

昭和51年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告

No. Ⅲ 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

財団法人 日本体育協会

スポーツ科学委員会



# 昭和51年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告

## No. Ⅲ 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

報告者 (財)日本体育協会スポーツ科学委員会  
スポーツ選手の貧血に関する研究班

班 長 長 嶺 晋 吉<sup>1)</sup>

班 員 井 川 幸 雄<sup>2)</sup> 磯 貝 行 秀<sup>2)</sup> 伊 藤 朗<sup>3)</sup>  
香 川 芳 子<sup>4)</sup> 黒 田 善 雄<sup>5)</sup> 鈴 木 一 正<sup>6)</sup>  
吉 野 芳 夫<sup>7)</sup>

担当研究員 伊 藤 静 夫 (日本体育協会, スポーツ科学研究所)

#### 目 次

I 緒 言	長嶺 晋吉
II 研究方法	長嶺 晋吉
III 研究成績	
1. 血液諸成分の変動	井川 幸雄
2. 血清フェリチンの変動	吉野 芳夫, 伊藤 朗
3. 栄養摂取量の調査	香川 芳子
4. 自覚症状に関するアンケート調査	磯貝 行秀
5. 発汗による鉄の損失量	鈴木 一正
6. 貧血と運動機能との関係	伊藤 朗, 香川 芳子
IV 総括と考察	長嶺 晋吉
V 文 献	

#### I 緒 言

前年度(昭和50年度)は実業団および大学の女

<sup>1)</sup> 大妻女子大学 <sup>2)</sup> 東京慈恵医科大学 <sup>3)</sup> 筑波大学  
<sup>4)</sup> 女子栄養大学 <sup>5)</sup> 東京大学 <sup>6)</sup> 国立栄養研究所  
<sup>7)</sup> 日本医科大学

子バレーボール選手を主対象として、貧血発生の  
実態について調査研究を行なった結果、次のよう  
な傾向を認めた。すなわち、トレーニング量の多  
い実業団チームにおいてヘモグロビン 12 g/dl 以  
下の者の出現率が高く(約 31%), 特に血清鉄の  
レベルが低く、血清鉄量 60 $\mu$ g/dl 以下の者は77%  
もみられた。このようなチームにおいてはその摂  
取エネルギーは消費エネルギーを下回る傾向にあ  
った。また、汗中鉄排泄量を測定した結果は、ト  
レーニング時間 4~5 時間の発汗量を考慮すると  
1~2 mg にも達することが推測され、汗による皮  
膚からの鉄損失量はスポーツにおける鉄出納に大  
きな影響を与えるであろうことが考察された。

以上の結果に基づいて、昭和51年度においては、  
女子のバレーボールおよびバスケットボール選手  
を主対象として、特にスポーツにおける鉄代謝の  
様態を検討する目的で、貯蔵鉄の指標として近年  
測定法の開発された血清フェリチンについての測  
定を加えるとともに、更に汗中鉄排泄量について  
の実験を追試した。なお、貧血状態の程度と運動  
機能との相関関係についてもいまだ問題の存在

することから、この点についても検討するための実験を行なった。

以上の問題点を究明することによって、本研究はスポーツ選手における貧血発生の要因を実態的に明らかにするとともに、その予防方策を探ろうと試みた。

## II 研究方法

研究方法として、ここでは研究項目とその対象についてのみまとめておく。実験方法の詳細と各検査項目およびその測定方法についてはそれぞれの項で述べられる。

(1) 貧血発生の状態に関する研究：血液諸成分の分析と貧血症状に関するアンケート調査が下記のチームおよび選手群について実施された。チームとは特定チームの構成メンバーであり、選手群とは血液検査の呼びかけに応じて来た実業団や大学や高校からの各数人の選手を集的にまとめたものである。

	スポーツ種目	群別	人数	年令	所 属 リ ー グ	調 査 期 日
チーム	バレーボール	A(実業団)	13	20.1	実業団リーグ	昭和51年8月
		B(実業団)	17	20.6	"	
	バスケットボール	C(実業団)	15	19.7	日 本 リ ー グ	昭和52年3月
		D(大学)	8	20.9	大 学 リ ー グ	
選手群	バスケットボール	E (3実業団)	9	20.0		昭和52年3月
	陸上競技	F (実業団 大 学 高 校)	12	21.2		

(2) 栄養摂取量の調査：上記のバレーボールのA、Bチームについて食物調査を51年8月に3日間ないし5日間実施した。

(3) 発汗による鉄損失量の実験：上記のバレーボールAチームの12人の選手およびスポーツ選手でない一般女子大生11人を対象として、温熱性発汗および運動性発汗による汗中への鉄排泄量についての実験を51年8月に実施した。

(4) 貧血発生と運動機能に関する実験：スポーツ選手でない一般女子大生12人を対象として、1週間運動を負荷し、貧血状態の発生と運動機能の変化との関係について実験を行なった。

## III 研究成績

### 1. 血中諸成分の変動について

#### (1) はじめに

スポーツ選手の貧血は健康管理の面や競技能力の面からも重要な課題である。

スポーツ選手とくに女子バレーボール選手に貧血発生頻度が高いことがわれわれの調査でわかったので、本研究班では第1報において女子バレーボール選手の貧血発生の実態について報告した。その結果、ヘモグロビン低値者(Hb 12g/dl以下)が一般女子学生に比し女子スポーツ選手に多く、とくに日常の鍛練度が高い、強いチームほど貧血発生頻度が高いという結果が得られた。

スポーツ選手の貧血発生要因について、吉村<sup>1)</sup>はスポーツ選手の貧血は赤血球破壊と筋蛋白合成促進によるものと考え芦田<sup>2)3)</sup>、山口<sup>4)</sup>、井上<sup>5)</sup>等は蛋白質を十分に与えた場合には貧血発生を防止できることを報告している。しかし、Herxheimer<sup>6)</sup>、Dill<sup>9)</sup>等が熟練したスポーツ選手では一般人よりも赤血球数や血色素濃度が高値であると述べていることや男子スポーツ選手に比し女子スポーツ選手に貧血発生頻度が高いという事実についてその要因の解明はまだ不充分である。

今回は前回にひきつづき、社会人及び学生女子バレーボール、バスケットボール、陸上競技選手を対象に貧血発生の実態及びその原因について、血中諸成分の変動とくに鉄代謝の面から検討した。

#### (2) 研究方法

##### (a) 採血条件

採血期日はCチームは昭和52年3月11日、D、E、F、チームは昭和51年3月22日～26日の間、Aチームは昭和52年8月24日、Bチームは8月25日である。採血の時間は空腹状態で午前9時から9時30分の間である。血液は肘正中皮静脈から約10ml採取した。

##### (b) 血液検査項目及び測定方法

血液検査項目及び測定方法は表1-1に示す通りである。検査項目は第1報とほぼ同様であるが今年度はさらにアルドラーゼ活性値、遊離脂肪酸

表 1-1 血液検査項目及び測定方法

測定項目	測定方法	測定項目	測定方法
赤血球数 $10^4/\text{mm}^3$ (RBC)	自動分析 (コルターカウンター)	LDH 活性値 (LDH)	自動分析 (UVA)
血色素量 g/dl (Hb)	"	LDH 分画値1 (LDH <sub>1</sub> )	電気泳動法
赤血球容積値 % (Ht)	"	" 2 (LDH <sub>2</sub> )	"
平均赤血球容積 $\mu^3$ (MCV)	"	" 3 (LDH <sub>3</sub> )	"
" 血色素量 $\mu\mu\text{g}$ (MCH)	"	" 4 (LDH <sub>4</sub> )	"
" " 濃度 % (MCHC)	"	" 5 (LDH <sub>5</sub> )	"
血清鉄 $\mu\text{g}/\text{dl}$ (S.Fe)	(Ferro Zinat)	GOT 活性値 mU/ml (GOT)	自動分析 (UV)
不飽和鉄結合能 $\mu\text{g}/\text{dl}$ (UIBC)	"	GPT " mU/ml (GPT)	" (")
総鉄結合能 $\mu\text{g}/\text{dl}$ (TIBC)	"	アルカリホスファターゼ BLU/l (AP)	" (Bessey Lowry 法)
白血球数 $10^3/\text{mm}^3$ (WBC)	自動分析	CPK 活性値 (CPK)	" (UV 法)
好塩基性球 % (Baso)	塗沫法	Ald 活性値 (Ald)	" ( " )
好中球桿状核 % (Stab)	"	中性脂肪 mg/dl (T.G)	酵素法
" 分葉核 % (Seg)	"	総コステロール mg/dl (T.Cho)	"
好酸球 % (Eosino)	"	B-リポプロテイン (B-lipo)	沈降法
単球 % (Mono)	"	NEFA mEq/l	Laurell-TAC 法
リンパ球 % (Lymph)	"	ハプトグロビン ng/ml (Hp)	SRID 法
網状赤血球数 % (Reti)	"	血清フェリチン ng/ml	IRMA-two Site 法の改良法
血小板 $\times 10^4/\text{mm}^3$ (Plat)	ブレッカー法	Na mEq/l	炎光法
血清蛋白質 g/dl (T.P.)	屈折法	K mEq/l	炎光法
" 分画値		Cl mEq/l	電量法
アルブミン % (Alb)	電気泳動法		
$\alpha_1$ グロブリン % ( $\alpha_1$ )	"		
$\alpha_2$ " % ( $\alpha_2$ )	"		
B " % (B)	"		
$\gamma$ " % ( $\gamma$ )	"		

(NEFA), 血清ハプトグロビン (Hb), 血清フェリチン及び血清電解質 (Na, K, Cl) を検査項目に加え合計36項目について検査した。

### (3) 結果

血液検査項目及び検査値の平均値をチーム別に区分し表 1-2 に示した。その他、検査を受けたバスケットボール選手及び陸上競技選手について、それぞれの平均値も同時に示した。バレーボールチームA及びバスケットボールチームCは日本リーグに所属し、またバレーボールBチームも実業団リーグに所属するチームで日常の練習は質・量ともに大きいものと判断される。一方、バスケットボールDチームは大学生チームであり学生選手権では中位に属する。練習量は上記のA・B・Cチームに比し少ないものと判断される。

血液検査の結果、赤血球数はバスケットCチームが4チーム中最も低値を示し ( $435.5 \pm 28.8 \times 10^4/\text{mm}^3$ ), バレーBチーム ( $465.4 \pm 27.3 \times 10^4/\text{mm}^3$ ), バスケットDチーム ( $461.8 \pm 35.4 \times 10^4/\text{mm}^3$ ) が高値の傾向にある。一方、バスケット選手群並びに陸上選手群はいずれもチームの平均値を下回る低値を示している。

血色素量 (Hb) は図 1-1 に示すような分布を示し、12 g/dl 以下の出現頻度は全員で 14.9% で一流バレーボール選手の 17.6% (第1報) に比し低値であるが、12 g/dl 以下の出現頻度をチーム別に観察するとバレーAチームが 30.8%, バレーBチーム 0%, バスケットCチーム 20%, バスケットDチーム 0% であり、練習量が多く競技成績の優れているチーム (A並びにCチーム) に高頻

表 1-2 女子スポーツ選手の血液性状

	バレーボールチーム		バスケットボールチーム		バスケットボール選手群 E (n=9)	陸上競技選手群 F (n=12)
	A (n=13)	B (n=17)	C (n=15)	D (n=8)		
赤血球数 10 <sup>4</sup> /mm <sup>3</sup>	435.5±28.8	465.4±27.3	455.6±33.6	461.8±35.4	434.4±54.3	425.1±48.4
血色素量 g/dl	12.2±0.9	13.3±0.6	12.9±1.5	14.1±0.9	12.4±1.0	12.5±1.7
赤血球容積値 %	38.1±2.3	41.2±1.8	38.4±3.7	41.1±2.7	38.0±3.7	38.0±3.7
平均赤血球容積 μ <sup>3</sup>	87.2±5.9	88.4±3.4	84.3±3.7	88.8±2.6	87.7±6.7	89.3±4.9
" 血色素量 μμg	27.9±2.3	28.4±1.1	28.4±3.3	30.6±0.8	28.8±2.6	29.3±2.0
" " 濃度 %	32.1±0.6	32.3±0.5	33.4±1.0	34.2±0.7	32.8±1.1	32.8±1.0
血清鉄 μg/dl	51±30.3	57.7±21.0	50.1±25.5	92.6±31.3	46.1±23.3	79.5±42.2
不飽和鉄結合能 μg/dl	328.8±44.6	313.3±55.1	339.4±66.9	309.5±49.4	344.8±55.1	274.9±65.9
総鉄結合能 μg/dl	372.1±44.6	37.1±44.6	389.5±54.4	407.1±33.3	390.9±46.4	354.4±43.8
白血球数 10 <sup>3</sup> /mm <sup>3</sup>	6323.1±1186.1	6116.8±1553.2	5360.0±975.6	6650.0±978.5	6277.8±1761.9	6618.2±1717.5
好塩基性球 %	0.4±0.9	0.6±0.8	0.3±0.6	0.5±0.7	0.6±1.0	0.6±0.7
好中球桿状核 %	3.7±1.3	4.5±1.9	3.4±1.5	4.3±2.4	4.9±3.3	5.2±2.8
" 分葉核 %	43.1±5.0	49.3±6.6	48.9±7.2	49.8±5.3	53.6±9.2	53.8±8.7
好酸球 %	2.3±1.8	2.5±2.4	1.8±1.4	2.4±0.9	2.2±1.5	1.6±1.4
単球 %	3.5±1.3	3.0±1.1	2.3±0.8	2.5±0.9	2.9±0.9	2.5±1.2
リンパ球 %	47.0±5.6	40.2±6.5	43.3±7.7	40.6±6.4	36.0±10.3	36.5±8.2
網状赤血球数 ‰	8.3±5.4	3.1±1.4	8.5±3.8	5.0±1.3	3.4±2.1	4.1±3.8
血小板血×10 <sup>4</sup> /mm <sup>3</sup>	24.2±6.8	24.4±6.2	31.0±5.8	26.1±4.6	28.2±6.3	29.0±6.2
血清蛋白質 g/dl	7.4±0.2	7.4±0.4	7.2±0.4	7.7±0.3	7.2±0.3	7.5±0.4
" 分画値アルブミン %	66.6±2.6	65.3±2.2	66.1±2.3	64.2±1.8	68.2±1.6	68.5±3.0
" " " α1 グロブリン %	3.0±0.3	3.56±0.8	3.0±0.4	3.6±0.9	3.3±0.6	3.1±0.5
" " " α2 " %	7.0±0.9	6.0±1.8	7.3±1.2	7.3±0.7	7.2±1.1	6.5±1.3
" " " β %	8.5±0.7	8.0±1.0	9.3±1.1	8.4±0.9	8.9±0.7	8.1±0.9
" " " γ %	13.8±2.7	14.7±1.4	12.9±1.9	14.3±1.2	11.7±1.5	12.7±2.6
LDH 活性値	380.1±113.2	330.3±67.2	311.2±41.4	254.4±40.2	373.8±143.2	320.2±111.9
LDH 分画値 1 %	35.9±6.8	38.2±4.3	35.6±5.3	38.0±4.7	35.7±3.5	33.9±6.3
" 2 %	33.1±2.9	32.7±2.5	34.8±7.8	32.5±2.4	34.8±5.3	35.0±3.6
" 3 %	30.1±15.1	25.3±3.8	23.7±3.6	24.9±5.1	25.6±3.7	26.5±3.5
" 4 %	2.2±0.9	1.8±0.8	2.9±1.2	2.6±1.4	3.1±0.9	2.9±1.4
" 5 %	1.2±0.4	2.0±4.1	0.9±0.7	2.0±1.0	0.9±0.6	1.7±1.2
GOT 活性値 mU/ml	18.0±609	17.6±6.2	18.1±4.1	18.3±3.8	25.9±14.2	227.±12.1
GPT 活性値 mU/ml	12.4±6.3	9.5±3.7	14.1±4.3	14.6±8.6	19.1±16.8	16.8±20.3
アリカリホスファターゼBLu/l	1.6±0.3	1.4±0.3	2.0±0.7	1.7±0.2	2.0±0.5	1.8±0.6
CPK mU/ml	103.0±56.6	106.9±131.3	110.3±90.1	39.8±18.9	168.6±140.6	87.8±55.7
Ald BU/ml	6.3±2.9	5.6±2.8	6.8±1.9	5.2±1.7	9.2±6.6	6.2±2.9
T. G mg/dl	67.1±26.6	57.5±10.0	71.0±26.7	91.1±44.4	68.9±23.8	72.2±24.2
T. C mg/dl	175.7±29.2	179.9±25.0	175.1±29.7	223.3±36.5	195.6±31.9	195.3±35.5
B-lipoprotein mm/60mm	—	—	1.7±0.5	2.5±0.5	1.7±0.4	1.9±0.3
NEFA mEq/l	0.53±0.16	0.31±0.12	0.28±0.10	0.36±0.11	0.41±0.22	0.54±0.34
Hp ng/ml	23.7±25.1	49.4±55.9	89.7±71.9	104.8±77.7	29.9±23.6	85.3±79.3
Na mEq/l	136.9±3.0	137.3±1.8	140.9±0.8	140.9±0.8	141.4±1.8	140.9±1.9
K "	4.1±0.2	4.3±0.3	4.4±0.2	4.7±0.3	4.6±0.4	4.4±0.3
C1 "	103.7±1.8	105.2±1.1	101.4±1.2	99.1±2.3	101.2±2.5	100.0±2.0

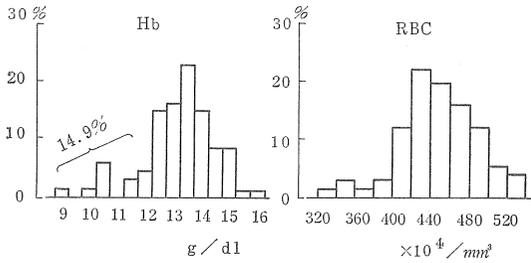


図 1-1 女子スポーツ選手の Hb 値, 赤血球数の分布

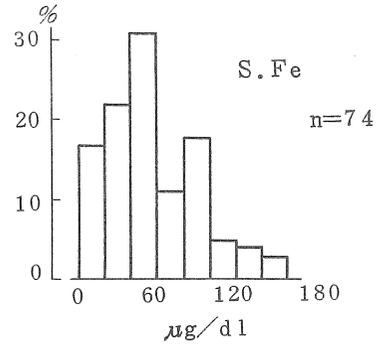


図 1-3 血清鉄値の分布

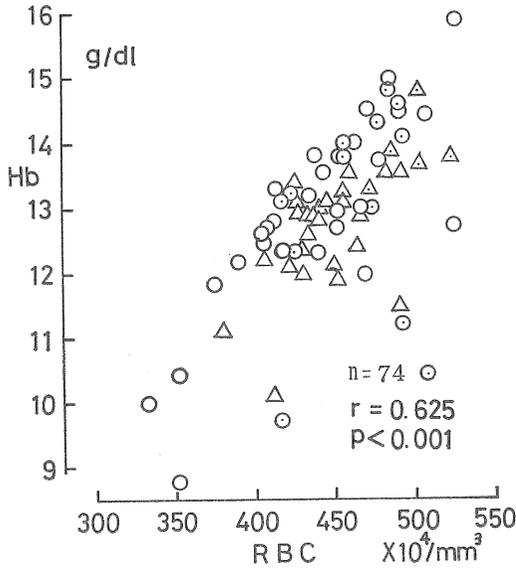


図 2 赤血球数とヘモグロビン値の相関図

度で出現している。各チームの平均値を比較すると、バレーA及びバスケットCが低値を示し、バレーB及びバスケットDが高値を示し、赤血球数と同様の傾向にある。また、バスケット選手群E、陸上選手群Fもやはり低値を示しており、特に陸上では8.5あるいは10.0g/dlと極めて低い値を示す選手がみられる（いずれも走高跳びの一流選手）。

