

減量を必要とするスポーツ選手の栄養管理に関する研究

日本女子体育大学教授	黒田善雄
教授	山川純
助教授	石崎朔子
講師	上田容子
助手	加藤陽子
服部栄養専門学校教授	西岡葉子
教授	伊澤正利

I 緒言

女子の新体操、器械体操、フィギュアスケート等の採点競技は、柔軟なからだと高いジャンプ力を必要とする競技であり、体重が重いと不利であると共に技を表現する肉体が美しいプロポーションであることが有利な競技である。そのため、多くの選手は減量を行っている。しかし小林ら¹⁾によれば、全国から選抜された22名(14~23才)の女子体操選手のヘモグロビン量は平均11.6 g/dlであり、選手の50%は貧血傾向でその中18%の選手は10 g/dl未満の顕著な貧血であったという。また河野ら²⁾によれば、オリンピック強化指定女子選手120名のメディカルチェックの結果、22.5%の者に貧血が認められ、その中新体操選手は50%が貧血で陸上競技選手の56%について多かったという。この貧血の大部分は鉄欠乏性貧血であったということから、減量のための栄養摂取状況に問題のあることが推測される。

本研究は新体操選手を被検者として、健康に障害のない減量方法を明らかにすることを目的とし、摂取エネルギー量を制限した食事による合宿前後の体重減少と血液性状の変化について検討することを目的とした。

II 研究方法

新体操部の5日間の合宿に際して、摂取エネルギー1200kcal/day、蛋白質60g、鉄15mgを目標とした献立の食事を大学内で調理して給食した。

測定項目は表1の通りである。体重は起床時と練習終了時の2回測定し、採血は合宿前（第1日目の早朝空腹時）と合宿後（合宿最終日の早朝空腹時）に行き、分析を株式会社エスアールエルに依頼した。

合宿期間は1992年7月26日～30日及び1993年2月25日～3月1日の2回である。

表1 実験方法

I期 1992年7月26日～7月30日		II期 1993年2月25日～3月1日	
体重	毎日（午前7時、午後6時30分）		
皮下脂肪厚	合宿前後（午前7時30分）		
血液	合宿前後（午前7時30分採血）		
血液分析項目			
●血清蛋白	●血清脂質	●血清鉄	
血清総蛋白(TP)	総コレステロール(T-Cho)	血清鉄(Fe)	
蛋白分画	HDLコレステロール(HDL-Cho)	総鉄結合能(TIBC)	
●血清酵素	中性脂肪(T-G)	不飽和鉄結合能(UIBC)	
GOT	遊離脂肪酸(FFA)	Ferritin	
GPT	●非蛋白窒素	●赤血球数	
乳酸脱水素酵素(LDH)	血清尿素窒素(BUN)	●赤血球容積値(Ht値)	
コリンエステラーゼ(Ch-E)	血清尿酸(UA)	●血色素値(Hb値)	
クレアチンキナーゼ(CPK)	クレアチニン(CREA)	●網状赤血球数	
	●無機塩類(Na,Cl,K,Ca,IP,Mg)	●白血球数	

被検者は日本女子体育大学の新体操部に所属し、個人演技及び団体演技の代表選手14名であり、被検者の身体的特性は表2の通りである。なお2月には3名の対照群を置いた。

合宿中は午前と午後の計7時間の練習を行っている。練習中の平均心拍数は120～130拍/分で、最高190拍/分にも達することがあり、1日の消費エネルギーの推定は7月には2800～3200kcal/day、2月には2500～2800kcal/dayである。

表2 被検者一覧

	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)
団 体			
a	21	164.0	50.00
b	20	164.0	56.80
c	20	160.8	51.00
d	19	163.2	47.90
e	19	163.5	54.50
f	18	159.0	51.75
g	18	164.5	57.90
h	18	159.6	47.50
i	18	159.6	50.70
個 人			
j	21	154.0	45.90
k	19	165.0	49.85
l	18	158.1	46.40
m	18	162.3	54.45
n	18	156.0	45.55

Ⅲ 結果

1. 摂取栄養素について

1992年7月及び1993年2月に実施した合宿において、選手が摂取した栄養素等の平均値は表3の通りである。

7月には摂取エネルギー量を1000kcal群と1200kcal群とに分けたが、2月は全員1200kcalとした。摂取エネルギー量の制限は糖質と脂質によって行われ、蛋白質については成人の1日所要量より多い67.9gが確保された。鉄は約16~17mg、カルシウムは672~766mgが供給された。摂取エネルギー量は1200kcalに制限されたが、蛋白質、ミネラル及びビタミン類については成人の所要量を満たしており、食事内容は充実していた。

表3 新体操選手に対するエネルギー制限食の平均栄養素等摂取量

	1992.7.26~7.30		1993.2.25~3.1
	1000 kcal	1200 kcal	1200 kcal
エネルギー kcal	1018 ± 9	1210 ± 13	1200 ± 17
蛋白質 g	61.8 ± 1.6	66.7 ± 2.4	67.9 ± 1.6
脂質 g	21.1 ± 2.3	27.1 ± 4.5	26.3 ± 4.8
糖質 g	144.2 ± 3.4	172.6 ± 7.6	174.7 ± 8.6
カルシウム mg	653 ± 33	672 ± 41	766 ± 72
鉄 mg	15.6 ± 0.4	16.3 ± 0.4	17.1 ± 2.2
ビタミンA IU	15921 ± 8316	16045 ± 8291	10598 ± 8181
ビタミンB ₁ mg	0.01 ± 0.18	1.13 ± 0.14	1.13 ± 0.22
ビタミンB ₂ mg	2.23 ± 0.81	2.31 ± 0.79	1.94 ± 0.74
ビタミンC mg	119 ± 16	144 ± 41	196 ± 56
食塩 g	7.16 ± 0.74	7.85 ± 0.77	8.34 ± 0.34

(実質摂取量5日間の平均値)

2. 合宿に伴う体重の変化

体重については、合宿中体調不良で十分練習の行えなかった2例を除いて12名検

討した。

合宿中の早朝体重の推移は図1に示す通りである。7月には合宿前の $51.15 \pm 3.928\text{kg}$ に対して、合宿終了日には $49.12 \pm 3.831\text{kg}$ と5日間で、 $2.03 \pm 0.653\text{kg}$ の減少が見られた。2月には $53.65 \pm 3.781\text{kg}$ から $52.55 \pm 3.535\text{kg}$ と $1.10 \pm 0.499\text{kg}$ の減少であり、両合宿共に合宿前に対して1%水準で有意に体重が減少した。体重減少の最大は2日目であり、両合宿共約1kgの減少であった。

各人の体重の減少率と関係の深かった項目は、図2の通り中性脂肪減少率であり、合宿に伴う体重と中性脂肪の減少率の間には $r=0.674$ 、 $N=12$ 、5%水準で有意の相関関係が認められた。しかし、その他の測定項目との相関は認められなかった。

3. 血液性状の変化

合宿に伴う血液性状の変化は、表4と表5の通りである。7月の合宿では合宿第1日目に採血ができず、2日目の早朝に採血を行ったため、血清鉄、遊離脂肪酸の増加及び中性脂肪の減少がすでに生じていた。ここでは2月の合宿における測定値を中心に述べる。

