

各種スポーツ実施者の摂取栄養の質的・ 量的バランスの検討

	防衛医科大学校	万木良平
(共同研究者)	女子栄養大学	小池五郎
	同	渡辺美智子
	同	向笠由美
	防衛医科大学校	山崎省一
	同	近藤陽一
	自衛隊体育学校	桜間幸次
	同	松根洋右

Studies on the Energetic and Dietetic Balances in Athletes

by

Ryohei Yurugi, Shoichi Yamazaki and Yoichi Kondo

National Defence Medical College

Goro Koike, Michiko Watanabe and Yumi Mukasa

Kagawa Nutrition College

Koji Sakurama and Yosuke Matsune

Physical Training School, Japan Self Defence Force

ABSTRACT

Although considerable time and research efforts have been devoted to studies on requirements and composition of sports food, it seems to us that individual player of many sports events does not provided with adequate meals as matters now stand. The purpose of this paper is to present the utilizable documents for providing athletes of various games, of either individuals or groups, with dietetically suitable meals. The studies are composed of three parts.

1. On the group feeding and its dietetic management for the athletes in the training camp.

Several groups of athletes, track and field sports, shooting, modern pentathlon, wrestling, weight-lifting, boxing and swimming, at the Physical Training School of the Self-Defense Force were selected as the subjects of this survey. They were provided well-managed reasonable meals as a group during training period. Notwithstanding the creditable provision, most of subjects showed negative balance in caloric consumption and intake. Their protein intake was below the required level. These nutritional defects may be due to poor appetite caused by over-training, shorter mealtime, individual preference for taste, etc. It was suggested that coaching for eating behavior, as well as training, is necessary.

2. On the nutritional effects of rapid weight reduction in the athletes of weight-in-system sports.

Boxers and wrestlers, whose body weight should be reduced about 10% in relatively short period of time, were selected as the subjects, and nutritional surveys were performed during weight reduction and recovery periods. Their energy balance was slightly negative during the period of weight reduction. Weight loss by the reduction of diet was not estimated to be large. Negative body water and nitrogen balance were observed during reduction period. Weight loss was thought mainly to be due to reduction of body fluid resulted from the restricted drinking water and vigorous sweating. Nutrients unbalance, especially lower rate in protein, fat and iron, were observed in their reduced diets. As far as the average food composition in recovery period was concerned, not so marked deficiency was observed, but personal deviation in their intakes were distinct. From the results, it is suggested that their body conditions with high physical strength would recover to the normal level more quickly and completely by better balanced combination of food intake.

3. On the nutritional effects of prolonged severe physical activities with food and water restriction and sleep deprivation in the rangers.

The subjects, who were selected from the member of the ranger training group of the Ground Self-Defense Force, were given severe ranger activities in a mountainous region under the condition of caloric and water restriction and sleep deprivation for a period of 3 days and 21 hours (93 hours) continuously. Body weight, body fat and total body water decreased significantly after the activities of 93 hours. 80% of weight loss was due to the water reduction and 20%, fat reduction. Decrease in TG, increase in BUN and NEFA were observed and it is suggested that the lipid

metabolism was increased strongly during the activities. Daily mean caloric consumption, estimated from the mean heart rate, reached to a level of about 8,000 kcal/day during the activities. The mean work load during all through activities was estimated at about 34% of their maximum oxygen consumption. From the results obtained, the ranger activities in the present investigation were thought to be near to limit of the human physical capacity. It is recommended for the safety training that a reserved drinking water and food must be prepared for a prevention against critical dehydration and exhaustion.

要 旨

スポーツ実施者の栄養については、従来かなり多くの研究が行われているが、各種目のスポーツの選手についてみると、必ずしも適切な給食が行われているとは思われない。本研究は各種スポーツ競技実施者の個人および集団の栄養と給食に際して参考となる資料を得ることを目的として実施した。内容は次の3部よりなる。

1. スポーツ選手の集団給食と栄養管理について

被検者グループとして、比較的栄養と給食管理が行き届いていると考えられる自衛隊体育学校の特別体育課程学生のうち、陸上競技、射撃、近代五種、レスリング、重量挙げ、ボクシングおよび水泳の選手を選んだ。トレーニング期における彼らの食事は質的にも量的にも、よく管理された献立によって支給されているにも拘わらず、トレーニングにより消費したエネルギーが喫食した摂取エネルギーを下回り、負のエネルギーバランスを示した。また、蛋白質摂取量は所要量を下回った。激しいトレーニングによる疲労と食欲減退、喫食時間の不足、自由盛り付けのため嗜好の個人差などが原因と考えられ、トレーニング計画の再検討と給食計画とともに、選手に対する喫食指導をする必要があるのではないかと考えられた。

2. 体重制スポーツ選手の急速減量時の栄養について

数日間に体重の約10%前後の減量を実施したボクシングとレスリングの選手を対象として、栄養学的調査を実施した。減量期におけるエネルギー出納は、わずかに負の値を示したが、食事による体重減少はさほど大きくなく、大部分が摂水の減少と発汗による脱水がその大部分を占めている。減量期の摂取栄養素は蛋白質、脂肪、鉄などが少なく、水と窒素の出納は明らかな負の値を示した。回復期の食事に関しては概して問題は少ないが、個人差が著しい。長期的に健康と競技能力を維持するために、また可及的完全に速やかに体調を回復するために、バランスのとれた栄養摂取を心掛けるよう指導する必要がある。

3. 断眠、摂食・摂水制限下の激運動の生体影響

陸上自衛隊レンジャー訓練隊員を被検者とし、正味3日と21時間(93時間)にわたり飲料水を平素の $\frac{1}{2}$ 、食糧を基礎代謝量以下に制限し、睡眠を断って、山岳地帯で激しい筋運動を伴うレンジャー活動を連続して実施する実験を行った。体重と体水分量は有意に減少し、減少量は体重の約10%に達した。その80%は体水分の、20%は体脂肪の減少によるものであった。血漿TGが減少し、BUN、NEFAが増加したことから、脂質代謝が

高まり、蛋白の異化が亢進したことが推定される。平均心拍数から算出した推定エネルギー消費量は約 8,000 kcal/day に達し、平均負荷運動量は最大酸素摂取量の34%と推定された。これらの結果から、本実験におけるレンジャー活動は人体機能の限界に近いものであると考えられ、脱水や疲労困憊による危険を予防するために、予備の飲料水と糧食を準備することが必須であると考えられた。

緒 言

各種スポーツ活動時の栄養に関しては、エネルギー需給の量的バランスとスポーツの種類に応じ質的に調整された栄養を補給すべきことは言うまでもない。従来、スポーツマンの食事に関しては、かなり多くの研究が行われ、近年の食糧供給の潤沢化と相まって、それなりの成果があがっている。しかし、スポーツ競技の種類や実施者の年齢階層等が多様化しているために、管理された集団給食にしても、また個人を対象とした給食にしても、具体的な献立を作成する段階では、質的にも量的にも明確な指針が作成されているわけではない。ことに、各種競技種目に最も適した栄養素の質的バランスに関しては議論が分かれるところであり、経験と勘によって給食が行われているのが現状のようである。

本研究は、各種スポーツ競技者の栄養摂取の質的・量的実態調査を行うとともに、トレーニング前後の各種生理機能と体力指標、血液と尿による栄養素の代謝産物、とくに塩分・水分、アミノ酸組成、各種酵素、血液諸成分等を測定して、競技種目による栄養のアンバランスに着目し、栄養摂取の良否の評価検討を行うことを目的として実施した。調査の対象には、良好な栄養管理が行われていると考えられる例として、各種の競技種目（陸上競技、水泳、近代五種、重量挙げ、ボクシング、レスリング、射撃等）を含み、完全に管理さ

れた集団給食を実施している自衛隊体育学校特別体育課程学生を対象とした調査を実施した。また、栄養の欠陥が再三指摘され、問題が提起されている例として、急速減量を実施する体重階級制スポーツ（レスリング、ボクシングおよび重量挙げ）選手を対象とした場合と、断眠、摂食・摂水制限下の身体的・精神的過大負荷を伴う消耗性トレーニングを行うレンジャー訓練隊員等の場合について調査を実施した。以下それぞれの調査の概要を述べ、スポーツ種目と栄養摂取の特性および競技者に対する栄養指導の指針等について検討を加える。

I. スポーツ選手の集団給食と栄養管理について

スポーツ選手の栄養については、特別のものがあるわけではなく、一般的に言えば、厚生省¹⁾が発表した第三次改訂日本人栄養所要量に示されている基準に従い、それぞれの運動強度に応じた栄養を摂取することによって、大きな問題が生じることはないと思われる。しかし、スポーツ競技の種類により、またトレーニングや競技の時期により考慮しなければならない問題も生ずる。とくに、多種目の競技選手が合宿するような場合の集団給食については、個人別または種目別献立を作成実施することは困難な場合が多い。本調査研究は、各種の競技選手が同一の宿舎で起居し、計画的に管理された集団給食を実施している自衛隊体育学校特別体育課程学生を対象として、給食と栄養の実態を調査し、この問題について検討を加えることとした。

1. 調査の対象と方法

(1) 調査対象

自衛隊体育学校特別体育課程学生の中から、陸上競技選手（5名）、射撃競技選手（7名）、近代五種選手（7名）、レスリング選手（10名）、重量挙げ選手（5名）、ボクシング選手（6名）および

水泳選手（6名）の計46名を対象とした。年齢は19～25歳，1～5年の競技経験を有し，平均体重は陸上 65kg，射撃 62kg，近代五種 70kg，レスリング 73kg，重量挙げ 67kg，ボクシング 61kg，水泳 62kg で，全種目選手の平均は 66kg であった。

(2) 調査方法と測定項目

1986年7月9日から連続3日間を調査期間と定め，各選手個人につき生活時間調査によるエネルギー消費量の算定，摂取食物の計量調査による摂取栄養量の算定を行い，さらに第3日目の早朝空腹時に静脈血を採取して生化学的諸検査を実施した。各種目の選手はこの期間中午前，午後ともにハードトレーニングのスケジュールが組まれている。食事の配食方法はバイキング方式で，選手自身で盛り付けを行った。ただし，射撃選手は3日も昼食は携行食であり，その中に蛋白性の食品は全く含まれていなかった。ちなみに，特別体育課程学生と一般自衛隊隊員の栄養摂取基準量は表1の通りとなっているが，上記調査期間中は特別

表1 自衛隊体育学校特別体育課程学生および一般自衛隊員の栄養摂取基準量

		特体学生	一般隊員	
栄養摂取量の基準	エネルギー (kcal)	4400	3300	
	蛋白質 (g)	180	110	
	脂肪 (g)	170	70	
	カルシウム (mg)	1500	800	
	V. A (IU)	5000	2500	
	B ₁ (mg)	3.5	2.0	
	B ₂ (mg)	3.5	2.0	
定量の基準 g	主食	精米	300	540
		小麦製品	200	40
	副食	いも類	160	80
		豆類	100	160
		魚介類	50	120
		獣鳥肉類	220	100
		卵乳類	1114	265
		野菜類	630	300
		果物類	220	100
		海藻類	6.5	10