図 1-2 は Hb 値と赤血球数との相関図であり、 $r=0.625$  と有意 ( $P<0.001$ ) な相関を示している。

赤血球容積 (Ht) についても、A・C チームが低値を B・D チームが高値を示す傾向がみられ、バスケット選手群、陸上選手群はやはり低い値を示している。また、Ht 値は赤血球数、Hb 値と高い相関を示し、Ht 値と Hb 値の相関係数は  $r=0.94$  ( $P<0.001$ ) である。

平均赤血球容積 (MCV)、平均血色素量 (MCH)、平均血色素濃度 (MCHC) はチーム間で有意な差

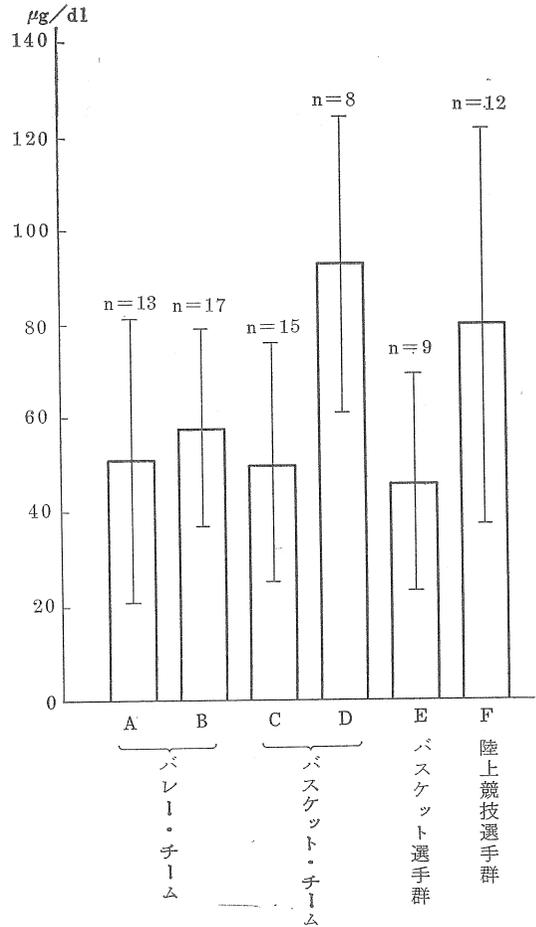


図 1-4 血清鉄の比較

異は認めず一般女子大生の値と近似している。

血清鉄値 (S. Fe) は図-3 のような分布型を示し、一般女子大生の値に比し一般に低値である。60 $\mu\text{g/dl}$  以下の値を示す者は74名中44名 (59.5%) である。チーム間で比較すると図 1-4 に示すよ

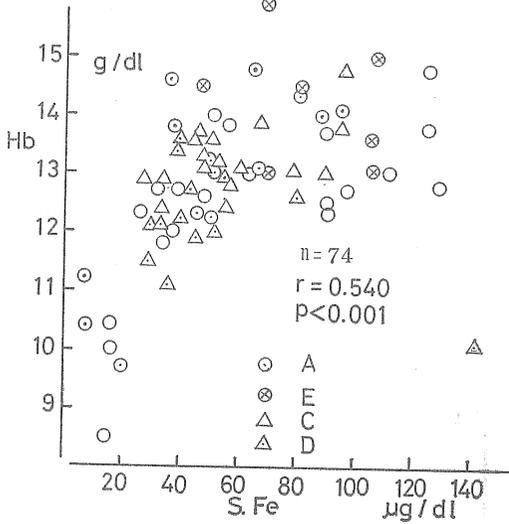


図 1-5 Hb と血清鉄相関図

うにバレー・チームA及びバスケット・チームCが低値を示し、いずれも平均値は60µg/dlを下回っている。これに対してバスケットDチームは他のチームに比して高値を示している。またバスケットボール選手群Eにも低値を示す者が多く、平均値は46.1±23.3µg/dlと低い。陸上選手群Fの平均値は79.5±42.2µg/dlと比較的高い値を示すが、先述の低Hb値を示した高跳選手では15.0と16.0µg/dlと極めて低い値を示している。

図 1-5 はHb と血清鉄値の相関関係を図示したものである。相関係数  $r = 0.540$  で有意 ( $P < 0.001$ ) な相関を示している。

不飽和鉄結合能 (UIBC) では血清 Fe 値の低い者が高値を示し、血清 Fe 値の高い者は低値を示す傾向にあり、両者の相関係数  $r = -0.559$  ( $P < 0.001$ ) で逆相関を示している。

総鉄結合能 (TIBC) では、バスケットDチームが407.1±33.3µg/dlで最も高値であるが、バレーボールA・Bチームは最も低値であり、TIBC値とS. Fe値との間に相関関係は認められない。

鉄飽和率 (Sat) は74名の平均値16.4±9.0%であり一般女子大生の値29.6±10.8% (第1報) と比較し有意 ( $P < 0.001$ ) に低値である。Sat値とS. Fe値の相関係数は  $r = 0.970$  ( $P < 0.001$ ) で高い相関関係を有している。

網状赤血球数 (Reti) では、バレーAチーム

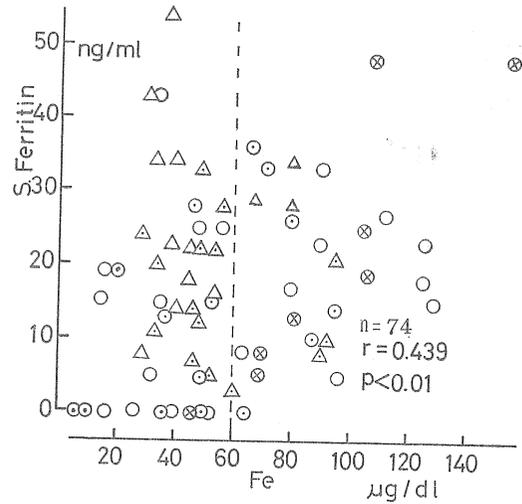


図 1-6 血清鉄と血清フェリチン値相関図

(8.3±5.4%), バスケットCチーム (8.5±3.8%) がバレーBチーム (3.1±1.4%) に比し有意 ( $P < 0.05$ ) に高値であり、バスケットDチームは、5.0±1.3%で中間値を示し、Reti値とRBC, Hb, 及びMCV値との間には有意な相関関係は認められない。

血小板数 (Plat) はバスケットCチームがやや高値の傾向にあるがチーム間に有意の差は認められず、いずれも正常範囲内である。

白血球数 (WBC) はチーム間で比較すると、バスケットCチームが最も低値でバスケットDチームが高値を示しているが、いずれのチームの値も正常範囲内にある。白血球像はいずれも正常値を示し、チーム間でも特筆すべき差は認められない。

血清鉄値と血清フェリチン値 (第2項参照) との関係を見ると図 1-7 に示すように大きく分散しているが、血清フェリチン値0~5mg/mlと極端に低値を示す例 (74名中17人, 23%) では血清 Fe 60µg/dl以下の低値を示す者が多い (17名中11名, 65%)。

図 1-8 はハプトグロビン値 (Hp) の分布を示したものである。ハプトグロビン値は血清フェリチン値と極めて類似した分布型を示し、低値にモードをもっている。ハプトグロビン値は血清フェリチン値と同様個人差が大きく、Hb値や血清Fe

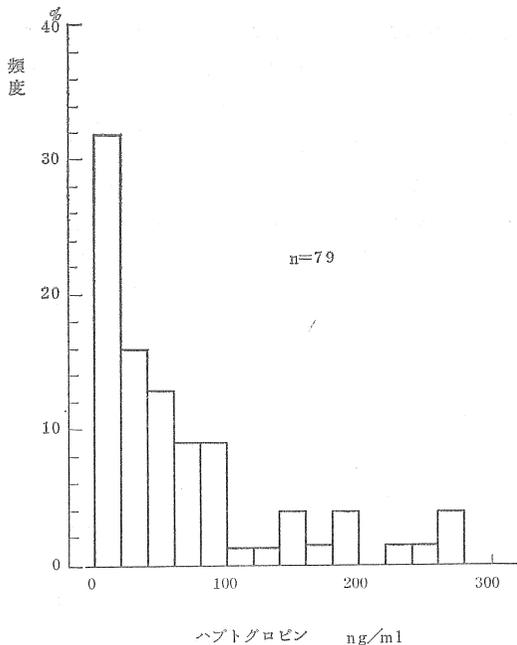


図 1-7 女子スポーツ選手のハプトグロビン値分布図

値との相関関係は認められないがハプトグロビン値 20 mg/ml 以下の低値を示す者 (74名中23名, 31%) は血清 Fe 値も低値を示す傾向にある (血清 Fe 60  $\mu$ g/ml 以下を示す者は23名中17名で74%の出現頻度)。

血清総蛋白値 (T.P) はいずれも正常範囲内にあるがチーム間で比較するとバスケット D チームが最も高値 (7.7  $\pm$  0.3 g/dl) である。他チームは 7.2 ~ 7.4 g/dl である。

T.P 値と Hb 値及び血清 Fe 値との関連性について検討してみると, T.P 値と Hb 値の相関係数は  $r = 0.326$  ( $P < 0.0001$ ), 血清 Fe 値とは  $r = 0.319$  ( $P < 0.001$ ) であり高い相関関係は認められないが, TP 値が低い者 ( $n = 8$ , 6.7  $\pm$  0.1 g/dl) の Hb 値は 12.3  $\pm$  1.2 g/dl, 血清 Fe 値は 40.0  $\pm$  20.2  $\mu$ g/ml であるが, TP 値が高い者 ( $n = 7$ , 8.0  $\pm$  0.1 g/dl) では Hb 値 14.3  $\pm$  0.6 g/dl, 血清 Fe 値 81.4  $\pm$  27.4  $\mu$ g/ml であり TP 値が高値である者は Hb 値, 血清 Fe 値いずれも有意 ( $P < 0.001$ ) に高値である。

血清蛋白分画値はいずれも正常範囲内にあり, チーム間では有意な差異は認められない。

LDH 活性値は一般に高値であり, バスケット

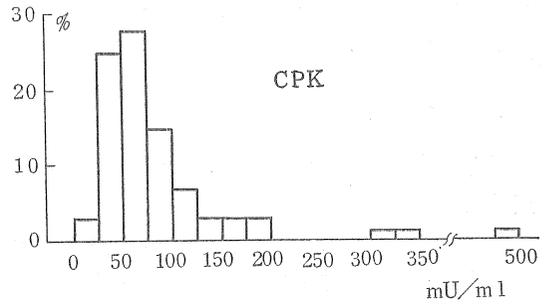


図 1-8 血清 CPK 活性値分布図

D チーム 以外は正常値 (100 ~ 300 mU/ml) を越えている。これらのチーム間では有意な差異は認められないが, バスケット D チーム (254.4  $\pm$  40.2 mU/ml) はチーム間では最も低値であった (正常値上限)。

LDH 分画値は一般に LDH<sub>1</sub> が正常値 (21 ~ 33%) に比してやや高値を示し, LDH<sub>2</sub> はやや低値である。LDH<sub>3</sub> ~ LDH<sub>5</sub> はいずれも正常範囲内である。LDH 分画値いずれもチーム間では有意な差異は認められない。

GOT, GPT, アルカリフォスファターゼ及びアルドラーゼ活性はいずれのチームにおいても正常範囲内にあり, チーム間では有意な差異は認められない。

図 1-8 は血清 CPK 活性値の度数分布図であり, 一般に正常値 (5 ~ 40 mU/ml) に比し高値である。特にバスケット選手群 E の平均値は 168.6  $\pm$  140.6 mU/ml で正常値上限の約 4 倍位の活性値を示している。バスケット D チームは最も低値で 39.8  $\pm$  18.9 mU/ml の正常値上限を示している。

中性脂肪 (TG), 総コレステロール (TC) はいずれも正常値範囲内であるが, チーム中バスケット D チームは TG, TC 値ともに最も高値を示し, とくに TC 値は正常値上限であり, 同年代の健常人の値<sup>9)</sup>に比較すると約 40 mg/dl 高値である。TG 値はバレー B チーム (57.5  $\pm$  10.0 mg/dl) が低く, 他はほぼ同程度である。TC 値はバスケット D が特に高い値を示している (223.3  $\pm$  36.5 mg/dl) が, A, B, C, D チームはほぼ同程度である。

$\beta$ -リポ蛋白はバスケット D チーム以外

ではまったく同程度で  $1.7 \pm 0.5$  mm であるが、バスケットDチームは  $2.5 \pm 0.5$  mm であり他チームに比し有意 ( $P < 0.05$ ) に高値である。

遊離脂肪酸 (NEFA) 値はバスケットAチームと陸上選手群F, Aがやや高値であるがいずれも正常範囲内である。

血清電解質 Na, K, Cl はいずれも正常範囲内にありチーム間に有意な差異は認められない。

#### (4) 考察

スポーツ選手の貧血は健康管理の上からも競技力向上の点からも重要課題であり、本プロジェクト研究はスポーツ選手の貧血発生の実態把握、貧血発生機転とその予防を目的に組織された。第1報及び日本体育協会診療所受診統計により Hb 値  $12 \text{ g/dl}$  以下の低ヘモグロビン値は陸上競技、バレーボール、バスケットボールなどに高頻度に出現することが示された。

運動による貧血の成因に関して多くの報告がある。Broun<sup>7)</sup>, Davis, Herxheimer<sup>6)</sup> らによれば激運動により赤血球破壊が亢進する。一方、運動により筋蛋白の合成亢進がおり赤血球新生に利用されるべき蛋白が減少し、新生阻害がおり貧血を生じる、と述べている。又、長時間の行軍、マラソン及び剣道などでは足蹠部の血管の中を流れる赤血球が機械的にこわされておけるとも言われている。

貧血者の運動能力について伊藤等<sup>10)</sup> 及び OHIRA<sup>11)</sup> の報告がある。

伊藤等は未鍛練女子学生を対象に低 Hb 値を示す群 ( $n=6$ , Hb 値  $9.4 \pm 1.2 \text{ g/dl}$ ) と高 Hb 値を示す群 ( $n=5$ ,  $15.9 \pm 0.2 \text{ g/dl}$ ) にそれぞれ自転車エルゴメーターによる運動負荷し両群に physical performance に有意な差異がないことを報告している。一方、OHIRA は鉄欠乏性貧血を示すセイロン人 (Hb 値  $6.6 \pm 0.6 \text{ g/dl}$ ) を対象に鉄投与後に運動負荷し physical performance が向上したことを報告している。又、井上等<sup>14)</sup> は Hb 値  $12 \sim 14 \text{ g/dl}$  の健常女子学生に1日 50 mg ずつ1週間鉄投与したが Hb 値には有意な上昇を認めなかったことを報告している。

以上の結果から、未鍛練者の場合、極端に Hb 値が低い場合には physical performance も劣っ

ているが Hb 値  $9 \sim 10 \text{ g/dl}$  程度の場合には physical performance に影響のみられない場合もあることになるが、この点についてはさらに検討を加える必要があろう。

第2報では日本リーグ及び実業団リーグに所属する女子バスケットボール、バレーボール選手、大学、高校陸上競技選手など延べ74名を対象に、①貧血発生の実態把握、②貧血発生機転について血液性状とくに貯蔵鉄の指標と考えられる血清フェリチン及び血管内溶血の指標と考えられるハプトグロビン値を中心に以下の考察を加えたい。

Hb 値  $12 \text{ g/dl}$  以下の発生頻度は74名中11名 (14.8%) で第1報の一流バレーボール選手を対象にした場合に比し低値であるが、Dチームすなわち練習量が比較的少ない大学バスケットチームを除外し、練習量に大差がないと思われる者66名についてみると、Hb 値  $12 \text{ g/dl}$  以下の出現頻度は16.7%で第1報とほぼ同様の結果である。

Hb 値及びそれに関連する血清 Fe 値、血清フェリチン値、血清ハプトグロビン値などの間には有意な相関関係は認められなかった。これは血清 Fe 値、血清フェリチン値及び血清ハプトグロビン値などは個人差が大きく、正規分布をせずフェリチンやハプトグロビンなどは低値にモードをもっているためと考えられる。しかし、血清フェリチンやハプトグロビンなどが極めて低値を示した者は血清 Fe も低値を示す傾向にあった。

一般にスポーツ選手の血液検査値とくに Hb 値、Ht 値、血清 Fe 値などは正常範囲内でも低値を示す傾向にあるが、中には正常値上限もしくは正常値を越える検査値を示す者もいる。そこで、本研究の対象のうちとくに Hb 値が高値を示す群を対照として、低値群の貧血成因について考えてみると、低ヘモグロビン値を示す群 (A群:  $n=11$ , Hb 値  $10.6 \pm 0.9 \text{ g/dl}$ ) の血清 Fe 値は  $22.6 \pm 12.0 \mu\text{g/dl}$  であり、高ヘモグロビン値を示す群 (B群:  $n=12$ , Hb 値  $14.6 \pm 0.5 \text{ g/dl}$ ) の血清 Fe 値  $82.2 \pm 22.4 \mu\text{g/dl}$  に比し有意 ( $P < 0.001$ ) に低値である。又、UIBC はA群、 $363.3 \pm 52.1 \mu\text{g/dl}$  でB群の  $315.0 \pm 43.2 \mu\text{g/dl}$  に比し有意 ( $P < 0.05$ ) に高値を示し、鉄飽和率 (Sat) はA群  $8.3 \pm 7.9\%$ , B群  $20.7 \pm 8.2\%$  ( $P < 0.05$ )

である。これらの結果はA群のHb低値が鉄欠乏に起因することを示唆するものである。とくに鉄飽和率値 $8.3 \pm 7.9\%$ は宮崎<sup>12)</sup>が指摘する中等度～高度鉄欠乏性貧血の分類に属するものである。しかし、貯蔵鉄の指標と考えられる血清フェリチン値が極度に低値を示す場合は血清Fe値も低値を示す傾向にあるが、平均値で比較するかぎりA・B両群間には有意な差は認められない。一方、血管内溶血が亢進すると血清ハプトグロビンの減少の起ることが知られているのでこの値をみると、A群 $59.8 \pm 60.8 \text{ mg/ml}$ 、B群 $88.1 \pm 68.1 \text{ mg/ml}$ でA群はB群にくらべて有意( $P < 0.05$ )に低値を示した。一方溶血のさい増加する網状赤血球(Rati)は両群とも正常範囲内にあるが、これもA群( $9.6 \pm 3.6\%$ )はB群( $4.8 \pm 2.7\%$ )に比して有意( $P < 0.005$ )に増加している。これらの結果からA群はB群に比し血管内溶血がやや多いことが示唆される。

