

大学男子重量挙げ選手の高蛋白減量食による減量が 身体組成と血液および尿中窒素排泄量へ及ぼす影響

Effect of high protein diet programs for male college weight lifters on body composition, blood constituents and urinary nitrogen excretion.

松岡 弘 記*
Hiroki Matsuoka

Abstract

The present study examined the effect of high protein diet programs (Protein ≥ 2.0 g·kg⁻¹·day⁻¹) for male college weight lifters on weight reduction in preparation for competition. The body composition (under-water weighing), blood constituents and urinary nitrogen excretion (UN) of five male weight lifters (21 ± 1 yrs.) were measured before and at the last stage of the dieting. The period of dieting was 20 days. They practiced about two hour, five days a week, during the diet period. The averaged daily diet had 2424 kcal with 163g of protein (2.1g·kg⁻¹·day⁻¹), 81g of fat and 250g of carbohydrate. All the intakes of vitamins (A, B₁, B₂, C) and minerals (calcium and iron) of the diet were higher than the Japanese recommended dietary allowance (RDA). After the dieting, the body weight decreased from 78.33kg to 75.77kg of which difference was composed of 1.15kg of body fat and 1.41kg of lean body weight (LBW). Blood constituents (Ht, TP, Alb, BUN, FFA) were still in normal ranges in spite of significant changes. UN were increased significantly, but difference between intake nitrogen and UN were positive nitrogen balance (+7.53g). These data led to conclusion that the high protein diet programs was not effective to retention of LBW. But the most of decrease of LBW indicated that body protein were not broken.

緒 言

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) を維持し、体脂肪量 (以下 Fat) を減少させることが望ましい減量とされているが、そのための適切な減量食についての研究例は少なく、未だ十分に明らかにされていない。先に筆者ら¹⁾は、大学男子重量挙げ選手における20日間の減量食による減量方法を生理学および栄養学的側面から検討した。この減量食は、エネルギー摂取量が1637kcal·day⁻¹で、蛋白質の摂取量が1.48g·kg⁻¹·day⁻¹であった。この研究からは、

重量挙げ選手が飲水の制限や脱水をせずに、体力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た。しかし、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 減少の主たる原因は、体蛋白質の過剰な分解によるものか、体水分によるものか、あるいはその両者によるものか、この研究からは明らかにすることができなかった。したがって、重量挙げ選手にとって適切な減量食か否かを検討するにあたって、この LBW 減少の原因を究明することが必要である。

そこで本研究は、前回の LBW の減少が蛋白質の摂取量の不足によってもたらされたものであろうと仮定し、前回よりもさらに蛋白質の摂取量を増やした高蛋白減量食 (2.0g·kg⁻¹·

* 愛知大学教養部

表1 被検者の年齢と身体的特徴 (n = 5)

被検者		
年齢	(歳)	20±2
身長	(cm)	171.2±3.5
体重	(kg)	78.33±13.33
体脂肪率	(%)	15.9±7.2
体脂肪量	(kg)	13.15±7.30
除脂肪体重	(kg)	65.18±6.48

値は平均値±1SD.

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)	2061	3245
蛋白質	(g)	150	88
脂肪	(g)	69	99**
炭水化物	(g)	210	500***
カルシウム	(mg)	1670	620
鉄	(mg)	15	10
ビタミンA	(IU)	8290	2000
ビタミンB ₁	(mg)	3.71	1.28
ビタミンB ₂	(mg)	3.60	1.72
ビタミンC	(mg)	182	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%

day⁻¹)を用いて検討することとした。本研究は、この減量食を用いて重量挙げ選手が減量した際に、LBWと血液および尿成分へ及ぼす変化を検討し、高蛋白減量食による減量が、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明らかにすることを目的とした。

方 法

被検者は、合宿所で共同自炊生活をしている男子重量挙げ選手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時間の練習をしていた。表1に被検者の年齢と身体的特徴を被検者5名の平均値で示した。20日間で必要な体重の減少量は、平均で2.33kg

であり、その体重減少率は、平均で3.1%であった。

減量方法は、栄養士が作成した減量食を用い、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、2000kcalを基準にする。3)蛋白質の摂取量は、減量前の被検者5名の平均体重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30%に押さえ、残りを炭水化物にする。4)我々の先行研究⁷⁾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) 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。この献立を基準にし、1日のエネルギー摂取量と蛋白質の摂取量を個人間でほぼ一定になるように食品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、ほぼ900kcalとなるようにした。また、蛋白質の摂取量は、個人の減量前の体重1kg当たり2gを超えるようにした。

