の減量食を33日間摂取した研究⁶⁾および男子重量挙げ選手が1637kcal $\cdot\text{day}^{-1}$ の減量食⁸⁾と2424kcal $\cdot\text{day}^{-1}$ の減量食⁹⁾をそれぞれ20日間摂取した研究において、最大等尺性収縮による筋力に変化がみられなかったことを報告した。このようにいずれの研究でも、減量食による減量が筋力にマイナスの影響を及ぼすことは報告されていない。

本研究でも、最大等速性収縮で発揮された両

肢におけるそれぞれの腕伸展力、腕屈曲力、脚伸展力、脚屈曲力のいずれの項目も減量後に有意な変化はみられず、同じ筋収縮様式を用いて検討し、筋力が増加したという結果を示したWiderman & Haganの研究の結果と異なった。この違いは、彼らの研究の減量期間が本研究の20日間よりも長期間であることが筋力の変化に影響しているものと考えられよう。しかし、それ以外のこれまでに報告されている研究結果と同様に、本研究の減量食による減量が筋力にマイナスの影響を及ぼさないことが明らかとなった。

先行研究による減量時の筋持久力についての検討は、Maffulli⁷⁾の研究とWalbergたち¹²⁾の研究にみられる。Maffulliは最大等尺性収縮の66%での筋収縮持続時間が、腕屈曲動作と脚伸展動作でそれぞれ5%、7%減少したことを報告した。しかし、このデータは2名の個人データであり、統計的な処理がなされていない。

一方、Walbergたちは最大等尺性収縮での腕伸展動作と脚伸展動作の持久力について検討し、ボディビルダーが1440kcal $\cdot\text{day}^{-1}$ の減量食を7日間摂取した結果、減量後に腕伸展力に変化はなかったが、脚伸展力に22.3%の有意な減少を報告した。本研究では、最大等速性筋収縮による筋持久力を検討し、等速性筋持久力の変化を低下率で示したが、減量後の低下率は、左右の腕屈曲力のみ有意に減少し、筋持久力の増加がみられた。このように本研究の結果は、先行研究と異なる結果であった。

これまで減量時の低炭水化物摂取は、筋グリコーゲンの減少をもたらす³⁾ことが明らかとなっている。筋持久力に低下がみられた先行研究の減量時の炭水化物摂取量をみると、Maffulliの研究では、3.4g $\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ ~3.7g $\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ の摂取量であり、Walbergたちの研究では2.1g $\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ の摂取量であった。また、Walbergたち¹²⁾は、減量食組成だけを変えた同じ研究で、炭水化物摂取量を3.1g $\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ にした時には、減量後の筋持久力に変化がなかったことも報告している。本研究の炭水化物摂取量は、2.8g $\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ であり、Wal-

berg たちが筋持久力に変化がない結果を得た時の炭水化物摂取量の値に近かった。

本研究の炭水化物摂取量は、筋持久力が低下した Maffulli の研究よりもかなり低いレベルであったにも関わらず、筋持久力にマイナスの影響がなかった。この点について、炭水化物摂取量の違いだけから本研究と Maffulli の研究を単純に比較できない。すなわち、被検者の競技種目が異なり、減量時の競技練習中の筋グリコーゲン消費量の違いが考えられること。また、1日当たりのエネルギー摂取量が異なり、減量時のエネルギー制限の違いがあり、筋グリコーゲンの再合成に影響を及ぼすことが考えられるためである。したがって、本研究の減量方法を他のスポーツ競技種目に適用するには、さらに、この点を加味した検討が必要であると考えられた。

本研究の減量方法は、減量食に高蛋白質減量食を用いて有酸素運動を組み合わせた20日間の減量であった。この減量により、等速性筋力と筋持久力は十分に減量前の水準にあることが明らかとなり、本研究の減量時の炭水化物摂取量は重量挙げ選手にとって十分な量であることが明らかとなり、この減量方法は重量挙げ選手の減量方法として適切であった。しかし、減量時にどの程度の炭水化物摂取量が、筋持久力を低下させるかは不明であり、他のスポーツ競技者への減量方法の適用を考えた検討が今後の課題として残されよう。