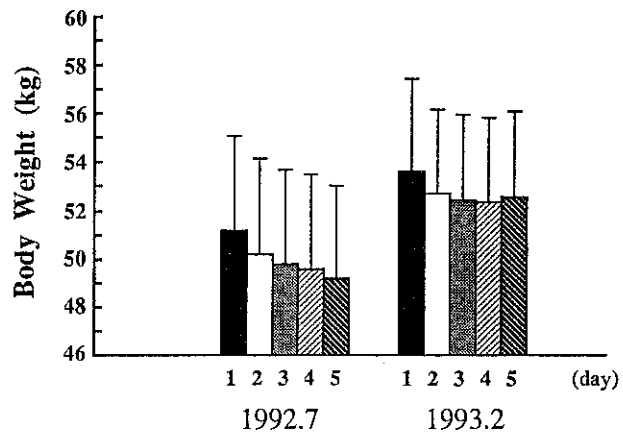


図1 合宿に伴う体重の変化

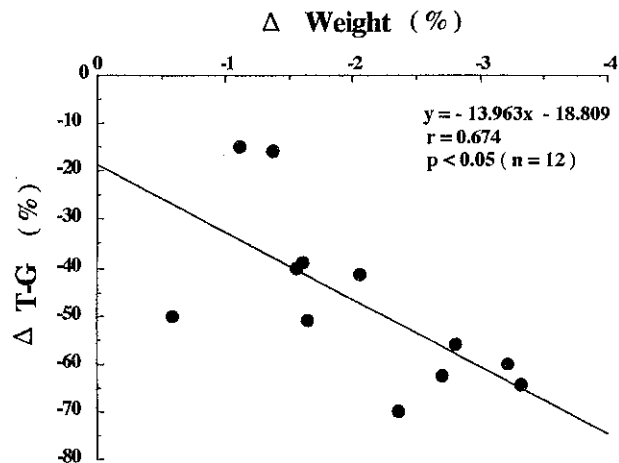


図2 体重減少率と中性脂肪減少率との関係

表4 新体操選手1200kcal食合宿による血液性状の変化

		合宿前 7月27日	合宿後 7月30日	後 - 前	
				差	%
TP	g/dl	7.31 ± 0.252	7.44 ± 0.350	0.13	1.78
A/G		1.62 ± 0.122	1.58 ± 0.100	-0.04	-2.47
GOT	IU/L	23.06 ± 4.892	25.38 ± 6.840	2.32	10.06
GPT	IU/L	12.50 ± 3.483	13.38 ± 3.649	0.88	7.04
LDH	IU/L	452.4 ± 66.40	486.8 ± 75.98	34.4	7.60
Ch-E	IU/L	292.0 ± 88.52	294.4 ± 92.46	2.4	0.82
CPK	IU/L	203.9 ± 90.27	267.0 ± 120.64	63.1	30.95
T-Cho	mg/dl	183.8 ± 21.45	192.6 ± 23.53	8.8	4.79
HDL-Cho	mg/dl	67.4 ± 9.63	70.3 ± 9.75	2.9	4.30
T-G	mg/dl	38.8 ± 12.75	38.7 ± 6.95	-0.1	0.26
FFA	mEq/l	0.888 ± 0.313	0.903 ± 0.299	0.015	1.69
BUN	mg/dl	17.22 ± 3.502	17.01 ± 4.75	-0.21	-1.22
CREA	mg/dl	0.91 ± 0.115	0.90 ± 0.097	-0.01	-1.10
UA	mg/dl	5.16 ± 1.219	5.40 ± 1.236	0.24	4.65
Na	mEq/l	140.3 ± 1.70	140.1 ± 1.77	-0.2	0.14
Cl	mEq/l	102.5 ± 2.07	101.8 ± 2.44	-0.7	-0.68
K	mEq/l	4.15 ± 0.503	3.96 ± 0.435	-0.19	-4.58
Ca	mg/dl	9.61 ± 0.191	9.36 ± 0.381	-0.25	-2.60
IP	mg/dl	3.60 ± 0.463	3.56 ± 0.564	-0.04	-1.11
Mg	mg/dl	2.54 ± 0.159	2.56 ± 0.154	0.02	0.79
Fe	μg/dl	176.3 ± 47.04	84.6 ± 25.04	-91.7	-52.01
TIBC	μg/dl	310.1 ± 47.20	297.2 ± 46.67	-12.9	-4.16
ferritin	ng/ml	30.9 ± 20.34	41.6 ± 22.64	10.7	34.63
RBC	10 ⁴ /μl	419.5 ± 22.12	405.5 ± 22.89	-14.0	-3.34
Hb	g/dl	12.74 ± 0.589	12.54 ± 0.661	-0.2	-1.57
Ht	%	39.57 ± 1.609	39.13 ± 1.967	-0.44	-1.11
W	Kg	51.15 ± 3.928	49.12 ± 3.831	-2.03	-3.97

表5 新体操選手1200kcal食合宿による血液性状の変化(その1)

1993		合宿前	合宿後	後-前	
項目		2月25日	3月1日	差	%
TP	g/dl	7.49 ± 0.478	7.25 ± 0.425	-0.24 ^{NS}	-3.20
Alb	g/dl	4.47 ± 0.192	4.41 ± 0.188	-0.06	-1.34
A/G		1.49 ± 0.116	1.56 ± 0.116	0.07 ^{**}	4.70
GOT	IU/L	23.75 ± 5.770	30.75 ± 13.444	7.00 [*]	29.47
GPT	IU/L	14.08 ± 5.265	15.00 ± 5.862	0.92 ^{NS}	6.53
LDH	IU/L	459.4 ± 66.19	463.6 ± 86.46	4.2 ^{NS}	0.91
CPK	IU/L	221.9 ± 85.18	438.4 ± 296.28	216.5 [*]	97.57
T-L	mg/dl	592.9 ± 73.93	578.8 ± 101.42	-14.1 ^{NS}	-2.38
T-Cho	mg/dl	195.6 ± 28.85	183.3 ± 31.79	-12.3 [*]	-6.29
E-Cho	mg/dl	147.5 ± 23.20	134.7 ± 24.99	-12.8 ^{**}	-8.68
HDL-Cho	mg/dl	61.9 ± 10.20	65.3 ± 12.71	3.4 ^{NS}	5.49
β-Lp	mg/dl	310.4 ± 58.59	262.7 ± 58.85	-47.7 ^{**}	-15.37
T-G	mg/dl	60.7 ± 32.45	28.7 ± 7.17	-32.0 ^{**}	-52.72
FFA	mEq/l	0.243 ± 0.122	0.523 ± 0.159	0.28 ^{**}	115.23
P-L	mg/dl	236.2 ± 73.60	209.0 ± 28.22	-27.2 ^{**}	-11.52
BUN	mg/dl	13.61 ± 3.317	15.64 ± 4.584	2.03 [*]	14.92
CREA	mg/dl	0.94 ± 0.100	0.91 ± 0.079	-0.03 [*]	-3.19
UA	mg/dl	4.07 ± 1.000	5.20 ± 1.344	1.13 ^{**}	27.76
Na	mEq/l	143.1 ± 1.56	140.6 ± 1.44	-2.5 ^{**}	-1.75
Cl	mEq/l	105.9 ± 2.28	104.9 ± 2.28	-1.0 ^{NS}	-0.94
K	mEq/l	5.23 ± 0.536	5.61 ± 0.511	0.38 [*]	7.27
Ca	mg/dl	9.39 ± 0.284	8.95 ± 0.198	-0.44 ^{**}	-4.49
IP	mg/dl	3.83 ± 0.384	3.72 ± 0.292	-0.11 ^{NS}	-2.87
Mg	mg/dl	2.54 ± 0.131	2.55 ± 0.124	0.01 ^{NS}	0.39
sOsm	mOsm·Kg·H ₂ O	289.7 ± 2.93	287.6 ± 3.65	-2.1	-0.72
W	Kg	53.66 ± 3.781	52.55 ± 3.535	-1.10 ^{**}	-2.07