表2 自衛隊体育学校特別体育課程学生に対し，一般隊員食に追加される一品料理食品とその数量（暫定試行）

		料理・食品名	数量 (g)
昼食		牛ステーキ	100
		野菜	50
		牛乳	200
夕食		マトン	30
		野菜	80

体育課程学生に対しては，食事献立の一部修正（暫定試行）実施時期に当たり，昼食と夕食については，表2のような食品が一般隊員食に追加されて給されている。

2. 調査結果と考察

(1) 競技種目別エネルギーの出納

各種目別選手の生活時間調査による消費エネルギー量と喫食量の計量調査による摂取エネルギー量の3日間の平均値は図1に示す通りであった。図中点線で示した 4,400 kcal のレベルは給食基準量であって，調査期間3日間の献立による実給食エネルギー量は 4,165 kcal/day であった。消費エネルギー量の最も高かったのは水泳で 5,041 kcal/day，最も低かったのは射撃で 2,432 kcal/day，7種目の平均値は 4,013 kcal/day で，種目によるトレーニングの強弱が明瞭に示されている。ちなみに，長嶺²⁾の推計による日本のスポーツマンのトレーニング期におけるエネルギー消費量は，図に▲で示した通りであって，これより低い種目と高い種目とがあるが，平均値ではほぼ等しい値となっている。

一方，摂取エネルギー量は射撃がほぼ消費エネルギー量とバランスがとれているのを除くと，すべての種目で消費エネルギーを下回り，エネルギー出納は負の値となっている。

いずれにしても，水泳選手の場合を除けば，実給食量は実際の消費量を充足しており，問題はないと思われるが，喫食量が給食量よりもかなり下

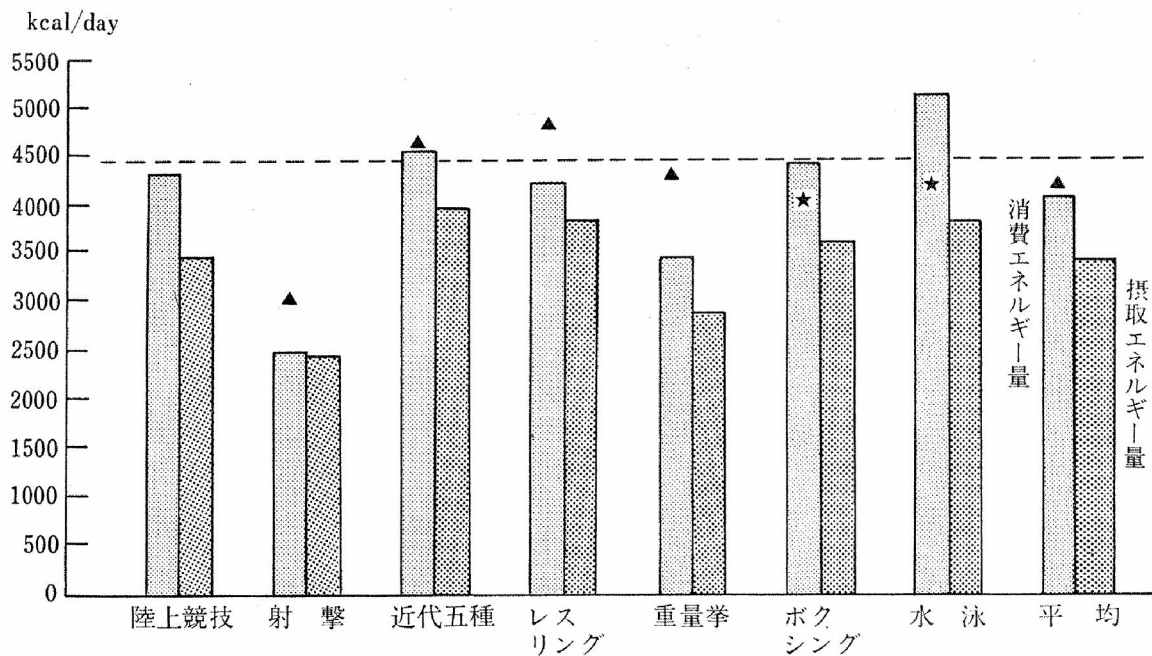


図1 各種競技種目別の消費エネルギー量と摂取エネルギー量

回っていて、平均値についてみると、喫食量は給食量の約81%、消費エネルギー量の約96%となっている。このように喫食量が低かった理由として、夏季の暑熱環境下でのハードトレーニングによる疲労のための食欲減退、トレーニング時間が食事時間にくい込み、十分な喫食時間が取れなかったこと、配色方法にバイキング方式を採用しているため、個人の嗜好による偏食などが影響しているのではないかと考えられる。今後の検討課題

として残された問題である。

(2) 競技種目別栄養摂取量

競技種目別栄養摂取量と食品類別は表3および表4に示したとおりであった。蛋白質については、基準量として180g/dayを設定しているが、3日間の献立による平均給食量は166g/day、平均喫食量は120g/dayとかなり低い値となっている。基準量の設定にあたっては、筋力強化と貧血予防のため、体重1kg当たり2.0g、とくに筋

表3 各種競技種目別の栄養摂取量

	陸上	射撃	近五	レス	重量挙げ	ボク	水泳	平均	基準
エネルギー (kcal)	3371	2413	3916	3789	2856	3612	3794	3393	4400
蛋白質 (g)	111	73	142	141	107	128	141	120	180
脂質 (g)	114	85	153	141	102	138	137	124	170
糖質 (g)	462	313	446	444	364	398	480	415	
カルシウム (mg)	1205	785	1246	1140	1076	1228	1273	1137	1500
鉄 (mg)	15.3	9.2	17.8	17.1	14.7	14.7	19.0	15.4	
ビタミンA (IU)	5112	1062	5218	5055	4034	3186	4348	4116	5000
ビタミンB ₁ (mg)	6.3	1.1	3.0	2.4	1.9	2.2	2.4	2.9	3.5
ビタミンB ₂ (mg)	5.4	1.6	4.1	3.4	2.1	3.4	3.0	3.3	3.5
ビタミンC (mg)	491	137	245	235	180	290	150	247	200
消費エネルギー	4217	2432	4483	4150	3417	4353	5041	4013	

表4 各種競技種目別の食品類別摂取量

単位：g

	陸上	射撃	近代五種	レスリング	重量挙げ	ボクシング	水泳	平均	特体基準
精米	392	300	195	237	184	142	226	239	300
小麦製品	39	174	52	69	71	63	102	81	200
獣肉類	157	49	223	181	139	239	187	168	220
卵類	71	82	70	138	80	60	108	87	
乳類	588	276	593	491	344	649	527	495	1114
魚介類	64	35	75	90	70	44	61	63	50
豆類	187	145	200	165	178	191	185	179	100
野菜類	342	125	398	259	297	286	243	279	630
果物類	344	194	127	128	134	116	104	164	220
芋類	65	42	94	62	71	85	88	72	160
海藻類	5	0.3	7	9	11	4	8	6.3	6.5
漬物類	19	12	9	20	21	2	4	12	若干
油脂類	19	8	29	20	17	24	22	20	—
嗜好飲料	890	527	496	570	544	683	585	614	—
アルコール	80	250	227	314	33	1083	0	284	—

肉の発達を必要とする力技スポーツでは2.0g以上の摂取が必要であると仮定して、各種目のエネルギー消費量を考慮にいれ、陸上、射撃、近代五種、水泳の各競技については2.0g/kg/day、重量挙げ、レスリング、ボクシングについては3.0g/kg/dayとして平均所要量を求めると175g/kg/dayとなることから、献立用基準値として安全率を考慮して180g/kg/dayとした。しかし、この基準値は従来の諸報告¹⁻⁴⁾を参照すると、やや高めであると考えられるので、所要量としては2.5g/kg/dayとし、蛋白質、脂質、糖質の熱量構成比を16:35:49として、各競技種目選手の平均体重とエネルギー消費量から蛋白質所要量を求めた。調査期間中に喫食された蛋白質量とこのようにして求めた蛋白質所要量とを比較したのが図2である。すべての種目において、喫食量が所要量をかなり大きく下回っている。

ミネラルとビタミンについては、ビタミンCを除き平均摂取量は基準値を下回っている。

(3) 血液検査

調査最終日の早期空腹時に肘静脈より採血して諸検査を実施した。そのうち、赤血球数、ヘモグ

ロビン量、LDH、CPKの結果を図3に示した。赤血球数とヘモグロビン量はいずれも正常値の範囲内にあり、貧血を疑う所見ではないが、やや低めの値となっている。蛋白質性食品と鉄を含む食品を十分喫食するよう指導することが必要かと思われる。LDHはレスリング、近代五種、陸上、ボクシングで正常値を上回る高値を示し、CPKは近代五種、レスリング、陸上、重量挙げ、ボクシング、水泳の6種目で正常範囲を超える高値を示し、正常範囲の60IU以下の値を示したのは射撃のみであった。激しいトレーニングと筋肉疲労があることが推測される。疲労を防止し、貧血を予防して筋力強化を図るためには、トレーニング期間中の適度な休養と睡眠が必要と思われるが、良質蛋白質と鉄を十分摂取することが一層重要であろう。

3. 要約

各種のスポーツ競技選手に対し、計画的に管理された献立により集団給食を実施している施設として、自衛隊体育学校特別体育課程学生を被検者として、夏季のトレーニング時の3日間、タイムスタディーによるエネルギー消費量、喫食した食