毎日の食事の準備は、検者が行い、20日間連続して栄養摂取調査を秤量法にて行い、残菜量を記録し、栄養計算の際に差し引いた。減量前の調査は減量開始直前の連続した3日間に行った。

減量前と後に体重と身体組成および血液成分と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。体重は0.01kgまで計測可能な体重計を用いた。身体組成は、水中体重秤量法による密度法により、身体密度を求め、Brozekら³⁾の式を用いて体脂肪率を(以下%fat)算出し、Fat, LBWを求めた。残気量はRahnら¹²⁾の酸素再呼吸法により求めた。体重と身体組成の測定は早朝空腹時排便排尿後に行った。

血液の測定項目は、赤血球数（以下 RBC）、ヘモグロビン（以下 Hb）、ヘマトクリット（以下 Ht）、血清総蛋白（以下 TP）、血清アルブミン（以下 Alb）、アルブミン・グロブリン比（以下 A・G⁻¹）、血清尿素窒素（以下 BUN）、血糖（以下 BS）、血清トリグリセライド（以下 TG）、血清遊離脂肪酸（以下 FFA）、総コレステロール（以下 TC）、HDL コレステロール（以下 HDL-C）であった。測定方法は、前報^{5),6)}の通りであった。採血は早朝空腹時、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いて各測定項目中に含まれる窒素量を求めた。そして、各測定項目中に含まれる窒素量の合計を尿中窒素排泄量とした。採尿は、減量前（減量開始直前）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。

体重と身体組成および採血については、減量前の測定は減量開始の直前の2日間に行い、減量後の測定は減量を始めて19日目から20日目に行った。

結 果

減量食摂取前と摂取中の栄養摂取調査の比較を表3に5名の平均値で示した。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、摂取中の値は、減量食の摂取中の20日間の平均値で示した。摂取中のエネルギー摂取量は、2424kcal となったが、摂取前の値と有意な差 ($p > 0.05$) はなかった。しかし、彼らの RDA の74.7%となり、RDA よりも821kcal 少なかった。

摂取中の蛋白質の摂取量は、有意に増加 ($p < 0.001$) し、摂取前の2倍になり、体重1kg当たりの摂取量は2.1gとなった。また、摂取中の脂肪のエネルギー比は、30.1%となり、摂

表3 減量食摂取前と摂取中の栄養摂取調査の比較 (n = 5)

	摂取前	摂取中
エネルギー (kcal)	2578±570	2424±385
蛋白質 (g)	83±28	163±18***
(g·kg ⁻¹)	1.04±0.22	2.10±0.15**
脂肪 (g)	76±29	81±12
炭水化物 (g)	350±79	250±52**
カルシウム (mg)	559±374	2043±390***
鉄 (mg)	13.8±6.9	16.6±1.3
ビタミンA (IU)	15534±18844	7846±1465
ビタミンB ₁ (mg)	1.19±0.33	4.98±0.17***
ビタミンB ₂ (mg)	3.01±2.42	4.19±0.67
ビタミンC (mg)	328±210	208±4

値は平均値±1SD.

摂取前：減量食摂取に入る直前の3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 体重と身体組成の変化 (n = 5)

	減量前	減量後
体重 (kg)	78.33±13.33	75.77±13.37**
体脂肪率 (%)	15.9 ±7.2	14.9 ±7.2*
体脂肪量 (kg)	13.15±7.30	12.00±6.99*
除脂肪体重 (kg)	65.18±6.48	63.77±6.71*

値は平均値±1SD.

減量前対減量後 (**: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$)

取中の炭水化物は摂取前よりも100g 有意に減少 ($p < 0.01$) した。

ミネラル（カルシウムと鉄）とビタミン類（A, B₁, B₂, C）では、摂取中のカルシウムとビタミン B₁ が摂取前よりもそれぞれ有意に増加 ($p < 0.001$, $p < 0.001$) したが、他の栄養素には有意な変化はなかった ($p > 0.05$)。しかし、摂取中のミネラルとビタミン類は、彼らの RDA の1.7~4.2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5名の平均値で示した。20日間で体重は、2.56kg 有意に減少 ($p < 0.01$) し、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 ($p < 0.05$) し、Fat とLBW の両方とも有意に減少 ($p < 0.05$) した。その減少量は、Fat が1.15kg で LBW が1.41kg であった。また、体重減少分に占める