以上のことから本研究の対象者の低ヘモグロビン値は鉄欠乏に起因すると同時に溶血も関与していると考えられる。

#### (5) まとめ

本プロジェクト研究第2報では社会人及び学生バスケットボール、バレーボール、陸上競技選手74名を対象に貧血発生の実態及びその要因解明を目的に検討した結果、次のような血液検査結果を得た。

1) Hb値  $12 \text{ g/dl}$  以下の発生頻度は74名中11名で $14.9\%$ であった。鍛練度の少ない大学バスケットDチームの選手を除外すると66名中11名で $16.7\%$ であった。

2) 血清鉄値は一般に低値であり、チーム間ではバレーA・B、バスケットCチームが特に低値を示した。

3) 血清鉄値とHb値とは相関係数 $Y = 0.540$ の有意な相関関係を示した。

4) 血清フェリチン及びハプトグロビンは低値にモードをもち、血清フェリチンが $0 \sim 5 \text{ mg/dl}$ と極端に低値を示す者に血清鉄 $60 \mu\text{g/ml}$ 以下の値を示す者が多かった。

5) 血清鉄 $60 \mu\text{g/dl}$ 以下の者の間では血清フェリチン値との間に $r = 0.439$  ( $P < 0.01$ )の相

関を認めた。

6) 低Hb ( $10.6 \pm 0.9 \text{ g/dl}$ ,  $n = 11$ )を示す者は高Hb値 ( $14.6 \pm 0.5 \text{ g/dl}$ ,  $n = 12$ )を示す者に比較すると血清鉄、鉄飽和率、血清ハプトグロビン値が有意な低値を示し、UIBC値は有意な高値を示した。血清フェリチン値は両者間に有意な差を認めなかった。

## 2. 女子選手の血清フェリチン濃度

### 一とくに鉄欠乏症の発生状況の推定について一

感度の鋭敏なIRMA (immunoradiometric assay)が開発されて以来<sup>1)</sup>、これまで細胞内成分とみられていたフェリチンが血清正常成分として検出されるようになった。なお血清フェリチン濃度は健康人においてはその貯蔵鉄量を忠実に反映するものであることが、最近確かめられている<sup>2)3)4)</sup>。

血清フェリチン濃度と貯蔵鉄との関係を検討した報告によると、

(i) 健康成人では血清フェリチン濃度 $1 \text{ ng/ml}$ は貯蔵鉄量 $8 \text{ mg}$ に相当すると言う<sup>4)</sup>。

(ii) 健康成人の血清フェリチン濃度平均値は英国、米国の調査結果では以下の如くなる。

	英 国 <sup>2)</sup>		米 国 <sup>3)</sup>	
	調査例数	平均値	調査例数	平均値
成人男子	280名	$123 \text{ ng/ml}$	174名	$94 \text{ ng/ml}$
成人女子	153名	$56 \text{ ng/ml}$	152名	$34 \text{ ng/ml}$

(iii) 血清フェリチン濃度より鉄欠乏症と判定するための限界値は $12 \text{ ng/ml}$ 、または $15 \text{ ng/ml}$ 以下と推定される。

今回、スポーツ選手とくに女子選手の鉄栄養状態を判定する目的で、血清フェリチン濃度測定を実施したので、以下にその方法と結果について述べる。

#### (1) 方法

<sup>125</sup>I 標識抗ヒトフェリチン抗体を使用する2相型IRMAの吉野らの変法によって測定した。測定値は4回測定の平均値で表わした。

検査対象は(1)女子選手(総計88名)、(2)一般の女子短大生(12名)に運動負荷時の経時推移の調査の2項目である。

(2) 結果と考察

(a) 女子選手の血清フェリチン濃度について

表 2-1, 図 2-1 に示した。総数74例の測定により,  $19.8 \pm 17.6 \text{ ng/ml}$  (平均値 $\pm$ 1SD), SEM は $\pm 1.8$ であった。またその分布は低濃度に偏った非対称型となった。なお鉄欠乏症の限界値と考えられる  $12 \text{ ng/ml}$  または  $15 \text{ ng/ml}$  以下の発生頻度はそれぞれ31例 (35.2%), または42例(47.7%)となった。

さらに表 2-1 に示す如くに女子選手の血清フェリチン濃度を同年令の一般女子と比較すると, 濃度分布はほぼ同水準にあるのを認められた。

以上の結果をまとめてみると, 女子選手の血清フェリチン濃度は平均して低値であり, 鉄欠乏症

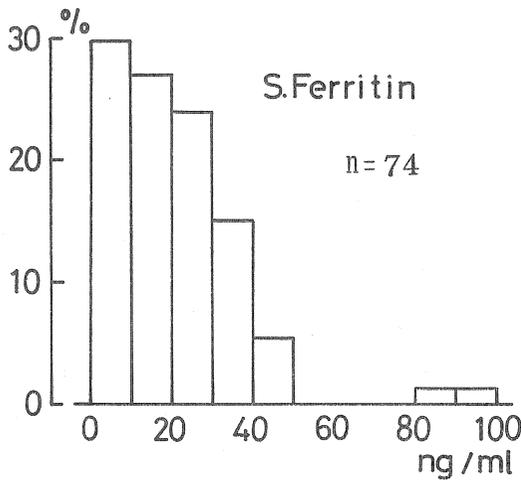


図 2-1

表 2-1 女子の血清フェリチン値

調査対象		人員	平均値 ng/dl	標準偏差
スポーツ選手	バレーボールチーム { A	13	30.9	22.5
	B	17	16.8	8.2
	バスケットボール { C	15	13.3	12.3
	チーム { D	8	20.8	17.4
	バスケット選手群 E	9	13.3	14.0
	陸上選手群 F	12	23.7	22.5
合計		74	19.8	17.6
一般	女子短大生	12	30.6	16.8
	女子高校生	183	18.9	21.9
	看護学院生	41	10.3	12.5
	男子医科大生	53	58.9	37.3

発生の危険率は約40%とみられた。したがって鉄欠乏傾向にあるのは明白であるが, しかし, 一般女子の血清フェリチン濃度平均値と比較すると, ほぼ同水準である。したがって鉄欠乏傾向は女子選手にのみ特異的特徴というよりも, むしろ日本人青年女子の特徴であろうと考えられる。

(b) 一般女子短大生の短期間合宿による集中的トレーニングによる血清フェリチン濃度の変動について

合宿練習開始前, 終了後及び終了1カ月経過後の血清フェリチン値の動態を図 2-2 に示した。合宿練習開始前の血清フェリチン値は, 対照群が  $43.0 \pm 16.3 \text{ ng/ml}$  実験群は  $38.9 \pm 22.3 \text{ ng/ml}$  であり両群間に有意差はなかった。合宿終了後の対照群は  $29.5 \pm 20.9 \text{ ng/ml}$  であり合宿開始前値と有意差はなかったが, 実験群では合宿終了後に  $26.9 \pm 17.5 \text{ ng/ml}$  となり, その差  $12.0 \pm 11.9 \text{ ng/ml}$  の有意な低下 ( $P < 0.001$ ) となった。合宿終了1カ月経過後の対照群値は  $30.8 \pm 28.2 \text{ ng/ml}$  となり若干低下傾向を示したが有意ではなかった。しかし, 実験群値は  $22.9 \pm 9.3 \text{ ng/ml}$  となり, 合宿前より  $14.9 \pm 15.7 \text{ ng/ml}$  の有意な低下 ( $P < 0.01$ ) となった。

対照群のヘモグロビン値は合宿終了後に若干低

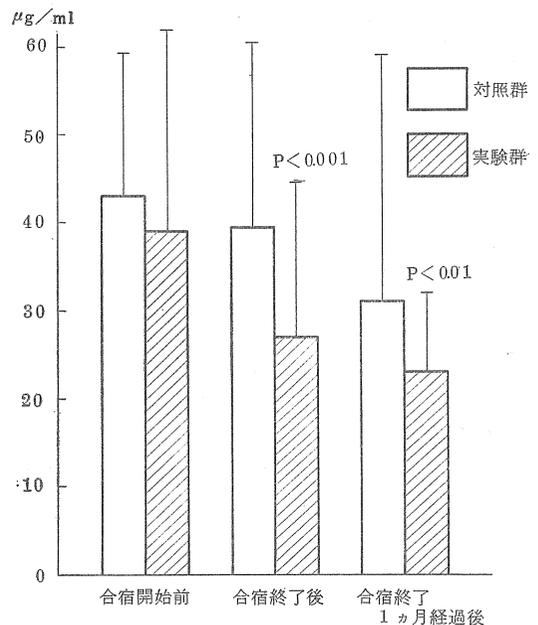


図 2-2 血清フェリチン値

下し、終了1カ月経過後には合宿前値に戻っているが、血清フェリチン値の場合はむしろ遅れて1カ月経過後に若干低下傾向を示した。実験群のヘモグロビン値は合宿終了後に著しく低下し、1カ月経過後には対照群同様に合宿前値に戻っているが、血清フェリチン値は合宿終了後にすでに低下し、その後の1カ月経過後には対照群同様に合宿前値に戻らないばかりか更に低下する傾向となった。

### (3) まとめ

貯蔵鉄量は女子スポーツ選手においては鉄欠乏傾向にあるが、これは青年女子に一般にみとめられる鉄欠乏傾向と同種のものであることが認められた。貯蔵鉄量は食物含有鉄よりの吸収量と生体よりの排泄量の動的平衡の上に維持され、その恒常性が保たれることは当然の現象である。鉄排泄量が発汗過多の要因のため、多量になっているのは既に本研究班によってみとめられているが、生体機能の恒常性維持機構の働きにより、鉄吸収量の増加によって代償され、上記の、全体としては女子選手は鉄欠乏症とはいえないという所見を得られたものと想像される。

## 3. 栄養摂取量の調査

目的：運動選手、特に女子バレーボールの選手には貧血者の頻度が高い。その背景として栄養摂取状況を知ることが目的とした。

対象・方法：昭和50年度に食事調査を実施した

合宿生活をしている社会人バレーボールチームの中、2チーム、AチームとBチームについて行った。調査期間中の両チームの生活時間を表3-1に示す。調査方法は前回と同様、調査員の泊り込みによる秤量を中心に行った。

## 結果

### (1) 調査時の食生活、練習状況

1) Aチーム：調査時は東京合宿の時期に当り練習は近所の小学校を借りて連日午前9時から午後5時まで行なわれていた。これに対してふだんは午前中出勤、勤務、午後日によって異なった体育館へ行って7時頃まで練習している。調査時には、いつもは共同生活をしていないコーチが合宿に加わり、嚴重に生活を管理していたので寮の食事担当者によればいつもよりも清涼飲料水、菓子が少なくなっていた。しかし、昨年度よりも、かなり選手が残食を出すようになっていた。

調理は専任の男性調理師1名が3食とも調製し、昼食は弁当とした。調査時期は暑く、発汗も多いと考えられたが塩を入れた麦茶を記録外にかなり飲用していた。

2) Bチーム：16名の選手と1人のマネージャーが寮で共同生活をしている。食事は夕食のみをここで調製して会食する。朝食ならびに昼食は会社の食堂でとる。食堂のメニューには三段階あるほか麺類があり自分で好みのものを運んで食べる。ただし遅れて選択の余地がなくなる場合が多い。また自費であるためなるべく安価なものをえ

表 3-1 チームの生活時間

A チーム (n=12) 8月8日~10日	B チーム (n=17) 8月23日~27日
6:00 起床 早朝練習 (体操・ランニング)	5:30 起床・早朝自主トレーニング
7:00 帰寮・食事・身仕度	7:30 出勤 (徒歩), 更衣
8:30 寮出発	8:00 朝食
8:50 } 練習	8:30 勤務
12:00 } 昼食	12:30 昼食
12:30 } 昼寝	12:45 身仕度・清掃
2:00 } 練習	1:15 練習
6:00 } 練習	6:40 反省会, 整理体操, 後片付け
7:00 帰寮・夕食	7:00 退社, 帰寮
10:00 消灯	8:00 夕食
	10:00 ミーティング (30分)
	11:30 消灯

表 3-2 食 事 の 献 立

		A チ ー ム			B チ ー ム				
		8 月 8 日	8 月 9 日	8 月 10 日					
朝 食	朝 食	パン マーガリン ジャム サラダ 鶏肉 ウィンナー ソーセージ 野菜 マヨネーズ 牛乳	パン サラダ ハム 野菜 卵 牛乳 菓子(カステラ様)	サラダ かに 野菜 牛乳	朝食例 (全員毎日別) 6例 1) カルピスソーダ, トースト 2) 飯, 支那竹煮物, 卵, 大根おろし, 清涼飲料水, 牛乳, トマトジュース 3) 卵, 清涼飲料水 4) トースト, 清涼飲料水 2本, 野菜ソテー, 茹小豆, 食パン 5) 飯, みそ汁, 納豆, 白菜したし物, 卵 6) カップめん, 乳酸飲料, トースト, 清涼飲料水, チーズかまぼこ, コーヒー				
	昼 食	飯 鮭フライ いんげんソテー しゅうまい 牛乳 漬物 佃煮	飯 鶏の唐揚 人参と牛蒡煮付 さゆうり かまぼこ 牛乳 漬物 佃煮	飯, 紅生姜 さやいんげんのベーコン巻 野菜卵とじ ワインナチソーセージ トマト 瓜 牛乳 佃煮	朝食例 (全員食堂で選択) 7例 1) 飯, ふりかけ, たぬきそば, 漬物 2) 牛丼, 焼いわし (1尾), 漬物, みそ汁 3) 飯, 冷麦, コロッケ, 春雨酢の物, 青りんご, 鶏唐揚 4) 飯, 天ぷらうどん, コーンコロッケ, キャベツ酢の物 5) カレーライス, コーンコロッケ, パン 6) 飯, たぬきうどん, やきそば, いか揚げ物, サラダ 7) 飯, 漬物, チキンカツ, ポテトサラダ, せんきゃべツ				
夕 食	夕 食	飯 酢豚 納豆 豆腐味噌汁 牛乳	飯 レバー串焼 玉子豆腐 みそ汁 漬物 牛乳	飯 いかのスベイン風 スパゲティ ベツ添 里芋煮付 豚汁 牛乳	8月23日 飯 オムレツ せんきゃべツ わんたま たんたん あんぱ 冷奴 即席漬	8月24日 ドライカレー 鶏肉の黄金焼 スープ フルーツサラダ 即席漬	8月25日 飯 揚げ茹子の肉みそかけ 春巻 レタス みそ汁 サラダ 即席漬	8月26日 飯 野菜炒め サラダ おでん みそ汁	8月27日 五日寿司 焼き肉 サラダ みそ汁
	間 食	桃	水瓜	水瓜 はちみつレモン	パイナップル 桃 和菓子	ぶどう カステラ	りんご なし チョコレート	大福 せんべい	ビスケット せんべい 桃 ミルキー カルピス

(注) Bチームの朝食及び昼食は個人ごとに異なるので, その代表的な献立例を示した。

らぶ傾向が見られた。

生活時間は表 3-1 のようであるが大綱としては午前勤務、午後練習で A チームよりは練習量が少なく、生活はほぼ日常通りと考えられた。体育館は自社内にあり便利であるが、社内対抗各種行事のため夕刻の練習時間は制限される時が屢々ある。各種の清涼飲料水の自動販売機が近くに多いため、飲用量が多い。調査時には夏休みで地方から高校生チームが 2 組練習のため参加していた。夕食はマネージャーが早目に帰寮して一人で準備し、配膳等は選手が手伝っていた。なお会社食堂の献立、栄養価等は食堂栄養士から材料表などを得た。又監督は同じ宿所で生活しており每晚ミーティングが行なわれていた。両チームの献立を一部紹介したのが表 3-2 である。B チームでは朝・昼は各人で選択が異なるので幾つかの例を示した。

## (2) 栄養素摂取状態

### 1) エネルギー摂取量

各チームの平均エネルギー摂取量は A チーム 3,147 Cal, B チーム 3,140 Cal ではほぼ等しかった(表 3-3)。個人間変動は A チームの方がやや高い。

毎日の平均エネルギー摂取量の変動は A チームで最大 530 Cal, B チームで 500 Cal であった(表 3-4)。この差は主に献立の違いによるものであろう。同一人のエネルギー摂取量の日差変動では

最大が A チームで 1,030 Cal, B チームで 1,200 Cal が 3 名であった。種々の条件で調査日数が制約されたのでその変動をも考えると、この期間の摂取量が必ずしも日常のそれを完全に反映しているとはいえないが一応は個人についてもチームについても傾向は把握できたものと思われる。

単位体重当りのエネルギー摂取量は A チーム

表 3-3 平均栄養素摂取量

		A チーム	B チーム
熱 量	Cal	3147±377	3140±219
たんぱく質	全 g	110.2±8.8	90.1±9.8
	動 g	76.4±5.1	45.2±7.5
脂 質	g	114.3±13.4	104.5±10.4
糖 質	g	419.5±60.7	457.6±38.3
カルシウム	mg	1475.7±164	861.6±123
鉄	全 mg	13.1±1.2	15.8±1.4
	動 mg	4.8±0.5	4.1±0.8
ビ タ ミ ン	A Iu	2597±442	1806±341
	B <sub>1</sub> mg	1.5±0.2	1.51±0.2
	B <sub>2</sub> mg	2.7±0.2	1.5±0.2
	C mg	136±34	129±30.1
熱量百分率			
たんぱく質	%	14.0	11.5
脂 質	%	32.7	29.9
糖 質	%	53.3	58.3
動物蛋白比		69.3	50.1
1000Cal 当り鉄	mg	4.12	5.03
〃 ビタミン B <sub>1</sub>	mg	0.476	0.480
〃 ビタミン B <sub>2</sub>	mg	0.858	0.477