1) 血清蛋白

総蛋白 (TP) は合宿後に平均0.24 g/dlの減少がみられたが、有意の差ではなかった。しかしA/Gが1.49から1.56に有意に増加した。この増加はアルブミンが平均0.06 g/dlの減少、グロブリンが0.18 g/dlの減少とグロブリンの減少が顕著であったことによるものである。なお対象群3名のTPも0.30 g/dlの減少が見られた。

2) 血清酵素

血清酵素については、合宿後に前項目において増加の傾向を示したが、統計的に有意の増加が見られた項目はGOTとCPKであった。特にCPKは合宿前の平均221.9IU/Lから438.4IU/Lに98%の増加がみられた。これは新体操競技が短時間に激しい演技を行う無酸素的運動であることに起因していると思われ、合宿前の平均値がすでに基準範囲 (32-180IU/L) を越えており、181IU/L以上の者が8例あった。同様に乳酸脱水素酵素 (LDH) も合宿前の値が基準範囲 (230-460IU/L) の上限に近い値を示していた。461IU/L以上の者は5例で、その中4例はCPKも181IU/L以上であった。

3) 血清脂質

血清脂質は遊離脂肪酸 (FFA) と高比重リポ蛋白-コレステロール (HDL-Cho) が増加した以外はすべて減少した。特に、中性脂肪 (T-G) は平均60.7mg/dlから28.7mg/dlと半減した。FFAは平均0.243mEq/lから0.523mEq/lへ約2倍に増加していた。したがって、脂肪組織が筋収縮のエネルギーとして動員されたと思われる。

4) 非蛋白窒素

尿素窒素 (BUN) と尿酸 (UA) は有意の増加を示し、クレアチニン (CREA) は有意に減少した。特にUAは合宿後4.07mg/dlから5.2mg/dlに27.6%の増加を示し、12名中5名が基準範囲 (2.5-5.4mg/dl) の上限を越えていた。この5例のCPK値は合宿後に平均480.4IU/Lであったのに対し、UAが5.3mg/dl以下の者のCPK値は302.4IU/Lであった。尿酸値の高かった者はCPKが高いことから、合宿中の活動量が多く筋細胞の崩壊があったことが推定される。またLDHの

値についても合宿後に高い値を示したものは尿酸が基準値の上限を越えておりCPKと同様の傾向が認められた。

5) 無機塩類

無機塩類については、合宿後にNaとCaが有意に減少し、Kが有意の増加を示した以外は殆ど変化がなかった。Naについては平均2.6mEq/lの減少がみられたが、食塩の1日摂取量が8.34gと少なく押さえられていたためと思われる。

4. Hb量の減少とその原因の検討

Hbは鉄とグロビンによる最終産物であるから、Hbの生合成に関連のあると思われる項目について、合宿前後の測定値とその差を算出して表6に示した。

表6 新体操選手1200kcal食合宿による血液性状の変化(その2)

	合宿前	合宿後	差	%
TP g/dl	7.49 ±0.478	7.25 ±0.425	-0.24 NS	-3.2
β-G g/dl	0.673±0.0957	0.638±0.0981	-0.0341**	-5.2
TIBC μg/dl	342.2 ±54.79	312.8 ±57.88	-29.4 **	-8.6
UIBC μg/dl	275.1 ±73.60	235.6 ±75.96	-39.5 **	-14.4
血清鉄 μg/dl	67.1 ±26.26	77.2 ±26.81	10.1 NS	15.1
ferritin ng/ml	24.7 ±13.37	40.1 ±20.00	15.6 **	62.3
Hb g/dl	13.1 ± 0.89	12.4 ± 0.68	-0.68 *	-5.2
Ht %	39.4 ± 1.91	37.6 ± 1.97	-1.80 *	-4.6
RBC 10 ⁴ /μl	436 ±19.3	417 ±25.7	-19.7 **	-4.5

* p<0.05

** p<0.01

1) Hb量

合宿前のHb量は平均13.1±0.89g/dlであったが、合宿後には12名中8例減少、3例増加、1例不変で、平均12.4±0.68g/dlとなり、0.68g/dlの有意の減少(p<0.05)を示した。合宿前には12g/dl未満の選手は2例で、最小値は11.6g/dlであった。合宿後には1例が12.6g/dlから11.1g/dlに減少し、1

例は11.6 g/dlから11.4 g/dlに減少した。他の10例は12 g/dl以上であり、合宿後には12名中2名(16.7%)が貧血傾向を示した7月合宿では合宿前に14名中2例、合宿後に2例(14.3%)が11.1~11.9 g/dlの範囲であり、貧血傾向を示した。

2) Hbと合宿前後の各項目との相関関係

合宿前の測定値では、Hbと総鉄結合能(TIBC)、Hbとferritinの2項目に5%水準で有意の相関関係が見られ(図3参照)、血清総蛋白(TP)、 β -globulin(β -G)、不飽和鉄結合能(UIBC)、血清鉄(Fe)とHb量の間には相関関係は見られなかった。TPについてはferritinが5.4 ng/mlで明らかに鉄欠乏性貧血の1例を除くと、 $r=0.762$ 、 $N=11$ $p<0.01$ で有意の相関関係が認められた。しかし合宿後にはHbとすべての項目の間に相関関係が認められなくなった。

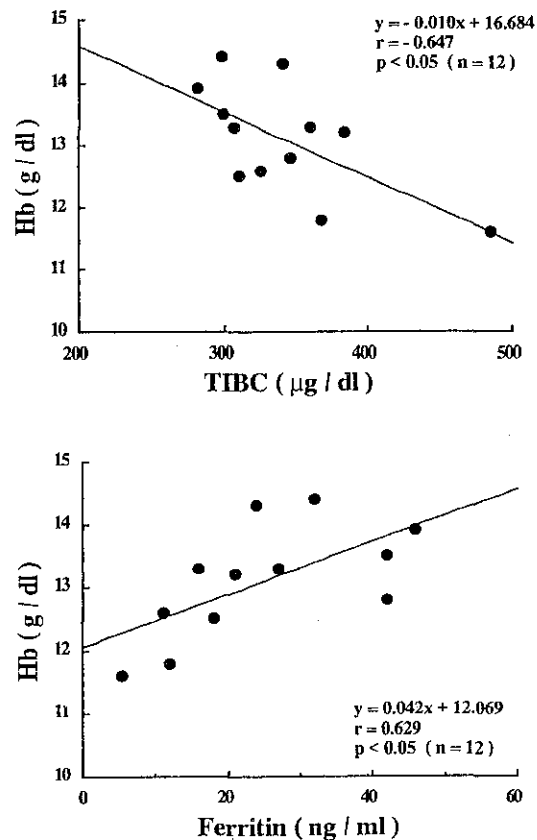


図3 合宿前のHbと総鉄結合能及びフェリチン量との相関関係

合宿前にはHb量の少ない選手は総鉄結合能が高く負の相関を示し、また、貯蔵鉄であるferritinは少なく、正の相関関係を示していた。また血清総蛋白も少ない傾向を示した。合宿後には、これらの相関関係はくずれていた。

