

ボクシング選手における急速減量が 蛋白質代謝に及ぼす影響

Changes in protein metabolism during
rapid weight reduction in boxers

岩尾 智* 藤井 輝明* 永井 実奈子**
森 圭子*** 佐藤 祐造****

Satoshi IWAO*, Teruaki FUJII*, Minako NAGAI**
Keiko MORI***, Yuzo SATO****

To investigate protein metabolism during rapid weight reduction, present study was carried out. Five male boxing players ranging from 20 to 30 years of ages put on a restricted diet of their own will for two weeks. Body weight changes were observed and biochemical analyses of urine and blood were performed. The results obtained were as follows.

- 1 Changes in weights; The initial mean body weights 66.2 ± 3.2 kg was decreased to 65.1 ± 3.3 kg after one week. After two weeks the final mean body weight was 63.2 ± 3.2 kg. They achieved weight loss of 3.0kg during the study.
- 2 Changes in caloric intake; Caloric intake before the study was 2785kcal. Caloric intake loss 1155kcal (41.5% reduced) after two weeks was significantly greater than that of 624kcal (22.4% reduced) after one week. The reduction of carbohydrate consumption is much more than that of fat and protein consumption.
- 3 Changes in urine component; 3-Me/Cr was significantly increased from $382.0 \pm 77.2 \mu\text{mol/g}$ to $497.5 \pm 39.0 \mu\text{mol/g}$ ($p < 0.01$) and the increase of Urea-N/Cr from 8.8 ± 0.6 to 13.2 ± 0.8 was also significant during the study. Urine volume was significantly decreased after the study.
- 4 Changes in blood component; There was no significant difference in the blood component after the study.

These results suggest that rapid weight reduction and massive decrease of carbohydrate intake accelerate protein catabolism.

緒 言

スポーツ選手が競技成績を向上させるためには栄養管理が必須である。近年、マラソン、トライアスロン等では、トレーニング中の栄養摂取、競技中の摂取飲料などに関して注目を集めており、研究も進展している^{10,14)}。しかし、

ボクシング、柔道、相撲等の格闘技に関しては、経験的・伝統的方法論が主流を占めており、近代医学的・栄養学的解析が待たれている。これまでの調査成績では、体重制限を有する階級制スポーツ選手において、減量は激しいトレーニングと減食を併用した急速減量が主であると報告されている⁸⁾。従って減量時には体内の栄養

* 名古屋大学大学院健康増進科学 I
** 中京女子大学
*** 中京短期大学
**** 名古屋大学総合保健体育科学センター
* First Division of Health Promotion Science, Graduate School of Medicine, Nagoya University, Nagoya, Japan.
** Faculty of Home Economics, Chukyo Women's University, Ohbu, Japan.
*** Department of Living Science, Chukyo Junior College, Mizunami, Japan.
**** Research Center of Health, Physical Fitness and Sports, Nagoya University, Nagoya, Japan.

状態及び体力の低下を来していることが推察される。既に減量時に体蛋白の崩壊が免れなかったという報告¹²⁾や減量に伴う筋力の低下に関する成績⁸⁾もあり、体蛋白、特に筋蛋白の崩壊は、筋力などの運動能力の低下を導く可能性のあることが推察される。従って階級制競技の減量時には、できうる限り除脂肪体重を保持し、体脂肪の減少及び適正な範囲内でのドライアウトによることが望ましいと考えられる。そこで本研究においては、スポーツ選手の健康及び栄養管理、運動能力低下の防止を目的とした減量方法を得るために三大栄養素、特に蛋白代謝に重点をおいて検討を加えたので報告する。

対象及び方法

1. 対象者

被検者は、大学ボクシング部員4名、および現役ボクシング選手1名の合計5名(男性)であり、全員に本研究について十分説明した後、同意書を得た。年齢は20～30歳(平均±標準誤差、23±2歳)、身長は174±2cm、体重は66±3kgでいずれも非肥満者である。表1に減量前の被検者の身体的特徴を示した。うち、被検者S.I.は国体・全日本選手権等の主要大会の出場経験のある競技歴4年の選手であり、他は競技歴1～2年の選手である。今回はシュミレーションスタディとして、ボクシングの減量前のトレーニング期に準じた自主的な食事制限を2週間実施した。その間、体重、24時間尿及び採血は減量開始前、1週後、2週後に測定し、栄養表は毎日記入した。体重はTBF101(タニタ式)を使用し、早朝排尿後の

