

減量時の熱量摂取パターンの違いが体組成および尿中窒素排泄量に及ぼす影響

服部洋児¹ 服部祐児² 堀安高綾³ 斎藤 仁⁴ 柏崎克彦⁵ 矢崎利加⁵
村松百合子⁶ 村松成司⁷

¹大同工業大学 ²東海学園女子大学 ³東京商船大学 ⁴国土館大学
⁵国際武道大学 ⁶日本体育学会会員 ⁷千葉大学

Effect of energy intake pattern on body composition and urinary nitrogen excretion during weight reduction

Yoji HATTORI¹, Yuji HATTORI², Takaaya HORIYASU³, Hitoshi SAITO⁴,
Katsuhiko KASHIWAZAKI⁵, Rika YAZAKI⁵, Yuriko MURAMATSU⁶ and Shigeji MURAMATSU⁷
¹Daido Institute Technology ²Tokai Gakuen Women's University, ³Tokyo University of Mercantile Marine ⁴Kokushikan University, ⁵International Budo University, ⁶A Member of Japanese Society of Physical Education, ⁷Chiba University

Abstract

The present study was undertaken to investigate the effect of energy intake patterns on the changes of body composition and urinary nitrogen excretion due to 6 days-weight reduction(WR) in 9 Judo athletes. All subjects trained for 3-4 hours in a day. Subjects were divided into 3 groups, energy-up diet group(UPD), energy-down diet group(DD) and usual diet group(UD). Two types of experimental diets were prepared in this study. One was 1000 kcal/day-diet and the other was 2000kcal/day-diet. The subjects of UPD group took 1000kcal/day-diet for the first three days and 2000kcal/day-diet for the last three days. On the other hand, in DD group, the order of taking the experimental diets was reversed. Water was taken freely during WR.

Main results obtained in this study were as follows;

1. Body weights were finally reduced by about 6% for 6 days-weight reduction in both WR groups.
2. Lean body mass decreased in order as DD>UPD groups and body fat mass decreased in order as UPD>DD groups.
3. Urinary nitrogen excretions to exceed dietary nitrogen were observed in both WR groups. Nitrogen balance(Intake N - Urinary N) was more negative in DD group than in UPD group.
4. Urinary ketone body was excreted in large quantities for the first three days in UPD group, but in DD group was excreted conversely for the last three days.

はじめに

スポーツ選手の減量の原則はいかに体力を落とさずに減量するかということである。計量にはバスしたけれども試合に全力を發揮できなかったとすればスポーツ選手の減量としては失敗したといわざるを得ない。柔道選手もその多くが減量に取り組んでいるが、先の調査で得られた減量の期間と減量幅の関係から判断するところ、生理学的に

みてかなり無理な減量に取り組んでいると言える。極端な水分摂取の制限と運動、サウナによる体水分の損失は時として脱水症状をもたらし、医学的な面からもその危険性が指摘されてきている¹⁾。

我々はこれまで食事内容に注目して検討を重ねてきた^{2, 3, 4)}。またアンケート調査^{5, 6, 7)}の結果から、柔道選手の減量の実態を把握してきた。その中で、減量前半に極端にエネルギー摂取量を制

限し、後半に少し緩和する選手と、逆に後半一気にエネルギー摂取を制限して体重を落とす選手が多いことを観察した。今回、減量時におけるエネルギー摂取パターンの違いが選手の形態、体力、体組成および尿中空素損失量等にどのような影響を及ぼすかについて検討することにした。前報²⁸⁾においてガス代謝、運動能力について報告したので、今回は体組成および尿中空素損失量に着目し、主に減量時の体タンパク質代謝について報告する。

実験方法

被験者はS高校現役柔道部員9名であり、いずれも毎日3~4時間の練習をしている熟練者である。各被験者の身体特性を表1に示した。被験者を実験内容に応じて3群に分けた。その内2群を減量群としたが、この減量群間においては体重の平均値の差が大きくなるようにした。

本実験ではエネルギー摂取量から見て2段階の実験食を用意した。一つは1日1000kcal食、もう一つは1日2000kcal食である。減量群の一方には前半3日間を約1000Kcal食、後半3日間を約2000Kcal食を取らせた。以下この群をUPD群(Up diet group)と略す。もう一方の減量群にはUPD群と逆に、前半3日間を約2000Kcal食、後半3日間を約1000Kcal食を与えた。以下この群をDD群と略す(Down diet group)。そして対象群として日常の食を自由に取らせた群をもうけた。以下この群をUD群(Usal diet group;)と略す。