3) Hbの合宿前に対する合宿後の増減と他の項目の増減との関係

Hb、TP、 β -G、TIBC、Fe及びferritinの各項目について合宿前後の差を算出し、Hbと各項目の相関関係を検討した。

図4、5の通り、合宿に伴うHbの減少量の大きい者は、グロビンと関連のあるTP、 β -G、TIBCの各項目の減少量が大きく、いずれもHbの変化量との間に0.1%水準で有意の相関関係を示した。これに反してFeとferritinは合宿後に増加を示した者が多く、Hbの増減量との間に負の相関の傾向を示したが有意の相関関係は認められなかった(図6)。

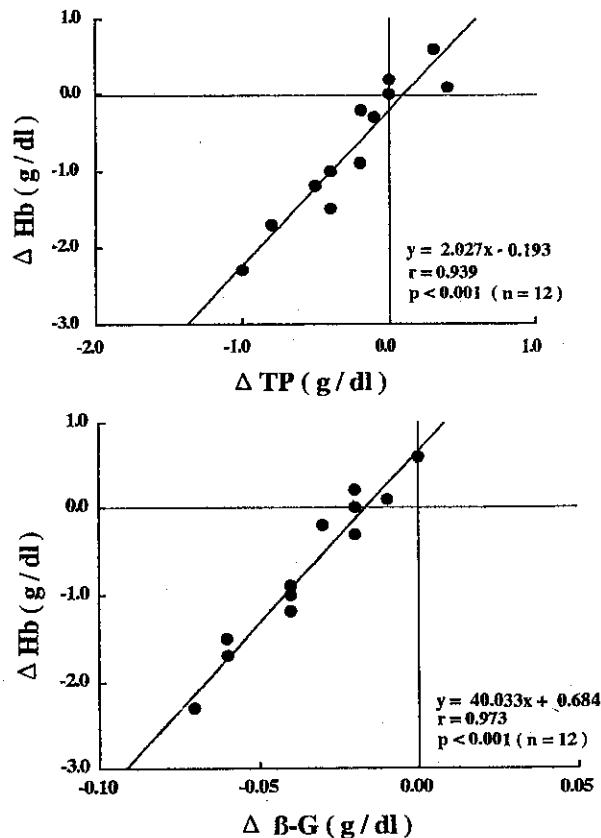


図4 ΔHb と ΔTP 及び $\Delta \beta\text{-G}$ との相関関係

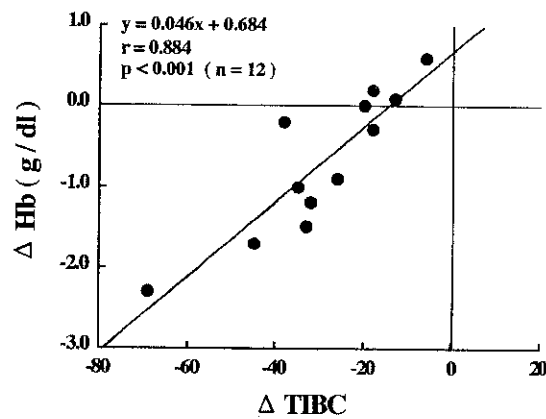
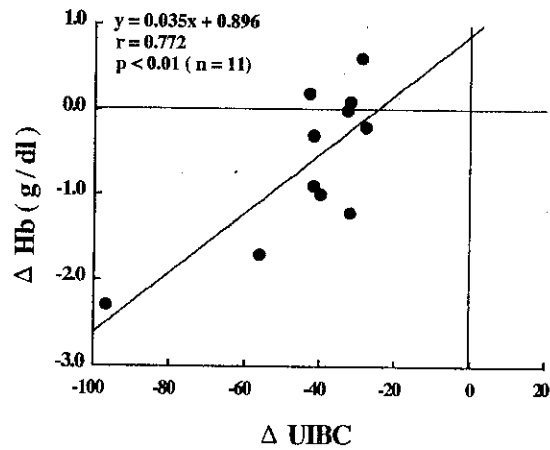


図5 ΔHbとΔTIBC及びΔUIBCとの相関関係

合宿中は全員同一の食事を取っていたにも拘らず、TPについては合宿後に2例が増加し、2例は不変で8例が減少した。増加と不変の4例は合宿後にHbが増加していた。合宿前のTP値は、8.1~6.8の範囲にあったが、合宿後には12例中8例が7.0~7.3 g/dlの間に集まり、合宿前後のTP値の間には関係がなかった。しかし合宿前のTP値と合宿後の増減量の間には、図7の通り負の相関関係 ($r = 0.637$, $N = 12$, $p < 0.05$) が認められた。前述の図4の通りHbとTPの合宿前後の増減量の間には高い相関関係が認められており、合宿に伴うHbの減少はTPの減少と関連が深いと思われる。

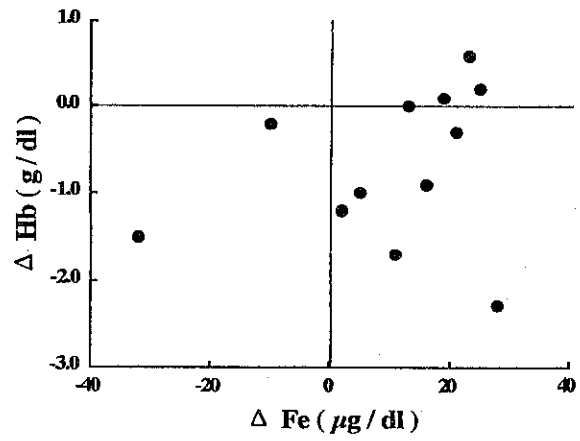
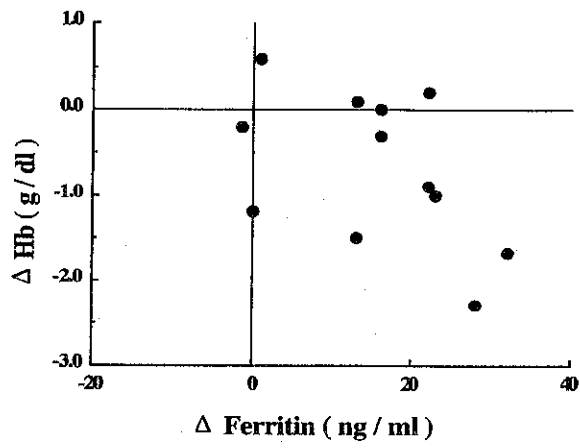