表 3-4 栄養素摂取量 (チーム平均値) の日差変動

日	Cal	Prot		Fat	CH	Ca	Fe		Vit					
		全	動				全	動	A	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	C		
A チーム	1	3447.9	121.1	83.5	149.4	402.5	1406.0	13.7	3.9	2225.0	1.8	2.6	139.3	
	2	2916.8	107.2	78.1	92.8	414.7	1553.1	13.7	7.1	3297.8	1.2	2.9	78.4	
	3	3203.5	105.9	70.1	110.7	442.8	1479.5	12.2	3.1	2172.2	1.5	2.7	196.6	
	n = 3	$\bar{x}$	3189.4	111.4	77.2	117.6	420.0	1479.5	13.2	4.7	2565.0	1.5	2.7	138.1
	S D		265.8	8.4	6.7	28.9	20.7	73.6	0.9	2.1	635.2	0.3	0.2	59.1
B チーム	1	2980.1	89.6	43.9	94.5	427.9	1034.4	16.9	5.2	2044.1	1.6	1.6	219.4	
	2	3391.2	97.6	55.4	111.4	500.0	789.0	15.5	3.2	2032.7	1.3	1.6	90.7	
	3	2890.4	76.6	29.6	101.7	420.6	787.8	15.1	2.8	1506.4	1.5	1.4	126.6	
	4	3154.9	102.9	55.9	101.9	451.6	860.4	16.1	5.2	1770.1	1.3	1.5	97.4	
	5	3186.4	87.2	40.4	109.5	460.5	752.9	16.2	4.2	1915.1	1.7	1.5	115.0	
	n = 5	$\bar{x}$	3120.6	90.8	45.0	103.8	452.1	844.9	16.0	4.1	1853.7	1.5	1.5	129.8
S D		194.6	10.1	11.0	6.8	31.4	112.9	0.7	1.1	223.4	0.2	0.1	52.0	

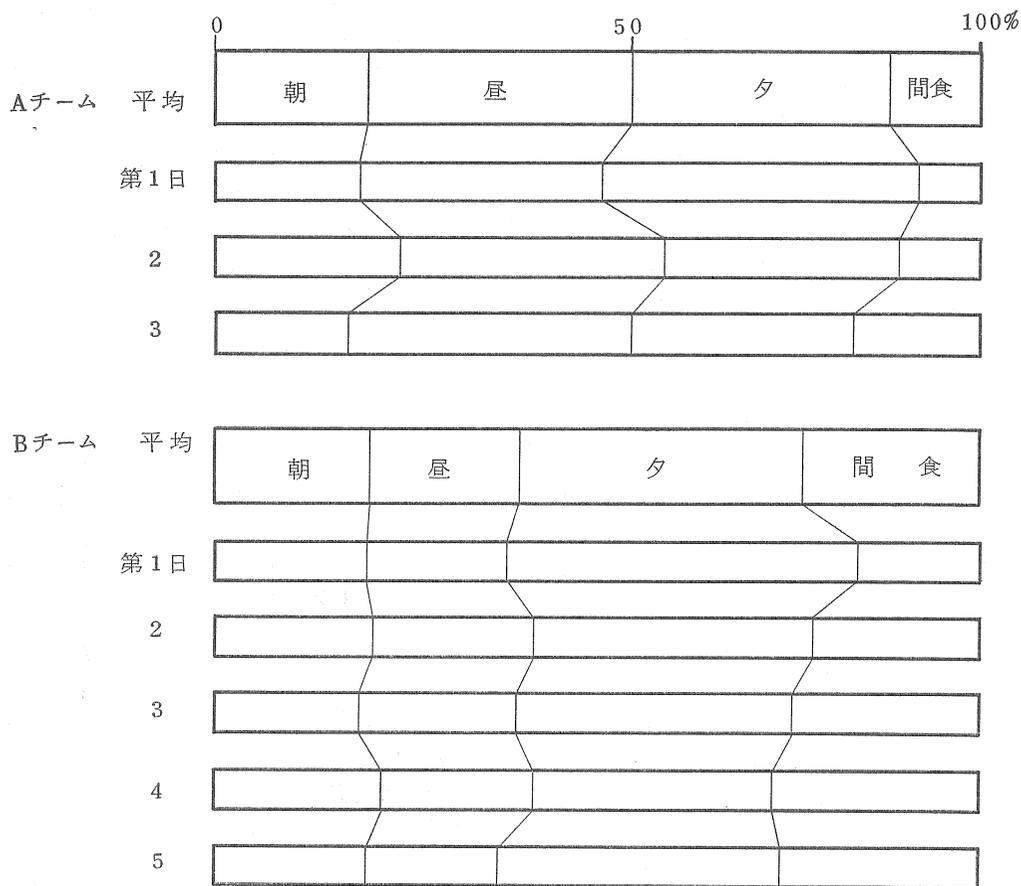


図 3-1 朝、昼、夕、間食別 エネルギー配分

48.2Cal/kg, Bチーム 50.8 Cal/kg であった。基礎代謝が普通労作従事者よりも4%高いとし、エネルギー出納が0と仮定して生活々動指数xを求めたのが、体重1kg当り基礎代謝を23.5Calの4%増しとして求めたxはAチームが0.78, Bチームが0.87であり、体表面積当り基礎代謝を34.7Calの4%増しとして求めたxはAチーム0.93, Bチーム0.95であった。求めた生活々動指数は重い労作強度を示している。

エネルギー摂取量の個人差は測定期間の範囲で見られた所ではAチームは最高3,640Cal, 最低2,470Calと1,200Cal以上の差がみられた。2,400Cal~2,500Calの2名は新しく入団した選手でまだ充分合宿生活になれていない(表3-7)。摂取エネルギーの個人毎分布は単位体重当り36~56Calであった。Bチームでは最高が3,646Cal,

最低が2,853Cal, 体重当りでは、最高が65.2Cal/kg, 最低は42.1Cal/kgであった。

食事ごとのエネルギー配分はチームで著しく差があり、Aチームは昼に多く、間食はBチームに比べ少ない(図3-1)。

#### 2) 熱量素百分率, 熱量素摂取状態

脂質摂取量はAチームでは第1日149g, 第2日92g, 第3日110g, 平均117gで、その熱量比はそれぞれ39%, 29%, 31%, 平均33%を占め日本人の食事としてはやや高脂肪であった。これに対してBチームでは脂質摂取量は第1日の94gが最低で2日目の111gが最高であり、脂肪熱量百分率は28.5%~31%平均30%となっていた。個人的にはAチームは全員30%以上、範囲は30~35.6%であり、Bチームは26%~33%とやや低目であった。

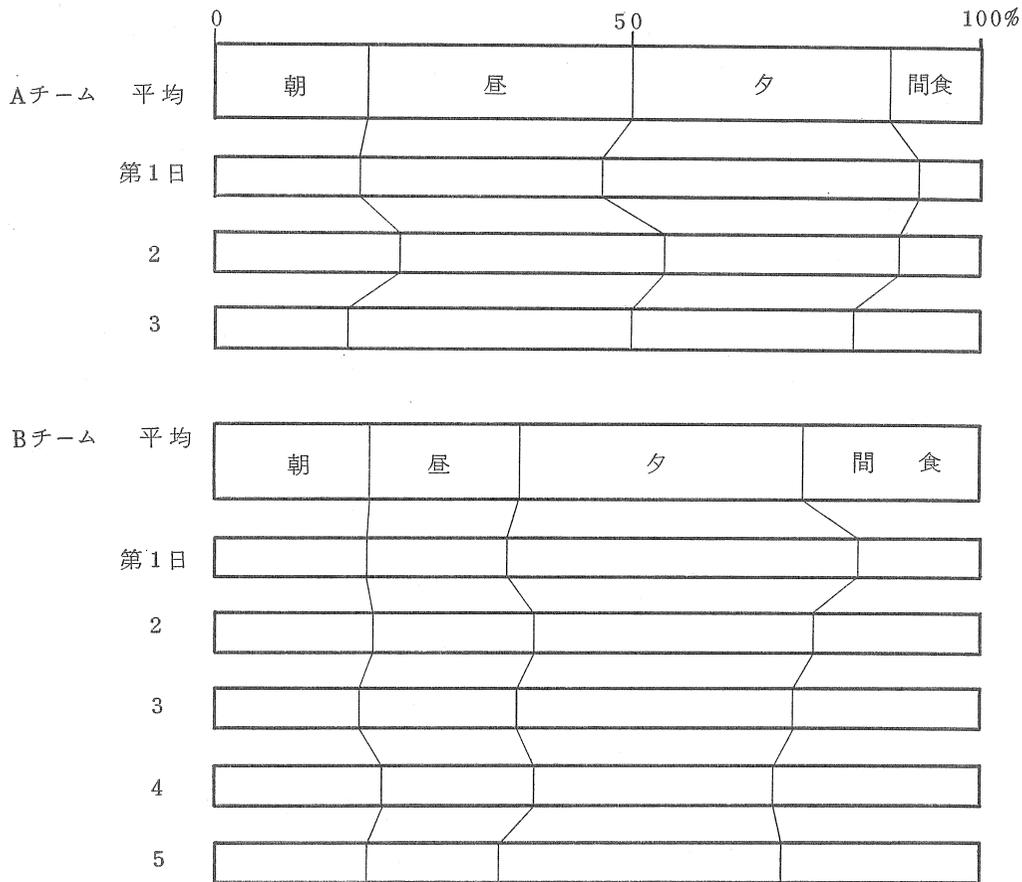


図 3-2 エネルギー源別エネルギー配分

表 3-5 食品群別エネルギー割合

単位は 80cal 分の食品を 1 点とする。

		合計	乳	卵	A+B	C	豆・豆製品	緑	淡	芋	果物	穀類	砂糖	油脂	菓子	飲料	その他
Aチーム	1 日目	42.60	7.30	0.45	2.01	6.93	2.31	0.31	1.45		1.15	12.58	1.94	5.64	0.06	0.16	0.33
	2	35.07	8.37	1.93	1.50	1.35	0.68	0.29	0.75		1.33	11.81	2.81	3.43	0.29	0.43	0.09
	3	39.16	8.00	0.20	1.56	4.75	0.51	0.30	2.14	1.61	2.60	11.23	1.82	3.30	0.85	0.14	0.18
	3 日間平均	38.59	7.91	0.88	1.53	4.23	1.12	0.30	1.46	0.55	1.69	11.76	2.17	4.02	0.40	0.24	0.19
	%		20.5	2.3	4.0	11.0	2.9	0.8	3.8	1.4	4.4	30.5	5.6	10.4	1.0	0.6	0.5
Bチーム	1 日目	37.30	3.16	2.47	0.21	4.86	1.31	0.07	1.43	2.10	1.39	13.29	1.40	1.77	1.63	1.24	0.90
	2	41.86	3.39	1.34	1.16	3.22	0.68	0.18	0.74	0.98	3.16	13.56	0.72	5.12	3.67	2.35	1.62
	3	35.92	2.65	0.59	0.13	4.12	0.82	0.13	1.62	0.20	1.44	13.73	0.94	3.19	3.69	1.30	1.50
	4	39.10	3.42	0.95	0.75	5.52	0.69	0.08	1.20	0.57	0.36	15.17	0.96	2.86	4.28	1.19	0.75
	5	40.89	2.55	0.98	0.31	4.80	1.21	0.18	0.93	0.69	1.01	13.74	2.25	3.17	4.81	2.38	1.90
	5 日間平均	39.06	3.04	1.27	0.48	4.51	0.94	0.13	1.19	0.91	1.47	13.90	1.25	3.22	3.61	1.68	1.32
%			7.9	3.3	1.2	11.6	2.4	0.3	3.1	2.3	3.8	35.7	3.2	8.2	9.2	4.3	3.5

A+B 魚と肉 1点 80cal 当り蛋白質10g 以上を含むもの

C " " " 10g 未満のもの

糖質摂取量は、日別ではAチームは402~442g、平均420g、Bチームでは420~500g、平均452gで、ややソニーチームで多く、個人別ではAチームは307~507g、Bチームは408~556gに分布しており、熱量比率としてはAチームで53%、Bチームで58%とBチームの方が糖質の多い食事であった。

### 3) たん白質摂取状況

総たん白質摂取量はAチーム110g、Bチーム90gで20gの差があり、動物性蛋白質では更に開いて76gと45g、動蛋白比は69%と50%とBチームが劣っている。日差ではAチームは蛋白質として121g~105g、内動物性蛋白質で83g~70gであ

り、Bチームでは総蛋白質103g~76g、動物性蛋白質56g~29gである。各人の平均摂取量の上限と下限はAチームで125~95g、動蛋白85~69g、Bチームで110~81g、動蛋白60~34gであった。従っていずれも女子の所要量60gは充分あるものの体重当りではBチームは1.46g、Aチーム1.7gでスポーツマンに一応望ましい量を2gとすれば必ずしも理想的とはいえない。

食事ごとの分布では共に夕食が最高であるが、Aチームでは昼食で蛋白質、動物性蛋白質が夕食とほぼ同じ程度にとれている。Bチームでは朝・昼の蛋白質摂取は夕食の1/2以下で動蛋白も30%、40%と低く、これが蛋白質摂取量の差の原因とな

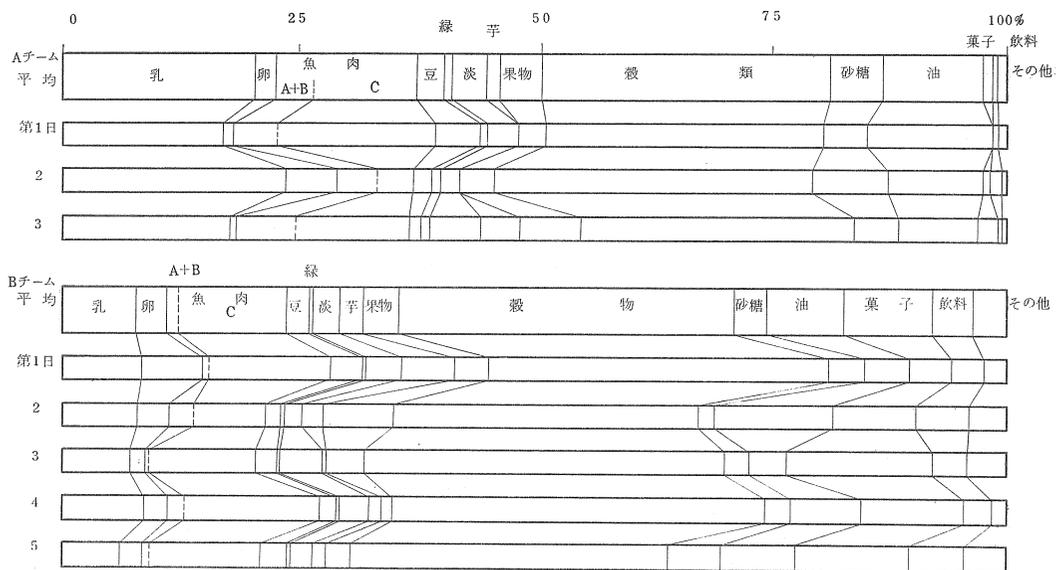


図 3-3 食品群別、エネルギー配分

表 3-6 各食事毎の栄養素摂取量

(Cal % 1,000Cal 当り)

		Cal	蛋白	動蛋白	脂肪	含炭	Ca	鉄	A	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	C	蛋白	脂肪	含炭	動蛋白比	Ca	鉄	A	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>
			g	g									Cal	Cal	Cal						
A チ ー ム	朝	670	25.6	19.9	35.0	63.0	318	2.2	641	0.39	0.59	36	15.2	47.0	37.6	77.7	475	3.28	956	0.58	0.88
	昼	1032	37.9	28.0	39.1	148.1	556	3.2	828	0.49	1.08	26	14.6	34.1	57.4	73.9	540	3.10	805	0.47	1.04
	晩	1081	40.2	24.1	42.7	133.4	350	6.3	855	0.52	0.75	29	14.8	35.5	49.4	59.9	323	5.83	790	0.48	0.69
	間	365	8.4	5.6	1.9	69.2	268	1.6	184	0.18	0.34	49	9.2	4.7	75.8	66.6	734	4.38	504	0.49	0.93
B チ ー ム	朝	636	16.6	5.1	17.7	101.1	147	3.1	328	0.20	0.25	11	10.4	25.0	63.6	30.7	231	4.87	515	0.31	0.393
	昼	617	17.0	6.9	17.1	98.4	126	3.5	423	0.28	0.24	25	11.2	24.9	63.7	40.5	204	5.67	685	0.45	0.389
	晩	1142	38.0	21.2	47.1	148.0	215	6.2	655	0.79	0.45	67	13.3	37.1	51.8	55.8	188	5.42	573	0.69	0.394
	間	710	20.6	10.2	17.6	117.9	362	3.0	409	0.23	0.55	25	11.6	22.3	66.4	49.5	509	4.22	576	0.32	0.774

っている。間食の蛋白質がBチームで夕食に次いで高いのは主として牛乳が間食として飲用されるためである(図 3-3, 表 3-6)。

#### 4) 鉄摂取量

鉄摂取量はAチームが3日平均で11.3 mg から14.7 mg に分布し、平均は13.1 mg であった。これに対しBチームは13.5 mg から18.0 mg, 平均15.8 mg とかなり高い。ただし鉄源としてAチームは動物性食品の比率が高く約37%, Bチームは26%となっていた。鉄の所要量は成人女子で12 mg であるから、これは両チームとも満たしていることになるが、体重から比較すれば14~15 mg は必要となる筈であり、且つバランスのとれた良い食事は、1,000 Cal 当り鉄含量が6 mg 以上であるべきだとするFAO/WHOの考え方を基準とするとAチームは3.8~4.7 mg, 平均4.1 mg と著しく低く、ほぼ2/3の水準となる。Bチームは4.67~5.30, 平均5.0 mg/1,000 Cal でAチームよりも高いがそれでも国民栄養調査の6.12 mg/1,000 Cal よりも低かった。食事としてはどのチームでも夕食から摂取量が最も多い。

#### 5) ビタミン類とカルシウムの摂取状況

カルシウムに関してはAチームは全員が所要量の600 mg の倍以上、平均1,475 mg, 最高は1,800 mg に達している。これに対してBチームは646 mg から1,127 mg, 平均850 mg と全員所要量は充分満たしていた。両チームとも3日間の平均摂取量の変動はAチームは1,406~1,553 mg, Bチームは752~1,034 mg で比較的カルシウムとしての日差変動が少ないのは献立および間食として牛乳が常用されているためである。これを反映して食事としてはAチームに3食とも多く、Bチームは間食に多かった。

ビタミンAの摂取量はAチームで2,000~3,450 IU, 平均2,600 IU と秀れており、平均値では日により2,170~3,300 IU の幅で変動した。Bチームはこれに対して摂取状況が悪く、1,450~2,730 IU, 平均1,830 IU であり、毎日の平均値としては1,500~2,050 IU の幅で変動していた。即ちBチームの方は所要量未達の者は16名中5名であった。

ビタミンB<sub>1</sub>の摂取量は、両チームとも平均値は

1.5 mg で、1,000 Cal 当り0.48 mg であった。但し調理損失を30%と考えれば0.34 mg/1,000 Cal となり充分とはいえない(所要量0.4 mg/1,000 Cal)。

ビタミンB<sub>2</sub>は、Aチームでは平均2.7 mg で、1,000 Cal 当り0.85 mg と充分であるが、Bチームでは平均1.5 mg で1,000 Cal 当りも0.48 mg であり、調理損失25%を見込むと0.36 mg と所要量の0.53 mg/1,000 Cal を下廻っていた。