実験食の組成を表2に示した。UPD群は1から6の食事を順番に取り、DD群は4から6、そして1から3の順に食事を取った。1~3の食事は摂取熱量がそれぞれ998,986,983Kcalであり約1000Kcal、4~6の食事は1990,1993,1985Kcalであり約2000Kcalとなっている。それぞれの食事の中に含まれているタンパク質量は45.8g,42.8g,45.9g,63.3g,61.5g,63.4gである。これらはすべて四訂日本食品成分表²⁹⁾、栄養と料理³⁰⁾により算出した。これらの実験食を1日2回に分け朝食兼昼食と夕食とした。またビタミン類の欠乏を

防ぐためにビタミン剤(パンビタンハイ;武田薬品工業)を毎日1錠与えた。尚、水分摂取は全日自由とした。UD群は普段と同じ食事を取るよう指示した。

減量期間は6日間とした。そしてその期間の前後に形態および体力の測定を行うための測定日をもうけた。測定日には午前7時よりダグラスバック法により基礎代謝を測定し、ただちに日本電気三栄製自動ガス分析器を用いて分析した。その後周育および栄研式キャリパーを使用して肩甲骨下部、上腕背部、腹部の3点の皮脂厚を測定した。皮脂厚より求めた肩甲骨下部および上腕背部の測定値は長嶺¹⁰⁾およびBrozek¹¹⁾の式に代入して体脂肪率および除脂肪体重を算出した。そして毎日午前7時30分より早朝第1尿を排尿後100g感応式体重計を用いて体重測定を行った。その第1尿において定性試験(Uテスト7;三和科学研究所)を行った。尿については減量開始前日より最終日まで連日24時間単位で採尿を実施し、ケルダール法によって総窒素排泄量を測定した。なお、採尿については早朝第2番尿より翌朝第1番尿迄を1日尿とした。被験者は測定以外は全く普段と同じ生活をするように指示し、練習も3~4時間行

Table 1. Physical characteristics of subjects.

Group	Sub.	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	Rohrer's index
UPD	A	17	167	65.7	141.1
	B	17	172	68.8	135.2
	C	17	168	83.9	176.9
DD	D	17	172	62.7	123.2
	E	17	179	71.4	125.4
	F	17	162	80.8	189.9
UD	G	17	179	86.5	150.8
	H	16	178	69.5	123.2
	I	16	172	73.5	144.4

Table 2. Nutrients contents in experimental diet.

Nutrients	Diet No.					
	1	2	3	4	5	6
Energy(kcal)	998	986	983	1990	1993	1985
Protein(g)	45.8	42.8	45.9	63.3	61.3	61.6
Fat(g)	41.1	36.4	37.2	64	59.7	62.2

Order of diet intake
 UPD 1→2→3→4→5→6
 DD 4→5→6→1→2→3

った。

実験結果

図1に実験期間中の体重の変動を減量前の測定値を基準にして減少率で示した。UPD, DD群とも有意な減少を示し、UPD群では減量3日目まで減少し続け約6%まで低下したが、その後はほぼ横這い状態であった。DD群においては減量2日目迄に約4%まで低下し、その後も徐々に減少を続け、最終的に約6%の低下であった。両減量群の間には有意な差はみられなかった。一方UD群は実験1日目に僅かに減少を示し、その後は横ばい状態が続いた。

実験期間中の水分摂取量および尿量を図2に示した。1日あたりの水分摂取量はUPD群が1886±389.4ml, DD群が2000±405ml, そして対象群のUD群が両減量群より多い2033±306mlであった。尿量においては両減量群よりUD群が僅かに多い傾向を示した。

皮脂厚の変化を減量前後の実測値およびその変化量で表3に示した。上腕背部、肩甲骨下部、腹部ともすべて減少傾向を示したが、個人差が大きく有意な差がみられたのはUPD群の肩甲骨下部のみであった。減少の割合は腹部>上腕背部>肩甲骨下部の順に大きく、その中でもUPD群の腹部が30%と大幅な減少を示した。

体脂肪量および除脂肪体重の変化を図3に示した。減量前の値を基準にして減量後の変化量で示した。体脂肪量は両減量群とも減少したが、その割合はDD群が8.86%の減少に対してUPD群は12.29%まで減少し、有意であった(P<0.05)。UD群におい