図6 ΔHb と ΔFe 及び $\Delta \text{Ferritin}$ との相関関係

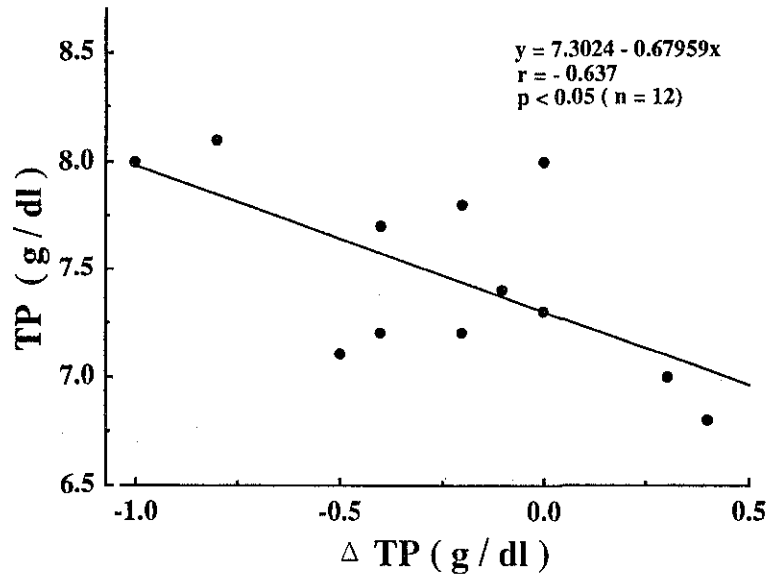


図7 合宿前の TP と ΔTP との相関関係

IV 考察

A. 低カロリー食合宿に伴う体重減少について

体重階級制のあるスポーツ種目では、試合前の短期間に急激に減量を行うが、特にレスリング選手については1960年代から急速減量の生体に及ぼす研究が行われている。向笠ら(1986)¹⁶⁾は62kg級のレスリング選手6名について競技会9日前から調査し、選手の体重は9日間で2.5~8.0kg(4~11%)減少したが、その内訳として体脂肪の燃焼による部分は0.45kgで、減量の約85%は主に水分の減少によるものであると述べている。北川ら(1984)¹⁰⁾は女子器械体操選手7名を対象に33日間に亘って平均1235±187kcal/dayの減量食を摂取させ、平均1日に4時間6分の練習を行った結果、体重は平均3.76kg減少し、その内訳は脂肪量2.99kg(79.5%)、LBM 0.77kg(20.5%)であったと述べている。著者らの行った低カロリー食による合宿練習は、これらの研究の中間的内容のものであった。

本研究は、新体操選手を対象として学期末の休暇中の合宿練習期間に5日間に亘って摂取エネルギー量1200kcal/dayの給食を行い、水分摂取については自由とした。練習は午前午後に分け約7時間行われた。一日の消費エネルギーについては、7月合宿では個人種目の3名について心拍数連続測定と生活時間調査から算出して、最大値は3192±334kcal/dayであったが、2月合宿では団体種目について約2800kcal/dayであった。合宿後の体重は7月には平均2.03kg、2月には1.10kgと5%水準で有意の減少を示した。しかし体重の減少量には大きな個人差が認められた。

各選手の合宿前体重の個人差は、7月には12.35kg(45.55~57.90kg)、2月には9.5kg(48.10~57.60kg)と大きかったが、この体重差を無視して同量の給食が行われた。したがって体重当りの摂取エネルギー量は26.3kcal/kgから20.8kcal/kgと約6kcal/kg/dayの差があった。合宿後の体重の減少量は合宿前の体重の多い選手の方が大きい傾向を示したが、しかし合宿前の体重と合宿後の減少量及び減少率との間には、有意の相関関係は認められなかった。したがって、合宿に伴う体重の減少は、単に摂取エネルギー量によるものではないと思われる。

本研究の消費エネルギー量は摂取エネルギー量の2.3~2.6倍であるから、炭水化物代謝から脂肪代謝中心に移行していると思われるが2月合宿後には血清中性脂肪

の減少と遊離脂肪酸の増加が認められ、両者とも1%水準で有意の変化であった。合宿後の体重の減少率と中性脂肪の減少率の間には $r=0.674$ 、 $p<0.05$ の相関関係が認められた。また中性脂肪の減少率は遊離脂肪酸の増加率との間に、図8の通り $r=-0.586$ 、 $p<0.05$ の負の相関関係を示した。したがって、血液中の中性脂肪がエネルギーとして分解されると共に、脂肪組織にある中性脂肪が遊離脂肪酸として血液中に取り込まれ、脂肪組織の減少、すなわち体重の減少をもたらしたといえる。実際に体脂肪量は2月合宿で $1.49\pm 0.493\text{kg}$ の減少がみられた。なお図8に見られる通り、中性脂肪と遊離脂肪酸の関係は2群に(A、B)に分かれており、この2群のCPK、LDH及びFFAの合宿後の変化は表7の通り、異なる傾向を示した。すなわち中性脂肪の減少率は両群とも約50%で殆ど差がないが、FFAとCPKの増加率ではB群がA群の約3倍の増加を示していた。またLDHについてもB群が増加したのに対し、A群は減少した。CPKは短時間の運動において運動強度に比例して上昇するといわれている。新体操競技は1分30秒又は2分30秒の演技を間欠的に練習しており、CPK増加率の大きいB群の選手の運動強度はA群より大きかったものと推定される。体重の減少量もB群がやや多かったことから、運動強度の個人差がFFAの取り込みを左右し、体重減少量の個人差に影響を与えたと思われる。

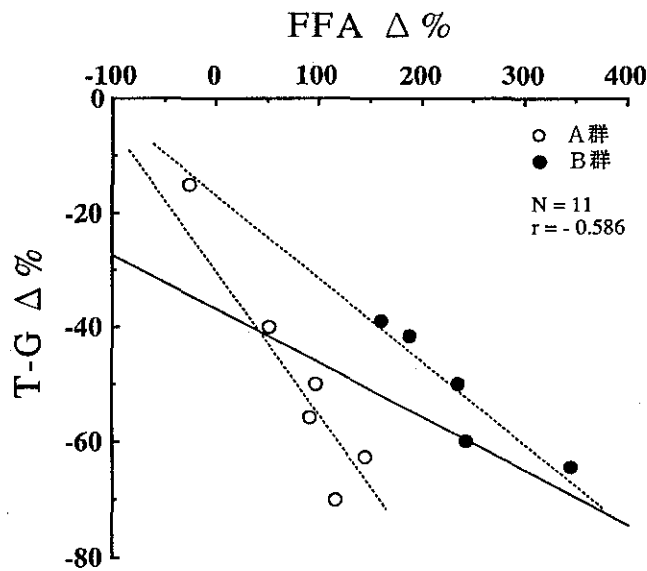


図8 合宿前後の $\Delta T-G\%$ と $\Delta FFA\%$ の相関関係

表7 A、B群の $\Delta\%$ の比較

	A群	B群
T-G $\Delta\%$	-48.9 \pm 19.56	-52.7 \pm 9.90
FFA $\Delta\%$	79.1 \pm 60.28	235.2 \pm 70.39
CPK $\Delta\%$	46.1 \pm 42.47	204.7 \pm 130.94
LDH $\Delta\%$	-7.4 \pm 7.93	15.7 \pm 20.21
体重 $\Delta\%$	-2.0 \pm 0.69	-2.2 \pm 1.14

2月合宿にくらべて7月合宿の体重減少量が大きかった。7月は競技会直前で演技の通し練習が多かったのに対し、2月は演技の創作をしており、運動量が少なかった。また季節の影響を受けて発汗量に差があったためと思われるが、発汗量については測定してないため明らかではない。