Table. 1 Physical characteristics of the boxing players

	Age (year)	Height (cm)	Weight (kg)
M.T	22	175	67
K.A	20	172	57
K.N	19	180	69
S.I	30	176	76
Y.U	22	168	62
	23 ± 2	174 ± 2	66 ± 3

午前9時に測定した。24時間尿の測定は、測定日の起床時に第1尿を排尿させた後、第2尿から翌朝起床時の第1尿までをユリノメートR(住友ベークライト社製)を用いて採取した。日々の栄養摂取量は被検者に各自1日に摂取した食物名及びその重量を所定の用紙に詳細に記入させ、四訂食品成分表により算出した。通常の練習(約2時間、週5日間)は維持した。

2. 尿

(1)尿量、(2)Cr、(3)3-Methyl-histidine (3-Me)、(4)総窒素、(5)Urea-Nを測定した。Urea-Nの分析は、Kjeldahl-Nessler法で、3-Meの分析は飯島らによる高感度蛍光分析法で行った。なおUrea-N、Crの測定精度は、変動係数3%未満、3-Meは1%未満であった。

3. 血液

1. 総蛋白、2. A/G、3. 尿酸、4. 血清尿酸窒素、5. ヘマトクリット、6. ヘモグロビンを測定した。測定方法はそれぞれビュレット法、BCG法、ウリターゼPOD法、ウレアーゼUV法(自動化法)を用いた。

統計学的解析は、Student-t検定とピアソンの積率相関係数を用いて行い、5%未満を有意差とした。

結 果

練習内容及び時間は減量期間を通してほぼ一定であり、スパーリングを中心としたおよそ2時間の練習を週5日実施した。1日の練習時における消費エネルギーは森田⁹⁾らの報告と類似するものであった。

1. 体重変動

食事制限実施前、実施1週後、2週後の体重は、それぞれ66.2±3.2kg、65.1±3.3kg、63.2±3.2kgと1週後1.7%、2週後4.5%減少しており、2週間の食事制限により平均3.0kg減量した。栄養及びエネルギー摂取量の変動は表2に示した如くである。

2. エネルギー・栄養素摂取量の変動

食事制限前のエネルギー摂取量2785kcalは、1週後2161kcal、2週後1630kcalと、1週後

考 察

Table 2 Changes in caloric intake

	before	1 week	2 week
Carbohydrate (g)	395.2 ± 35.4	270.3 ± 28.9	123.7 ± 72.0
Fat (g)	78.3 ± 21.2	72.8 ± 14.2	45.3 ± 15.7
Protein (g)	83.6 ± 19.8	68.7 ± 9.9	58.7 ± 17.9
Ca (mg)	613.0 ± 251	609.0 ± 215	497.0 ± 230
All Energy intake (kcal)	2785.0 ± 710	2161.0 ± 258	1630.0 ± 540
	mean ± SE)		

Table 3 Urinary analyses

	before	1 week	2 week
Unine volume (ml)	1324.0 ± 150.0	1015.0 ± 303	878.0 ± 131
Cr (g/l)	0.9 ± 0.04	0.8 ± 0.04	1.0 ± 0.36
3-Me (μmol/l)	460.0 ± 36.0	428.8 ± 55.2	456.2 ± 45.0
Urea-N (g/l)	10.8 ± 0.4	10.2 ± 0.8	11.2 ± 0.8
	mean ± SE)		

約 22.4%、2 週後約 41.5% 減少した。脂質・蛋白質は、食事制限実施前と比べて 2 週後、78.3g、83.6g から、45.3g、58.7g へとそれぞれ 62%、70% 迄減少したにすぎなかったが、炭水化物は 395.2g が 123.7g と 31% まで減少した。

3. 24 時間尿中物質の変動 (表 3)

