

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

高橋 徹三・村松 成司*
山田 哲雄・服部 洋兒**

Effect of dietary composition on the changes in body composition, hematological status and energy utilization due to weight reduction

Tetsuzo TAKAHASHI, Shigeji MURAMATSU,*
Tetsuo YAMADA and Yoji HATTORI**

Effect of dietary composition on the changes in body composition, hematological status and energy utilization due to a 7-day weight reduction was examined in twelve Judo wrestlers. All subjects were trained for about 3 hours a day during weight reduction period. They were divided into four groups, protein rich diet group (P group), protein rich diet supplemented with branched chain amino acid group (BCAA group), carbohydrate rich diet group (C group) and usual diet group (UD group). Subjects of UD group did not attend the weight reduction program and took usual diet ad libitum. Subjects of other three groups were subjected to weight reduction and took the experimental diets which contained about 500 kcal of energy. Main results were as follows:

1. On an average, body weight was reduced by about 6% in each BCAA, P and C group.
2. Basal metabolic rate and respiratory quotient decreased immediately after weight reduction period in the weight reduction groups.
3. Decrease in lean body mass due to weight reduction tended to be smallest in BCAA group and largest in C group.
4. The difference between urinary nitrogen excretion and nitrogen intake was larger in C group than BCAA and P group.
5. Red blood cell, hematocrit and hemoglobin tended to increase at the middle of weight reduction period and then decreased to almost the initial level immediately after the period in all four groups. Decrease in white blood cell due to weight reduction was observed in BCAA, P and C groups.
6. Blood glucose decreased and serum free fatty acid increased at the middle of weight reduction period in BCAA, P and C groups. And immediately after the period blood glucose further decreased and serum free fatty acid further increased in C group, but no certain tendency was observed in BCAA and P groups. On the other hand, serum urea nitrogen increased at the middle of the period and then decreased to the level which was still higher than initial one immediately after the period in BCAA and P groups, but unchanged in C group.

The results on lean body mass and the difference between nitrogen intake and urinary nitrogen suggested the possibility that protein rich diet, especially which was supplemented with branched chain amino acid, was more advantageous than carbohydrate rich diet in order to lessen the loss of

* 千葉大学教養部

** 星城高等学校

body protein during weight reduction due to low energy intake and exercise.

I 緒 言

柔道, レスリング, ボクシング, ウェイトリフティングなどの重量階級制が用いられているスポーツ, また器械体操などの体重の軽いことが有利となるスポーツにおいては, 減量の成否が競技成績に大きな影響を及ぼす場合が多くみられる。減量を実施するにあたっては, エネルギー摂取を制限する方法, エネルギー消費を増大させる方法, 水分摂取を抑えて発汗により水分の排泄を高める方法などが用いられている。このうち体水分の損失を高める方法は, 循環血液量の減少を伴い, ことに重度の脱水症状の場合には生命に危険を及ぼすこともあるために推奨されるものではない。また, 競技会を直前にした際には, 疲労の蓄積を避けるためにエネルギー消費を著しく増大させることは不可能である。従って, 比較的短期間にかつ効果的に減量を実施するためには, 摂取エネルギー量をできる限り少なくすることが必要であるが, 同時に体力の低下を最小限に抑えるようなものにすることが重要である。競技能力を低下させずに減量を行うためには除脂肪体重の減少をいかに抑えるかがポイントになると考えられ, そのためにはタンパク質の供給が不可欠であり, また推奨されている¹²⁾。しかしながら, 摂取するタンパク質の質についての検討はこれまでほとんどなされていない。

近年, 骨格筋におけるエネルギー代謝, タンパク質代謝における分岐鎖アミノ酸 (イソロイシン, ロイシン, バリン) の役割が重要視されている⁸⁾。絶食時のようにエネルギーが不足し, 糖新生が必須の状態にある際に分岐鎖アミノ酸が特にエネルギー産生に重要な役割を果たしていること¹¹⁾¹⁶⁾, ロイシンが筋肉タンパク質の分解を抑制し合成を促進すること³⁾⁴⁾⁵⁾⁷⁾が報告されているが, これらのことは, スポーツの場において減量を行う上でも, 分岐鎖アミノ酸の摂取が有益となる可能性を示唆するものと考えられる。

以上のような背景をもとに, 本研究では, 水分摂取を自由とし, 1日の摂取エネルギー量を約500 kcalとした3種類の減量食を摂取させ, 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