表5 血液成分の変化 (n=5)

		減量前	減量後
RBC	($\times 10^4$)	516 \pm 30	523 \pm 21
Hb	(g \cdot dl $^{-1}$)	15.5 \pm 1.0	16.1 \pm 1.0*
Ht	(%)	45.1 \pm 3.2	45.3 \pm 2.8
TP	(g \cdot dl $^{-1}$)	7.1 \pm 0.3	7.3 \pm 0.4*
Alb	(g \cdot dl $^{-1}$)	4.4 \pm 0.1	4.6 \pm 0.1*
A/G		1.64 \pm 0.15	1.72 \pm 0.24
BUN	(mg \cdot dl $^{-1}$)	13.9 \pm 1.4	21.2 \pm 3.8**
TG	(mg \cdot dl $^{-1}$)	116 \pm 76	74 \pm 31
FFA	(μ Eq \cdot l $^{-1}$)	213 \pm 86	403 \pm 139**
TC	(mg \cdot dl $^{-1}$)	189 \pm 27	187 \pm 23
HDL-C	(mg \cdot dl $^{-1}$)	49 \pm 15	55 \pm 20
BS	(mg \cdot dl $^{-1}$)	90 \pm 7	88 \pm 9

値は平均値 \pm 1SD.

減量前対減量後 (** : $p < 0.01$, * : $p < 0.05$)

表6 尿中成分と摂取窒素の変化 (n=5)

	摂取前	摂取中
尿量 (ml \cdot 24h $^{-1}$)	889 \pm 310	1250 \pm 267*
尿中クレアチニン (g \cdot 24h $^{-1}$)	1.93 \pm 0.33	1.85 \pm 0.37
尿中窒素排泄量 (g \cdot 24h $^{-1}$)	12.04 \pm 2.81	18.60 \pm 2.54*
摂取窒素量 (g \cdot 24h $^{-1}$)	13.32 \pm 5.50	26.13 \pm 3.07**
窒素量の差# (g \cdot 24h $^{-1}$)	1.28 \pm 3.70	7.53 \pm 3.41**

値は平均値 \pm 1SD.

: 摂取窒素量と尿中窒素排泄量との差.

摂取前対摂取中 (** : $p < 0.01$, * : $p < 0.05$)

Fat と LBW の割合は、それぞれ44.9%、55.1%となった。

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。

減量食摂取前と摂取中の尿中成分と摂取窒素の変化を表6に被検者5名の平均値で示した。尿量は摂取中の方が40.6%有意に増加 ($p < 0.05$)したが、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6.56g 摂取中に有意に増加 ($p < 0.05$)した。また、摂取窒素量は12.81g 有意に増加 ($p < 0.01$)し、摂取窒素量と尿中窒素排泄量との差は、摂取中に有意に増加 ($p < 0.01$)し、摂取前の5.9倍になった。

論 議

20日間の栄養摂取調査の結果、エネルギー摂取量は、2424kcal となり、彼らの RDA と比較すると1日当たり821kcal マイナスであった。また、蛋白質の摂取量は、2.1g \cdot kg $^{-1}$ \cdot day $^{-1}$ となり、脂肪はエネルギー比の30.1%となった。さらに、ミネラル(カルシウムと鉄)とビタミン類(A, B₁, B₂, C)の摂取量は、RDA の1.7~4.2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2.56kg 減少し、それは必要な減量分(2.33kg)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1.15kg で、LBW が1.41kg となり、体重減少分に占める LBW の割合は55.1%となった。

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⁷⁾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1637kcal で蛋白質の摂取量が1.48g \cdot kg $^{-1}$ \cdot day $^{-1}$ の減量食を摂取した結果、体重減少量は3.53kg となり、体重減少分に占める LBW の割合は60.9%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もの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。