減量期間中における尿中 3-Me、Urea-N は開始日に比べて、1 週後、2 週後に有意に減少した ($P < 0.01$)。3-Me/Cr も実施前に比べ、有意に増大した ($P < 0.01$) (表 5)。Urea-N/Cr も同様に実施前に比べ、有意に増大した ($P < 0.01$)。尿量は 1 週後、2 週後に有意に減少した。

4. 血液成分の変動 (表 4)

尿蛋白、A/G 比、尿酸、尿素窒素、ヘマトクリット、ヘモグロビンは、食事制限前後で有意な変動を示さなかった。

Table 4 Changes in blood components

	before	1 week	2 week
Protein (g/dl)	7.1 ± 0.2	7.4 ± 0.2	7.6 ± 0.1
A/G	2.0 ± 0.1	1.7 ± 0.1	2.1 ± 0.1
Unic Acid (mg/dl)	5.7 ± 0.4	5.6 ± 0.2	5.8 ± 0.4
BUN (mg/dl)	14.1 ± 1.3	14.7 ± 1.8	18.0 ± 1.4
Ht (%)	41.0 ± 1.1	42.1 ± 1.0	42.2 ± 0.5
Hb (g/dl)	14.1 ± 0.5	14.9 ± 0.4	14.5 ± 0.2
	mean ± SE)		

Table 5 Change in protein metabolism before and after weight reduction period

	before	after
3-Me/Cr	382.0 ± 77.2	497.5 ± 39.0
Urea-N/Cr	8.8 ± 0.6	13.2 ± 0.8

一般的に短期間の減量は、脂肪よりも体蛋白の崩壊を来すことが報告されており⁶⁾、運動能力の著しい低下を招くことになる⁵⁾。従って、スポーツ選手は試合において、高度な運動能力が要求されるため体力を保持したままの減量手段の必要性が説かれるのである。望ましい食事としては、低炭水化物・高脂肪食、低炭水化物・高蛋白食、高炭水化物・低脂肪食など様々な食事法が提唱され、極端に炭水化物を制限し、蛋白質を補給しても体蛋白の崩壊をきたす可能性が示唆されている¹⁵⁾。また、男性は思春期前 0.9g/kg/day、成人は 0.8g/kg/day、女性においては思春期前 0.9g/kg/day、成人 0.8g/kg/day は最低限必要であるという報告がある¹⁶⁾。更に、日本体育協会スポーツ科学委員会¹⁰⁾は、2.0g/kg/day が望ましいとしているなど、これまでの見解は必ずしも一定していない。3-Me は、筋肉の収縮蛋白であるアクチン・ミオシン中に微量に存在するメチル化されたアミノ酸で¹²⁾、筋蛋白以下の過程で放出後は再利用、再吸収されずに 48 時間以内に約 93% が尿中に排出される¹³⁾。そのため尿中 3-Me は筋蛋白の代謝過程の指標として用いられている¹⁴⁾。Urea-N は蛋白質の代謝終末分解産物で、残存窒素の 50% をしめる。血中に放出され、腎臓から排出される経路をとるが再利用されない。その尿中排泄量は主にアミノ酸異化を反映するものと報告されている²⁾。1 日尿中に排泄される Cr は、成人では体重 kg あたりほぼ一定であり、LBM と正の相関関係にあることが報告されている¹⁷⁾。したがって、3-Me、Urea-N を除脂肪体重と相関関係にある Cr で除すことにより、被検者間の筋肉量や腎のクリアランスの差異を修正することができるものと考えられている¹⁷⁾。

本研究から得られた結果を筋蛋白崩壊の面から考察すると、減量中 3-Me/Cr 及び Urea-N/Cr (表 5) はともに有意に増大していることにより、蛋白崩壊の可能性が示唆された。3-Me は実施前、実施 1 週後、実施 2 週後で各選手間