ぼす食質の影響について比較検討した。

II 方 法

現役大学柔道部員12名を被検者とし, これを3名ずつ4群に分けた。そのうちの3群には減量を行わせ, 各群を後述する実験食の内容の違いにより, 相対的にタンパク質 (Protein) を多く含む実験食を摂取させたタンパク食群 (以下P群と略), P群の実験食に分岐鎖アミノ酸 (Branched chain amino acid: BCAA) を添加した実験食を摂取させたBCAA群, 相対的に炭水化物 (Carbohydrate) を多く含む実験食を摂取させた炭水化物食群 (以下C群と略) とした。4群のうちの残りの1群には減量を行わずに日常食を自由に摂取させ, これをUD (Usual dietの略) 群とした。各被検者の身体特性を表-1に示した。

Table 1. Physical characteristics of subjects

Group	Subject	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	Rohrer's index
BCAA	K.M.	23	172.0	75.35	148.08
	S.N.	20	175.6	72.50	133.90
	N.S.	20	183.3	94.00	152.63
	I.N.	19	175.8	78.15	143.84
P	Y.Os.	20	170.3	74.75	151.34
	Y.Oz.	20	160.9	66.75	160.24
	S.S.	21	163.8	73.20	166.56
C	H.K.	21	166.3	68.45	148.83
	T.T.	20	173.3	86.85	166.87
	Y.A.	21	177.2	87.70	157.62
UD	M.O.	19	173.4	66.15	126.88
	K.K.	22	177.1	74.88	134.66

実験期間は8月の9日間で, 実験2~8日目を減量期間とし, 初日と最終日を各種の測定にあてた。また減量期間中, UD群を含めた被検者全員が, 連日1日約3時間の練習に参加した。

減量群の実験食の内容を表-2に示した。BCAA群およびP群には乾燥卵白58g, アミノ酸混合20gを含む500kcalの実験食を, C群には乾燥卵白58gとアミノ酸混合20gをデキストリン78gに置き換えた500kcalの実験食を摂取させた。アミノ酸混合については, BCAA群には分岐鎖アミノ酸 (イソロイシン, ロイシン, バリン) およびアルギニンを含むアミノ酸混合を, P群にはこれらを等窒素量のグリシン, アラニンに置き換えたアミノ

酸混合を摂取させた。アルギニンを加えたのは、アルギニンが尿素サイクルのメンバーでもあり、また、グルカゴンの分泌を促進する作用のあることが知られているためである。BCAA群の実験食に添加した分岐鎖アミノ酸量は、肝性昏睡患者に対する輸液の組成および投与量¹⁹⁾に準じたものとした。アミノ酸混合以外の乾燥卵白由来の分岐鎖アミノ酸量は、日本食品アミノ酸組成表からの計算では、イソロイシン2.50g, ロイシン4.00g, バリン3.27gの計9.77gであった。従って、BCAA群の実験食中の分岐鎖アミノ酸量は、P群の実験食に対し、2.29倍(イソロイシンが2.88倍, ロイシンが2.28倍, バリンが2.17倍)となる。減量群の被

Table 2. Composition of experimental diet.

Food (g)	BCAA, P	C
Egg white (dried)	58	—
Amino acid mixture*	20	—
Dextrin	—	78
Vegetable oil	4	4
Cream powder	24	24
Powdered sugar	16	16
Coffee	2	2
Ca-lactate	7.7	7.7
FeSO ₄	0.04	0.04
Total (g)	131.74	131.74
Energy (Kcal)	500	500

*Amino acid mixture	BCAA	P
Isoleucine	4.7	—
Leucine	5.1	—
Valine	2.8	—
Arginine	4.7	—
Glycine	—	8.65
Alanine	—	8.65
Methionine	1.4	1.4
Threonine	0.9	0.9
Tryptphan	0.4	0.4

験者には、以上の実験食を3等分して朝食(8~9時)、昼食(12~13時)および夕食(18~19時)時に摂取させた。また、朝食時にはとろてんを一定量、牛乳100ml(計算値でイソロイシン0.15g, ロイシン0.27g, バリン0.19g, 分岐鎖アミノ酸として0.61g含有)ビタミン剤(パンピタン:武田製薬)1錠を、昼食時には野菜を一定量、夕食時に