ビタミンCは、両チームとも平均は120 mg を上廻り、所要量を充分に満たしていると考えられた。

以上栄養素摂取状況を要約すれば、エネルギー摂取状況はAチームにやや不足の傾向が観察され、蛋白質に関してはBチームが量、質共に劣り、脂肪摂取状況は両チーム共に日本人平均よりは高いがややAチームの方が高く、カルシウムは一応充たされてはいるが、鉄に関しては両チーム特にAチームが1,000 Cal 当りでは低かった。ビタミンについてはBチームはA, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> がそれぞれやや不十分であり、AチームではB<sub>1</sub> がやや不十分であったがA, B<sub>2</sub> は充たしていた。ビタミンCは両チーム共所要量を充分満たしていた(表 3-3)。

### (3) 食品摂取状況

食品群を表 3-5 の様に分類し、80カロリーの食品を1点として表わした場合の各食品群別の摂取状況について述べる。

動物性食品はAチームは乳類から平均7.9点、約630 Cal を摂取していた。これは牛乳にすれば1,070 ml になり、これはカルシウム1,070 mg, B<sub>2</sub> 1.5 mg, 蛋白質31 g, 脂肪35 g に相当し、Bチームでは乳類から1.27点、牛乳換算約170 ml で、このA, Bチームの牛乳摂取量の差が上記栄養量の両チーム間における差に大きく影響している。卵類についてはAチームは0.88点、Bチームは1.27点となっている。

魚・肉については、80 Cal 当り蛋白質が10 g 未満の脂肪の多い食品が両チームとも4~4.5点と多い。更にAチームは80カロリー当りの蛋白質が10 g 以上の食品を1.7点とって動物性蛋白質の点では充分であるが、Bチームでは0.5点にすぎ

ない。

緑黄色野菜はAチームは0.30点、Bチームは0.14点でこれが後者のビタミンAが低い理由である。穀物についてはBチームは朝、昼の食事が会社食堂での撰択で屢々、めしに麵をそえるたべ方をしているためが多く、約14点で、Aチームの12点未満よりも多い。菓子、飲料もBチームの方が多い。調理用油脂はAチームに多い。これらのために糖質量とそのカロリー比がBチームの方で高くなっている。

Aチームの菓子は第1日から3日目にかけて0.06点→0.29点→0.85点と著増し、Bチームについても1.63点→3.67点→3.69点→4.28点→4.81点と増加傾向が見られた。これは食事調査の影響であると考えられた。またAチームの間食からのエネルギーも総エネルギーの7%、10%、16%と3日目著しく増加したのも同様な理由であろう。

#### (4) 各食事ごとの栄養素配分

各食事の比重はAチームでは昼・夜が質・量共に中心であり、Bチームは夕食が中心で、間食もエネルギー的にも栄養的にも重要な役割を果たしていることは前述の通りである。

各人のエネルギーのとり方を示したのが図3-4であるが、朝・昼を合計したエネルギー摂取状況

が全体に強く影響を与えていることがよく分る。またBチームでは間食類のエネルギー源としての役割が大きいことが認められる。

その他の栄養素については図3-5に示す通りで特にBチームの朝食の悪さが蛋白質・、動蛋、脂質、カルシウム、V.A、V.B<sub>2</sub>、V.Cにみられ、間食についていえばAチームは量も少なく自制がみられるが、これが却ってカロリーの不足を招いたおそれがある。Bチームは牛乳を間食に入れ、その他も間食が多く、従って量的にも質的にも比較的よい間食をしていた。若し両チームともエネルギーを補うとすればAチームは朝と間食で、Bチームは朝食を一層充実させる余地があるように思われた。

#### Hb 12g未満者の食事

バレーボールAチームの内、ヘモグロビン12g/dl未満の者について、食事内容及び栄養素摂取量をそれぞれ表3-7及び表3-8に示した。これらの結果から、選手の食事内容及び栄養摂取の状態についての特徴を以下に記す。

選手MFの場合：鉄摂取量11.7mgと少なく、エネルギー摂取量も2,901Calと低く39Cal/kg、Xをこれから求めれば、体重を基礎として0.44、体表面積からの基礎代謝を基礎としても0.66とい

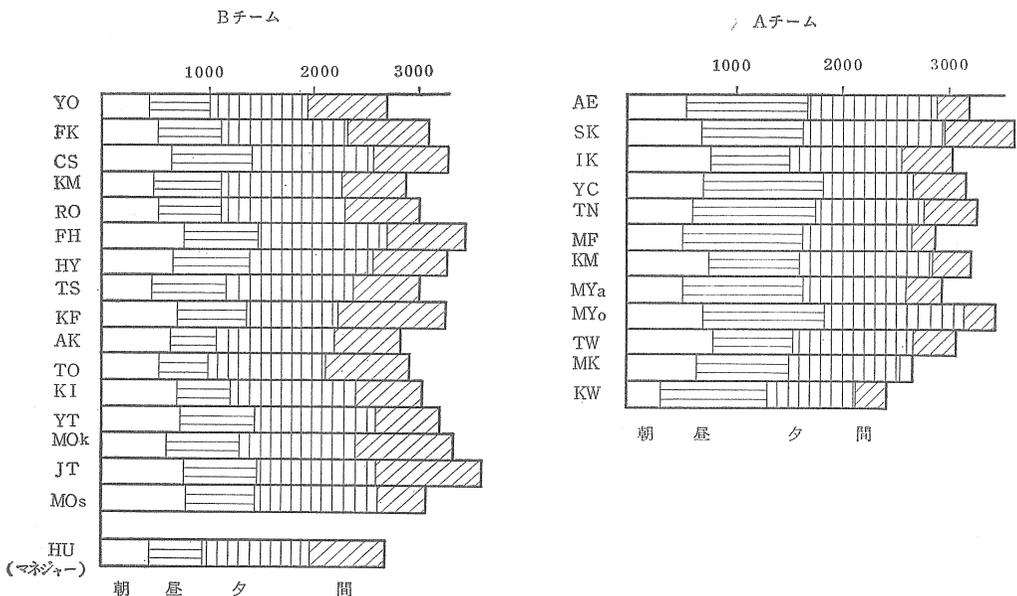


図3-4 各選手の食事別エネルギー摂取量

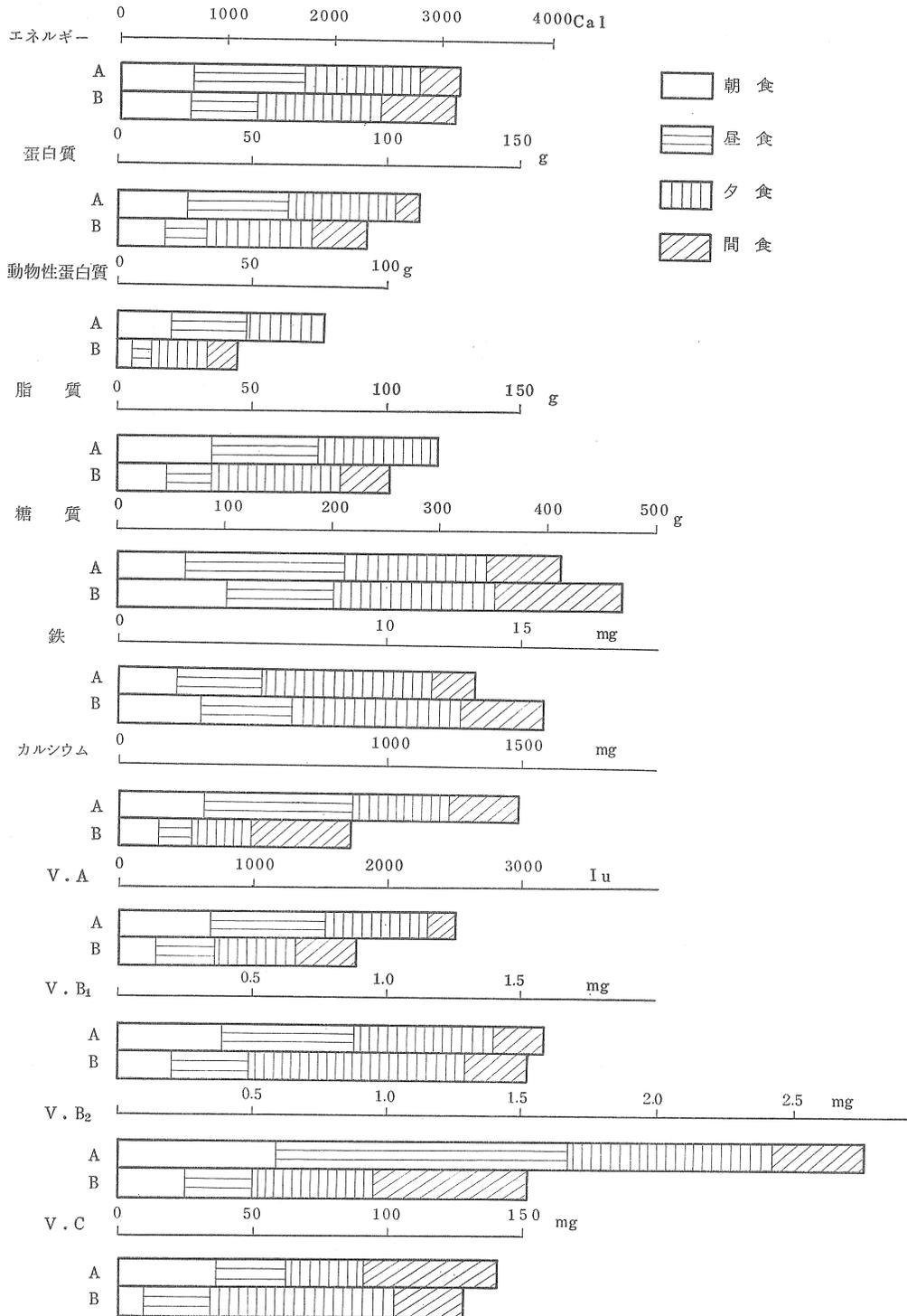


図 3-5 各食事毎の栄養素摂取量

表 3-7 Hb 12g 未満者の食事 単位は 80 Cal 分の食品を 1 点とする。

選手名	合計	朝	昼	夕	間	1 群				2 群				3 群				4 群			
						乳	卵	A	B	C	豆製品	豆	緑	淡	芋	果物	穀類	砂糖	油脂	菓子	飲料
M. F.	1 日	35.83	4.92	13.95	16.49	0.47	6.56	0.36	0.93	0.78	7.01	2.31	0.24	1.09	1.13	4.69	10.34	1.13	0.36		
	2 日	34.57	9.22	12.66	10.42	2.27	8.83	2.00	1.18	1.68	1.00	0.26	0.74	2.70	3.12	11.96	2.70	0.92			
	3 日	35.81	4.92	15.11	10.40	5.38	7.83	0.20	1.56	4.78	0.51	0.20	2.22	1.67	2.63	9.97	0.97	1.59			
	平均	35.40	6.35	13.91	12.44	2.71	7.74	0.85	0.83	0.65	4.49	1.27	0.23	1.35	1.60	3.48	10.76	1.60	0.70		
M. K.	1 日	38.43	8.80	11.24	17.39	1.00	8.38	0.32	1.09	0.60	7.01	2.31	0.24	1.00	1.53	6.35	8.41	1.53	0.16		
	2 日	30.70	9.59	9.99	10.42	0.70	7.20	2.00	1.54	1.32	1.00	0.26	0.74	2.70	2.85	9.29	0.70	0.92			
	3 日	29.38	6.12	10.93	10.94	1.39	6.99	0.20	1.56	4.38	0.51	0.22	2.01	1.67	2.76	6.30	0.97	0.99			
	平均	32.84	8.17	10.72	12.92	1.03	7.52	0.84	0.88	0.71	4.24	1.27	0.24	1.25	1.73	3.99	8.00	1.73	0.13		
M. Y a.	1 日	41.35	8.15	13.95	16.54	2.71	8.68	1.36	1.09	0.78	6.21	2.31	0.24	1.09	1.71	5.52	11.79	1.71	0.11		
	2 日	30.29	4.09	12.66	8.96	4.58	7.26	1.17	1.54	1.32	0.60	0.25	0.70	2.27	2.25	10.43	2.27	0.10			
	3 日	36.07	4.54	15.11	10.93	5.49	7.68	0.20	1.54	4.78	0.51	0.19	1.96	1.74	2.87	9.97	1.31	0.09			
	平均	35.90	5.59	13.91	12.14	4.26	7.87	0.91	0.88	0.77	4.10	1.14	0.23	1.25	1.76	3.55	10.73	1.76	0.12		
M. Y o.	1 日	42.61	8.26	13.95	19.96	0.44	6.52	0.36	1.09	0.78	7.01	2.31	0.24	1.10	1.99	5.52	15.05	1.99	0.17		
	2 日	38.84	8.87	12.66	13.59	3.72	8.79	2.00	1.54	1.32	0.76	0.32	0.78	3.41	4.04	14.23	3.41	0.10			
	3 日	45.94	9.41	15.11	14.66	6.76	9.33	0.20	1.56	4.78	0.51	0.22	2.01	1.67	4.23	14.68	2.46	0.09			
	平均	42.46	8.85	13.91	16.07	3.64	8.21	0.85	0.88	0.77	4.37	1.19	0.26	1.30	2.62	4.60	14.65	2.62	0.15		
T. W.	1 日	43.79	9.95	13.95	17.83	2.06	4.99	0.36	1.09	0.78	7.01	2.31	0.24	1.04	2.57	5.35	15.79	2.57	0.03		
	2 日	42.19	11.37	12.66	11.03	7.13	7.26	2.81	1.73	1.32	0.60	0.59	0.82	3.98	4.98	13.49	3.98	0.11			
	3 日	41.09	9.01	15.11	11.48	5.49	7.79	0.20	1.56	4.78	0.51	0.57	2.19	2.46	4.46	11.50	2.46	0.09			
	平均	42.36	10.11	13.91	13.57	4.89	6.68	1.12	0.88	0.84	4.37	1.14	0.47	1.35	3.00	4.93	13.59	3.00	0.69		
Total 平均	1 日	468.65	89.45	149.93	190.72	32.82	80.34	4.96	22.12	76.18	25.41	3.42	15.9	21.29	62.03	138.36	12.63	62.03	3.63		
	2 日	42.60	8.13	13.63	17.33	2.98	7.30	0.45	1.84	6.92	2.31	0.31	1.44	1.93	5.63	12.57	1.14	0.06			
	3 日	420.82	101.64	145.43	128.52	45.63	100.48	23.15	18.03	16.20	8.16	3.50	8.97	33.66	41.11	141.75	15.93	3.5			
	平均	35.06	8.47	12.11	10.71	3.80	8.37	1.92	1.50	1.35	0.68	0.29	0.74	2.80	3.42	11.81	1.32	0.29			
Total 平均	1 日	469.91	82.94	176.72	134.14	76.06	95.99	2.40	18.72	56.96	6.12	3.65	25.73	21.88	39.62	134.76	31.21	10.22			
	2 日	39.15	6.91	14.72	11.17	6.33	7.99	0.20	1.56	4.74	0.51	0.30	2.14	1.82	3.30	11.23	2.60	0.13			
	3 日	463.05	92.76	161.43	156.52	52.64	94.90	10.52	18.31	50.80	13.41	3.59	17.35	26.08	48.29	141.10	26.29	4.81			
	平均	38.58	7.73	13.45	13.04	4.38	7.90	0.87	1.52	4.23	1.11	0.29	1.44	2.17	4.02	11.75	1.69	0.40			

表 3-8 Hb 12g 未満者の栄養素摂取量

氏名	Cal	A・Cal	Prot	A・Prot	Fat	A・Fat	CH	Fiber	Ca	Fe	A・Fe	A-E	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	C
61068 M.F.	2,898	1,490	108.5	77.8	137.5	102.4	301.8	5.0	1,218	11.6	3.8	1,915	1.48	2.28	75
	2,855	1,159	109.6	79.4	90.1	54.5	399.7	4.0	1,565	13.1	6.9	2,929	1.21	2.86	47
	2,950	1,315	102.2	69.3	104.3	81.1	399.4	5.5	1,400	10.5	3.1	1,734	1.37	2.60	158
平均	2,901	1,321	106.8	75.5	110.6	79.3	367.0	4.8	1,394	11.7	4.6	2,193	1.35	2.58	93
61118 M.K.	3,036	1,618	115.8	84.8	150.9	109.3	301.8	5.9	1,473	12.3	3.9	2,188	1.58	2.72	96
	2,561	1,022	101.9	73.3	90.8	57.2	334.9	4.0	1,388	13.3	6.8	3,091	1.18	2.66	60
	2,410	1,208	91.2	64.4	102.9	84.6	279.8	5.2	1,278	9.3	2.8	1,973	1.28	2.48	153
平均	2,486	1,115	96.5	68.8	96.9	70.9	307.4	4.6	1,333	11.3	4.8	2,532	1.23	2.57	103
61088 M.Ya.	3,270	1,594	119.5	85.2	138.9	94.8	381.9	5.7	1,521	11.8	3.8	1,881	1.57	2.67	114
	2,668	965	98.7	69.9	76.8	41.7	397.4	4.2	1,360	11.9	5.4	2,381	1.16	2.55	99
	2,956	1,303	100.7	68.7	100.6	80.4	413.3	6.4	1,404	11.7	3.1	1,761	1.41	2.62	178
平均	2,965	1,287	106.3	74.6	105.4	72.3	397.5	5.4	1,428	11.8	4.1	2,008	1.38	2.61	107
61098 M.Yo.	3,449	1,484	119.2	79.7	146.1	101.6	408.5	5.9	1,252	13.0	3.8	1,896	1.65	2.37	115
	3,209	1,323	112.7	80.1	99.8	72.5	468.7	4.4	1,605	14.1	6.9	3,183	1.25	2.94	74
	3,763	1,522	117.6	75.9	127.5	97.1	535.9	6.4	1,668	12.7	3.3	2,057	1.57	2.99	192
平均	3,474	1,443	116.5	78.6	124.5	90.4	471.0	5.6	1,509	13.3	4.7	2,378	1.49	2.77	127
61108 T.W.	3,571	1,491	115.5	74.6	147.7	94.5	440.5	5.9	1,073	13.1	3.6	1,677	1.61	2.10	117
	3,510	1,561	115.3	82.1	109.2	73.1	519.2	5.8	1,552	17.0	8.8	4,143	1.41	2.97	116
	3,374	1,395	107.0	69.6	117.3	90.0	474.9	8.3	1,499	14.0	3.1	2,805	1.54	2.61	215
平均	3,485	1,483	112.6	75.4	124.7	85.9	478.2	6.7	1,375	14.7	5.1	2,805	1.54	2.61	149

ずれの場合もチーム中最低であった。体重は73.0 kgで期間中の変動はなかった。毎日の摂取エネルギーの変動はほとんどなく、食事の内容は第1, 3日の朝食と第1日の間食が比較的少なく、果物と飲料がやや少なくなっていた。

選手MKの場合：エネルギー摂取量は2,471 Calで、チーム平均よりも700 Cal低い(71%)。体重1 kg当り43 Calで平均の48.2よりも低く、 $x$ は0.59又は0.66とチームで最も低い方から2番目になる。蛋白質もチーム平均の110 gより低い96.5 g、動蛋白は最低で68.8 gであり脂肪も少なく96.9 gであった。鉄も最低の11.3 mgである。エネルギー摂取は第1日が約3,000 Calで、他の2日は2,400 Cal前後であり、特に昼食、間食が少ない。食品としては、穀物で平均との差が約300 Cal見られたほかはどの食品も少しずつ少ない。鉄摂取は第3日のみが低い。12.3, 13.3, 9.3となっている。