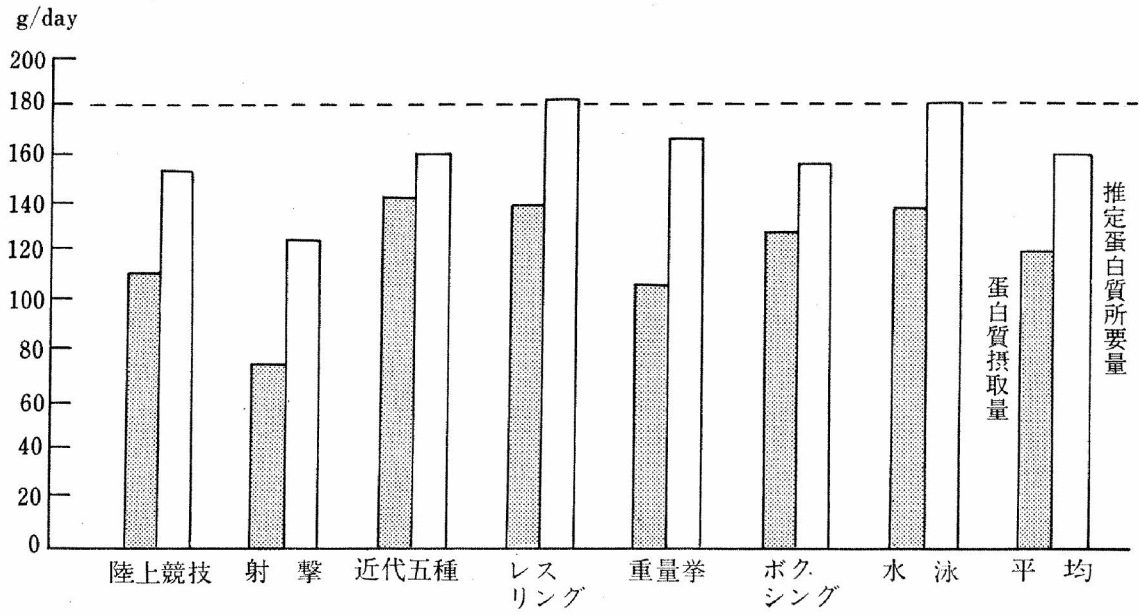


図2 各種競技種目別の蛋白質摂取量と所要量

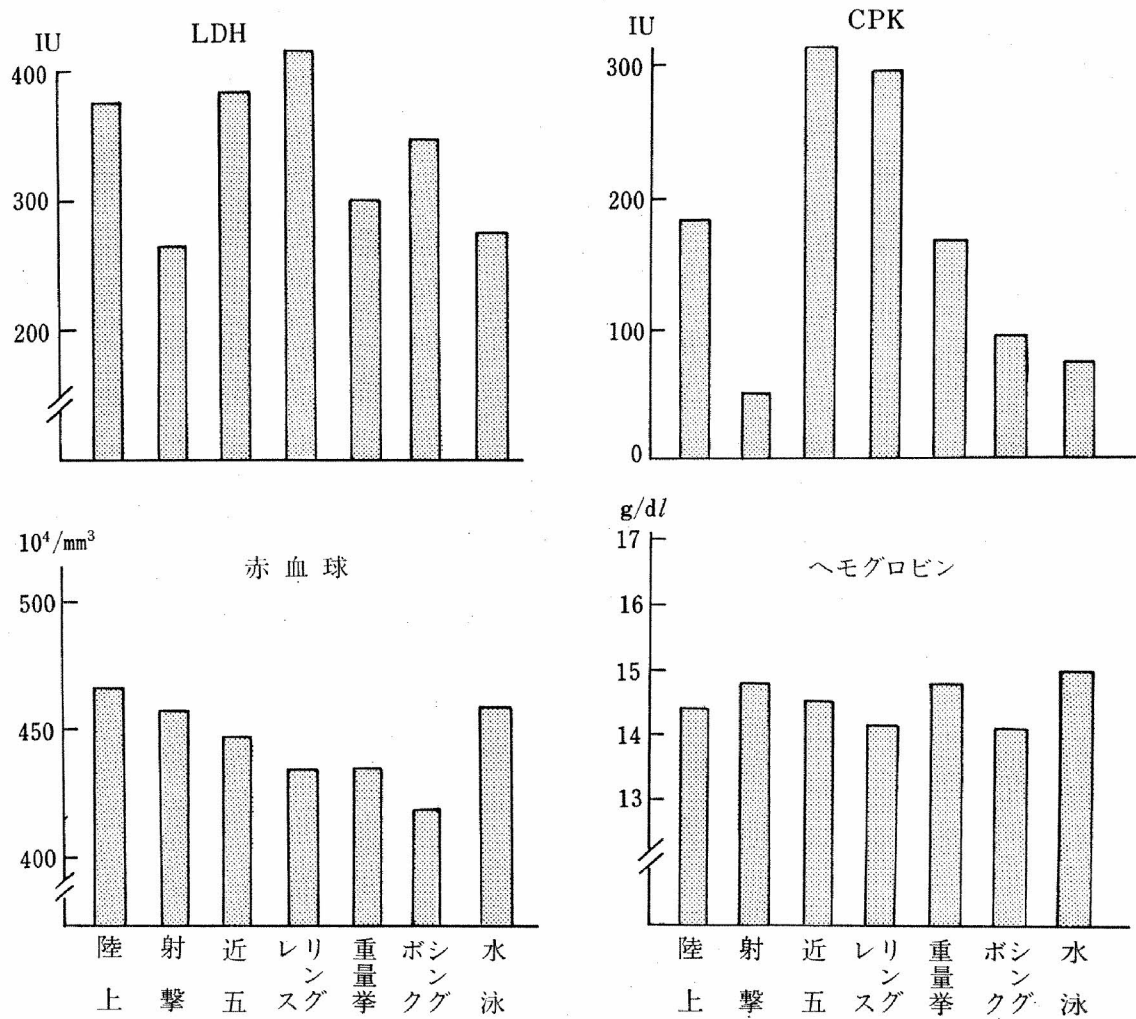


図3 各種競技種目選手の血液検査所見

物の計量による摂取栄養量の算定、血液成分の測定を行い、競技種目の栄養の現状を調査した。

結果要約すると、各競技種目のうちエネルギー消費量の最大を示す種目を想定して、必要カロリーと各種栄養素とくに蛋白質量の基準量を設定して、これを充足する献立による集団給食を実施した。配食はバイキング方式による自由喫食としたところ、エネルギー消費量は摂取量を上回り、負の出納を示した。各種目選手の平均体重とエネルギー消費量から算定した蛋白質所要量を求め、実喫食量と比較したところ、かなり大量の蛋白質摂取不足が認められた。血液検査の結果では、これらの栄養不足によると推測される所見が認められた。

これらの調査結果をふまえ、各競技種目別に必要と考えられる栄養所要量の基準を示す一覧表(表5)を作成し、選手に対する栄養指導と給食献立の参考とした。

II. 体重制スポーツ選手の急速減量時の栄養について

レスリング、ボクシング、重量拳などの体重制限スポーツでは、技術・体力のトレーニングと相まって、体重の調整、ことに減量の方法が重要な問題となっている。これらの選手の多くは、試合

直前の短期間に食事制限、水分制限、あるいは発汗などによって、かなりの体重を減量して試合に臨むことが一般的となっている。

従来から、体重制スポーツ選手の急速減量については、減量方法の実態、減量にともなう体力・生理機能の変化などについて多くの調査研究が行われている⁵⁻²⁴⁾、無理な減量は体力を低下させたり、競技成績に悪影響をもたらす可能性があるばかりでなく、体組成の恒常性の破綻を招き、健康を害する危険性をはらんでいる。しかし、競技種目の中で体重階級性が採用されているかぎり、試合を有利に展開させるために、多くの選手は苦痛に耐えて無理な減量を実施しているのが現状である。

これらの選手が実施している減量方法は、食物摂取量の制限、運動量の増加、練習時の厚着や練習後のサウナ風呂による発汗促進などが主なものである。こうした急速減量に関する従来の研究報告のうち、白井¹⁴⁾によると、減量開始後10日前後で体重が約5%減少する頃まで体の幅や厚さは低減するが、筋力や肺活量などの機能は減量前よりはむしろ増加し、体力は質的に好転するという。しかし、この時期を過ぎると漸次栄養状態が悪化し、筋力その他の低下も著しくなってくる。そして、許容される減量の限界は、体重の7%前後で

表5 競技種目別エネルギー消費量をもとに設定した栄養所要量

競技種目	平均体重 (kg)	消費エネルギー (kcal)	蛋白質 (g)	脂質 (g)	糖質 (g)	カルシウム (mg)	鉄 (mg)	ビタミン A (IU)	ビタミン B ₁ (mg)	ビタミン B ₂ (mg)	ビタミン C (mg)
陸上競技	65	4,217	154(15)	159(34)	542(51)	1.0 ~1.2	34	4000 ~5000	1.7	2.3	100 ~200
射撃	62	2,432	124(20)	81(30)	304(50)		25		1.0	1.3	
近代五種	70	4,483	160(14)	174(35)	569(51)		36		1.8	2.5	
レスリング	73	4,150	183(18)	149(32)	519(50)		33		1.7	2.5	
重量拳	67	3,417	168(20)	115(30)	427(50)		27		1.4	1.9	
ボクシング	61	4,353	157(14)	167(35)	555(51)		35		1.7	2.4	
水泳	2	5,041	181(14)	194(35)	643(51)		40		2.0	2.8	
平均	66	4,013	160(16)	148(33)	508(51)		33		1.6	2.4	

あって、体重がこれ以下になると体脂肪ばかりでなく、体蛋白質などの体構成成分を損失する徴候が見られるという。また、片岡ら¹⁹⁾は生理的な機能を阻害しない効果的な減量範囲は、1~4%であって、許容限界は5~7%であろうとしている。減量実施期間については、最低7日間が必要であるという報告も見られるが、岩野ら¹⁶⁾は、適正な減量方法によって、約7%の体重減量を8日間で行っても、体力その他の生理的諸機能にあまり影響が無かったと報告している。また、米国においては、Tiptonら²⁵⁾やZambraskiら²⁶⁾によると、高校・大学のレスリング選手は競技シーズンの体重はシーズン前の体重に比し3~20%減量していると報告しており、試合が続くために、シーズン中の減量実施回数が15~30回に及ぶものもあるといわれる。

このような現状にかんがみ、われわれは、競技力の優れた選手が適正な減量方法で体重調整を実施し、将来にわたって選手の健康と体力を充実させるための方策を検討するために、主として生理学的ならびに栄養学的な面からの調査研究を過去数回にわたって実施してきた^{5~8)}。本報ではそれらの結果の概要を述べる。

1. 調査の方法

(1) 調査対象

調査対象として、①年齢19~25歳の自衛隊体育学校特別体育課程ボクシング班学生で、3~4日間で6kg(約10%)と3kg(約5%)の減量を14日間に2回実施した場合(グループ1)、②年齢19~20歳のレスリングの大学新人戦出場選手で、10日間で約10%の減量を実施した場合(グループ2)、および③年齢19~21歳の全日本学生レスリング選手権大会グレコローマンスタイル62kg級に出場する選手で、4日間で4~11%の減量を実施した場合(グループ3)の3つのグループの調査を行った。各グループはそれぞれの減量とトレーニングについて定められた日課に従って行動し

た。減量の方法は、主として減食とトレーニング時の厚着による発汗の促進を、各自の過去の経験に基づいて実施した。

(2) 測定項目

上記3グループの調査対象に共通して実施した測定項目は次の通りである。

1) 栄養学的測定

それぞれのグループの全実験期間を通じて、毎回の食事実摂取量を計量し、栄養成分分析を行い、摂取エネルギー量を算出した。消費エネルギー量は毎日の一般日課とトレーニングをタイムスタディーによって記録し算出した。また、毎日の起床時、午前中および午後の練習前後等に随時体重を測定した。