は野菜、寒天を一定量、夜食としてとろてん一定量を合わせて摂取させた。なお、水の摂取は自由とし、摂水量を記録した。

減量第1日目、4日目および終了翌日の早朝・空腹時には採血を、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た。また、減量第1日目より終了翌日まで毎日朝食前に最小目盛50gの体重計を用いて体重を測定し、減量前後には起床時にダグラスバッグ法により基礎代謝を、朝食前に水中体重法により体脂肪量および除脂肪体重を測定した。

血液、尿成分については多くの項目をとり上げたが、これらのうち血液については赤血球数、白血球数(以上自動血球計算法)、ヘマトクリット(毛

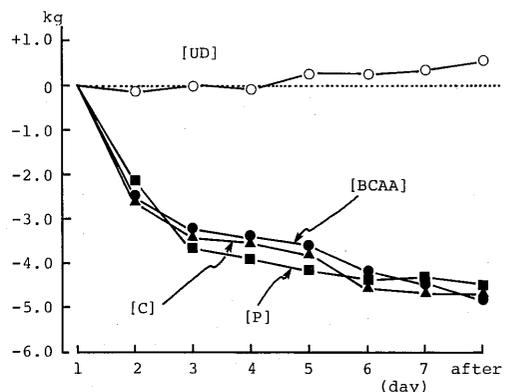


Fig. 1. Changes in body weight loss during (1st-7th day) and after weight reduction

細管法)、ヘモグロビン(シアンメトヘモグロビン法)、血糖(酵素法)、血清遊離脂肪酸(抽出法)、尿素窒素(ウレアーゼGIDH法)、尿については総窒素(ケルダール法)、ケトン体(定性)の結果について報告する。

III 結果

体重の経日変化を、減量前の値を基準とした変化量で図-1に示した。体重は、いずれの減量群においても減量第2日目までに急激に、その後徐々に減少し、減量終了時にはBCAA群では平均4.8kg(6.01%)、P群では平均4.5kg(6.29%)、C群では平均4.76kg(6.34%)、減量群全体では平均4.7kg(6.21%)の有意な減少を示した。各群の間には、減量の状況に特記すべき違いはみられな

Table 3. Changes in basal metabolic rate (BMR) and respiratory quotient (RQ) at basal metabolism before and after weight reduction

BMR(kcal)				RQ			
Group	Subject	before	after	Group	Subject	before	after
BCAA	K.M.	1499	1373	BCAA	K.M.	0.84	0.76
	S.N.	1407	1294		S.N.	0.84	0.75
	N.S.	1449	1544		N.S.	0.84	0.76
P	I.N.	1364	1311	P	I.N.	0.93	0.73
	Y.Os.	1513	1238		Y.Os.	0.75	0.83
	Y.Oz.	1078	1012		Y.Oz.	0.81	0.76
C	S.S.	1437	1201	C	S.S.	0.79	0.71
	H.K.	1214	1118		H.K.	0.91	0.78
	T.T.	1758	1343		T.T.	0.85	0.81
Total	n = 9	1413 (191)	1270* (154)	Total	n = 9	0.84 (0.06)	0.77* (0.04)
UD	Y.A.	1412	—	UD	Y.A.	0.89	—
	M.O.	1549	—		M.O.	0.91	—
	K.K.	1525	—		K.K.	0.82	—

() : SD. *P < 0.05 compared with before.

Table 4. Changes in body fat mass (BFM) and lean body mass (LBM) before and after weight reduction

BFM(kg)				LBM(kg)			
Group	Subject	before	after	Group	Subject	before	after
BCAA	K.M.	6.42	3.75	BCAA	K.M.	68.93	69.29
	S.N.	7.92	3.60		S.N.	64.58	63.76
	N.S.	10.97	6.91		N.S.	83.03	82.83
P	I.N.	8.81	4.21	P	I.N.	69.34	68.94
	Y.Os.	7.19	4.03		Y.Os.	67.56	66.41
	Y.Oz.	6.84	4.77		Y.Oz.	59.91	59.43
C	S.S.	7.39	4.31	C	S.S.	65.81	64.92
	H.K.	7.60	4.72		H.K.	60.85	60.17
	T.T.	10.34	5.69		T.T.	76.51	75.55
Total	n = 9	8.16 (1.57)	4.67*** (1.05)	Total	n = 9	68.50 (7.35)	67.92** (7.45)
UD	Y.A.	13.25	11.35	UD	Y.A.	74.45	75.05
	M.O.	6.00	5.10		M.O.	60.15	61.15
	K.K.	7.52	6.83		K.K.	67.28	67.59

() : SD. **P < 0.01, ***P < 0.001 compared with before.