選手MYaの場合：Hb 11.5 g, 夜 15.0 g  
エネルギー摂取量 2,965 Cal, 体重当り 46 Cal

と平均よりやや低い。 $x$ を求めると0.69及び0.78となりチーム平均よりも低い。体重は期間中1 kg減少した。鉄の摂取は11.8 mgと所要量を満たさず、これは調査の3日間共12 mgに達していない(11.8, 11.9, 11.7)。食品の摂取に特に偏りは見られないがやや低く、第2, 3日が全体、中でも朝食のとり方が少なくなっていた。

選手TWの場合：エネルギー摂取量、体重当り摂取エネルギー、生活活動指数、蛋白質摂取量、鉄摂取量いずれもチーム平均、栄養所要量を上回っていた。食品の摂取状況にも偏りは特に認められなかった。

要約、バレーボールの女子選手の食事を調査した。対象は合宿して共同生活を行っている社会人2チームであった。目的は血液性状との関連を見ることである。栄養素摂取状況は成人女子所要量はみたしているが体格、運動量、エネルギーとの比較、栄養比率などを考慮すると改善の余地があった。とくにエネルギーが所要量を充分みたしているかどうかが問題であった。改善すべきものと

表 4-1 貧血に関するアンケート調査項目と頻度

No.	項 目	バレーボール チーム		バスケットボ ールチーム		バスケット ボール 選手群 E	陸上競技選 手群 F	小 計
		A	B	C	D			
1	顔色があおい(蒼白)	0	5	3	2	2	1	13
2	爪の形が変わっている(割れ易い)	1	2	1	1	0	1	6
3	運動時の息切れが強い	0	2	2	2	2	4	12
4	心臓の動きをはげしく感ずる	0	2	1	0	2	2	7
5	頭痛がする	1	1	1	2	3	3	11
6	めまい、失神発作(脳貧血)をおこすことがある	1	2	6	4	1	5	19
7	耳なりがする	1	0	1	4	1	2	9
8	寒さに弱い	1	2	3	5	2	5	18
9	疲れやすい	0	2	3	2	2	7	16
10	筋肉の脱力感がある	0	1	1	3	1	1	7
11	食欲がない	0	1	0	0	0	0	1
12	ときどきはきけを催す	0	2	2	2	1	0	7
13	嘔吐することがある	0	0	1	0	0	0	1
14	腹痛がある	0	3	5	3	1	0	12
15	便秘しがちである	1	5	3	5	0	9	23
16	下痢しやすい	2	2	3	1	2	0	10
17	舌に食物がしみる	0	0	1	2	0	1	4
18	微熱がある	0	0	0	0	2	1	3
19	皮膚が出血しやすい(あざがでし易い)	2	4	2	2	1	1	12
20	痔がある	0	1	1	0	0	0	2
21	歯ぐきより出血しやすい	3	5	4	2	1	1	10
22	「貧血がある」と医師より言われたことがある	3	10	5	3	4	3	28
23	貧血の治療を受けたことがある	3	7	3	0	3	2	18
24	貧血のくすりを今ものんでいる	2	4	2	0	0	0	8
25	きょうだい(同胞)に貧血のものがある	2	2	4	3	0	0	11
26	今迄にかかった主な病気の名前とその時の年齢を記入しなさい。	2	5	0	0	1	0	8
27	その他、なにか症状があれば記入しなさい。	0	2	0	0	1	2	5
28	常用薬品(保健剤も含む)の名前を記入しなさい。	1	7	0	0	0	1	9
合 計		26	79	58	48	33	71	296
人 員		12	17	15	8	7	12	71
有 所 見 率		2.2	4.6	3.9	6.0	4.7	5.9	4.2

しては、Bチームの朝昼の食事、Aチームの朝と間食と思われた。貧血者の食事は大多数がエネルギー摂取量と鉄が平均よりも低かった。

#### 4. 自覚症状に関するアンケート調査

スポーツ選手に見られる貧血の成因を検討する最初のステップとして、貧血と密接な関連をもつ症状および既往歴などの調査は貧血早期発見の手

がかりを与え、貧血性素因の有無を明らかにする上で重要であり、また、各種検査データの解明に大きな示唆を附与するものである。アンケート項目は表4-1に示すごとくである。項目のNo.1~18は貧血に伴ってしばしば認められる症状群である。No.19~21は貧血の原因と直接的関連を有する出血傾向についての調査項目であり、No.22~25は現病歴、既往歴および家族歴の有無をみ

たものである。

対象と成績，女子スポーツチーム（バレーボール，バスケットボール，陸上競技）を対象に合計71名についてアンケート調査を行った。表4-1は，各チーム別にまとめたアンケートの成績である。項目No. 1~28までについて，○印ないし記載のあった項目について検討し，項目別の頻度を表わしてある。該当のアンケート項目に記入があったものをすべて「有所見」と見做し，個人当りの平均有所見数を有所見率として各チーム別にみると，バスケット学生チーム（E・F），およびDに有所見率が高く，バレーAチームでは最低値を示していた。

しかし，出血傾向，貧血の既往に関連した項目の該当数は，社会人チームが多く，項目No. 19~25までの有所見率をみると，バレーAチーム，15/12（1.3），バレーBチーム33/17（2.0），バスケットCチーム21/15（1.9），バスケットDチーム

10/8（1.3）であり，学生バスケットチームの有所見率は決して多くはない。

表4-2は，各チーム別に自覚症状，貧血の既往，Hb 12g/dl および血清鉄 60μg/dl 以下などの事項について頻度を示したものである。Hb 12g/dl 以下を示した人数はバレーAチーム，バスケットCチームに多く，合計9名であった。血清鉄の低値はバレーA・Bチーム，バスケットCチームに多くみられ，34名（49%）であった。この表より，自覚症状を有する選手の多いチーム，あるいは貧血の既往歴と現実のHb低値との間には一定の関連性がないことが明瞭である。例えばバレーBチームでは自覚症状および貧血の既往歴を有する者は多いが，Hb 12g/dl 以下は零である。

しかし，自覚症状・貧血の既往歴を有するものが多いチームでは，血清鉄の低値を示すものも多いので，両者の間には関連性が認められている。血清鉄の低値は鉄欠乏性貧血の一つの準備状態と

表 4-2 アンケート調査と貧血

女子チーム	アンケート調査			貧血の検査で異常が認められたもの		
	人員	自覚症状	貧血の既往歴	Hb・12g/dl 以下	血清鉄の低下 (<60μg/dl)	
バレーボールチーム	A	12	6	3	4	10
	B	17	13	10	0	11
バスケットチーム	C	15	11	5	3	10
	D	8	8	3	0	1
陸上・バスケットの選手群		18	17	7	2	8
合計		70	55	28	9	34

表 4-3 Hb・12g/dl 以下を示した選手の自覚症状と2・3の検査成績

	被検者	自覚症状	Hb g/de	血清鉄 μg/dl	血清フェリチン ng/ml
1	T. Y.	8, 16, 21~25	10.1	142	8
2	M. Y.	22, 23	11.5	29	8
3	M. K.	—	11.1	36	54
4	M. F.	—	11.9	45	18
5	K. S.	1, 6, 12, 13, 21~25	11.2	7.0	0
6	H. A.	1, 6, 9, 15, 22, 25	9.7	20.0	19
7	H. K.	6, 15, 21	10.4	8.0	0
8	M. Y.	6~9, 15, 24	8.5	15.0	15.0
9	M. S.	2~9, 15, 19	10.0	16.0	0
平均と標準偏差			10.48 ±1.05	35.33 ±41.96	13.56 ±16.96

表 4-5 貧血既往歴の有無と臨床検査成績

項目	I群(n=42)		II群(n=28)		有意差
	$\bar{X}$	S. D.	$\bar{X}$	S. D.	
Age	19.93	1.71	20.79	1.76	※
WBC	6,392.86	1,510.19	5,978.57	1,215.48	
RBC	442.81	38.02	459.18	34.93	
Hb	12.91	1.31	12.92	1.20	
Ht	39.26	3.45	39.50	3.20	
MCV	88.45	5.45	85.96	6.22	
MCH	29.14	2.12	28.08	2.54	
MCHC	32.90	0.94	32.65	1.11	
Reti	6.07	4.36	4.79	3.58	
Plat	26.82	6.76	27.44	6.15	
Stab	4.10	2.16	4.39	2.09	
Seg	49.93	8.06	47.96	5.69	
Eosino	2.02	1.24	2.36	2.17	
Baso	0.45	0.66	0.57	0.90	
Mono	2.71	0.98	2.89	1.11	
Lymph	40.98	8.82	41.82	5.38	
TP	7.42	0.35	7.37	0.40	
Alb	66.29	3.02	66.61	2.10	
$\alpha_1$	3.18	0.59	3.28	6.80	
$\alpha_2$	6.95	1.23	6.57	1.53	
$\beta$	8.53	1.16	8.59	1.01	
$\gamma$	13.52	2.31	13.45	1.81	
HP	70.85	77.36	52.07	45.21	
総鉄	371.88	48.44	387.96	44.03	
Fe	60.90	31.19	64.57	34.05	
UIBC	310.26	59.77	326.61	60.87	
TC	184.93	29.65	191.75	36.87	
TG	72.52	32.14	65.29	15.54	
NEFA	0.42	0.23	0.35	0.17	
$\beta$ リポ	1.86 (n=26)	0.49	1.95 (n=15)	0.58	
GOT	19.98	7.68	17.21	5.52	
GPT	13.95	11.70	11.54	5.29	
AP	1.80	0.61	1.63	0.40	
LDH	343.17	89.94	296.00	64.66	※
CPK	99.27	65.92	91.25	112.40	
Ald	6.65	2.71	5.33	2.28	※
LDH <sub>1</sub>	35.62	5.67	37.50	5.05	
LDH <sub>2</sub>	33.81	5.45	33.39	2.50	
LDH <sub>3</sub>	25.79	4.87	25.21	4.74	
LDH <sub>4</sub>	2.69	1.26	2.29	1.10	
LDH <sub>5</sub>	1.38	0.90	1.61	3.20	
Na	139.90	2.14	138.56	3.00	※
Cl	101.72	2.73	104.80	7.52	※
K	43.90	3.20	43.60	3.40	
Ferritin	26.64	16.94	13.82	10.29	※※※

I群 貧血の既往歴なし ※P<0.05 ※※P<0.01  
 II群 貧血の既往歴がある者 ※※※P<0.001

見做し得るので重要な所見と思われるが、その病態生理学的な評価は血清鉄の動きと Hb 量との関連性を観察しながら慎重に行うべきである。

表 4-3 は、Hb が 12 g/dl 以下を示した選手たちの自覚症状、血清鉄およびフェリチンの数値を示したものである。70名の選手たちのうち Hb 12 g/dl 以下の貧血を認めたのは 9名 (13%) であるが、種々の自覚症状を有することがわかる。比較的多い訴えは、No. 6 [めまい、失神発作(脳貧血)をおこすことがある]、No. 15 [便秘しがちである] および No. 9 [疲れ易い] である。

また、9名中5名(56%)に貧血の既往を認めており、出血傾向を合わせるとアンケート調査に所見記載があった全例7名がNo. 19~25の貧血に直接的関連をもった項目にチェックを行っている(78%)。この成績より貧血を有する女子運動選手の大部分が出血傾向ないし貧血の既往をもっており、現在の貧血が直接運動と関連を有しない面では何らかの繋りのあることを示唆している。これら9名の血清鉄は、1名を除き 45 $\mu$ g/dl 以下で著しい低値をみている。一方、血清フェリチンも1名を除き 20 ng/ml 以下の低値をとっている。

表 4-4 は、貧血の既往の有無と各種検査成績の関連をみたものである。貧血の既往歴のないものをA群とすると、42名(60%)がこれに属し、既往歴を有するものをB群とすると、28名(40%)がこれに属している。危険率5%以下で推計学的に有意差の認められた検査項目は、年齢、血清LDH、Ald、Na、K およびフェリチンである。しかし、数値の上で比較的差異が大きいのは血清LDH およびフェリチンである。とくに後者は、A・B両群間の差異は明瞭であり、貧血の既往を有するものでは血清フェリチンは低値をとり易く、その数値は、貧血の既往のないグループの略1/2となっている。

#### 考察と結論

自覚症状および既往歴のアンケート調査によりスポーツ選手の貧血を検討してつぎの結論を得た。

1. 自覚症状は学生チームに比較的多いが、Hb および血清鉄の低値をとるものは少ない。これに反し、貧血選手を多く擁するチームでは自覚症状

はむしろ少ない。

2. 70名の選手のうち9名に Hb 12 g/dl 以下の貧血を認めた。血清鉄 60  $\mu$ g/dl 以下は34名であった。貧血を有する選手の多くは、出血傾向および貧血既往歴を有していた。

3. 貧血既往歴を有するもの28名、有しないもの42名である。両者間で明らかな有意差の認められた検査項目は血清フェリチンであり、既往歴を有するものでは低値をとっている。

なお、既往歴の有無別の検討で、Hb, RBC および Ht には有意差を認めていない。

以上、スポーツ選手の貧血をめぐる成因が種々論じられているが、アンケート調査の成績より貧血を有する選手には既往歴をもつものが多いことより貧血性素因を重視し成因の解明に際して配慮すべきことを強調したい。

つぎに、運動と貧血に関し病態生理学的観点よりの簡単な review を附記しておきたい。

#### [附] 運動と貧血に関する病態生理学的概観

##### A. 貧血と血行動態

組織の低酸素状態を解消しようとする生体の生理的調節反応は血行動態の大きな変動として認められる。一方これらの動きは運動時にみられる酸素消費の亢進に際しても発現がみられ、貧血と運動との間に血行動態の変化の上で共通した要因の動きが少なくない。また運動は貧血における循環器系の症状を顕性化し助長させることも多い。いずれにしても、貧血の心行動態におよぼす効果は運動との関連で非常に重要であるので、2・3の事項に触れておきたい。

##### i 慢性貧血と心臓の形態

重症の貧血が持続すると、とくにある程度の労作をしていると心臓は肥大してくることは剖検例で確かめられている<sup>1)</sup>。しかし、治療によって線的に拡大した陰影は縮少をみる<sup>2)</sup>。犬では、運動を負荷しない状態のもので Hb レベルを3.5~6.0 g/100 ml で5か月間飼育すると心臓の肥大と拡張が認められる<sup>3)</sup>。ラットでは貧血による心肥大の発現は比較的速やかである(4週間以内<sup>4)</sup>)。

##### ii 安静時における循環器系の動き<sup>5)</sup>

(i) 心拍出量、Hb が 7 g/100 ml 以下になる

と心拍出量の増加が認められる。貧血時にみられる代償機構の基本であることは周知の通りである。実験的に Hb レベルを 5 g/100 ml にもってゆくと心拍出量 (cardiac output, 以下 CO と略) は、コントロール値の約30%増加をみる<sup>6)</sup>。Brannon ら<sup>7)</sup>は、ヒトの観察で心係数 (cardiac index, C. I. 正常 2.5~4.0 L/min/m<sup>2</sup>) をみているが Hb 5 g/100 ml 以下の C. I. は、6.5 L/min/m<sup>2</sup>, Hb 5~7 g のとき 4.7 L, Hb 7~9 g のとき 4.0 L および Hb 9 g のとき 3.1 L となることを測定しており、C. I. の増加が Hb 濃度と密接な関係にあることをみている。Roy ら<sup>8)</sup>は、Hb のさらに低いところで測定しており、Hb 4.5 g のとき C. I. 6.3 L/min/m<sup>2</sup>, Hb 3.0 では 8 L におよぶ (正常 3.3)。CO 増加の機序は、血液粘度の減少および末梢血管抵抗の低下および心筋収縮能の増加が考えられる。その他、ヒトの出血性貧血で CO の増加が略1日を経過して発現してくることより徐々に形成される体液性因子の効果も考えられる<sup>9)</sup>。しかし、出血に基づく hypovolemia は数時間以上も続くので CO の増加はそれが是正された後に惹起されてくるという機序も考慮すべきであろう。貧血家兎で CO の増加がみられるとき濃厚赤血球浮遊液を輸血すると数分で CO は元値に復帰するという<sup>10)</sup>。

##### (ii) 血液粘度と心拍出量

血液の血管内における流動性はその粘性によって規定される。粘性の増加は心臓のポンプ作用の遂行に負担となるが、貧血では血液粘度は低下し、心臓の afterload を軽減してくる。さらに末梢血管抵抗の減少と共に心拍出量の増加をもたらす<sup>11)</sup>。血管抵抗の減少の原因として、①血管の形状に関する因子 (geometrical factor, 血管拡張)、および②血液の流動的性質に関する因子 (hemorheological factor, 血液粘度) が主なものである。血管拡張は血流量の増加および組織の代謝状態と関連をもっている。一方、血液粘度の低下は心拍出量の増加に直接的につながる。心室の収縮期における負荷 (血液の粘性に起因した部分) の軽減、および還流血液量の増加がその主な原因である。

ここで、血液粘度について若干触れておきたい。

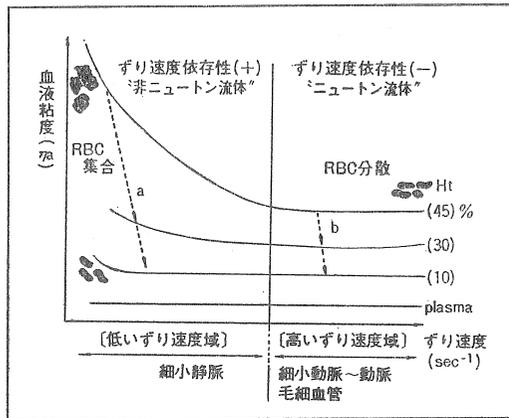


図1 血液の流動的性質、血液粘度とずり速度の関係を、Ht および血管区別に模式的に示してある。低いずり速度域では、Ht の増減が粘度におよぼす効果は大きい (a > b)。

表1 血液粘度の正常値 (Schmid-Schönbein)  
(Rev. Physiol., 63, 146, 1971)

ずり速度 (Sec <sup>-1</sup> )	Ht 45% ( $\bar{x} \pm SD$ )	cP
0.1	67.7 ± 12.4	6
0.2	48.6 ± 9.6	6
0.5	25.3 ± 5.9	6
1.0	17.3 ± 3.2	6
2.0	12.7 ± 2.2	6
4.0	9.6 ± 1.6	6
10.0	7.1 ± 0.9	9
20.0	5.8 ± 0.7	4
46.0	5.6 ± 0.6	9
115.0	4.6 ± 0.5	5
230.0	4.1 ± 0.4	5