B. 新体操選手の貧血について

1. 合宿前の貧血出現率について

近年、一流女子スポーツ選手に低Hb値の出現率の高いことが指摘されている。長嶺ら(1975)¹⁷⁾は実業団及び大学女子バレーボール選手について調査し、Hb12g/dl未満の者は実業団3チーム32人中8人(25%)に見られ、トレーニング量が最も多かったAチームの出現率は31%と更に高かったと述べている。また長嶺ら(1976)¹⁸⁾はバレーボール、バスケットボール及び陸上競技女子選手について調査し、練習量が多く競技成績の優れているチームはHb12g/dl未満の者が高頻度に出現し、バレーボール30.8%、バスケットボール20%であったという。黒田ら(1975)¹³⁾によるモントリオール・オリンピック代表女子選手のHb12g/dl未満の出現頻度は、バスケットボール66.7%、バレーボール50%、ハンドボール16.7%で60人中19名(31.7%)と著しく高率であった。また井川ら(1984)⁹⁾によれば、実業団及び大学陸上競技長距離選手について、Hb12g/dl未満の出現率は男子で88名中1名にすぎなかったが、女子は9名中5名(55.6%)に観察されたという。高校生長距離ランナーでは新畑ら(1988)¹⁹⁾によれば女子12名中5名

(41.7%)がHb12g/dl未満であり、ランナーの潜在性鉄欠乏状態が窺われたという。

新体操選手については、小林ら(1984)¹¹⁾が日本代表選手を含む全国から選抜された22名について合宿中に測定し、Hb値は平均11.6g/dlで貧血傾向と判定された選手は11名(50%)を占め、10.0g/dl未満が18%に見られたという。しかしロスアンゼルス・オリンピック大会に出場した新体操選手2名のHb値は12.75±0.95g/dlで、女子選手51名の平均Hb値12.81±0.91g/dlとくらべて特に低値を示していなかった¹⁴⁾。その後ソウルとカルガリーのオリンピック強化指定女子選手120名中には22.5%の貧血が認められ¹²⁾、頻度の高い種目は陸上競技56%、新体操50%であった。

本研究における新体操選手のHb値は、7月合宿前に12.7±0.59g/dl、2月合宿前に13.1±0.89g/dlであった。長嶺ら(1975)¹⁷⁾による一般女子大生201名のHb値は13.0±0.9g/dlであり、また黒埼(1986)¹⁵⁾の日本における健康な受胎可能年齢の女子159名(36.5±6.9才)のHb値の12.8±1.2g/dlにくらべて本研究の新体操選手の合宿前におけるHb値は特に低い値ではなかった。この中Hb値12g/dl未満の選手は7月合宿前に2名(14.3%)、2月合宿前に2名(16.7%)であった。これらの4名のHb値は11.5~11.8g/dlの範囲であり、貧血の程度は軽度であった。吉野(1987)³³⁾はHb濃度と血漿フェリチン濃度とを組み合わせる鉄代謝状態を分類しているが、本被検者について分類すると表8の通りであり、

表8 Hb濃度と血漿フェリチン濃度を組み合わせて分類した4段階の鉄代謝状態

分類	7月合宿		2月合宿	
	人数	%	人数	%
ferritin (+): Hb (+)	12	85.7	10	83.3
ferritin (-): Hb (+)	0	0	0	0
ferritin (-): Hb (-)	0	0	1	8.3
ferritin (+): Hb (-)	2	14.3	1	8.3

ferritin 12ng/ml未満
Hb 12g/dl 未満

鉄欠乏性貧血は2月合宿前の2名中1名(8.3%)のみであった。この出現率は吉野の受胎可能年齢の女子224名の13.8%より低い値であった。7月合宿前の2名及び2月合宿前の1名はその他の貧血に分類され、鉄欠乏によるものではなかったがferritinはやや低値であった。すなわち本研究の新体操選手は、合宿前の自由食の状態で貧血の発生は一般女子よりむしろ少ない割合であり、栄養状態はほぼ良好であったと推察された。

2. 合宿後の貧血出現率について

激しい運動の初期におこる貧血の原因について、Broun (1922、1923)^{2) 3)}は赤血球の破壊の促進によることを初めて明らかにした。山田 (1958)^{26) 27)}は高校ラグビー選手について訓練3日目より赤血球数と血色素濃度が減少しはじめ、1週間目には明らかに貧血を生じたが、この貧血は赤血球浸透圧抵抗の減少と赤血球直径の増大が認められ、赤血球が破壊されやすいために現われるとしている。吉村 (1958)^{31) 32)}は⁵⁹Fe附帯赤血球を運動鼠に注射するとヘミン鉄が骨格筋にも速やかに移行し、筋蛋白の代謝に使われていることを指摘し、1日2g/kgの蛋白を摂取すれば貧血を防ぎ得るとしている。またこのような貧血を運動性貧血と名付けた。大塚 (1966)²⁰⁾、白木 (1968)²²⁾は脾臓を摘出した犬では激しい運動を負荷しても貧血は出現せず、血球膜の抵抗性を減弱させる因子は脾臓によって産生された溶血物質 (lysolecithin) が循環血中に増加することによるとしている。また最近では運動時の足底にかかる物理的衝撃が血管内容血を生ずる原因であるとし、パプトグロビンを測定して、運動種目間の比較^{21) 25)}、走行距離による比較⁶⁾シューズの比較⁴⁾等の研究が行われ、足底にかかる衝撃が大きい程溶血が多く生じていることが示唆されている。また一方では女性の運動選手は日常の摂取カロリーが少なく、そのために鉄の摂取量も少ないことや、発汗や尿への鉄喪失も大きく、更に月経出血によって鉄が失われる等、鉄代謝の面でも女子選手には問題が生じやすいことが指摘されている。

実際に短期間の強化練習による血液性状の変化について、鈴木ら (1990)²³⁾は男子高校生の夏期野球強化練習時について調査している。その結果Hb値は $15.3 \pm 0.8 \text{ g/dl}$ から4日目には $13.9 \pm 0.6 \text{ g/dl}$ と平均 1.4 g/dl (9.2%)の有意の

低下を示し、初日のHb値の高い者程最終日の低下が著しかったという。また血清蛋白も有意の低下を示しているが、血清Feは上昇しており、強化トレーニングによる筋組織の損傷が生じ、この修復や筋肥大に血清蛋白が利用され、Hbの再合成が抑制され低下したと述べている。

本研究における新体操選手の減量を目的とした低カロリー食による5日間の合宿後において、Hb値は低下を示した。7月合宿では平均 $12.7 \pm 0.59 \text{ g/dl}$ から $12.5 \pm 0.66 \text{ g/dl}$ に 0.2 g/dl の低下であったが、2月合宿では $13.1 \pm 0.89 \text{ g/dl}$ から $12.4 \pm 0.68 \text{ g/dl}$ と 0.7 g/dl (5.3%)の低下が見られた。この中Hb値が 12 g/dl 未満の選手は7月合宿前後に2名 (14.3%)、2月合宿後2名 (16.7%)であった。しかし合宿前後とも貧血傾向を示したのは両合宿共1名であり、その中の1名はferritinが合宿前後に 5.4 ng/ml と 4.1 ng/ml で著しく低値であった。