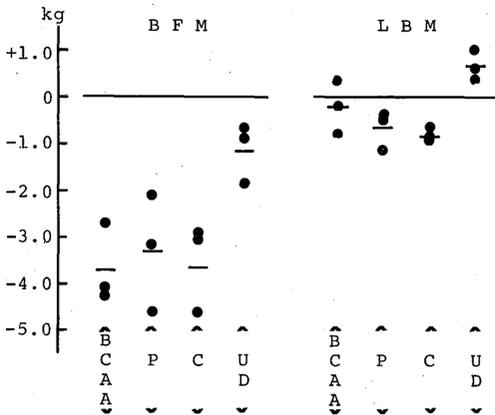


Fig. 2. Changes in body fat mass (BFM) and lean body mass (LBM) after weight reduction

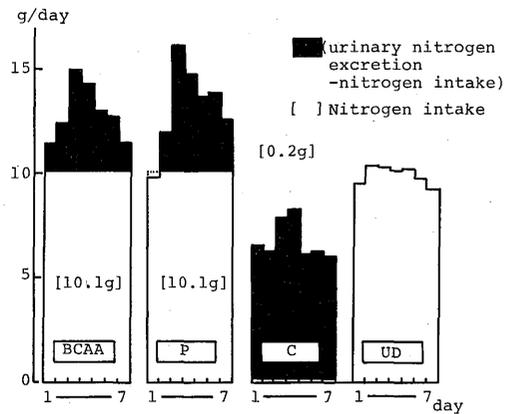


Fig. 3. Changes in urinary total nitrogen excretion during weight reduction

かった。

減量前後の基礎代謝量および基礎代謝時の呼吸商を表-3に示した。基礎代謝量および基礎代謝時の呼吸商は、減量群全体として、減量前に比べ減量後で有意に低下した。また、平均値でみると、基礎代謝の減少量、減少率ともにBCAA群で最も少なく、C群で多い傾向がみられた。

減量前後の水中毒法により求めた体脂肪量および除脂肪体重を表-4に、また減量前の値を基準とした各々の変化量を図-2に示した。減量群全体として減量による体脂肪量、除脂肪体重の有意な減少がみられた。食質の異なる3群間では、体脂肪量の減少については各群間に一定の傾向がみられなかったが、除脂肪体重の平均の減少量は、BCAA群(220g) < P群(670g) < C群(840g)の順に少なかった。

尿中総窒素排泄量の経日変化を図-3に示した。図中の黒く塗りつぶした部分に示される〔尿中窒素排泄量-摂取窒素量〕の減量期間中の平均は、

各群の平均値でみるとBCAA群(2.8g/日) < P群(3.2g/日) < C群(6.7g/日)の順に低値で、特にC群では他の2群に比べ顕著に高値を示した。しかし、減量後の除脂肪体重の減少量と〔尿中窒素排泄量-摂取窒素量〕との間の相関は $r=0.38$ で有意なものではなかった。

赤血球数、白血球数、ヘマトクリット、ヘモグロビンの変動を表-5に示した。赤血球数、ヘマトクリット、ヘモグロビンは、平均値でみるといずれの減量群においても減量前に比べ減量中にやや高値となり、減量後には減量前値に戻るかもしくは減量前よりもやや低値を示した。減量群全体では、減量前に比べ、赤血球数が減量中に有意に高値を、ヘマトクリットが減量後に有意に低値を示した。これらの動きは、UD群においてもほぼ同様であった。白血球数は、いずれの減量群においても減量前に比べ減量後に全例で低値となり、減量群全体でも有意に低値となったが、UD群ではほぼ一定であった。

Table 5. Changes in number of red blood cell (RBC) and white blood cell (WBC), hematocrit (Ht) and hemoglobin (Hb) before, during and after weight reduction

RBC($\times 10^4/\text{mm}^3$)					WBC($\times 10^3/\text{mm}^3$)				
Group	Subject	before	during	after	Group	Subject	before	during	after
BCAA	K.M.	467	465	455	BCAA	K.M.	54	48	36
	S.N.	488	523	514		S.N.	54	67	46
	N.S.	523	528	488		N.S.	61	56	35
P	I.N.	519	565	523	P	I.N.	64	67	59
	Y.Os.	468	490	453		Y.Os.	60	59	42
	Y.Oz.	466	502	449		Y.Oz.	59	51	38
C	S.S.	526	530	512	C	S.S.	57	47	45
	H.K.	594	589	587		H.K.	55	49	46
	T.T.	553	598	537		T.T.	66	65	58
Total	n = 9	512 (44)	532* (45)	502** (46)	Total	n = 9	59 (4)	57 (8)	45*** (9)
UD	Y.A.	548	568	542	UD	Y.A.	77	73	64
	M.O.	437	439	431		M.O.	60	58	63
	K.K.	535	533	514		K.K.	67	63	72