2) 血液および尿検査

血液検査は調査対象グループにより測定時期が多少異なるが、原則として減量開始前、減量中、回復期の適当な時期の早期覚醒時に肘静脈より採血し、ヘマトクリット値、ヘモグロビン量、全血および血漿比重、血漿水分量を測定し、分離した血漿について、総蛋白量、尿素窒素、遊離脂肪酸、中性脂肪、コレステロール、磷脂質、GOT、GPT、LDH、アルカリフォスファターゼ、電解質(Na, K, Cl)などを測定した。また除蛋白した血液について血糖量を測定した。

尿については、減量開始前、減量期、回復期の各期に、24時間尿を採尿し、一日全尿量、比重、窒素排泄量、電解質排泄量等を測定した。なお、上記③グループについては、調整期に2回と、減量期2日目の午後9時に10mlの重水素重水を経口投与し、午後11時の就寝前に排尿させ、起床後ただちに採尿して、重水濃度を測定し、体水分量を算出した。さらに、1日の発汗量は毎日の体重測定値、飲食物の重量、尿・屎の重量などから差し引き計算によって求めた。

3) 形態および基礎運動能力等の測定

形態(胸囲、前腕囲、大腿囲、皮脂厚等)、筋

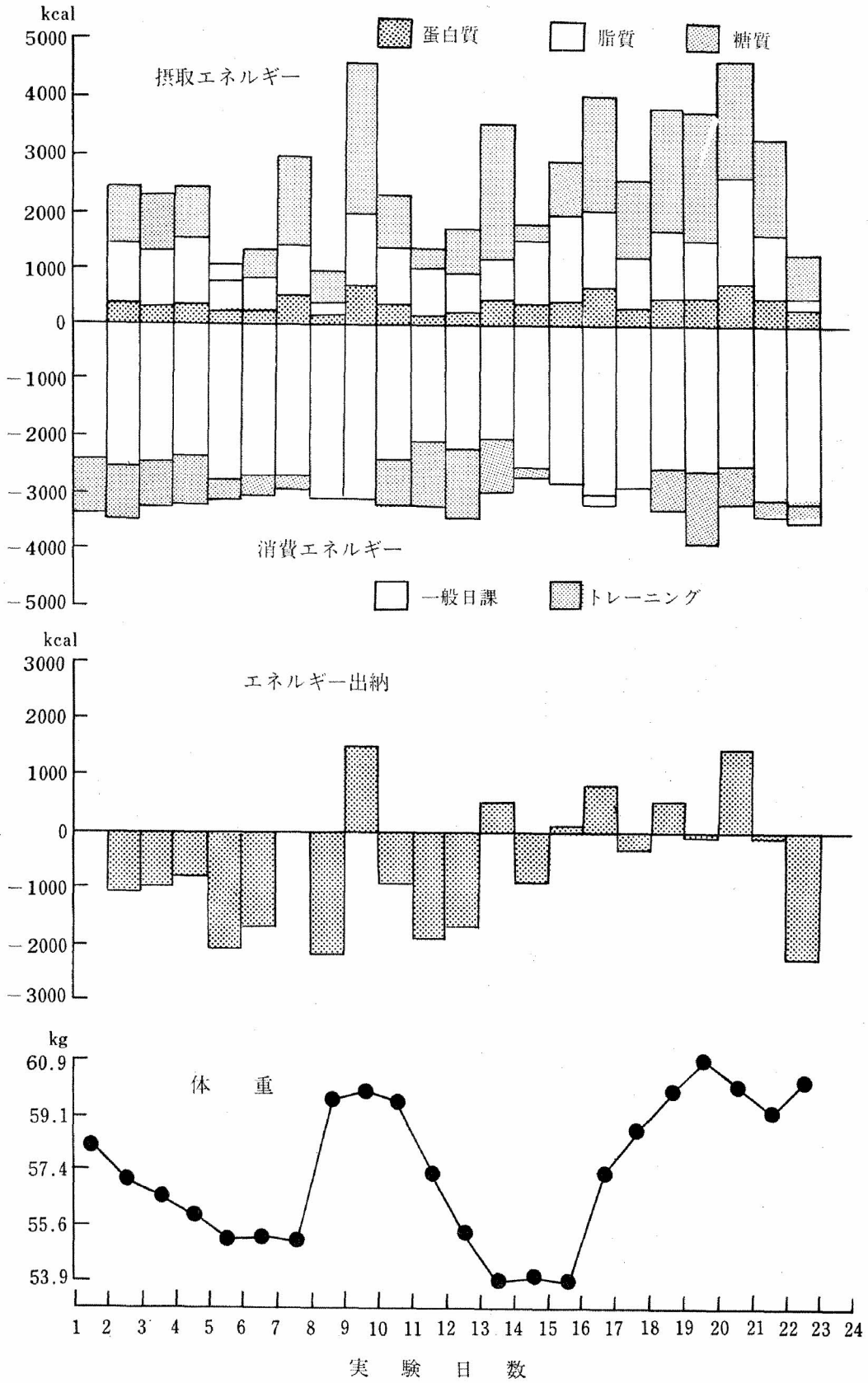


図4 ボクシング選手の急速減量各期におけるエネルギー出納と体重の変化

力（握力，背筋力，肩腕力等），ステップテスト，瞬発力（垂直とび），柔軟性（体前屈，上体そらし）等を測定した。

2. 結果と考察

(1) 食物摂取量，エネルギー出納および体重の変化

図4は体重60kgから54kgまで，約6kgの減量を実施したボクシング選手（グループ1）の実験期間中における摂取エネルギー量，消費エネルギー量，エネルギー出納および体重の変化を示した1例である。消費エネルギー量は一般日課とトレーニングによるものを含めて，全期間を通じて，ほぼ3,000~3,500kcal/dayで，大きな変動は認められないが，摂取エネルギー量は1,000~5,000kcal/dayの間を大きく変動し，体重の減少期には負の出納を示している。この場合の減量は

主として食事制限によるものであるが，水分の放出も大きな要因となっている。また，食事制限時の熱源栄養素の配分は，糖質，蛋白質，脂質のいずれも減少しているが，とくに負のエネルギー出納の大きな日には糖質摂取を大幅に減少させているのが特徴である。

図5はレスリング選手（グループ3）が69kgから62kgまで減量した場合の体重調整期，減量期，試合期および回復期における飲食物の摂取重量と体重の変化の1例を示したものである。図の斜線で示した固形物の摂取量は，全期間を通じて全摂取量の約10~20%と比較的少量であり，14日間の運動量がほぼ一定であったことから，体重の変動は水分の摂取量と喪失量によるものであることがわかる。

表6は体重1kg当たりの摂取栄養量の被検者

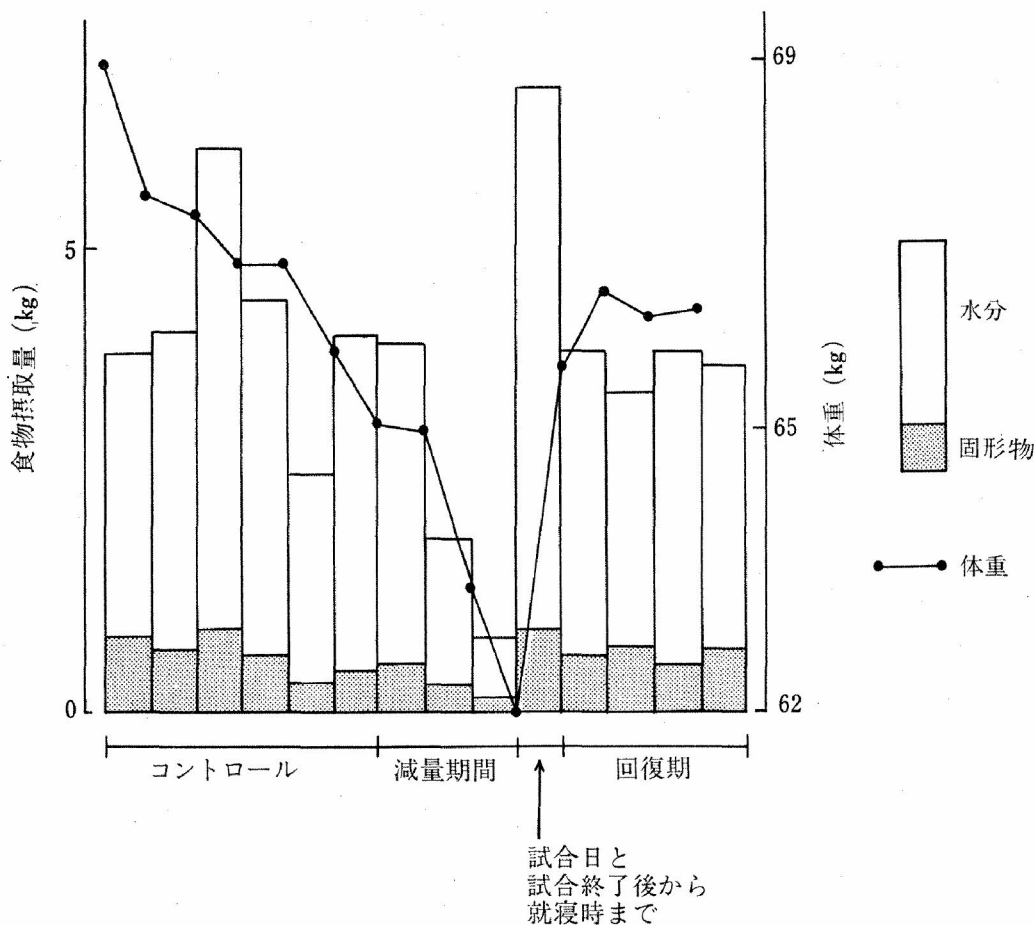


図5 レスリング選手の急速減量各期における食物摂取量と体重の変化

表6 レスリング選手の急速減量各期における栄養摂取量

		コントロール		減量期間		試合日		試合終了後から就寝時まで		回復期		摂取基準*
		平均	S.D.	平均	S.D.	平均	S.D.	平均	S.D.	平均	S.D.	
エネルギー	kcal/kg	44	14	25	14	23	16	40	10	45	15	40
水分	g/kg	43	14.3	31.9	13.8	20.2	13.1	59.5	20.3	36.8	9.8	
蛋白質	g/kg	1.2	0.4	0.6	0.5	0.2	0.1	0.7	0.2	1.1	0.5	1.1
窒素	mg/kg	208	71.6	11.5	78.8	39	24.7	108	34.7	181	81.9	
脂質	g/kg	1.6	0.7	1.0	2.1	0.1	0	0.4	0.3	1.1	0.6	
炭水化物	g/kg	6.0	2.3	4.1	1.8	2.9	1.6	8.5	2.1	7.6	2.8	
カルシウム	mg/kg	11	5.2	6	5.7	2	2.1	8	6.7	7	6.3	11.3
鉄	mg/1,000kcal	2.4	1.3	2.6	1.6	1.0	4.2	1.4	0.3	2.7	1.5	4.0
ナトリウム	mg/kg	53	22.9	30	24.2	18	5.7	49	20.0	59	29.5	
カルシウム	mg/kg	54	18.1	31	18.8	12	12.7	35	21.5	28	10.9	
ビタミンA	IU/kg	43	23.6	15	14.0	17	20.5	43	31.2	77	182.6	32.3
チアミン	mg/1,000kcal	0.75	0.51	1.09	0.74	0.78	0.34	1.12	0.63	0.29	0.14	0.40
リボフラビン	mg/1,000kcal	0.59	0.32	0.59	0.31	0.32	0.34	0.33	0.24	0.39	0.29	0.56
アスコルビン酸	mg/kg	5	5.1	9	26.9	5	7.1	5	7.6	2	2.7	0.8