てはわずかな減少であった。除脂肪体重においても両減量群とも減少したが、その割合はUPD群が3.29%の減少に対してDD群では5.29%の有意な減少であった(P<0.05)。

実験期間中24時間採取した尿中窒素排泄量の経日的变化を図4に示した。減量群であるUPD群DD

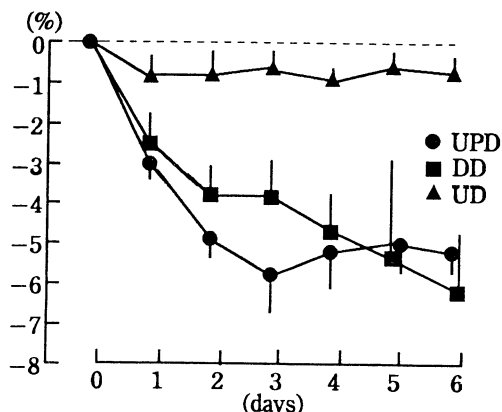


Fig.1. Changes in body weight loss.

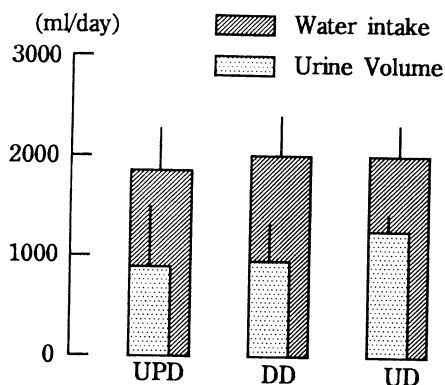


Fig.2. Water intake and urine volume per day.

Table 3. Changes in skinfold thickness between before(B) and after(A) weight reduction.

Group		Upper arm			Subscapular			Abdomen		
		B	A	D(%)	B	A	D(%)	B	A	D(%)
UPD	M	10.33	8.33	-19.82	11.00 *	9.33	-14.73	11.00	8.00	-30.00
	SD	4.04	2.93	2.28	2.52	1.76	2.43	4.36	3.04	17.30
DD	M	7.83	6.17	-20.63	10.00	8.50	-14.62	9.67	7.17	-22.92
	SD	3.69	2.57	4.81	4.36	3.04	11.47	4.73	2.57	9.01
UD	M	12.00	11.50	- 3.17	13.00	12.70	- 2.56	10.67	9.67	- 7.68
	SD	0.00	0.50	4.51	0.00	0.50	2.42	2.52	2.52	1.42

D(%): Difference between before(B) and after(A) weight reduction(%)

*:p<0.05

群においては図中の点線部分が尿中窒素排泄量から実験食摂取窒素量を差し引いた尿中窒素出納値の負の量を表し、対象群UD群においては網掛け部分が正の量を表している。UPD群においては連日負の値が続き3・4日目ピークをむかえ、その後はわずかながらではあるが負の値が解消しつつある。また、前半3日間と後半3日間の負の排泄の

値の間には有意な差はみられなかった。DD群においても連日負の値が続き減量5・6日目にそのピークをむかえる傾向にあり、前半3日間に比べ後半3日間に有意に負の排泄が増えた(P<0.05)。また、1日の平均排泄量はUPD群8.47gに対してDD群が8.57gであり、わずかながらDD群の方が多かった。一方、UD群は連日正の値を示し、その1日当たりの量は2.15gであった。

実験期間中毎日測定した尿定性試験によるケトン体の排泄値の結果を表4に示した。UPD群では前半3日間に大量排泄を示し、後半3日間では陰性を示した。DD群ではUPD群とは逆の前半3日間は陰性を示し、後半3日間に大量排泄された。

Table 4. Excretion of ketone body in urine.

Group	Sub.	Days of weight reduction					
		1	2	3	4	5	6
UPD	A	++	+	++	-	-	-
	B	+	+++	++	-	-	-
	C	++	++	+++	-	-	-
DD	D	-	-	-	+++	++	++
	E	-	-	-	+++	+++	++
	F	-	-	-	+++	+++	++
UD	G	-	-	-	-	-	-
	H	-	-	-	-	-	-
	I	-	-	-	-	-	-