Ht(%)					Hb(g/dl)				
Group	Subject	before	during	after	Group	Subject	before	during	after
BCAA	K.M.	41.5	41.0	39.0	BCAA	K.M.	13.9	13.9	13.5
	S.N.	42.5	44.5	43.5		S.N.	14.3	15.2	15.7
	N.S.	49.5	49.5	45.0		N.S.	16.2	16.0	15.2
P	I.N.	45.5	50.5	46.5	P	I.N.	15.1	16.1	15.7
	Y.Os.	44.0	46.5	43.0		Y.Os.	15.3	15.7	15.0
	Y.Oz.	43.5	46.5	40.0		Y.Oz.	14.4	15.9	14.0
C	S.S.	46.5	46.5	45.5	C	S.S.	15.6	15.9	15.3
	H.K.	50.5	49.0	48.0		H.K.	15.7	15.3	16.1
	T.T.	48.5	53.0	47.5		T.T.	16.5	17.1	16.1
Total	n = 9	45.8 (3.2)	47.4 (3.5)	44.2** (3.2)	Total	n = 9	15.2 (0.9)	15.7 (0.9)	15.2 (0.9)
UD	Y.A.	45.5	47.5	44.5	UD	Y.A.	15.5	15.5	15.4
	M.O.	41.0	41.5	41.0		M.O.	13.6	14.5	14.4
	K.K.	49.5	48.5	48.0		K.K.	16.2	16.2	15.9

() : SD. *P < 0.05, ***P < 0.001 compared with before, **P < 0.01 compared with during.

Table 6. Changes in blood glucose (BG), serum free fatty acid (FFA) and urea nitrogen (UN) concentration before, during and after weight reduction

BG(mg/dl)					FFA(mEq/l)				
Group	Subject	before	during	after	Group	Subject	before	during	after
BCAA	K.M.	71	63	63	BCAA	K.M.	0.45	1.17	0.77
	S.N.	76	60	60		S.N.	0.35	1.47	1.48
	N.S.	92	81	81		N.S.	0.22	1.36	1.21
P	I.N.	88	73	92	P	I.N.	0.53	1.52	1.00
	Y.Os.	78	65	61		Y.Os.	0.22	1.66	1.79
	Y.Oz.	76	74	72		Y.Oz.	0.30	1.31	0.96
C	S.S.	80	60	60	C	S.S.	0.36	1.10	1.26
	H.K.	72	67	53		H.K.	0.23	0.93	1.41
	T.T.	68	61	53		T.T.	0.18	1.02	1.45
Total	n = 9	78 (8)	66*** (6)	66** (13)	Total	n = 9	0.32 (0.12)	1.28*** (0.25)	1.26*** (0.32)
UD	Y.A.	76	79	74	UD	Y.A.	0.33	0.47	0.59
	M.O.	80	89	75		M.O.	0.37	0.49	0.37
	K.K.	87	82	70		K.K.	0.48	0.56	0.60

UN(mg/dl)				
Group	Subject	before	during	after
BCAA	K.M.	11.2	18.4	12.8
	S.N.	13.2	22.0	18.1
	N.S.	13.8	23.6	14.0
P	I.N.	13.2	22.4	17.3
	Y.Os.	9.3	17.6	14.2
	Y.Oz.	13.3	25.4	19.2
C	S.S.	17.6	17.6	14.2
	H.K.	9.0	8.0	7.1
	T.T.	11.5	15.1	9.8
Total	n = 9	12.5 (2.6)	18.9** (5.3)	14.1### (3.9)
UD	Y.A.	12.8	14.9	13.9
	M.O.	13.0	14.6	11.8
	K.K.	12.9	10.2	11.1

() : SD. **p < 0.01, ***p < 0.001 compared with before, ###p < 0.001 compared with during.