すなわち、本研究では1200kcalという低カロリー食による合宿練習によって、Hb値は有意に低下したが、平均値において正常範囲内の低下であり、 12 g/dl 未満の選手の出現率も少なく、鉄欠乏性貧血と思われるものは1名のみであった。

C. 蛋白質及び鉄摂取量について

身体トレーニング時の蛋白質摂取量が $1.00 \sim 1.50 \text{ g/kg/day}$ では運動性貧血が防止されるといわれている²⁹⁾³⁰⁾¹⁾。平松 (1960)⁸⁾はスポーツトレーニングの期間において蛋白質所要量が 1.2 g/kg/day を下回ると貧血を生ずると述べている。

本研究における給食では1200kcal/dayの摂取カロリーの中、蛋白質は2月合宿時には $67.9 \pm 1.6 \text{ g/day}$ が与えられており、 $1.30 \pm 0.09 \text{ g/kg/day}$ に担当していた。血清TP値は合宿前に $7.49 \pm 0.478 \text{ g/dl}$ であり、合宿後には $7.25 \pm 0.425 \text{ g/dl}$ に減少したが、この減少は統計的に有意ではなかった。また合宿前にTP値が 7.0 g/dl 以下の2例は合宿後に 7.2 と 7.3 g/dl に増加していた。したがって、蛋白質の摂取量は必要最小限の需要量を満たしていたと思われる。しかしアルブミンとグロブリンの濃度比 (A/G比) が有意に増加し、この増加はグロブリンの減少が大きかったことに由来しているため、摂取蛋白質の質にも問題があり、Hb量の有意の低下をまねいたと思われる。

合宿前のHb値と血清TP値の間には $r=0.762$ ($N=11$, $p<0.01$) の相関関係が認

められた。またHb値の合宿前後の差と血清TP、 β -G及びTIBCの合宿前後の差の関係をみると、図4並びに図5の通り $p < 0.001$ の著しく高い相関関係が認められ、合宿後にHb値の減少の大きかった選手は、これらの3項目の合宿後の減少量も大きかった。以上の点から赤血球の新生は予備蛋白である血清TPや鉄を運搬するtransferrinとの関連が著しく密接であり、血清TPが激しい身体活動に伴う筋の損傷の修復等に優先的に使われているとすれば、造血は十分に行なわれずHb値の低下をもたらすと考えられる。低カロリー食では栄養素の配分を考えると蛋白摂取量を 2 g/kg/day にすることはかなり困難であるが、今回の $1.30 \pm 0.091 \text{ g/kg/day}$ の摂取では少ないと考えざるを得ない。鈴木ら(1976)²⁴⁾は減食時の運動負荷時には高蛋白食(125 g/day)によっても貧血傾向は完全に防止できないと述べていることを考え合わせると、更に蛋白質摂取量を増加する必要がある。

次に鉄摂取量については、厚生省の日本人栄養所要量として成人女子では 12 mg/day とされているが、女子のスポーツ選手では摂取カロリーが少ないために鉄の摂取量も少ないという。橋口ら(1988)⁷⁾が女子体操選手について食事調査を行った結果では、鉄の摂取は $2.4 \sim 9.5 \text{ mg/day}$ で平均 6.6 mg/day と非常に少なかった。しかし北川ら(1984)¹⁰⁾は栄養士の作成した献立にもとづいた食事では摂取カロリーは $1235 \pm 187 \text{ kcal}$ と少なかったが、鉄摂取量は 15.1 g であった。

本研究においては2月合宿時には鉄摂取量は $17.1 \pm 2.2 \text{ mg/day}$ であり、成人女子の所要量を約40%上回っていた。血清Feは合宿前に $67.1 \pm 26.26 \mu \text{ g/dl}$ であり、合宿後には $77.2 \pm 26.81 \mu \text{ g/dl}$ に増加したが、統計的に有意の増加ではなかった。また貯蔵鉄であるferritinは $24.7 \pm 13.37 \text{ ng/dl}$ から $40.1 \pm 20.00 \text{ ng/dl}$ に1%水準で有意の増加を示した。合宿前のHb値とferritinの間には $r = 0.629$ ($N = 12$, $p < 0.05$)の相関関係が認められ、Hb量の少ない選手は貯蔵鉄も少なかったが、合宿後には相関関係が認められなかった。またHb値の合宿前後の差とFe及びferritinの合宿前後の差は、図6の通りいずれも相関関係を示さなかった。しかしHbとferritinの関係は逆相関の傾向を示し、Hbの減少量の大きい選手の方が貯蔵鉄ferritinの増加が大きく、貯蔵鉄はあっても利用されにくい状況が示唆された。 β -G及び総鉄結合能が合宿後に有意に低下を示していたことを考え合わせると、本研究の合宿に

伴うHb量の有意の低下は、鉄欠乏ではなくむしろ蛋白が需要量に見合っていなかったと考えられる。

本研究は5日間という短期間の合宿であり、Hb値も有意の低下ではあったが、正常範囲内にあり、軽度の貧血者が2名あったのみであった。したがって、本合宿の目的である健康に障害のない減量が行なえたといえるが、この状態が長期間に渡れば、更に貧血者の増す傾向が示唆された。この点を考えれば、今後は食事内容に蛋白質の割合を増やし、少なくとも1.5g/dayにする必要があると考えられる。

要 約

新体操選手の体重調整を目的として、特に貧血防止を考慮した1200kcalの食事を用いて5日間の合宿練習を行った。合宿中は午前と午後に合計7時間の練習が行われ、消費エネルギーの推定値は2500~3200kcal/dayであった。合宿第1日目及び合宿終了日の早朝空腹時に採血し血液性状の変化を検討した。また体重は起床時と午後練習終了時の2回測定した。合宿は1992年7月と1993年2月に行われたが、血液性状の検討は主として2月の測定成績について行った。

本実験結果は次の通りである。

1. 給食は摂取エネルギー1200±17kcal、蛋白質67.9±1.6g (1.30g/kg)、鉄17.1±2.2mgの他、ビタミン類は所要量を上回っていた。
2. 体重は7月合宿では、2.03±0.653kg (3.00-1.00kg)、2月合宿では1.10±0.499kg (1.90-0.30kg)のいずれも1%水準で有意の減少を示した。
3. 体重の減少率と相関関係の認められたのは中性脂肪の減少率であり、中性脂肪は合宿前の60.7±32.45mg/dlから28.7±7.17mg/dlへ52.7%の減少を示した。
4. 遊離脂肪酸は0.243±0.122mEq/lから0.523±0.159mEq/lに有意に増加し、更に中性脂肪の減少率との間に5%水準で負の相関関係が認められた。
5. 合宿前のHb値は13.1±0.89g/dlであり、12g/dl未満の選手2名(16.7%)のHb値は11.6g/dlと11.8g/dlで貧血の程度は軽かった。
6. 合宿前のHb値は12.4±0.68g/dlと0.68g/dlの有意の低下を示した。しかし12g/dl未満の選手は2名であり、11.1g/dlと11.4g/dlであった。