*20歳男子を基準とした Activity Index II

6名の平均値を示したものである。また、同世代の男子の栄養所要量¹⁾を比較のための一応の摂取基準値として示した。摂取エネルギーは調整期では同世代の活動強度中等度の男子のエネルギー所要量 40kcal/kg より若干上回っているが、減量期と試合日にはほぼ半減している。そして、試合終了とともに調整期のレベルに戻っている。

蛋白質摂取量は調整期では同世代の男子の所要量を若干上回っているが、減量期には極端に低下し、回復期にも、もとのレベルにまで戻っていない。カルシウム、カリウムについても同じような傾向が見られる。鉄は全期を通じて摂取量が少なく、所要量より下回っている。ビタミン類の摂取は個人差が大きいですが、平均値で見ると、B群は不足傾向が見られるがCは全期間を通じて不足傾向は見られない。水分摂取量は減量期に漸減し、試合終了日に著しく増加している。

次に調査期間中の摂取食品の構成をみると、調整期には緑黄野菜類を除き、すべての食品群について活動強度中等度の同世代の男子の食品構成基準¹⁾を充足しているが、減量期に入ると総てが著

減し、回復期になると急増するのが一般的である。しかし、このグループでは合宿中の管理された食事から解放されて自由摂取となるためか、回復期には菓子や清涼飲料水の摂取量が多く、魚、肉、豆製品、緑黄野菜類、牛乳、卵、果物などほとんどの食品の摂取量は基準を下回っており、栄養学的にみて、回復期の栄養管理に問題が多いことがうかがわれた。

以上の栄養素とエネルギー摂取の傾向は、程度の差はあるが、調査対象とした3つのグループにはほぼ共通して見られる現象のようである。

(2) 窒素出納、除脂肪体重 (LBM) および体水分の変化

調査対象のグループ3について、食物中の蛋白質量と尿中窒素排泄量から窒素出納を求めた結果を図6に示した。食物摂取量が減少する減量期と試合期には負の出納となり、この間に尿中に喪失した窒素量の平均値は約20g、尿その他の経路から失われる推定窒素量を加えると、平均約0.2kgの体蛋白質の喪失があったと推定された。回復期には正の出納に転じ、体内の蓄積が見られるが、

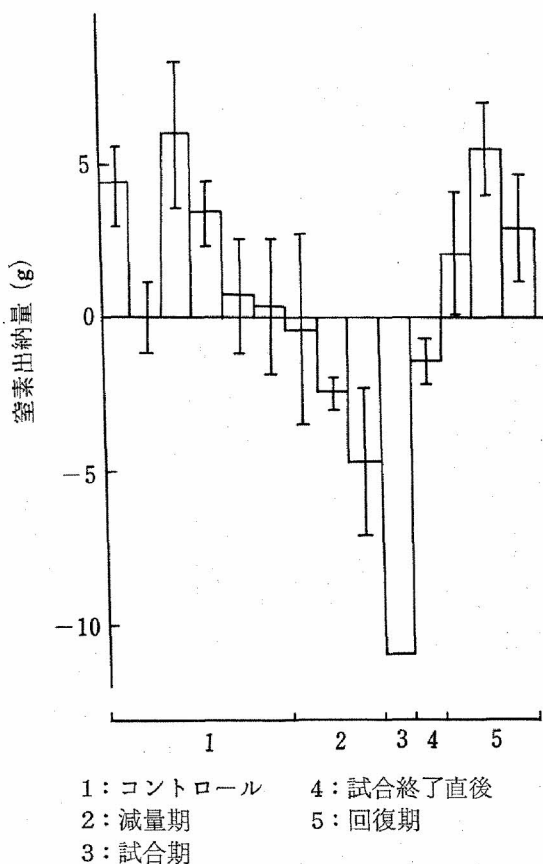


図6 レスリング選手の急速減量各期における窒素出納

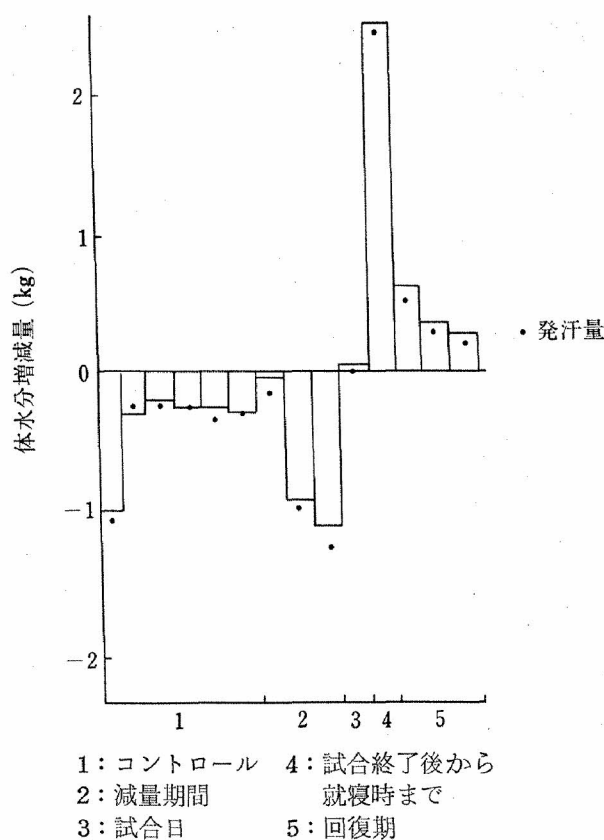


図7 レスリング選手の急速減量各期における発汗量と体水分量の変化

減量期に失われたものをこの期間では完全に回復するには至っていない。

次に、調整期第1日目の平均体重は 66.5kg、重水法によって求めた体水分量は 45.1kg (68%)、これより求めた LBM は 61.6kg、したがって体脂肪量は 4.9kg と算出された。さらに、摂取した飲食物中の水分量および代謝水と、排泄された尿・屎中の水分および体重減少量から推定した発汗量から体水分喪失量を算出した。

図7はこのようにして求めた体水分量の平均値を示したものである。調整期、減量期に失われた体水分は、試合終了直後にその60%を回復している。調整および減量期間中に失われた体水分は平均 4kg で、体重の約 6%、体水分の約10%が失われたことになる。被検者の体脂肪量が少ないことから、減量を体脂肪の減少に期待することは困難で、脱水に依存せざるを得ないことになる。NASA の資料²⁷⁾によると脱水の程度と発現する

症状とは表7に示したようであるとされている。このことは脱水による障害を予防する上で考慮すべき重要な点である。

(3) 形態、基礎体力の変化

被検者グループ1のボクシング選手についての測定では、3日間で 6kg の減量を実施した場合、胸囲、ウエスト囲、ヒップ囲、前腕囲、大腿囲、下腿囲などの周径囲が 6~10% するという結果を得ている。これらの結果から、体重の減少に伴って体容積も減少していることがうかがえる。同じ被検者についての筋力、瞬発力、柔軟性などの指標となる項目を測定した結果では、減量と関連した一定の傾向は見られなかったが、グループ2のレスリング選手の減量に伴う筋力の低下は図8に示すように、有意差はないが、平均値で見ると握力が約 3%、背筋力が約 5% の低下を示し、回復期にもとに戻る傾向を示した。

減量により全身持久性能力や種々の運動機能は

表7 脱水の程度とその症状 (NASA 資料による)

0	渇き感
2	強い渇き感, 漠然たる不快感と緊迫感, 食欲減退, 血液濃縮の増大
4	運動の節減
6	呼吸運動遅滞, 皮膚潮紅, 人によりがまん限界, ねむけ, 脱力, 悪心, 情緒不安定
8	腕手脚の打診痛, 熱心迫, よろめき, 頭痛, 熱痲ばい, 体温, 心拍, 呼吸数上昇 — 努力呼吸, めまい, チアノーゼ — 言語不明瞭 — 脱力感の増強, 精神錯乱
10	筋のけいれん, ロンベルグ徴候陽性 全身無力症 詭妄と衰弱, 舌の腫脹
12	循環不全, 高度の血液濃縮と血液量減少, 腎不全
14	皮膚の皸, 嚥下困難 視力減退 眼球陥没, 排尿痛
16	聾, 皮膚感覚鈍麻, 舌の萎縮 — 眼けん硬直
18	皮膚亀裂, 尿生成の停止
20	生存耐性限界 死亡

低下するという報告が多いが^{7,28-31)}, 逆に向上するという報告もある^{10,14)}. この違いは, 減量方法, 減量中の食事管理の有無, 対象者, 減量の度合いなどによるものであろうが, 明確な結論は出し得ない.