生体内では粘度は血管径と流速によって変動がみられ、一定したものではない。粘度 (viscosity)  $\eta$  は、ずり応力  $\tau$  とずり速度  $\dot{\gamma}$  の比として定義され、 $\eta = \tau / \dot{\gamma}$  dyn·sec/cm<sup>2</sup> で表わされる。水では  $\dot{\gamma}$  (あるいは  $\tau$ ) が変化しても  $\eta$  は不変であるが、血液では  $\dot{\gamma}$  が低くなると粘度は増加し (赤血球の集合に起因する)、また  $\dot{\gamma}$  が高くなると、 $\eta$  は減少してある数値に近づいてゆく。(血球の分散と易変形態が関与する) 血液粘度を左右する主要因として、ヘマトクリット (Ht)、赤血球集合、赤血球の易変形性および血漿蛋白分画の濃度変化 (フィブリノーゲンおよびマクログロブリンの増加) などがあげられる。これらのうち、Ht の効果が最も大きい (図1)。表1は、血液粘度の正常値を示したものであるが、Ht=45% のときの

ものである<sup>12)</sup>。各ずり速度によって粘度が変化しているのがわかる (血液粘度のずり速度依存性)。血管壁に接した血液のずり速度  $\dot{\gamma}$  は、 $\dot{\gamma} = 4\bar{V}/r$  で表される。 $\bar{V}$  は平均血流速度、 $r$  は血管の半径を示す。血管区別にずり速度は変るが、たとえば、半径 0.15 cm の小動脈で流速が 16.8 cm/sec の部分では  $\dot{\gamma}$  は 448 sec<sup>-1</sup> であり、半径 0.0004 cm (4  $\mu$ ) の毛細血管で流速が 0.5 mm/sec とすると、 $\dot{\gamma}$  は 500 sec<sup>-1</sup>、半径 0.001 cm の細小静脈で流速が 0.1 mm/sec とすると、 $\dot{\gamma}$  は 40 sec<sup>-1</sup> である。Ht が一定だとすると上記血管区分で血管粘度は  $\dot{\gamma}$  の高低に応じ変動がみられるということになる。しかし、微小循環系における血管径は vasomotiom その他により変化がみられ、また、血流速度および Ht も一定でないので、生理的なずり速度～血液粘度の関係を明確にするのは必ずしも容易ではなく、研究者により報告される数値も異なっている。病的状況のもとでは、これらのパラメーターの変動はさらに大となる。

いずれにしても、血液粘度はずり速度依存性をも可逆的である。また、血管内径が血球の直径とほぼ同等の部位 (毛細血管) では、連鎖形成、赤血球の易変形性および血漿粘度が血液の流れ易さに強い影響を与えている。

さて、血液粘度と心拍出量との関係をみると図2のごとくである<sup>13)</sup>。貧血の実験ではないが、循環血流量を一定に保ちながら Ht を 40% から 70% に増加させた時の心拍出量その他の動きを動物の急性実験でみたものである。CO と血液粘度および末梢血管抵抗とは負の関係をもって動くことが示されている。また、Ht の増加により中心静脈血の LDH の増加および動脈血 pH の低下がみられているが、粘度増加による組織の低酸素状態を反映していると考えられる。心拍出量の著しい動きに比し血圧の変動は僅微である。貧血の際の CO の増加においても、大循環系の血圧、肺動脈圧、中心静脈圧および心腔内圧の増加は認められない。

(i) 心拍出量の増加と臨床症状<sup>14)</sup>

心拍出量は、一回拍出量 (stroke volume) と心拍数 (heart rate) の積で表わされるが、その増加は心機能の亢進を示唆する。貧血にみられる

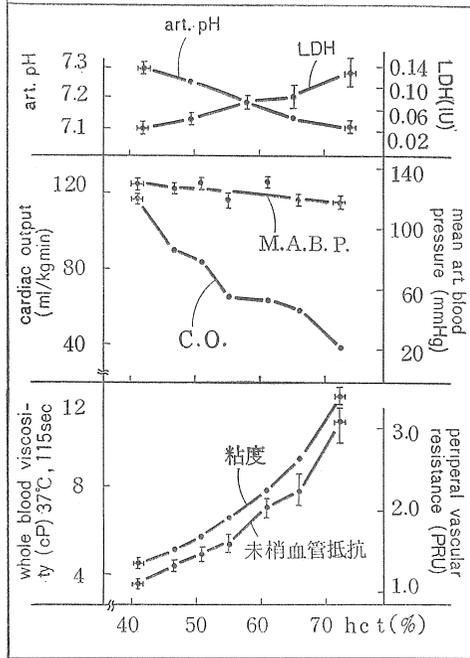


図2 Htを増加させたときにみられる血液粘度、および心拍出量の変化(イヌ)。LDHは組織の低酸素状態をみる指標にとってある。(Messmer, et al.: Hemodilution, p. 123~132, 1972, Kager, Basel より引用)

症状として息切れ、心頻搏、動悸あるいは高送血性心不全 (high-output failure), 狭心症および間歇性跛行などがみられるが、心機能の亢進と密接な関係にあり、多くは組織の必要とする酸素供給を十分に果たし得ぬ病態を反映している。運動はそれ自体循環器系の機能亢進をもたらすもので、これらの症状を速やかに発現させ、増悪させる傾向が強い。とくに動脈硬化性心疾患を有する老人では貧血と運動は心臓機能不全への大きなリスクが重複する形となるので慎重な病像の把握と運動処方が配慮されねばならない。

その他、心機能の亢進は血管雑音の発生と関連を有し、貧血では血液粘度低下による血流速度の増加および乱流の発生などが主要な原因的因子となっている。心尖部の収縮期雑音、頸静脈、閉眼時の眼球、および頭頂部に血管雑音 (humming sound, 静脈独楽音) を聴取する。これらの心機能亢進に由来する症候は、Hb量が7g/dlに至るまでは比較的少ないが、この数値以下では症状とHb量は平行してくる。一方、貧血の改善はこ

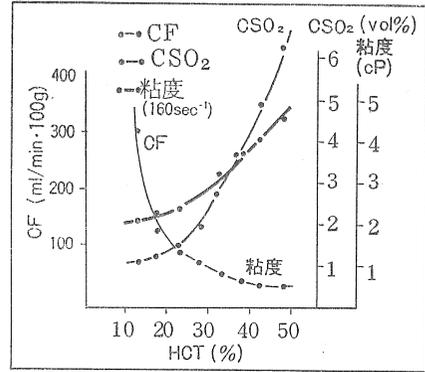


図3 Htと冠血流量(CF), 静脈血酸素含有量(CSO<sub>2</sub>)および血液粘度の関係(イヌ)(Reetorff, et al. Pflügers Arch. 357: 1975より, 図改変)

これらの症状の軽減ないし消失をもたらすこともこの病態の特徴の1つになっている。

#### (=) 臓器血液量の再分布

貧血による組織の低酸素状態は、潜在的毛細血管網を開通させて組織への血液灌流を増加させることによって解消され得る。とくに重要臓器への血液量の増加をもたらす再分配が行なわれ、皮膚および腎臓の循環血液量は減少をきたす<sup>15)</sup>。そのため皮膚はさらに蒼白となるが血管収縮もおこっている。一方、腎臓は重要臓器ではあるが正常な状態のときすでにその酸素必要量を上回って血液の供給をうけている。腎臓の動静脈酸素較差(A-VDO<sub>2</sub>Δ)は、1.4 Vol%で心筋の20 Vol%に比し低値をとっている。したがって、皮膚および腎では灌流血液量の減少によく耐え得るということができる。多くの血液が酸素需要の高い心筋、脳および骨格筋に再分布し、酸素運搬能の低下を代償している。これらの代償機構は、運動時における酸素消費の亢進に際し臓器血液量の再分布と現象的に共通しており興味深いものがある。

一般に心拍出量と臓器の血流量との間には直線的な比例関係が知られているが、貧血では局所的要因も重要となり一律に組織の血液灌流が増加するわけにいかないことは前述の通りである。ここで冠循環とHtの関係をみてみる。図3は、Htと冠血流量および冠静脈洞血液の酸素含量(CSO<sub>2</sub>)の関係を見たものである。Htの低下と共に冠血流量は増加するが、CSO<sub>2</sub>および冠静脈洞血液の

酸素飽和度は低下する。実際には、Ht が 25~30% に減少しても冠血流量の増加によって血中の酸素含量の低下は代償される<sup>16)</sup>。貧血のとき冠血流量の増加は慢性および急性貧血いずれにおいても認められる。冠血流量の増加は心室機能を保つのに最も重要であるが冠動脈の拡張に起因しており、Ht が 21~31% で最大の血管拡張がみられるという<sup>17)</sup>。

### iii 運動時における循環器系の動き<sup>18)</sup>

正常者の運動時の循環器系の動きは、筋血流量の増加に適応するものであり、心拍出量の増加、臓器血液量の再分布およびヘモグロビン酸素解離曲線の右方移動によって行なわれる。すなわち、筋組織への O<sub>2</sub> の供給、局所に蓄積した乳酸などの代謝産物および体熱の運搬除去が血流を介してすすめられている。安静時と運動時で大きな変動がみられる循環機能の実際的なパラメーターとしては、心拍出量、一回拍出量、心拍数、動静脈酸素較差、血圧および酸素消費量などがとりあげられ測定が行なわれる。

さて、貧血患者では安静時すでに種々の循環器系の機能に変動がみられることは前述のごとくであるが、これに運動負荷を与えたとき種々のパラメーターにいかなる変化が起るかを知ることは貧血と運動を考えると非常に重要となる。しかしながら、貧血患者の運動機能に関する研究は多くはない。

心拍出量は、一般健常男子で安静時約 5 l/min であるが、最大の運動時には 25 l/min まで増加を示す。貧血患者でも CO の増加は正常者と略同程度までに達することができる。勿論、貧血の程度および原因疾患、あるいは合併症の有無によって CO の増加はかなりの制約をうける。例えばバウマチ性心疾患で貧血を伴う場合、平均右心房圧が上昇しているときは運動による CO の増加は僅少である。

一方、最大酸素摂取量 ( $\dot{V}O_{2max}$ ) は個人の運動能力を示す指標として考えられている。貧血で  $\dot{V}O_{2max}$  が低値をとるときは酸素運搬能の増加をもたらす能力に欠けている場合で、CO を十分に増加せしめ得ないか Hb-O<sub>2</sub> 解離曲線の右方移動が行なわれていない。 $\dot{V}O_{2max}$  はトレーニングに

よって増加させることができるが、基本的には Hb 濃度によって左右される。

Sproule ら<sup>19)</sup>は、種々の貧血を有する 9 名の患者 (平均 Hb 量は 7.2 g/100 ml) で  $\dot{V}O_{2max}$  を測定しているが、対照群に比し 43% 減であった。しかし、Hb が僅かに減少したグループ (平均 Hb 量 13.5 g/100 ml) では  $\dot{V}O_{2max}$  は僅かに減っていたにすぎなかった。Rowell らは 5 名の男子について 3 日間で Hb 濃度を 15.7 より 13.5 g/100 ml に下げて  $\dot{V}O_{2max}$  をその前後でみているが、4.2% 減 (有意差あり) であった。

Rodriguez ら<sup>20)</sup>は 8 頭の犬に isovolemic な急性の貧血をつくり、(Ht 39±2→20±1%) その前後で submaximal な運動の効果を treadmill を用いて検討している。血行力学的成績は、貧血のみですでに心拍出量および左心室収縮期圧の増加をみているが、運動の負荷はこれらの増加をさらに著しいものにしていく。この際 CO の増加は心拍数の増加によるもので、運動によって一回拍出量の増加は認めていない。貧血時にみる ventricular performance の増加は Frank-Starling のメカニズムおよび心筋の収縮能の充進に起因する。一方、貧血ならびに運動の重複でみる Ventricular performance は主として心筋の contractility の増加によるとし、Frank-Starling の法則はあまり関与しないという。

臨床的にも、安静時に心拍出量がすでに増加をみている症例は一回拍出量が増加している場合が多いが、心拍数と異なり軽度の運動の負荷のみでは一回拍出量は変らない。犬の実験成績と類似性が認められる。

### B. Hb=O<sub>2</sub> 解離曲線と貧血

Hb の 1g は 1.34 ml の酸素を結合する能力がある。Hb と結合した酸素 (O<sub>2</sub>) は微少循環系を血液が流れているとき組織に O<sub>2</sub> を放出する。Hb-O<sub>2</sub> 解離曲線は、Pco<sub>2</sub>, pH によって変動がみられる (Bohr 効果)。局所における Pco<sub>2</sub> の増加は曲線を右方に移動させ Hb より O<sub>2</sub> の解離を容易にする。動脈血の O<sub>2</sub> および CO<sub>2</sub> 分圧は 96 mmHg および 40 mmHg であり、混合静脈血の O<sub>2</sub> および CO<sub>2</sub> 分圧は 40 mmHg および 46 mmHg である。Po<sub>2</sub> は血液が細小動脈より毛細管を経て

細小静脈に流動する過程で減少するが、この経過でO<sub>2</sub>の解離が行なわれる。運動は局所のPco<sub>2</sub>を増加させるのでO<sub>2</sub>の解離が容易になる。

O<sub>2</sub>とHbの親和性もHb-O<sub>2</sub>解離曲線に大きな影響を与える。赤血球に含まれる2,3-Diphosphoglycerate (2,3 DPG)は還元Hbに等モル比で結合し、HbのO<sub>2</sub>に対する親和性を減少させる。2,3 DPGは赤血球におけるブドウ糖解糖の後半部分の中間代謝産物で、ヘモグロビンのβ鎖のつくる分子内面の空洞部分に結合し、O<sub>2</sub>の親和性に関与している<sup>21)</sup>。

貧血、高地居住、心および呼吸器疾患あるいは甲状腺機能亢進症など低酸素状態を惹起し易いときに2,3 DPGは増加してくる。Hb-O<sub>2</sub>解離曲線の形状を変えずに右方に移動させる。また、赤血球内の酵素欠損による溶血性貧血の一つであるピルビン酸キナーゼ欠乏症では2,3 DPGが高値をとってくる。

貧血患者では、Hbが9 g/100 ml以下になって初めて解離曲線は右方に移動する。Hbレベルが6.5~9.0では中等度のright shiftが認められ、さらに6.5 g/ml以下では著しくなる。いずれにしても貧血患者ではHb結合のO<sub>2</sub>のとりこみを2,3 DPGの増加によって昂めようとする代償機構が作用している。貧血のタイプとshiftの相違、2,3 DPG濃度およびHb濃度とshiftの程度については一定の関係は認められていない。2,3 DPGの赤血球内濃度は、鉄欠乏性貧血が巨赤芽球性貧血あるいは症候性貧血よりも最も増加をきたし易い<sup>22)</sup>。増加の原因として解糖作用の亢進があげられている。

以上、貧血と運動に関連して2,3の要因について考案した。本研究ではスポーツ貧血の実態調査および成因の解明が主眼であるが、貧血者の運動が生体にいかなる影響を与えるかを知っておくことも重要と思われるので、生体の代謝機構を中心に文献的検討を行なった。

## 5. 発汗による鉄の損失量

前報で述べたと同様に、スポーツ選手の貧血は、発汗による鉄の損失と何等かの関係があるかどうかについて、引き続き実験を行なった。特に

今回は、温熱性発汗と運動に伴う発汗との間には、汗中の鉄濃度に関して差異があるかどうかを検討することを目的としたが、この点に関しては後に述べるように、明確な結論を得るところまで至らなかった。

### 実験と結果

#### 1. 運動選手についての実験

女子バレーボールチームの選手12人を対象として、次の2通りの方法で行なった。

その1：温度38°C、湿度62%程度に設定した人工気候室内で、約1時間椅子に座り、その間に分泌される汗の一部を、前報に述べたと同様に、胸部および背部に取り付けた小型のポリエチレンの袋に集めた。汗は孔径0.1μのメンブランフィルターで濾過し、濾液と、皮膚の細胞等に基づく固形分とに分け、それぞれを硝酸分解後、DDTC-Xyleneで鉄その他を抽出し、原子吸光法で分析した。得られた結果を表5-1に示すが、Cell freeの汗中の鉄濃度の平均は18 (±6.8) μg%であった。

なお、この際の発汗率は230 g/hr~930 g/hr、平均は570 g/hr程度の発汗であった。

その2：次に、上記被験者のうち6人について、同程度の温度条件下で、これに運動が加えられた状態での汗を集めて分析した。運動は前述の

表 5-1 運動選手による実験 (1)  
その1 温熱性発汗時の汗中铁濃度 (μg%)

Subject	Cell free Sweat	Cell	Whole Sweat	1回の発汗量 g	発汗率 g/hr
T. W.	22	58	79	520	580
M. Y.	31	48	79	530	860
S. K.	16	13	28	750	930
A. E.	13	18	31	620	520
T. N.	19	23	41	470	450
I. K.	13	24	37	620	580
Y. C.	8	19	26	930	910
M. Y.	24	47	70	500	500
K. M.	18	28	46	550	470
M. K.	25	40	64	250	230
K. W.	20	36	55	510	430
M. F.	10	12	21	360	390
M (± S D)	18 (6.8)	30 (15)	48 (21)		570 (220)

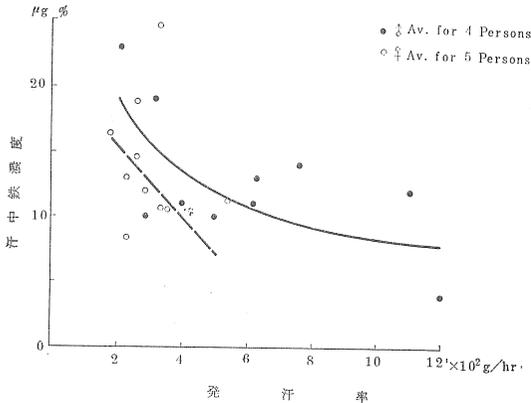


図 5-1 発汗率と汗中鉄濃度との関係

表 5-2 運動選手による実験 (2)

その2 温熱性発汗時に運動を附加した場合の汗中鉄濃度 (μg%)

Subject	Cell free Sweat	Cell	Whole Sweat	1回の発汗量 g	発汗率 g/hr
M. Y.	8	15	23	690	2,760
S. K.	14	—	—	820	3,280
A. E.	10	18	28	610	2,440
I. K.	25	33	58	470	1,880
Y. C.	17	16	33	690	2,760
M. Y.	15	20	35	690	2,760
M (± S D)	15 (5.9)	20 (7.3)	35 (13)		2,760 (370)

人工気候室内のトレッドミルにより、3°の傾斜上を毎分150mの速度で15分間走行することを行なった。この際の発汗はかなり強度であって、15分間の発汗量は470g~820g、1時間当りに換算すると1,900g/hr~3,200g/hr、平均2,660g/hr程度になった。その際の汗中の鉄濃度を表5-2に示すが、Cell freeの汗中の平均濃度としては15(±5.9)μg%であった。この値は実験その1での平均値と比較すると、低い値であったが、これは、温熱性と運動性との違いによるというより、筆者の過去における成績<sup>1)</sup>(図5-1)から考慮すると、実験その2においては発汗率が高過ぎた為に、汗中の溶質濃度が低下したのではないかと考えられる。従って、温熱性発汗と運動性発汗による差を検討するためには、この実験は実験その1よりは更に低い温度で行なうべきであった。