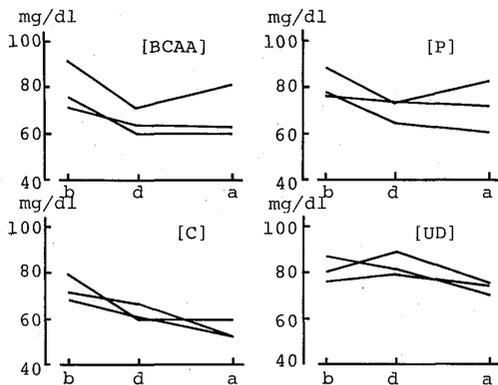


Fig. 4. Changes in blood glucose before (b), during (d) and after (a) weight reduction

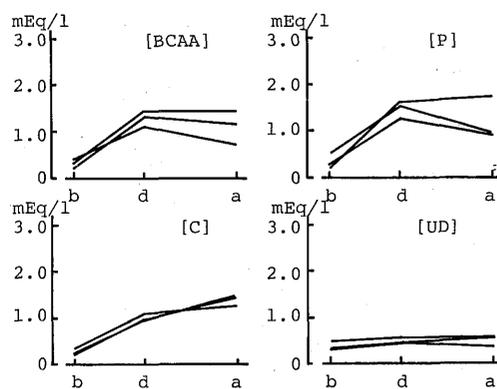


Fig. 5. Changes in serum free fatty acid before (b), during (d) and after (a) weight reduction

る減量で除脂肪体重の有意な減少がみられなかったという報告¹¹⁾がある。しかしながら、除脂肪体重の変動について考える場合には、減量の程度、期間、エネルギー供給条件、減量食の食質、運動条件などについて考慮する必要がある。本実験における減量の程度が体重の約6%、減量期間が1週間、さらに摂取エネルギー量が約500kcal/日であることから、除脂肪体重は減少しやすい状況にあったと思われる。このような状況下で、減量後の除脂肪体重の減少量は平均値でBCAA群<P群<C群の順に小さく、減少量の小さい順に各被検者に順位をつけるとBCAA群の3名が1, 2, 6位、P群の3名が3, 4, 9位、C群の3名が5, 7, 8位であった。注目すべきは図-2にみられるように、BCAAの1例では減量にも拘らず除脂肪体重が増加していることである。また、食事制限を行わなかったUD群の全例で除脂肪体重が増加したのは運動訓練による効果と考えられる。体重減少量に占める除脂肪体重の割合でみても、その結果は上とほぼ同様であった。これらの結果は、例数は少ないが、著しい摂取エネルギー量の制限下で運動を行わせる本実験の条件下で除脂肪体重の減少を抑えるためには、相対的に炭水化物を多く含む食事よりもタンパク質を多く含む食事の方が有利であり、タンパク質を多く含む食事に分岐鎖アミノ酸を添加することがさらに有利である可能性を示唆するものと考えられる。分岐鎖アミノ酸については、前述のように、ロイシンが筋肉タンパク質の分解の抑制に働くこと⁴⁾⁵⁾⁷⁾、絶食したヒトへのロイシンの投与が窒素出納を著明に改善すること⁸⁾が報告されている。

〔尿中窒素排泄量-摂取窒素量〕は、タンパク質摂取量の少ないC群ではBCAA群、P群に比べ著しく大であった。従って、本実験条件下では、体窒素損失の点からみると相対的に炭水化物の多い減量食が不利であることは間違いない。BCAA群とP群の比較では、平均値ではBCAA群で低値を示し、分岐鎖アミノ酸添加の体窒素損失に対する好影響も考えられるが、明らかな差ではなかった。また、減量後の除脂肪体重の減少量と〔尿中窒素排泄量-摂取窒素量〕との間の相関は $r=0.38$ で有意なものではなかった。これらの点については、同条件下で同量の窒素を摂取させた場合でも尿中窒素排泄量には個人差があることが関与していると考えられる。

以上の除脂肪体重の減少、尿中窒素排泄量と摂取窒素量との差に関する結果は、本実験の条件下で体タンパク質の損失を最小限に抑えて体力の低下を抑えるためには、比較的高タンパク質の食事が、さらにそれに分岐鎖アミノ酸を加えた食事が有利であるという可能性を示唆している。また、同時に行った有酸素的作業能力に関する結果も上の結果を支持するものであると考えられ、この運動能力に関する結果については別途報告する予定である。