+;about 10mg/dl ++;about 30mg/dl
+++;about 60mg/dl

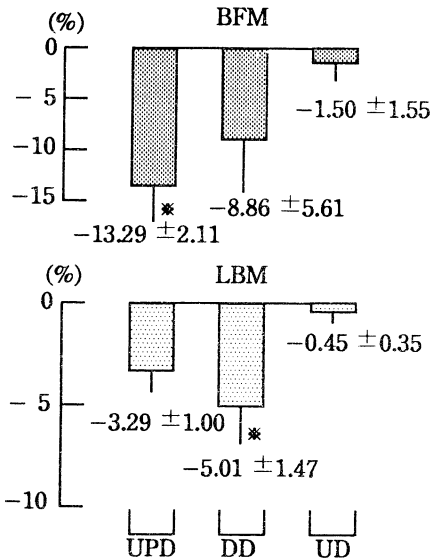


Fig.3. Changes in body fat mass(BFM) and lean body mass(LBM) due to weight reduction. (*:P<0.05)

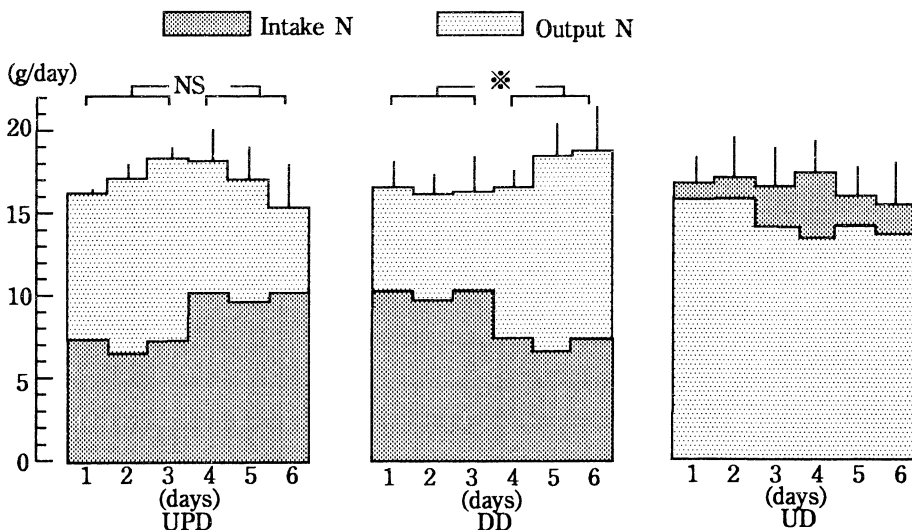


Fig.4. Changes in urinary nitrogen excretion. (*P<0.05)

考 察

減量期間中の体重減少の割合はUPD群では前半3日間で約6%、その後はわずかに上昇傾向を示した。DD群においては減量2日間で約4%まで急激に減少し、その後も徐々に減少を続け、最終的には約6%の減少を示した。運動能力(競技成績)を考えた場合の体重減少量については、これまでの報告によればSinger¹²⁾らは7%、小野らは5%¹³⁾、Ribisl¹⁴⁾、Saltin¹⁵⁾らは4%が限界と報告されている。今回、エネルギー摂取量を制限し、日常の運動量は維持させたが、目標の体重減少量は設定しなかった。が、結果として先の報告等と比較して、かなりきつい減量であったことが推察される。

体水分の損失を促して減量すること減量の程度が少ない場合には有効であると考えられる。しかし、大幅な減量に臨むときには脱水症状をひきおこし、競技成績に好結果をもたらさないことが報告されてきている^{14, 15, 16)}。本実験では水分摂取は一切自由とした。減量群であるUPD群、DD群と対象群であるUD群との間には水分摂取量はほとんど差が見られず、水分摂取の不足による影響はなかったものと考えられる。

従来、減量による形態変化は腹囲および腹部の皮脂厚の変化が顕著であることが指摘されてきており¹²⁾¹⁷⁾¹⁸⁾、本実験で得た腹部脂肪厚の減少はそれらと一致した。熱量摂取パターンの違いによる影響では上腕背部および肩甲骨下部ではほとんど差はみられなかったが、腹部ではUPD群>DD群の順で減少率が大きく熱量摂取を後半増やすパターンの方がより効果的であることが観察された。

スポーツ選手の減量では結果として除脂肪体重は維持され、体脂肪は減少していることが重要である。これは除脂肪体重の減少が競技能力の低下に直接影響する可能性が大きいからである¹⁹⁾。北川らは33日間の減量では除脂肪体重の有意な低下がみられなかったこと²⁰⁾を、芳賀らは柔道選手の場合には体脂肪量の変化が大きく除脂肪体重の変化が少ないこと²¹⁾を報告している。本実験ではUPD群、DD群とも体脂肪率および除脂肪体