7. 血清鉄は $67.1 \pm 26.26 \mu\text{g} / \text{dl}$ から $77.2 \pm 26.81 \mu\text{g} / \text{dl}$ に合宿後には増加傾向を示し、ferritinは $24.7 \pm 13.37 \text{ng} / \text{ml}$ から $40.1 \pm 20.00 \text{ng} / \text{ml}$ に1%水準で有意の増加を示した。
8. 血清蛋白は $7.49 \pm 0.478 \text{g} / \text{dl}$ から $7.25 \pm 0.425 \text{g} / \text{dl}$ に合宿後に減少傾向を示したが有意差は認められなかった。しかしA/G比は 1.49 ± 0.116 から 1.56 ± 0.116 と1%水準で有意の増加を示し、この増加はグロブリンの有意の減少にもとづくものであった。

以上の結果から消費エネルギーに対する摂取エネルギーの不足分は主として脂肪の利用によって行われており、また体重減少量の個人差は中性脂肪の減少率と遊離脂肪酸の増加率の間に負の相関関係が見られたことから、脂肪組織から遊離脂肪酸として血液への取り込みに差があり、その差はCPKとLDHの変化量からみて、各人の運動強度に差のあったことが推定された。

また本研究の新体操選手は自由食の合宿前にも比較的貧血傾向の出現率が少なく、また低カロリー食による合宿後にも少なかった。しかし合宿によってHb値は有意に低下しており、この原因は鉄不足よりむしろ蛋白質摂取量が需要に満たなかったためと考えられた。

文 献

- 1) 芦田輝子、山田敏男、吉村寿人(1972): 運動鍛錬時のhaptoglobinのHb-binding capacityに及ぼす蛋白質栄養の影響について 栄養と食糧 25,633-639
- 2) Broun,G.O.(1922):Blood destruction during exercise. 1.Blood changes occuring in the course of single day of exercise. J.Exper.Med. 36,481-500
- 3) Broun,G.O.(1923): Blood destruction during exercise. 11. Demonstration of blood destruction in animals exercised after prolonged confinement. J.Exper.Med. 37,113-130
- 4) Falsetti,H.L., Burke,E.R., Feld,R.O., Fredrick,E.C. and Ratering,C.(1983): Hematological variations after endurance running with hard and soft-soled running shoes. The Physician and Sportsmedicine,11(8),118-127
- 5) Fogelholm,M., Jaakkola,L., Lampisjarvi,T.:Effects of iron supplementation in female athletes with low serum ferritin concentration. Int.J.Sports Med.,13(2),158-162
- 6) Haymes,E.M. and Spillman,D.M.(1989): Iron status of Women distance runners,sprinters and control women. Int.J.Sports Med., 10(6),430-433
- 7) 橋口剛夫、諸富嘉男、桜井忠義(1988): 女子体操選手の合宿練習時における健康管理について-体重調整および栄養管理- 体力科学 37,283-295
- 8) 平松威辰(1960): 筋運動時の赤血球破壊の原因に関する研究(運動鍛錬時の赤血球性状の変化とその生理的意義第1報) 日本血液学雑誌 23, 843-851
- 9) 井川幸雄、鈴木政登(1984): スポーツ選手における貧血の発生と予防に関する研究, II. スポーツ選手の貧血発生と頻度に関する調査. 昭和59年度日本体育協会スポーツ科学研究報告 No. V
- 10) 北川 薫、松岡弘記(1984): 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(3),119-129
- 11) 小林修平他3名(1984): 日本代表選手を含む女子新体操選手の栄養状態評価. 体力科学 33(6), p.526
- 12) 河野一郎(1989): 女子スポーツ選手の貧血の状況 臨床スポーツ医学 6(5),489-492
- 13) 黒田善雄他 (1975): モントリオール
- 14) 黒田善雄他19名(1984): 第23回ロサンゼルス・オリンピック大会日本代表選手健康診断・体力測定報告. 昭和59年度日本体育協会スポーツ科学研究報告 No. VI
- 15) 黒崎 進(1986): 日本医科大学雑誌 53,433-

- 16) 向笠由美他 4 名 (1986) : 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(3),152-160
- 17) 長嶺晋吉他 5 名 (1975) : スポーツ選手における貧血の発生と予防に関する研究, 第 1 報 貧血発生の実態について, 昭和 50 年度日本体育協会スポーツ科学研究報告 No. VI
- 18) 長嶺晋吉他 7 名 (1976) : スポーツ選手における貧血の発生と予防に関する研究, 第 2 報 貧血の発生要因の検討, 昭和 51 年度日本体育協会スポーツ科学研究報告 No. III
- 19) 新畑茂充他 5 名 (1988) : 高校生長距離ランナーの体格と血液検査値 - 全国高校春季選抜合宿に参加した長距離ランナーを中心にして -, 臨床スポーツ医学 5(2),193-198
- 20) 大塚愛子 (1966) : 運動鍛錬時の運動性貧血発生要因について, 同志社女子大学学術研究年報 81-107
- 21) Oufaux,B., Hoederath,A., Streitberger,I., Hollman,W. and Assmann,G.(1981): Serum ferritin,transferrin,haptoglobin and iron in middle- and long-distance runners,elite rowers and professional racing cyclists. Int.J.Sports Med.,2,43-46
- 22) 白木啓三 (1968) : 運動性貧血発生に対する脾臓の役割, 日本生理誌 30,96-108
- 23) 鈴木政登他 7 名 (1990) : 高校生の夏期野球強化練習時の血液・尿成分の変動 体力科学 39,231-242
- 24) 鈴木慎次郎、太田富貴雄、大島寿美子 (1976) : 肥満治療のための運動と栄養の処方に関する研究, 第 3 報 体育科学 4,31-38
- 25) Taylor,W.C. and Lombarado,J.A.(1990): Preparaticipation screening of college athletes: Value of complete blood cell count. The physician and Sportsmedicine, 18(6),106-118
- 26) 山田敏男 (1958) : 運動鍛錬時の赤血球の性状に関する研究, 第 1 報 赤血球新生破壊に及ぼす運動鍛錬の影響 体力科学 7(5),231-241
- 27) 山田敏男 (1958) : 運動鍛錬時の赤血球の性状に関する研究, 第 2 報 運動鍛錬時の赤血球抵抗性に就いて 体力科学 7(5),242-251
- 28) 山田敏男 (1958) : 運動鍛錬時の赤血球の性状に関する研究, 第 3 報 運動鍛錬時に於ける赤血球磷の代謝について 体力科学 8(2),81-91
- 29) 山地康平 (1951) : 筋労作時の蛋白代謝に関する研究 (第 1 報) 労作訓練時の窒素代謝 日本生理誌 13,476-482
- 30) 山地康平 (1951) : 筋労作時の蛋白代謝に関する研究 (第 2 報) 労作訓練時の血液性状 日本生理誌 13,483-496
- 31) 吉村寿人、山田敏男 (1958) : 運動鍛錬時の赤血球の性状に関する研究, 第 4 報 運動鍛錬時の赤血球鉄分の代謝に就いて 体力科学 8(2),92-98
- 32) 吉村寿人 (1958) : 運動鍛錬時の貧血に関する研究 体力科学 8(4), 学167-168

- 33) Yoshino, Y., Sato, K., Ikeda, Y., Orimo, H. and Wakabayashi, S.: Fifth Asian Congress of Nutrition (Abstracts): 13, 1987. Health Digest 3(2) 鉄栄養と鉄代謝より引用