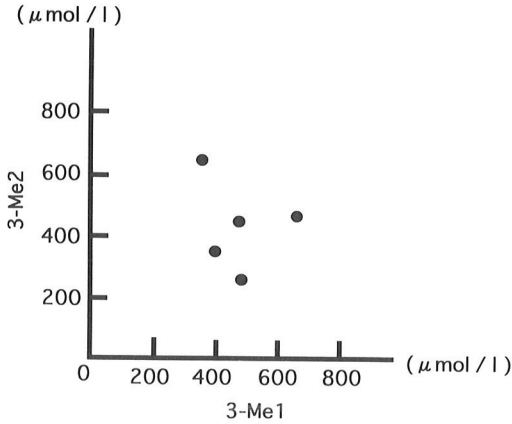


Fig. 1 Scattergram for 3-Me before and one week after ($r^2 = 0.119$)

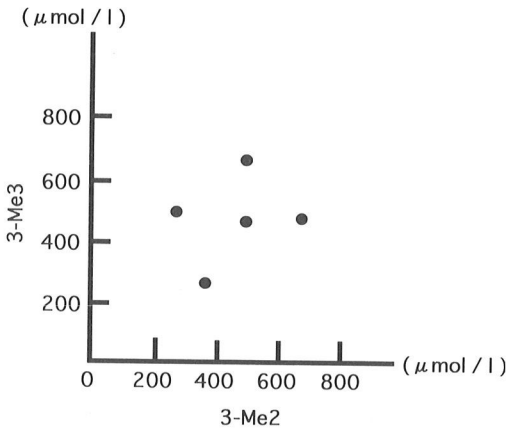


Fig. 2 Scattergram for 3-Me one and two week after ($r^2 = 0.18$)

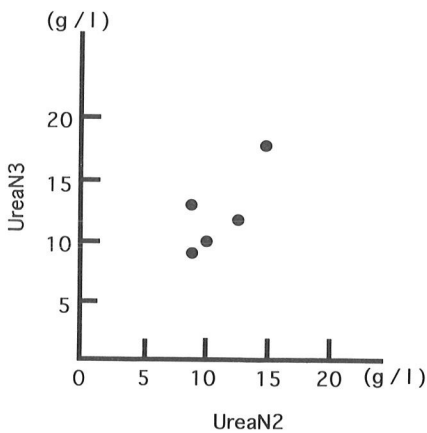


Fig. 3 Scattergram for urea-N one and two week after ($r^2 = 0.43$)

の値はバラツキがみられ (図1、図2) ($r^2 = 0.1$, $r^2 = 0.18$)、個別のトレーニング及び減量指導の重要性が示唆された。Urea-N は特に1週後と2週後では相関傾向があることが示され (図3)、尿量の減少には各選手とも共通な減少傾向がみうけられた ($r^2 = 0.43$)。つまり、体蛋白は減量時のエネルギー摂取量の低下と関係があり、高い相関が考えられ、筋蛋白は個人差がかなり関与しているものと思われる。体内の炭水化物貯蔵量が少ない時に、蛋白質及びアミノ酸がエネルギー源として使用されることはLemonら⁷⁾に報告されている。またこの時のエネルギー源としては、glucose-alanine cycle¹¹⁾から推察されるように骨格筋の蛋白崩壊により放出されたアミノ酸が主に関与するものと考えられる。従って、炭水化物を食物の形態で、それも複雑な形で摂取することにより、筋グリコーゲン量を増加させることが蛋白質のエネルギー源としての貢献度を少なくし、筋蛋白崩壊を最少限に止める為の重要な因子となりうるということが示唆される。本研究においては炭水化物が著しく制限されており、蛋白質の不足も加わって体蛋白の崩壊が起こったものと思われる。減量時の摂取エネルギー量に関して、十分に検討したメニューであれば1200kcal (5021kJ) /dayで必要最低限のミネラルとビタミンを摂取しようと述べている⁴⁾。減量時の摂取エネルギー量は、消費エネルギー量から負のカロリーバランスを算出して考案することが重要である¹³⁾。

本研究では2週後において約1630kcalのエネルギーを摂取していたが、体蛋白の著しい崩壊が起こっている。蛋白質の摂取量は58.7gと確かに減少しているが、平均して0.89kg/dayを維持している。いずれにしても筋蛋白崩壊を防ぐためには、炭水化物摂取を最大限に増加させるとともに、摂取エネルギー量もやや増加させることが必要と思われる。