(4) 血液・尿性状の変化

被検者グループ2について, 10日間の減量期の第1日目, 試合前日, 試合終了後, および回復期にわたって経時的に採血して実施した検査の結果を図9~図12に示した. ヘモグロビン量とヘマトクリット値は減量期の終わりに著名な増加が認め

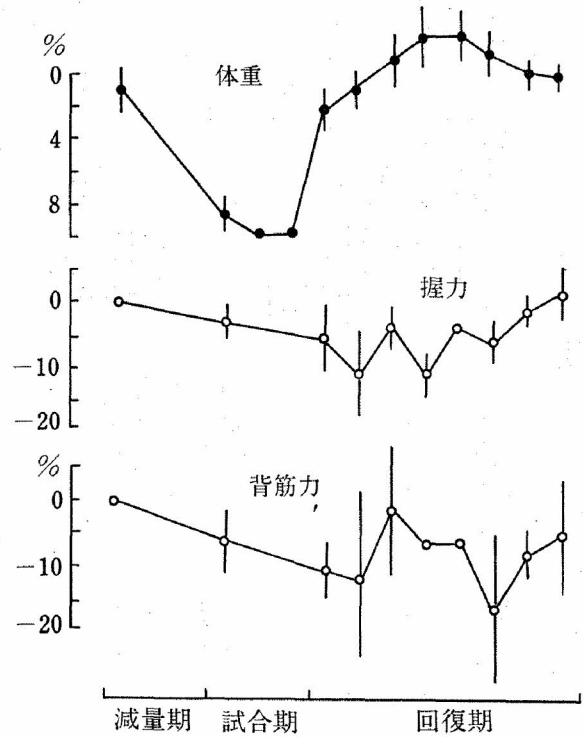


図8 レスリング選手の急速減量各期における筋力の変化

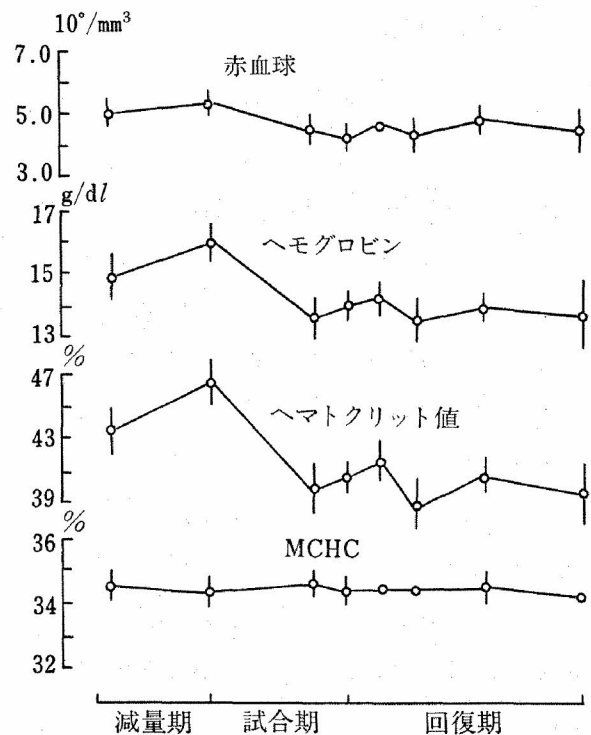


図9 レスリング選手の急速減量各期における血液性状の変化

られ, 赤血球数もやや増加した. これは急速減量に伴う体水分の減少による一時的な血液濃縮と考えられ, MC, HC に変化が見られなかったこと

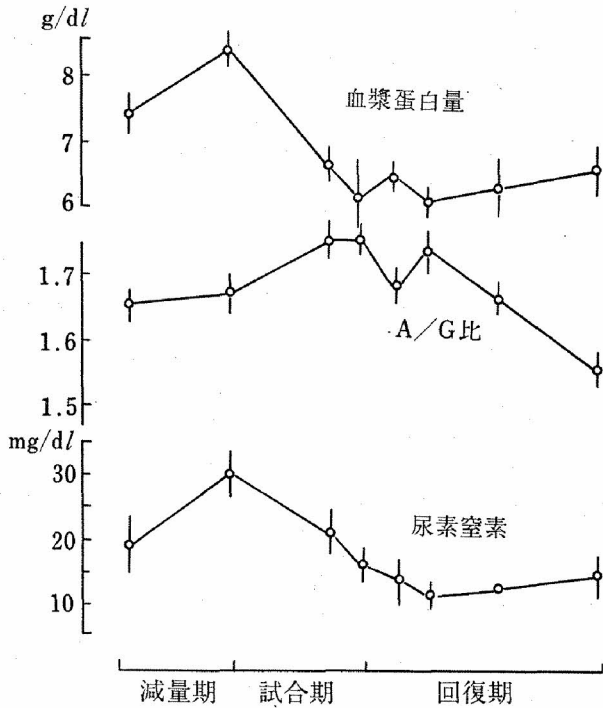


図10 レスリング選手の急速減量各期における血漿蛋白成分の変化

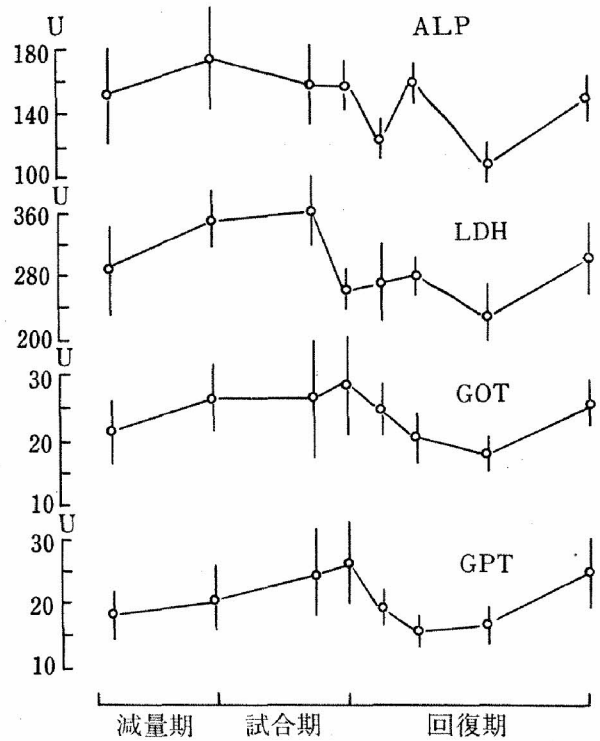


図12 レスリング選手の急速減量各期における各種血漿酵素活性の変化

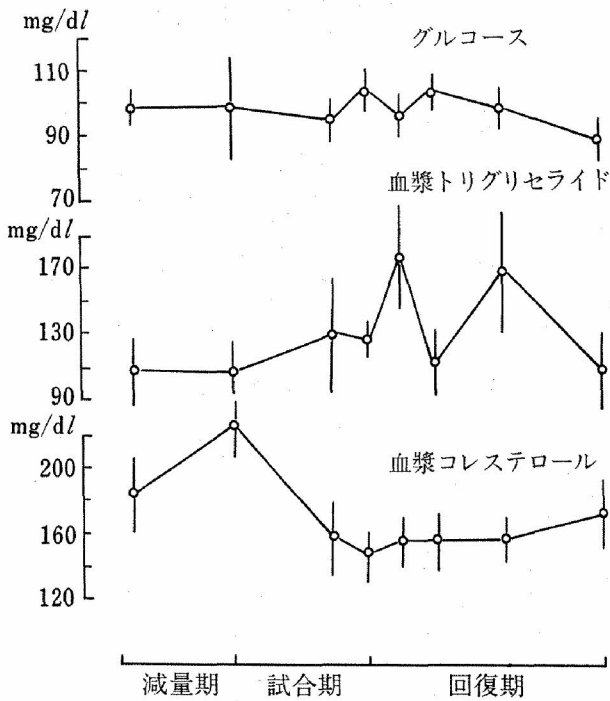


図11 レスリング選手の急速減量各期における血漿脂質成分の変化

も、これで裏付ける事実である。

血漿蛋白質および尿素窒素は減量期の終わりに著大な増加が見られるが、これも血液濃縮が大きな理由と考えられる。そして、回復期に有意の低

下を示している。大量の水分摂取による血液の希釈が原因とも考えられるが、その理由は明らかでない。

血糖値は減量期、試合期、回復期を通じて有意の変動はなかった。中性脂肪は減量期には変動が見られなかったが、回復期に個人差による変動が大きかった。コレステロールは減量期の終わりに増加が著しく、回復期に減少することが認められた。

ALP, LDH, GOT, GPT などの酵素活性値は、いずれもかなり大きな個人差が見られたが、傾向としては減量によって若干の増加、回復期にもとに戻る傾向が見られた。これも血液の濃縮・希釈がある程度影響しているのではないかと考えられる。

尿中への窒素、ナトリウム、カリウムおよびクレアチニンの排泄量は図13に示す通りであった。減量期と試合期には蛋白質摂取量が少ないにもかかわらず、総窒素排泄量が若干増加しており、この時期の体内窒素代謝が亢進していることが推定

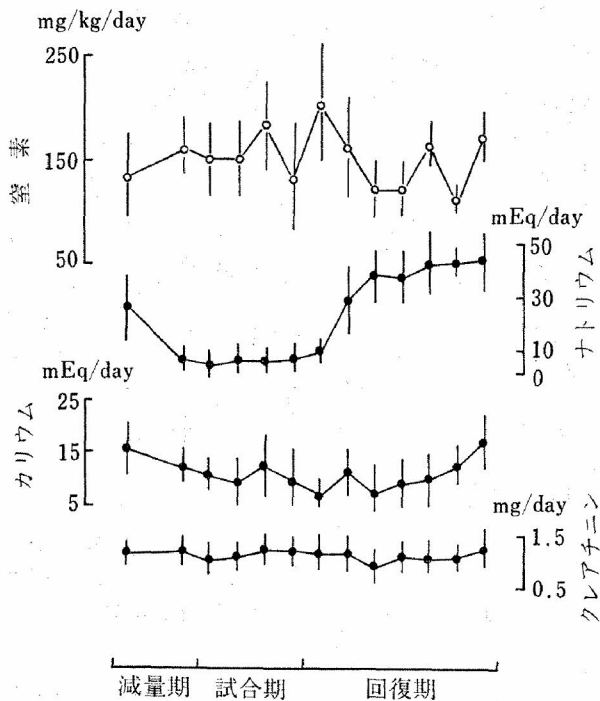


図13 レスリング選手の急速減量各期における尿中へのNa, K, 窒素, クレアチニン排泄量の変化

された。回復期には第1日目に増加しているのは蛋白質摂取量の増加に起因するものと思われるが、2日目以降に減少または不安定に動揺する傾向が見られるのは、運動量と摂取量の不安定さによるものではないかと思われる。ナトリウム排泄量は減量期から試合期にかけての食塩摂取量の減少と発汗による喪失を反映しているものと思われるが、この時期に有意に減少した。その後回復期に増加したが、実際に摂取された量に比しかなり少なかった。カリウム排泄量は、減量期に摂取量が少なかったにもかかわらず、とくに顕著な変動を示さなかった。クレアチニンの一日の排泄量は全期間を通じてほぼ一定に保たれていた。

摂取量と排泄量(汗, 尿を含まず)からこれらの物質の出納を計算してみると、窒素とカリウムの出納は減量期と試合期にマイナスとなり、回復期にプラスに転じた。ナトリウムについてはこのような傾向を認められなかったが、発汗による喪失量を考慮にいれると前二者と同じ傾向を示すものと思われる。

3. 要約

栄養学的に問題が大きいと考えられる体重制限競技種目のうち、ボクシングとレスリングの急速減量実施の現状を取り上げ、栄養学的ならびに体力・生理学的面からの検討を加えた。結果を要約すると次の通りである。