要 約

男子重量挙げ選手が、高蛋白質減量食 ($2.0\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$) と $50\%\dot{V}O_{2\text{max}}$ の有酸素運動を組み合わせた減量プログラムを20日間実施し、減量が筋持久力へ及ぼす影響を検討した。その結果は以下のものであった。

1) 20日間の平均1日当たりのエネルギー摂取量は $2004 \pm 373\text{kcal}$ (蛋白質 165g, 脂肪 49g, 炭水化物 219g) となり、減量食摂取前よりも 879kcal 有意に減少した ($P < 0.001$)。また、蛋白質の摂取量は、 $2.0\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ となり、炭水化物の摂取量は、 $2.8\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ となっ

た。さらに、ミネラル (カルシウムと鉄) とビタミン (A, B₁, B₂, C) の摂取量は、十分に RDA を充足し、減量食は意図した通りに摂取できた。

2) 減量期間中に実測した有酸素運動の運動強度は、 $\dot{V}O_{2\text{max}}$ の 57.4% であり、1回当たり $333 \pm 34\text{kcal}$ 消費しており、ほぼ意図通りに実施できた。

3) 体重は、 $81.26 \pm 22.90\text{kg}$ から $78.31 \pm 21.35\text{kg}$ へと 2.95kg 有意に減少した ($P < 0.05$)。

4) 両肢の最大等速性筋力 (腕伸展力, 腕屈曲力, 脚伸展力, 脚屈曲力) は、減量後いずれも有意な変化を示さず ($P > 0.05$), 減量前の水準であった。

5) 両肢の等速性筋持久力は、右腕屈曲力と左腕屈曲力の低下率が、減量後にそれぞれ 9.3% , 13.0% 有意に減少した ($P < 0.05$) 以外、他の測定項目の低下率に有意な変化がなかった ($P > 0.05$)。

以上のように本研究の高蛋白質減量食 ($2.0\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$) と $57\%\dot{V}O_{2\text{max}}$ 相当の有酸素運動を組み合わせた男子重量挙げ選手の20日間の減量プログラムは、筋持久力を減量前の水準に維持でき、減量時の炭水化物の摂取量は十分であることが明らかとなり、重量挙げ選手にとって適切な減量プログラムであることが示唆された。

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中京大学運動生理学研究室の皆様方に深謝致します。(なお、本研究は1996年度愛知大学研究助成により行った。)

参考文献

- 1) American College of Sports Medicine (1983) Proper and improper weight loss program. *Med. Sci. Sports Exerc.* 15: ix-xiii.
- 2) 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.

- 3) Houston, M. E., Marrin, D. A., Green, H. J., & Thomson, J. A. (1981) The effect of rapid weight loss on physiological function in wrestlers. *Phys. Sportsmed.* 11: 73-79.
- 4) 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.
- 5) 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.
- 6) 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.
- 7) Maffulli, N. (1992) Making weight : a case study of two elite wrestlers. *Br. J. Sports Med.* 26: 107-110.
- 8) 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.
- 9) 松岡弘記, 寺島徹, 北川薫, (1996) 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, *日本運動生理学雑誌* 3: 101-112.
- 10) 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.
- 11) 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.
- 12) Walberg, J. L., Leidy, M. K., Sturgill, D. J., Hinkel, D. E., Ritchey, S. J., & Sebolt, D. R. (1988) Macronutrient content of a hypoenergy diet affects nitrogen retention and muscle function in weight lifters. *Int. J. Sports Med.* 9: 261-266.
- 13) 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.
- 14) Yoshimura, H. (1970) Anemia during physical training (Sports anemia). *Nutr. Rev.* 28: 251-253.