重が減少した。これは先の報告に比べて本実験の減量食の熱量は少なかったこと、期間的に短いこと、さらに普段と同じように1日3時間の練習を行ったことなどが影響したものと考えられる。

熱量摂取パターンの違いについてしてみると、体脂肪率においてはUPD群が13.29%有意($P<0.05$)に減少し、その割合もDD群の8.86%に比べ大きかった。除脂肪体重においては体脂肪率と逆にDD群が5.01%有意に減少し($P<0.05$)、その割合はUPD群の3.29%に比べ大きかった。これらの結果は後半に熱量摂取を増やすパターンの方が体脂肪の減少および除脂肪体重の維持に効果的であるといえる。

窒素出納値は本来糞中窒素損失量を考慮するが今回は尿中窒素排泄量と窒素摂取量との差で検討した。尿中窒素排泄量から実験食窒素摂取量を引いた尿中窒素出納値は減量群であるUPD群DD群とも連日マイナスを示した。また、除脂肪体重の減少量と尿中窒素出納値の間に $r=0.65$ のやや高い相関がみられた。実際には糞中窒素損失量と運動期間でもあることから経皮窒素排泄量も測定しないと厳密なこととは言えないが、尿中窒素排泄量と経皮窒素排泄量との間には正の相関が成り立つことがこれまでに報告^{22, 23)}されていることから本実験においても運動および減量により体タンパク質の崩壊がすすみ、体窒素損失の様子を反映していると考えられる。この為、減量時には十分なタンパク質の摂取が必要であるといえ、これまでの報告^{24, 25)}を支持する結果と考えられる。熱量摂取パターンの違いによる差を見ると、UPD群の前半3日間は平均10.03gのマイナスであり、後半3日間は摂取タンパク量の増加にともない6.91gのマイナスとなり、有意な差はみられなかったが、やや改善される様子にあった。DD群においては前半3日間は6.40gのマイナスであったが、後半3日間は摂取タンパク量の減少することにより10.76gのマイナスとなった。その間には有意な差($P<0.05$)がみられた。1日当たりの平均値でもDD群-8.58g>UPD群-8.47gでありDD群の方が高い傾向にあった。減量による体組成の変化は先に述べたが、結果的に体窒素の損失が減量前半に多くみられたUD

群が後半に見られたDD群よりも好結果を示していた。減量終了時を試合と考えればスポーツ選手の減量パターンとしてはより適した減量法であるといえる。また、これらはカーボローディングに見られる生体の過剰補償作用が関与している可能性も考えられる。いずれにしても今後更に検討すべき問題を含んでいると言える。

尿中ケトン体排泄は生体内の脂肪酸酸化の程度を示す指標と考えられる。酸化が著しく昂進した場合には多量のケトン体が排泄されることはすでに広く知られている。UPD群で前半3日間に大量排泄を示し、後半に陰性を示した。窒素出納および尿中ケトン体排泄の結果を考え合わせるとUPD群は前半はエネルギー産生が脂肪酸酸化に傾いていたのが、後半はエネルギーが緩和されたことにより解消され、また、同時にタンパク代謝も抑制されたと考えられる。逆にDD群は減量後半に脂肪酸酸化の著しく昂進し、同時に体タンパク質代謝も昂進したものと考えられる。

今回の熱量摂取パターンの違いによる減量法の検討では、体重減少量は両パターンともにほぼ同じであるが、減量終了時に最高の結果を得るような減量法として焦点を当てた場合には、体組成、窒素出納、および尿中ケトン体排泄の結果からみて、熱量摂取を前半低めに、そして後半やや回復させる方が効果的であると考えられる。

要約

減量時の熱量摂取パターンの違いによる体組成および尿中窒素排泄量について検討した。

摂取パターンは前半3日間で約1000kcal、後半3日間で約2000kcalとしたUPD群と前後半の熱量を入れ替えたDD群の2群とし、対象群として普段の食事を取るUD群を設け実質6日間の減量実験を行い検討した。なお練習は普段と同じように3～4時間行い水分摂取は自由とした。