赤血球数、ヘマトクリット、ヘモグロビンは、平均値でいずれの群においても減量前に比べ減量中にやや高値となり、減量後には減量前値に戻るかもしくは減量前よりもやや低値を示した。これらの動きは、UD群でも同様であったことから、減量よりも運動の影響によるものと思われる。減量中にやや高値を示した原因については、水分摂取を自由にさせていることから濃縮の影響は少ないと考えられ、不明である。また、従来より指摘されている¹⁸⁾運動性貧血は、タンパク質をほとんど含まない実験食を摂取させたC群にもみられなかったが、このことについては被検者が日常十分にトレーニングを積んでいる鍛練者であったことが関与しているのかもしれない。

白血球数は、いずれの減量群においても減少した。一過性の激運動後には白血球数は増加するという報告¹⁷⁾があるが、トレーニングを併用した減量時には生体の防衛機能が低下したことが推察される。

以上の血液性状については各減量群間に明らかな差異は見出されなかったが、血糖、血清遊離脂肪酸および尿素窒素は、BCAA群、P群とC群とでは異なる動態を示した。3群とも血糖は低下し、血清遊離脂肪酸は上昇したが、C群では減量後に血糖が最も低値で血清遊離脂肪酸が最も高値であったのに対し、BCAA群およびP群では減量中に血糖が最も低値で血清遊離脂肪酸が最も高値であった。一方、血清尿素窒素は、BCAA群およびP群で全例で減量中に著明に上昇し、減量後には減量中に比べて低下したが減量前に比べると全例で高値であったのに対し、C群では減量後に全例で低下した。摂取エネルギー量が著しく少ない本実験条件下では、減量後の基礎代謝時の呼吸商の低下、減量中の尿中ケトン体の排泄増大を考え合わせると、いずれの減量群においても遊離脂肪酸

が動員されてエネルギー源として用いられていることがうかがえる。また、減量中にBCAA群およびP群では血清尿素窒素が上昇したが、C群では2例で上昇が認められなかった。この違いは、主として、BCAA群、P群で摂取されたタンパク質およびアミノ酸がエネルギー源として利用された際の尿素窒素によるものと考えられる。また、BCAA群およびP群で血清遊離脂肪酸と血清尿素窒素のピークがともに減量中にあり、減量終了時には若干の低下がみられたが、この点については生体の適応も考えられ今後さらに検討を要すると思われる。

V ま と め

本研究では、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について検討した。

現役大学柔道部員12名を被検者とし、これらを3名ずつ4群に分けた。そのうちの3群には減量を行わせ、各群を実験食の内容の違いにより、相対的にタンパク質 (Protein) を多く含む実験食を摂取させたタンパク食群 (以下P群と略)、P群の実験食に分岐鎖アミノ酸 (Branched chain amino acid: BCAA) を添加した実験食を摂取させたBCAA群、相対的に炭水化物 (Carbohydrate) を多く含む実験食を摂取させた炭水化物食群 (以下C群と略) とした。各群の1日の摂取エネルギー量は、約500kcalであった。4群のうちの残りの1群には減量を行わずに日常食を自由に摂取させ、これをUD (Usual dietの略) 群とした。減量期間は7日間で、被検者全員が期間中連日1日約3時間の練習に参加した。

厳しい食事制限と激しいトレーニングにより減量を行う苛酷な実験条件のため、例数を今回の実験より多くすることは極めて困難であった。3つの減量群の実験食の内容は異なるが、エネルギー制限下での運動による影響という点に関しては多くの測定項目でほぼ同様の傾向を示し、減量群全体としては減量前に比べ減量後あるいは減量中に、体重、基礎代謝、基礎代謝時の呼吸商、体組成、ヘモグロビンを除く血液性状に有意な変動が観察された。しかし、本研究の主目的である食質の違いによる影響に関しては、各実験群の例数が少ないために明確な結論を引き出すことができず主として平均値の動きで判断せざるを得なかったが、

注目すべき傾向が認められた。

主な結果は次の通りである。

- 1) 体重は、いずれの減量群においても減量第2日目までに急激に、その後徐々に減少し、減量終了時には減量群全体で平均4.7kg (6.21%) の有意な減少を示した。
- 2) 基礎代謝量およびその際の呼吸商は、減量群全体で減量前に比べ減量後で有意に低下した。
- 3) 体脂肪量、除脂肪体重は、減量群全体で減量前に比べ減量後で有意に低下した。また、除脂肪体重の減少量は、BCAA群<P群<C群の順に少ない傾向を示した。
- 4) [尿中窒素排泄量-摂取窒素量]は、他の2群に比べC群で高値を示したが、BCAA群とP群との間の差異は明確ではなかった。
- 5) 赤血球数、ヘマトクリット、ヘモグロビンは、UD群を含めたすべての群において、減量前に比べ減量中にやや高値となり、減量後には減量前値に戻るかもしくは減量前よりもやや低値となる傾向を示した。白血球数はいずれの減量群においても全例で減少した。
- 6) 血糖はいずれの減量群においても全例で低下し、血清遊離脂肪酸は逆に上昇したが、C群では減量後に血糖が最も低値で血清遊離脂肪酸が最も高値であったのに対し、BCAA群およびP群では減量中に血糖が最も低値で血清遊離脂肪酸が最も高値であった。血清尿素窒素はBCAA群およびP群で著明に上昇した。