1) 減量実施中のエネルギー出納は、減量の程度と期間によるが、一般的に摂取エネルギー量に比し消費エネルギー量が若干多く、負の出納を示す傾向が見られる。全体の体重減少量に対して、減食による体重減少量の占める割合は比較的少なく、摂水量の制限と発汗による水分放出が主要な体重減少の原因となっている。

2) 減量実施中の各栄養素の摂取量は脂肪の割合が比較的少ない傾向がみられる。回復期に摂取する飲食物の食品構成と栄養素の配分については個人差による偏りが大きく、栄養学的に不十分な場合が多い。減量期の栄養管理と同時に回復期の食事の管理が極めて重要であると思われる。

3) 減量実施中、体重の減少に伴って、身体各部の周径が減少し、身体容積の減少が見られた。筋力などに若干の低下が見られる場合もあるが、概して、体重の10%未満の減量の範囲内では基礎運動能力には大きな変動は見られない。

4) 減量に伴って、極端な尿量の減少と血液の濃縮傾向が見られ、その影響と考えられる血液性状の変化が認められた。窒素、カリウムおよび水分の出納は減量中負の値を示し、回復期に入ると正に転じて体内への蓄積がみられた。しかし、窒素については減量中体内窒素代謝の亢進がおこると考えられ、数日間の回復期間では失われた窒素が完全に回復するまでには至らなかった。

5) 以上のことから、体重制スポーツ選手の急速減量に際しては、減量の度合いを可能なかぎり抑制し、栄養の質的・量的バランス、とくに脱水による障害の予防に留意しなければならないことが示唆された。さらに、試合終了後の解放感から

暴飲・暴食に陥ることを戒め、回復期の栄養管理を正しく行うことの必要性が強調された。

Ⅲ. 断眠、摂食・摂水制限下の激運動の生体影響

山岳遭難の場合のように、食糧の補給を断られた場合の survival は一層深刻なものがある。しかも、このような場合には低圧や低温の厳しい環境条件、過大な身体活動、睡眠不足、死の危険に直面した不安定な精神状態などの条件が付加される。人間の体力の限界に近い条件下で生き残り、活動力を保持するためには、強力な体力が必要であるが、食糧の有無が生死を分ける大きな条件となる。

このような条件を想定した研究は、事柄の性格上非常に困難であって、報告された研究業績は比較的少ない³²⁻³⁵⁾。今回、陸上自衛隊富士学校レンジャー隊員を被検者として、4日間にわたる食事制限、摂水制限、断眠条件下で激しいレンジャー訓練を実施した場合の生理機能の変化、とくに体水分の変化に注目して実験調査を実施した。

1. 被検者と実験方法

(1) 被検者

陸上自衛隊富士学校幹部レンジャー課程学生計47名で、夏季実験群29名、冬季実験群18名である。平均年齢は25.7歳、平均体重は65.4kgである。

(2) レンジャーマ活動実験の内容

約60日間の基礎的トレーニングを実施した後、4日間(93時間)にわたって、摂食・摂水、睡眠の制限下で、約35kgの背囊を含む重装備を装着して、山岳地帯(伊豆半島)で直線距離約60kmのコースを種々の激運動を伴う課題を実施しつつ走破させた。睡眠時間は3日の夜間に約3時間の仮眠時間を与えた。

(3) 栄養と水分の補給

実験期間中のエネルギー摂取量は日常生活の基礎代謝を若干下回る量で、1,000~1,200kcal/day

とし、糖質を主成分とする乾パン等を与えた。摂取量は日常生活必要量の約 $\frac{1}{2}$ 量の860ml/day(水筒1本分)に制限した。

(4) 測定項目

体水分量は重水法により実験期間の直前と直後に測定した。採血は実験開始当日の早朝空腹時と実験終了直後に行い、ヘマトクリット値、ヘモグロビン量、グルコース、TG、NEFA、BUN、アルブミン、総蛋白量、HDL-コレステロール、Na、K、Cl等を測定した。なお、随時体重と皮脂厚を測定し体脂肪率を算出した。

実験期間中のエネルギー消費量については、実測することは不可能であるので、心拍数から推定することとし、夏季群と冬季群各4名ずつの被検者について、ハートメモリを用いて、全期間を通じて連続的に心拍数を測定した。各被検者ごとの心拍数と酸素摂取量の関係式を、あらかじめトレッドミル負荷テストを実施して求め、行動中の平均心拍数をこれに代入して推定エネルギー消費量と相対的運動強度を求めた。

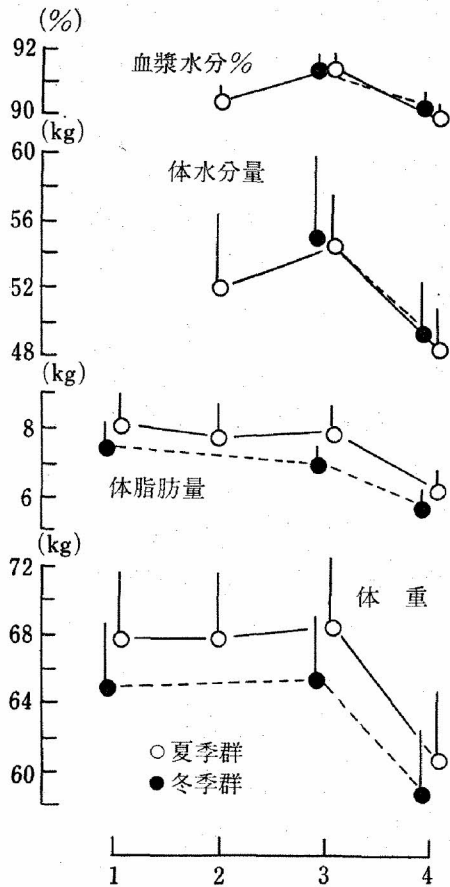
(5) その他

尿検査は比重、pH、蛋白質、ケトン体、潜血反応、亜硝酸ナトリウム、ウロビリノーゲン、ビリルビンなどの定性試験を実験期間中7回採尿して実施した。また、握力、触2点弁別テスト、注意配分テストなどを随時実施した。

2. 実験結果と考察

(1) 体重、体脂肪、体水分量の変化

60日間の基礎訓練開始時、中間期、93時間のレンジャーマ実験開始前およびレンジャーマ実験終了時の体重、体脂肪、体水分量の変化を図14に示した。平常の給食(基準量3,300kcal/day)を実施した基礎訓練期間中の体重と体脂肪量は不変か若干増加する傾向を示しているが、93時間のレンジャーマ活動により、平均体重は夏季群で、7.8kg、冬季群では6.4kg減少し、平均体脂肪量は夏季群で1.52kg、冬季群で1.1kg減少した。また、



1: 基礎訓練 (60日間) 開始時
 2: 基礎訓練 (60日間) 中間期
 3: レンジャー実験 (93時間) 開始前
 4: レンジャー実験 (93時間) 終了時

図14 基礎訓練とレンジャー訓練実験時の体重、体脂肪、体水分量、血漿水分%の変化

体水分量は夏季群も冬季群も 5.7kg 減少した。
 体重の減少は夏季群では 11.4%，冬季群では 9.8

%となり、その減少の約80%は脱水によるものであり、約20%は体脂肪の減少によるものと推定できる。また、レンジャー活動時のエネルギー消費量もかなり高かったことが推測される（エネルギー消費量の推定については後述）。

以上の体重減少については、前章で述べたボクシングやレスリング選手の急速減量の場合とほぼ同様の機序によるものと考えられる。生理機能を阻害しない急速減量の許容限界は7%前後であろうとされ¹⁹⁾、Paul. W.²⁷⁾ (表7)によると、脱水が体重の8%でチアノーゼ、精神錯乱、10%で筋の痙攣、循環不全、高度の血液濃縮、腎不全等の症状を来すといわれる。本実験の結果はいずれも10%前後の脱水を示しており、正常な生理機能を維持しうる上限をやや超えていると考えられる。嚴重な安全監視下のもとに実施した実験であったために、事故の発生を防止することができたが、このような訓練を実施する場合の対策としては、緊急時に摂取できる飲料水を十分携行することが必要ではないかと思われる。とくに、夏季の訓練にはこのことが重要である。

(2) 心拍数とエネルギー消費量

レンジャー活動中の平均心拍数と計算によるエネルギー消費量を表8に示した。平均心拍数はレ

表8 レンジャー訓練実験実施期間中の平均心拍数と推定エネルギー消費量

被 検 者	冬 季 群				夏 季 群				
	1	2	3	4	5	6	7	8	
2 目 目	心 拍 数 (拍/分)	104.9 ±20.9	97.1 ±16.9	104.3 ±24.0	101.9 ±24.5	83.5 ±22.1	92.3 ±23.2	93.9 ±23.2	95.5 ±20.0
	消費カロリー (kcal/日)	8220	9450	11682	—	5547	6324	5656	8524
3 目 目	心 拍 数 (拍/分)	93.9 ±18.5	88.0 ±16.5	104.1 ±18.5	99.0 ±22.4	93.9 ±18.2	100.7 ±22.1	109.1 ±27.5	95.3 ±20.2
	消費カロリー (kcal/日)	6414	7997	11656	—	5621	7687	7905	8485
4 目 目	心 拍 数 (拍/分)	83.3 ±21.1	81.1 ±17.1	80.6 ±25.3	85.3 ±20.5	76.4 ±18.1	83.4 ±23.4	93.9 ±25.9	84.3 ±19.8
	消費カロリー (kcal/日)	4694	6888	7963	—	4255	4855	5659	6400

レンジャー活動2日目には冬季群が夏季群よりやや高い傾向が見られるが、3日目と4日目には夏と冬の差はほとんど見られなかった。これらの心拍数データから計算によりエネルギー消費量を推定した値は、極めて高い水準であった。各被検者について実測した最大酸素摂取量の平均値と比較すると、2日目は最大酸素摂取量の37.5%、3日目には38.2%、4日目には28.4%となっている。4日目には、心拍数が60拍/分以下になる頻度が多くなり、行動量の低下や行動の鈍化が推定される。しかし、150拍/分以上になる行動もみられ、一定の最大下運動を継続しているものではない。行動中に最も運動強度の高かった被検者の場合、2日目に49.5%、3日目に49.4%、4日目に33.8%であった。摂食・摂水制限、断眠の厳しい条件下で、高低差のある山岳地帯における激しいレンジャー活動を4日間継続して実施した本実験の場合、人体の耐性限界の上限に近い負荷であろうということは、上述の体重と体水分の測定結果からも推定される。このような条件下での人間の耐性限界は最大酸素摂取量の50%前後であろうと推定される。