結果は次の通りである。

1) 体重減少傾向はUPD群では前半3日間に大幅に減少し後半はほぼ維持された。DD群は前半2日間で大幅に減少し、その後もさらに減少を続けた。

両群ともに最終的に約6%の減少であった。

2) 6日間の減量により、体脂肪の減少はUPD群の方がDD群よりも多く、除脂肪体重の減少はDD群の方がUPD群よりも多かった。

3) 減量期間中、両減量群ともに尿中窒素排泄量と摂取窒素量の収支はマイナスとなり、体窒素の損失が見られた。1日当たりの体窒素損失量はDD群の方がUPD群よりも多い傾向にあった。

4) 尿中ケトン体排泄はUPD群では前半3日間に大量排泄を示したが、DD群は逆に減量後半に大量排泄を示した。

参考文献

1) 高橋吉彦, 大後栄治: 水分摂取と体温, コーチングクリニック 7:43-46 (1988)

2) 高橋徹三, 村松成司, 山田哲雄, 服部洋兒: 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, 9,225-264(1986)

3) 村松成司, 服部洋兒, 三矢勝巳, 松坂晃, 堀安高綾, 高橋徹三: 柔道選手の減量時におけるガス代謝及び運動能力の変化に及ぼす減量食組成の影響, 千葉大学教養部研究報告, B-20, 213-222 (1987)

4) 服部洋兒, 村松成司, 三矢勝巳, 中村良三, 高橋徹三: 柔道選手の減量時の形態の変化に及ぼす減量食組成の影響, 武道学研究, 21-3(1988)

5) 村松成司, 服部洋兒, 柳沢久, 尾形敬史, 秋田武: 女子柔道選手の減量調査(1), 千葉体育学研究, 9,21-28(1986)

6) 村松成司, 服部洋兒, 三矢勝巳: 柔道選手の減量に関する研究(第1報), ~第31回関東甲信越国公立大学体育大会柔道競技参加選手の減量方法に関する調査~, 武道学研究, 19(3)20-27 (1987)

7) 服部洋兒, 村松成司, 伊東達男, 三矢勝巳, 重岡孝文: 高等学校柔道選手の減量調査~愛知県高等学校新人体育大会上位進出校を対象として~, 武道学研究, 21-2,131-132(1988)

8) 四訂日本食品成分表, 医歯薬出版(1988)

- 9) 栄養と料理～食品のエネルギー早わかり～, 女子栄養大出版部 (1988)
- 10) 長嶺晋吉: 皮下脂肪からの肥満判定, 日本医師会誌, 68, 919-924 (1972)
- 11) Brozek, J., Grande, F., Anderson, J.T. and Key, A.: Desitmetric analysis of body composition. Am.N.Y. Acad.Sci., 110, 113-140 (1963)
- 12) Singer, R.N. and Weiss, S.A. : Effects of weight reduction on selected anthropometric physical and performances of wretlers. Res.Quart., 39.(2), 361-369 (1968)
- 13) 小野三嗣: 重量拳選手調査報告 (第6報) 体重減量について, 日本体育協会研究報告集, 1-8 (1962)
- 14) Palmer, W.K.: Selected physiological responce of normal young men following dehydration and rehydration. Res.Quart. 39, 1054-1059 (1968)
- 15) Saltin, B.: Aerobic and anaerobic work capacity after dehydration. J.Appl.Physiol., 19, 1114-1118 (1964)
- 16) 松井秀治: 運動と水分摂取について, コーチングクリニック, 3, 67-69 (1988)
- 17) 岩野悦真: レスリング選手の体力に関する研究 (第3報) 減量問題について, 体育学研究, 10, 194 (1966)
- 18) 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 (1) レスリング選手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 (1972)
- 19) Jensen, R. and Fisher, A.: Scientific basis of athletic conditioning. Philadelphia, (1979)
- 20) 北川薫, 松岡弘記: 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 (1984)
- 21) 芳賀修光: 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について, 武道学研究, 9, 29-35 (1977)
- 22) Komives, G.K., Robinson, S. and Robert, J.T.: J.Appl. Physiol., 21, 1681 (1966)
- 23) Calloway, D.H., O'dell, A.C.F. and Margen, S.: J. Nutr., 101, 775 (1971)
- 24) 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, ベースボールマガジン社, 31 (1980)
- 25) Williams, M.H.: Nutrition Aspect of Physical and Athletic Performance. Publisher, Springfield, Illinois, U.S.A., 137-146 (1985)
- 26) 服部洋兒, 村松成司, 服部祐兒, 斎藤仁, 越野忠則: 減量時の熱量摂取パターンの違いがガス代謝および運動能力に及ぼす影響について, 千葉体育学研究, 18, 33-40 (1994)

(平成6年12月15日受付)