また今回の研究においては尿量の減少も有意 ($P < 0.05$)であり、かなりの脱水状態である可能性が推察される。脱水レベルが、運動能力を低下させることは既に、Galdwellら³⁾が報告している。階級制競技において減量は、下の階

級に出場し、体格、体力の面から試合を有利に進めようとするものである。しかしながら、階級制競技の減量は単に体重減少のみに執着するものではなく、筋蛋白を含む体蛋白を保持できるような健康及び栄養学的に良好なる状態で実施することが重要と思われる。その目的のためには積極的にトレーニングを実施することにより負のエネルギーバランスを造り減量を行うことが、より望ましい減量方法と思われる。以上より、ボクシング選手の減量時の留意点として、筋蛋白崩壊を防ぐために、トレーニング時の炭水化物摂取を個別に最大限に増加させることが重用であり、摂取エネルギー量もやや増加させ、また個別性に配慮することが必要と思われる。

文 献

- 1) Asatoor, A. M., and M. D. Armstrong: 3-Methylhistidine, a component of actin. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 26: 168-174, 1967.
- 2) Dohm, G. L., R. T. Williams, G. J. Kasperek, and A. M. Rij: Increased excretion of urea and 3-methylhistidine by rats and humans after a bout of exercise. *J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exercise Physiol.*, 52: 27-33, 1982.
- 3) Galdwell, J. E.: Diuretic therapy, physical performance, and neuromuscular function. *Phys. Sportsmed.* 12: 73, 1984.
- 4) Howe, P.: *Basic Nutrition in Health and Disease*. Philadelphia, W. B. Saunders Co. 1971.
- 5) 岩田勝: 柔道選手の減量とコンディショニング、*デサントスポーツ科学*, 14: 50-67, 1981.
- 6) 片岡幸雄: 階級制スポーツにおける急速減量に関する研究、*東大体育学紀要*, 7: 29-40, 1972.
- 7) Lemon, P. W. R. and Mullin, J. P.: Effect of initial muscle glycogen levels on protein catabolism during exercise. *J. Appl. Physiol.* 48: 624-629, 1980.
- 8) 森田恭光: 大学ボクシング選手における減量の実態、*日本体育大学紀要*, 12, 77-84, 1983.
- 9) 森田恭光: ボクシング競技の練習時における消費エネルギー量、*日本体育学会第34回大会号*, 317, 1983.
- 10) 日本体育協会編: *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, 38-40, 1980.
- 11) Obessey, R., E. A. Khairallah, and A. L. Goldberg.: Origin and possible significance of alanine production by skeletal muscle. *J. Biol. Chem.* 249: 7623-7629, 1974.
- 12) 太田富貴雄: 減量時における運動と高蛋白質食の生体機能に及ぼす影響、*栄養学雑誌*, 35 (5): 187-197, (1975)
- 13) Smith, N. J. Gaining and losing weight in athletics. *JAMA*, 236: 149-151, 1976.
- 14) 鈴木正成: ウェイトコントロール、*臨床スポーツ医学* 20 (9): 1015-1019, 文光堂、東京, 1992
- 15) Widerman, P. M., R. D. Hagan: Body weight loss in a wrestler preparing for competition: A case report. *Med. Sci. Sports Exercise.* 14 (6): 413-418, 1982.
- 16) William D. Mcardle, F. I. Katch, Vitor L. Katch: *Exercise Physiology*. Lea & Ferbigier Philadelphia. 88-102, 1992.
- 17) Wood, C., P. Schneeman, A. Zzulka, D. H. Calloway, and S. Margen: Urinary 3-methylhistidine and creatinine levels on moderate and high protein diets. *Federation Proc.* 35: 497, 1976.
- 18) Young, V. R., S. D. Alexis, B. S. Baliga, and H. N. Munro: Metabolism of administered 3-methylhistidine. Lack of muscle transfer robonucleic acid charging and quantitative excretion as 3-methylhistidine and its N-acetyl derivative. *J. Biol. Chem.* 247 (11): 3592-3600, 1972.
- 19) Young, V. R., and H. N. Munro: 3-methylhistidine and muscle protein turnover. An overview. *Federation Proc.*, 37: 2291-2300, 1978.

(1994年12月2日受付)