(3) 血液所見

レンジャー活動実験の直前と直後の血液の生化学的所見を表9に示した。冬季群、夏季群ともに実験終了後に有意の低下を示したのはTGのみであり、NEFA, BUN, Albumin, 総蛋白量(TP), 総コレステロール量(T-Cho), HDL-コレステロール(HDL-Cho), CPK, LDHに上昇がみられた。グルコースは夏季群で上昇し、冬季群で低下した。以上の所見から、食事制限下の飢餓状態と激しい筋肉運動を伴うレンジャー活動によって筋や肝臓のグリコーゲンが消耗し、体脂肪の分解が亢進したことを窺わせる。また、BUN, CPK, LDHの有意な上昇から、骨格筋に対する過重な負荷と蛋白の異化が亢進したことも窺われる。レンジャー活動末期に尿の定性試験で蛋白、ケトン体の陽性者が増加し、血尿陽性の被検者が出たことも負荷の強かったことの裏付けとなる。

(4) 回復期の体重の推移

レンジャー実験終了時から48時間の回復期の体重の変化を図15に示した。2日間で行動実験前値の約80%まで順調に回復した。血液検査所見も体重の回復に平行して次第に正常値に復帰した。被

表9 レンジャ－活動実験前後の血液検査所見

検査項目	冬季群		夏季群	
	前	後	前	後
Ht (%)	45.8±3.0	44.7±2.3	43.4±1.9	43.6±2.1
Hb (g/dl)	18.0±1.1	16.3±1.4	15.7±0.7	15.6±0.7
Glucose (mg/dl)	97.9±18.2	76.8±7.2	71.6±4.6	84.4±16.7
TG (mg/dl)	99.6±39.4	39.4±11.4	199.5±46.5	56.4±4.7
NEFA (mEq/l)	0.17±0.10	1.36±0.36	0.19±0.03	1.09±0.15
BUN (mg/dl)			13.5±2.3	30.5±5.0
Albumin (g/dl)	4.26±0.36	4.82±0.34	4.28±0.55	5.37±0.43
TP (g/dl)	7.44±0.58	8.17±0.46	6.28±0.31	7.37±0.30
T-Cho (mg/dl)	170.1±29.3	195.1±25.9	177.3±53.3	232.7±31.9
HDL-Cho (mg/dl)	93.6±15.7	166.6±18.0	69.5±10.8	83.5±14.8
CPK (U/l)	39.6±15.6	441.5±145.3	34.8±9.1	249.2±39.7
LDH (U/l)	161.5±5.6	267.3±42.7	142.4±16.8	219.8±37.4

(数値は平均値±S.D.)

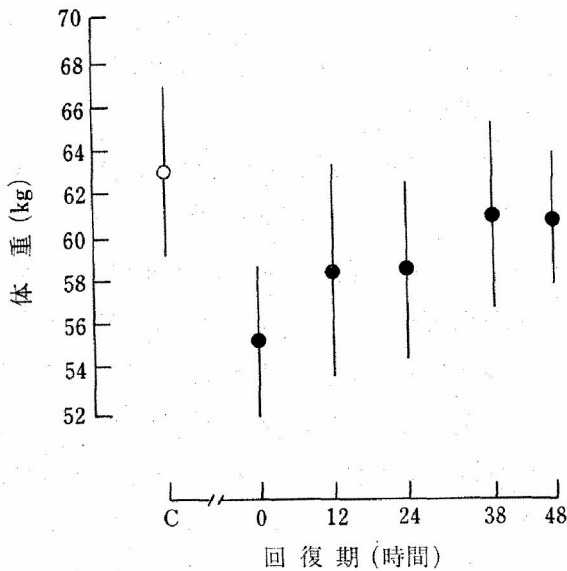


図15 レンジャー訓練終了後の回復期における体重の変化

検者はレンジャー行動実験終了と同時に十分な休養と食事が与えられた。平常のバランスの取れた給食が行われたことの影響が極めて大きいと考えられる。

3. 要約

身体的・精神的に苛酷な負荷を加えられた場合の栄養補給の効果を、食事制限という条件を与えて検討する目的で、レンジャー訓練隊員を被検者として実験を行い、レンジャー活動訓練中とその前後の生体変化を観察した。その結果は、連続93時間の摂水・摂食の制限、断眠、激しい身体運動によって、連続記録した心拍数の平均から推定した実験期間中の運動強度は最大酸素摂取量の約40%のレベル、消費カロリーは約8,000kcal/dayにも達することが認められた。これに伴い、体水分量と体脂肪量の減少による顕著な体重の減少が認められ、血液検査により、これを裏付ける脂肪の分解亢進、蛋白の異化亢進を示す所見が認められた。実験を終了し、平常の給食と休養を与えることによって、異常所見は順調に回復した。

文 献

1) 厚生省保健医療局健康増進栄養課編；第三次改訂

- 日本人の栄養所要量，第一出版（1984）
- 2) 長嶺晋吉；トレーニング期の栄養と食事，スポーツジャーナル（日本体育協会），83：11—16（1985）
 - 3) 樋口 満；スポーツとエネルギー代謝(2)，スポーツジャーナル（日本体育協会），75：10—15（1985）
 - 4) Yakovlev, N.N.; Dietary for sportsmen at the XVII Olympic games in Rome. *Vop. Pitan.*, 20：47—51（1961）
 - 5) 万木良平，山崎省一；急速減量による障害，*J.J. Sports Sci.*, 5：855—863（1986）
 - 6) 桜間幸次，西山逸成，坂口栄一，長田 博，坂口明子，万木良平；体重制限スポーツ選手の急速減量にともなう生理機能の変化，*防衛衛生*, 24：115—125（1977）
 - 7) 渡辺美智子ほか10名；スポーツ選手の10%前後急速減量に関する研究，*体力科学*, 33：40—51（1984）
 - 8) 向笠由美，金子佳代子，小池五郎，桜間孝次，万木良平；体重階級制スポーツ選手の減量の実態について，*体力科学*, 35：152—160（1986）
 - 9) Tuttle, W.W.; The effect of weight loss by dehydration and the wish holding of food on physiologic of wrestlers. *Res. Quant. Amer. Assoc. Health Phys. Educ.*, 14：158—166（1943）
 - 10) Ahlmank, K. and Karvonen, M.J.; Weight reduction by sweating in wrestlers, and its effect on physical fitness. *J. Sports Med.*, 1：58—62（1961）
 - 11) Singer, R.N. and Weiss, S.A.; Effects of weight reduction on selected anthropometric, physical and performance measures of wrestler. *Res. Quant. Amer. Assoc. Health Phys. Educ.*, 39：361—369（1968）
 - 12) Palmer, W.; Selected physiological responses of normal young men following dehydration and rehydration. *Res. Quant. Amer. Assoc. Health Phys. Educ.*, 39：1054—1059（1968）
 - 13) Ribisl, P.M.; Rapid weight reduction in wrestling. *J. Sports Med.*, 3：55—57（1975）
 - 14) 白井伊三郎；体重調整が体力に及ぼす影響について，スポーツ科学研究委員会報告，25：988—991（1963）
 - 15) 白井伊三郎，杉本良一；レスリング選手の体力管理について，東京オリンピック・スポーツ科学研究報告，1—12（1965）

- 16) 岩野悦真; レスリング競技における減量の問題について, 同志社大学・保健体育, 5: 52—65 (1965)
- 17) 鈴木啓三, 阿久津邦男; 減量の運動生理学的研究(その1) レスリング選手の急速減量, 専修大学体育研究紀要, 2: 65—70 (1973)
- 18) 岡田三郎, 柴田益美; レスリング選手の減量についての体力的考察, 群馬大学教養部紀要, 7: 61—74 (1973)
- 19) 片岡幸雄; 階級性スポーツにおける急速減量に関する研究(1) レスリング選手の減量の呼吸, 循環機能および筋力に及ぼす影響, 東京大学体育学紀要, 7: 29—40 (1973)
- 20) 片岡幸雄; 階級性スポーツにおける急速減量に関する研究(2) レスリング選手の減量の筋持久力及びパワーに及ぼす影響, 東京大学体育学紀要, 7: 41—47 (1973)
- 21) 片岡幸雄; 階級性スポーツにおける急速減量に関する研究(3) 末梢血エオシン好性白血球の動態からみた減食減量の影響について, 東京大学体育学紀要, 7: 49—60 (1973)
- 22) 小野三嗣ほか; 体重減量に関する研究—第1次研究報告—, 昭和50年度日本体育協会スポーツ科学報告, No. V, 1—23 (1975)
- 23) 小野三嗣ほか; 体重減量に関する研究—第2次研究報告—, 昭和51年度日本体育協会スポーツ科学報告, No. II, 1—50 (1976)
- 24) 中村良三ほか; 減量時の身体作業能に及ぼす減量食組成の影響, 昭和59年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, No. II, 174—180 (1984)
- 25) Tipton, C.M. and Tchong, T.K.; Iowa wrestling study; Weight loss in high school students, *JAMA*, 2114: 1269—1272 (1970)
- 26) Zambraski, E.J., Foster, D.T., Grose, P.M. and Tipton, C.M.; Iowa wrestling study: Weight loss and urinary profiles of collegiate wrestlers. *Med. Sci. Sports*, 8: 105—108 (1976)
- 27) Poul, W.(Ed.); Bioastronautics Data Book, NASA SP-3006, P. 208, NASA, Washington, D.C. (1964)
- 28) Henschel, A., et al.; Performance capacity in acute starvation with hard work. *J. Appl. Physiol.*, 6: 624—633 (1954)
- 29) Lategola, M.T.; The effect of 5-day, complete starvation on cardiopulmonary functions of aerobic work capacity and orthostatic tolerance. *Fed. Proc.*, 24: 590 (1965)
- 30) Bosco, J.S., et al.; Effects of progressive hypohydration on maximal isometric muscular strength. *J. Sports Med. Phys. Fit.*, 8: 81—86 (1968)
- 31) Torranin, A.G., et al.; The effect of acute dehydration and rehydration on isometric endurance. *Med. Sci. Sports Exer.*, 8: 58 (1976)
- 32) Chahill, G.F.; Starvation in man. *NEW Engl. J. Med.*, 282: 668—675 (1970)
- 33) Francesconi, R.P. and Hubbard, R.W.; Food deprivation and exercise in the heart: thermoregulatory and metabolic effects. *Aviat. Space Environ. Med.*, 56: 771—776 (1985)
- 34) Opstad, P.K., Aakvaag, A. and Rognum, T.O.; Altered hormonal response to short-term bicycle exercise in young men after prolonged physical strain, caloric deficit. and sleep deprivation. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 45: 51—62 (1980)
- 35) Rognum, T.O., Vaage, O., Hostmark, A. and Opstad, P.K.; Metabolic responses to bicycle exercise after several days physical work and energy deficiency. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.*, 41: 565—571 (1981)
- 36) Rognum, T.O.; Physical and mental performance of soldiers on high- and low-energy diets during prolonged heavy exercise combined with sleep deprivation. *Ergonomics*, 29: 859—867 (1986)