以上の主として、除脂肪体重の減少、尿中窒素排泄量と摂取窒素量との差に関する結果から、食事制限と運動による減量の際に体タンパク質の損失を抑えるためには、相対的に炭水化物を多く含む食事よりもタンパク質を多く含む食事の方が有利であり、タンパク質を多く含む食事に分岐鎖アミノ酸を添加することがさらに有利であるという可能性が考えられる。

謝 辞

本研究に多大なご援助を賜った味の素株式会社 に深く感謝いたします。

文 献

- 1) Adibi, S. A., Drash, A. and Livi, E. D.: Oxidative energy metabolism in the skeletal muscle Biochemical and ultrastructural

- evidence for adaptive changes. *J. Lab. Clin. Med.*, 83, 548-562 (1974)
- 2) 浅見高明, 芳賀修光: 柔道のトレーニング, 110-112, 大修館 (1975)
 - 3) Atwell, J. R., Hedden, M. P., Mancusi, V. J. and Buse, M. G.: Branched chain amino acids as regulators of muscle protein synthesis. *Diabetes*, 26, 373 (Abstr.) (1977)
 - 4) Buse, M. G. and Reid, S. S.: Leucine A possible regulator of protein turnover in muscle. *J. Clin. Inv.*, 56, 1250-1261 (1975)
 - 5) Buse, M. G. and Weigand, D. A.: Studies concerning the effect of leucine on the turnover of proteins in muscle of control and diabetic rats. *Biochem. Biophysica Acta*, 475, 81-89 (1977)
 - 6) Chang, T. W. and Goldberg, A. L.: Leucine inhibits oxidation of glucose and pyruvate in skeletal muscle during fasting. *J. Biol. Chem.*, 253, 3696-3701 (1978)
 - 7) Fulks, R. M., Li, J. B. and Goldberg, A. L.: Effects of insulin, glucose and amino acids on protein turnover in rat diaphragm. *J. Biol. Chem.*, 250, 290-298 (1975)
 - 8) Goldberg, A. L. and Chang, T. W.: Regulation and significance of amino acid metabolism in skeletal muscle. *Fed. Proc.*, 37, 2301-2307 (1978)
 - 9) 芳賀修光, 浅見高明, 中村良三, 宮下充正, 秦優子: 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, 武道学研究, 9, 29-35 (1977)
 - 10) 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 (第1報) レスリング選手の呼吸, 循環機能及び筋力に及ぼす影響. 東京大学教養部紀要, 7, 29-40 (1972)
 - 11) 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)
 - 12) 道明博, 阿久津邦男, 上田雅夫, 窪田登 編: スポーツコンディショニング, 238-263, 不味堂 (1978)
 - 13) 武藤泰敏, 吉田貢, 山藤正弘: 慢性肝不全の栄養治療一分岐鎖アミノ酸補充療法をめぐって一. 日本医事新報, No3101, 3-9 (1983)
 - 14) 太田章, 道明博, 中野昭一: レスリング選手の減量に関する研究 (I) 国際試合前後における諸形態の変化. 早稲田大学研究紀要, 16, 9-17 (1984)
 - 15) 小野三嗣: 重量拳選手調査報告 (第6報) 体重減量について, 昭和37年度日本体育協会研究報告集, 1-8 (1962)
 - 16) Sherwin, R. S.: Effect of starvation on the turnover and metabolic response to leucine. *J. Clin. Invest.*, 61, 1474-1481 (1978)
 - 17) 鈴木政登, 塩田正俊: 運動負荷後の白血球の動態. 日本体育学会第34回大会号, 283 (1983)
 - 18) Yoshimura, H., Inoue, T., Yamada, T. and Shiraki, K.: Anemia during hard physical training (sports anemia) and its causal mechanism with special reference to protein nutrition. *Wld. Rev. Nutr. Dietet.*, 35, 1-38 (1980)