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2.0g \cdot kg $^{-1}$ \cdot day $^{-1}$ を維持すること^{10),13)}が勧められている。我々は、前回の減量食の蛋白質摂取量(1.48g \cdot kg $^{-1}$ \cdot 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、貧血を生じないことが明らかとなった。このことは、前回よりも蛋白質の摂取量が増えたために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食の条件下で、体蛋白の異化のために増加する¹¹⁾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、摂取蛋白量が最大の因子となり²⁾、高蛋白食条件下でも増加する¹⁾ことが知られている。我々は²⁾、以前に陸上投擲選手に高蛋白食 ($2.0\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$) 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。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⁷⁾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をとらえた。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たために糞便中と経皮窒素損失量を測定しなかった。村松と高橋²⁾は、5名の健康な大学生男子を用いて高蛋白 ($1.8\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$) 低エネルギー (2759kcal) 時の糞便中窒素量と経皮窒素損失量を詳細に報告している。それによると、1日当たりの糞便中窒素量は1.97g で、経皮窒素損失量は0.58g である。また、Consolazio ら⁴⁾は、エネルギー出納は平衡であり、かつ蛋白質摂取量が $1.39\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ と $2.76\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ の時の各々の糞便中窒素量と発汗による窒素損失量を報告している。このデータによると蛋白

質摂取量の多少にかかわらず、糞便中の窒素量は1.20~1.50g であり、発汗による窒素損失量は1.48~2.76g であり、尿中窒素量の変動に比べるとそれらの変動はわずかであることが報告されている。これらの高蛋白摂取条件下で測られた糞便中窒素量と経皮窒素損失量の和をそれぞれ最大に見積もって5g 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ても、2.53g 正出納であることが推察された。本研究のこの窒素出納からみる限り、減量中に体蛋白の過剰な分解が生じていることは考えにくいことが示唆された。

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、推察された窒素出納が正であったことから、体蛋白質以外の減少によるのではないかと考えられた。

要 約

重量挙げ選手を対象に高蛋白減量食 ($2.0\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$) を用いた20日間の減量が、身体組成 (Fat と LBW) と血液成分および尿成分へ及ぼす変化をとらえ、この減量食が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、2424kcal (蛋白質163g, 脂肪81g, 炭水化物250g) であり、体重1kg 当たりの蛋白質摂取量は、2.1g となった。また、ミネラル (カルシウムと鉄) とビタミン類 (A, B₁, B₂, 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2.56kg ($p < 0.01$) であった。そのうち Fat が1.15kg ($p < 0.05$) で LBW が1.41kg ($p < 0.05$) 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。
- 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) 減量食摂取中の摂取窒素量と尿中窒素排泄量は, 摂取前よりもそれぞれ12.81g ($p < 0.01$), 6.56g ($p < 0.05$) 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, 2.53g 正出納であった。

以上のように本研究の高蛋白減量食 ($2.0 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$) を用いた重量挙選手の20日間の減量では, 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, 体蛋白の過剰な分解によるものではないことが示唆された。

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., *et al.*: The relation between the serum urea concentration and the protein consumption of normal individuals. *J. Clin. Invest.*, 26: 869, 1947.
- 2) Annino, J. S. and Relman, A. S.: The effect of eating on some of the clinically important constituents of the blood. *Am. J. Clin. Path.*, 31: 155, 1959.
- 3) Brožek, J., *et al.*: Densitometric analysis of body composition: Review of some quantitative assumptions. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 110: 113, 1963.
- 4) Consolazio, *et al.*: Protein metabolism during intensive physical training in the young adults. *Am. J. Clin. Nutr.*, 28: 29, 1975.
- 5) 松岡弘記, 北川薫: 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. 中京体育学論叢, 24: 27, 1983.
- 6) 松岡弘記, 北川薫: 大学女子器械体操選手の体重調整にみる二種類の減量食の比較. 東海保健体育科学, 5: 21, 1983.
- 7) 松岡弘記ほか: 重量挙選手の短期・長期二種類の減量食による減量方法の比較. *J. J. Sports Sci.*, 6: 6, 1987.
- 8) 松岡弘記ほか: 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, 1991.
- 9) 村松成司, 高橋徹三: 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. 栄養誌, 39: 441, 1986.
- 10) 日本体育協会スポーツ科学委員会: スポーツマンの食事の取り方. 初版, ベースボールマガジン社, 東京, p. 1, 1980.
- 11) 折田義正ほか: NPN (BUN). 1980年春季増刊. 血液・尿化学検査その数値をどう読むか. 日本臨床, 東京, p. 62, 1980.
- 12) Rahn, H. *et al.*: Daily variations of vital capacity, residual air, expiratory reserve including a study of the residual air method. *J. Appl. Phys.*, 1: 725, 1949.
- 13) Yoshimura, H.: Anemia during physical training (Sports anemia). *Nutr. Rev.*, 28: 251, 1970.