## 2. 普通人による実験

表 5-3 女子学生による実験 (1)

その1 トレーニング開始前の汗中鉄濃度 (μg%)

Subject	Cell free Sweat	Cell	Whole Sweat	1回の発汗量 g	発汗率 g/hr
H. Y.	27	23	50	590	1,420
J. Y.	10	42	52	550	940
F. N.	17	32	50	400	1,600
I. S.	38	57	94	380	1,140
Y. Y.	70	45	115	—	—
M. S.	27	30	56	360	1,440
S. M.	13	27	40	450	1,800
K. H.	37	72	109	220	660
J. T.	24	33	57	320	1,280
M (± S D)	29 (19)	40 (16)	69 (29)		1,250 (420)

表 5-4 女子学生による実験 (2)

その2 トレーニング期間終了後の汗中鉄濃度 (μg%)

Subject	Cell free Sweat	Cell	Whole Sweat	1回の発汗量 g	発汗率 g/hr
H. Y.	9	13	22	400	690
J. Y.	46	50	96	800	960
F. N.	17	12	29	300	820
I. S.	14	30	43	800	3,200
Y. Y.	14	31	45	200	480
M. S.	40	87	127	400	2,000
S. M.	28	32	60	200	520
K. H.	23	37	60	300	780
J. T.	30	44	74	200	570
A. M.	18	45	63	400	960
K. T.	19	79	98	600	1,700
M (± S D)	23 (12)	42 (24)	65 (32)		1,150 (830)

運動選手等に比較して、日常運動する量の少ない普通人として同年代である20~21才の女子学生を対象とし、トレーニングをある程度の期間継続した場合、その前後における汗中鉄濃度には変化があるかどうかについて実験した。トレーニングは1週間、連日テニスあるいはサイクリング等のかなりの運動を継続したものであるが、汗はこのトレーニング開始の直前と終了後にそれぞれ集めた。採汗はいずれの場合も、90~100°Cのサウナバスによった。表5-3はトレーニング開始前の汗中鉄濃度、表5-4はトレーニング期間終了後

の汗中鉄濃度を示す。トレーニング前の Cell free の汗中濃度の平均値は  $29 (\pm 19) \mu\text{g}\%$ 、トレーニング期間後の同平均値は  $23 (\pm 12) \mu\text{g}\%$  で、トレーニング期間後の値がやや低いようにも思われるが、両者の間には殆んど差はないと見るべきであろう。しかし、運動等により多量の発汗が長期間連続すると、気候馴化 (acclimatization) と同様に、汗腺の機能の変化によって汗中の溶質濃度は低下する可能性はある。

## 結 び

運動時の汗は、通常の温熱性発汗と較べて、その中の鉄濃度には幾分の違いがあるかどうかについて12人のバレーボール女子選手を対象として実験した。しかし、現在のところ実験はなお不十分であって、両者の間に差があるかどうかについての確認をするまでには至らなかったが、この実験での温熱性発汗時の汗中鉄濃度 (Cell free) は  $18 (\pm 6.8) \mu\text{g}\%$  であった。またトレーニングの継続によって汗中鉄濃度は変化するかどうかについて検討した。普通人について1週間のトレーニングを行なった場合のその前後の汗中鉄濃度 (Cell free) の測定をしたところ開始前は  $29 (\pm 19) \mu\text{g}\%$  終了後は  $23 (\pm 12) \mu\text{g}\%$  であった。まだ、確定的なことを言える段階に至ってはいないが、温熱性と運動性とを問わず、発汗が長時日継続する場合には汗中鉄濃度は低下の傾向を示すかも知れない。しかし一方において、汗中の溶質濃度は一般に発汗率が低くなると高くなる傾向があり、発汗による鉄の損失はかなり複雑であって、これらの量を算定するためには、引き続き今後の実験にまたなければならないが、いずれにしても、鉄の損失量は1日の発汗総量に依存する可能性が大きい。

## 6. 貧血と運動機能

### はじめに

本研究は貧血の発生と Physical Performance との関係を検討する目的で実施した。貧血と運動機能との関係についての従来報告をみると、鈴木<sup>3)</sup>は肥満治療のための運動と栄養の処方について検討し、高蛋白質を十分に摂食させてもトレーニングをするとヘモグロビン値が低下するが、

最大酸素摂取量、運動能力は向上するとしている。一方、運動部員についての報告では、合宿訓練によって運動性貧血が生ずると最大酸素摂取量は低下する<sup>2)</sup> という報告もある。伊藤等<sup>3)</sup>は一般女子学生のヘモグロビン値  $12\text{g/dl}$  以下の低値者と  $15\text{g/dl}$  以上の高値者の最大酸素摂取量を求め、両群に差のないことを認めている。さらに、伊藤、井川等<sup>4)</sup>は女子高校生に血液検査を実施し、一般に貧血の判定基準値とされているヘモグロビン値  $12\text{g/dl}$  以下の出現率が、一般女子生徒では  $8.8\%$  であるのに対して、運動部女子生徒では  $24.3\%$  と高率を認めている。またモントリオールオリンピック日本代表選手の測定結果によると、女子バレーボールで優勝した選手12名のヘモグロビン値の平均は  $12.1\text{g/dl}$  であり、低値者は  $50\%$  と報告されている。このように運動選手は一般人に比しヘモグロビン値が低値を示す報告が多い。

以上の報告をふまえて我々は、日常規則的な運動を行っていない一般女子学生を対象に、動物性蛋白質や鉄を十分摂取できるよう栄養摂取に充分注意して、生活管理を行ないながら一週間におよぶ合宿を行ない、激運動負荷により運動性貧血が発症するか否かについて検討し、それに対応して作業能力や愁訴などに有意な差が生じるか否かについて検討を行なった。

### 方 法

被検者は表 6—1 に示すような身体的特性を有している一般女子学生12名で、そのうち8名を運動群、4名を対照群とした。

合宿は1976年8月7日より7日間、長野県南安曇郡穂高町温泉別荘村サンダーバードテニスコートで実施した。

血液検査および運動能力テストはトレーニング開始前日、終了翌日、一カ月後に行なった。血液検査に際して前日の夕食以後食物を摂取しないようにして、安静保持約30分後の午前10時に肘正中皮静脈より約  $10\text{ml}$  採血し検査に供することにした。血液検査項目は、ヘモグロビン、赤血球、ヘマトクリット、血清総蛋白、血清総コレステロール、血清中性脂肪、血清遊離脂肪酸、血清ハプトグロビン、血清総鉄結合能、不飽和鉄結合能、血清酵素活性 (CPK, LDH, GOT, GPT) である。

表 6-1 被検者の身体的特性

		年 令	身 長	体 重	胸 囲	皮 脂 厚		
						腹 部	背 部	上 腕 部
運 動 群	A. M.	20	166.0	53.6	81.0	13	12	14
	K. H.	21	146.8	37.4	71.0	12	12	12
	M. K.	20	164.7	47.6	84.7	12	10	13
	S. M.	21	155.9	56.2	88.0	24	32	21
	I. S.	19	152.2	53.2	81.2	29	20	25
	Y. Y.	19	154.3	43.4	74.5	18	11	17
	K. T.	20	163.7	49.8	76.6	16	10	12
	M. S.	23	157.4	52.4	86.6	10	9	14
平 均		20.4	157.6	49.2	80.5	16.8	14.5	16.0
S D		±1.2	±6.3	±5.8	±5.6	±6.2	±7.3	±4.4
対 照 群	J. Y.	20	151.8	53.6	84.5	25	25	25
	J. T.	20	161.8	49.8	79.0	18	19	18
	H. Y.	19	154.0	53.6	83.0	26	24	32
	F. N.	19	149.9	38.4	74.5	13	12	14
平 均		19.5	154.4	48.9	80.3	20.5	20.0	22.3
S D		±0.5	±4.5	±6.2	±3.9	±5.3	±5.1	±6.9

運動能力テストは、握力、背筋力、閉眼棒上片足立、最大酸素摂取量、体前屈、立幅とび、垂直とびである。

トレーニングはテニスを主体として行ない、午前2時間、午後2時間を計画し、テニス前後には約10分ずつのランニングを取り入れ、運動量は1日約1,000 Calになるようにした。

食事・栄養摂取は、トレーニングによる消費カロリーや動物性蛋白質などを十分補給できるように栄養士が管理を行なった。

トレーニング期間中は朝・夕に労研式自覚疲労調査を行なった。

#### 結果と考察

トレーニング期間中の体重の変化と運動時間を図6-1に示した。(以下、図中の○印実線は運動群8名、△印破線は対照群4名の平均値と標準偏差値である。) 運動時間は1日平均3.4時間であり、約1,000 Calの運動量に相当すると思われる。栄養摂取総熱量は約2,300 Calで蛋白質量は約100 g、うち動物性蛋白質量は約80 gであった。図示のように運動群、対照群ともにトレーニング期間中の体重の変化は認められなかった。

日常規則的な身体運動を行っていない被検者(運動群)にとって約1,000 Calの運動は激しい強度の運動に相当するにもかかわらず、体重の変動を示さなかったのは、栄養管理が十分であったためと考えられる。

図6-2は血清総蛋白値、血清総コレステロール値、血清中性脂肪値、血清遊離脂肪酸値の変化について示したものである。血清総蛋白値は運動群(トレーニング前7.8 g/dl→トレーニング後7.3→1ヵ月後8.0)、対照群(7.5→6.9→7.7 g/dl)ともに合宿前後で約0.5 g/dlの有意な(運動群P<0.01, 対照群P<0.05)低下を示した。血清総コレステロール値は合宿終了1ヵ月後にかけて低下傾向、血清中性脂肪値は運動群がトレーニング終了後に低下し1ヵ月後にはもとに戻っていた。血清遊離脂肪酸値については大きな変化は示さなかった。

図6-3は血清酵素活性値の変化について示したものである。運動群はCPK活性値(26→205→20 mu/ml P<0.01), LDH活性値(252→335→210 Wu/ml P<0.05), GOT活性値(15→29→14 Ku/ml P<0.01), GPT活性値(8→18→7

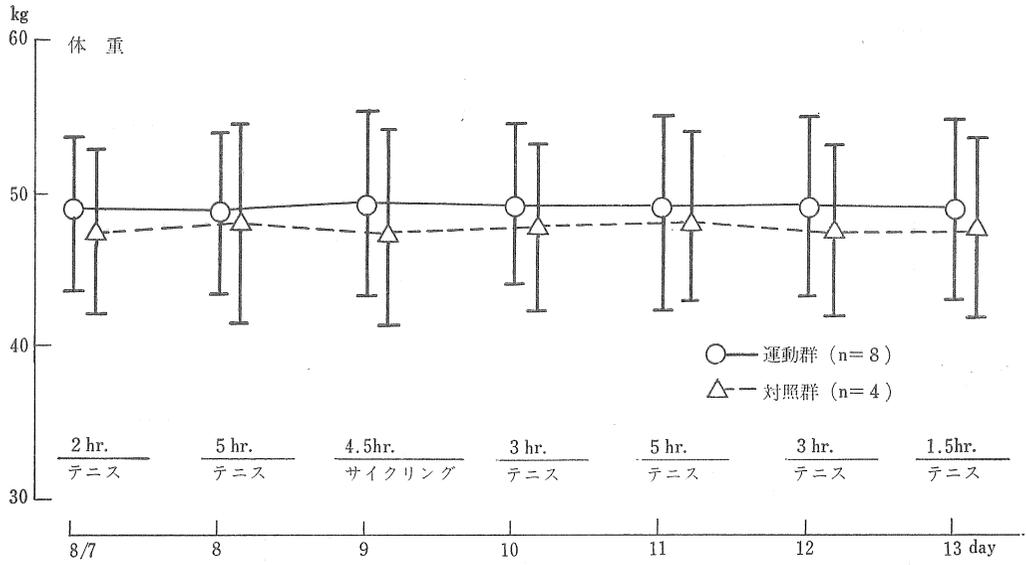


図 6-1 合宿中の体重の変化について

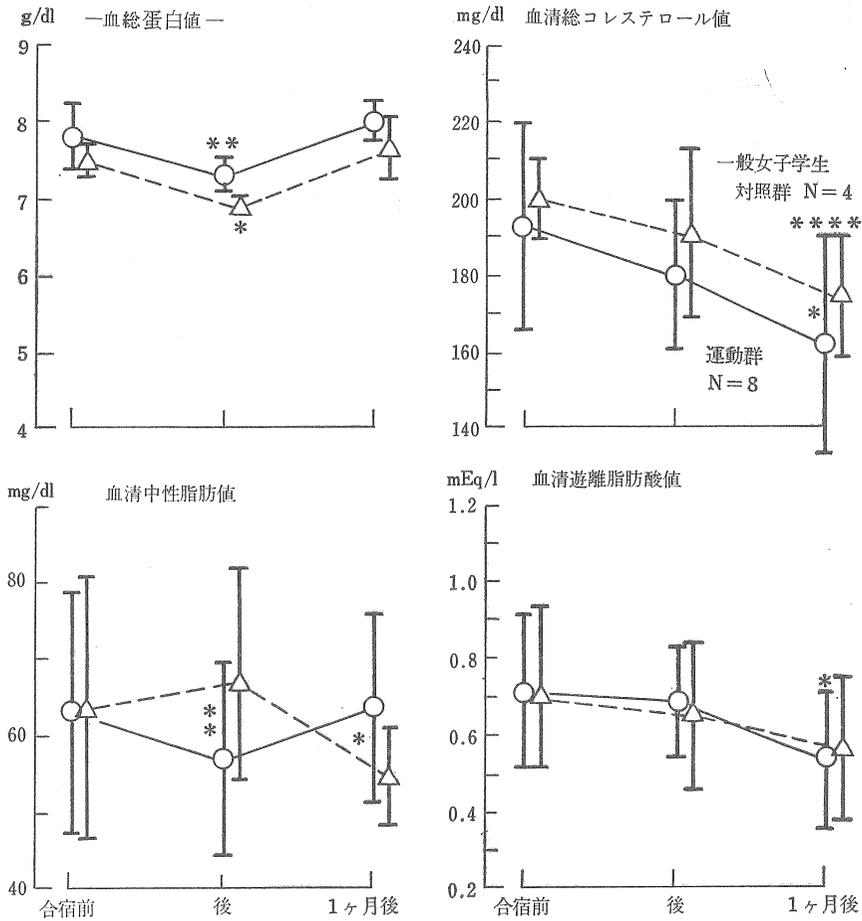


図 6-2 一週間激運動による血液性状の変化—血清蛋白・脂質値について—

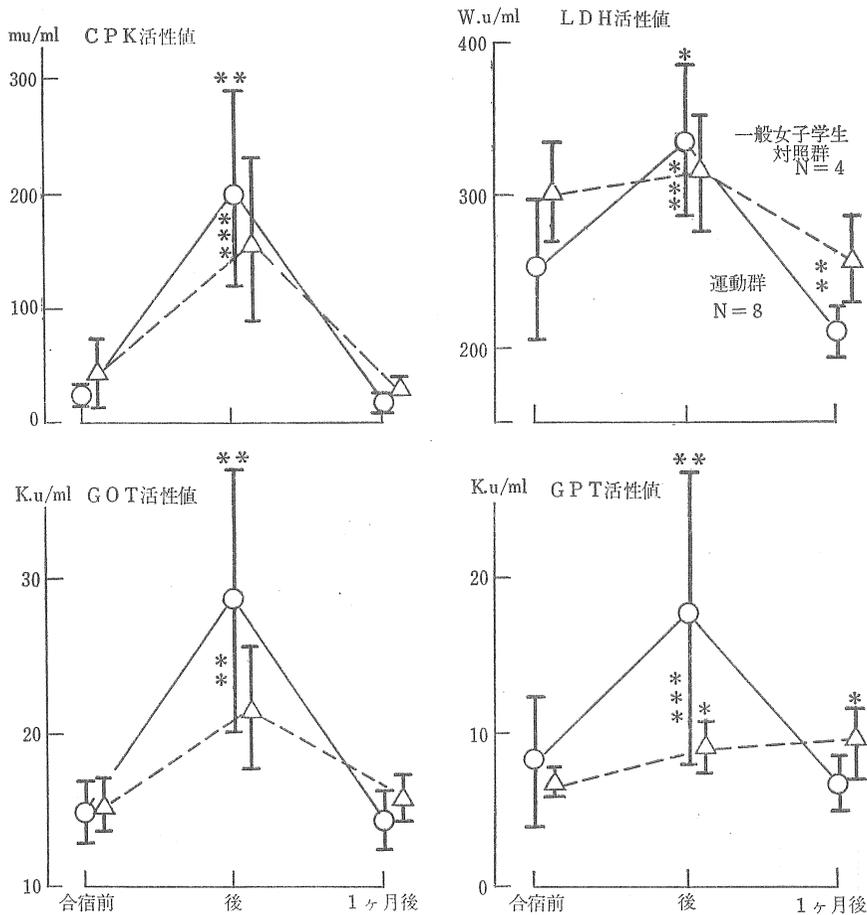


図 6-3 一週間激運動による血液性状の変化—血清酵素活性値について—

Ku/ml  $P < 0.01$ ) とともにトレーニング後において有意な上昇を示し、1カ月後にはもとの値に回復していた。対照群においても合宿後若干の上昇傾向を示したが有意ではなかった。この原因として、人手不足のため食事当番や実験補助員として働かせたことや、合宿3日目のサイクリングに参加したためと考えられ、純粋な安静群ではないためである。自覚疲労調査においても、対照群の合宿終了後において大腿部、上腕部、腰部などの身体的筋肉疲労を訴えるものが若干存在した。

また、CPK 活性値の上昇、自覚疲労調査の結果からも、運動群では週間の合宿練習による筋の疲労増大が認められる。一方、GOT、GPT 活性値の上昇からみて、1日約 1,000 Cal 程度の運動のエネルギー需要においても肝への負担度が大きかったものと考えられる。これらの結果は1週間の

テニス合宿がかなりの激運動負荷となり生体負担度が大きかったことを示唆している。

図 6-4 はヘモグロビン値、赤血球数、ヘマトクリット値、最大酸素摂取量について示したものである。最大酸素摂取量は両群ともに合宿前、後、1カ月後において変化は認められなかった。これに対して運動群のヘモグロビン値は合宿終了後 (12.8→11.9→13.1 g/dl) 0.9 g/dl の有意な ( $P < 0.01$ ) 低下を示し、対照群では (13.6→12.8→13.6 g/dl) 0.8 g/dl の低下であったが有意ではなかった。運動群の赤血球数は (448→420→458 万/mm<sup>3</sup>) 合宿終了後 28 万/mm<sup>3</sup> の有意な ( $P < 0.01$ ) 低下を示し、対照群においても (481→453→471 万/mm<sup>3</sup>) 合宿終了後 28 万/mm<sup>3</sup> の有意な ( $P < 0.05$ ) 低下を示した。運動群のヘマトクリット値は (39.5→37.6→40.5%) 合宿終了後 1.9

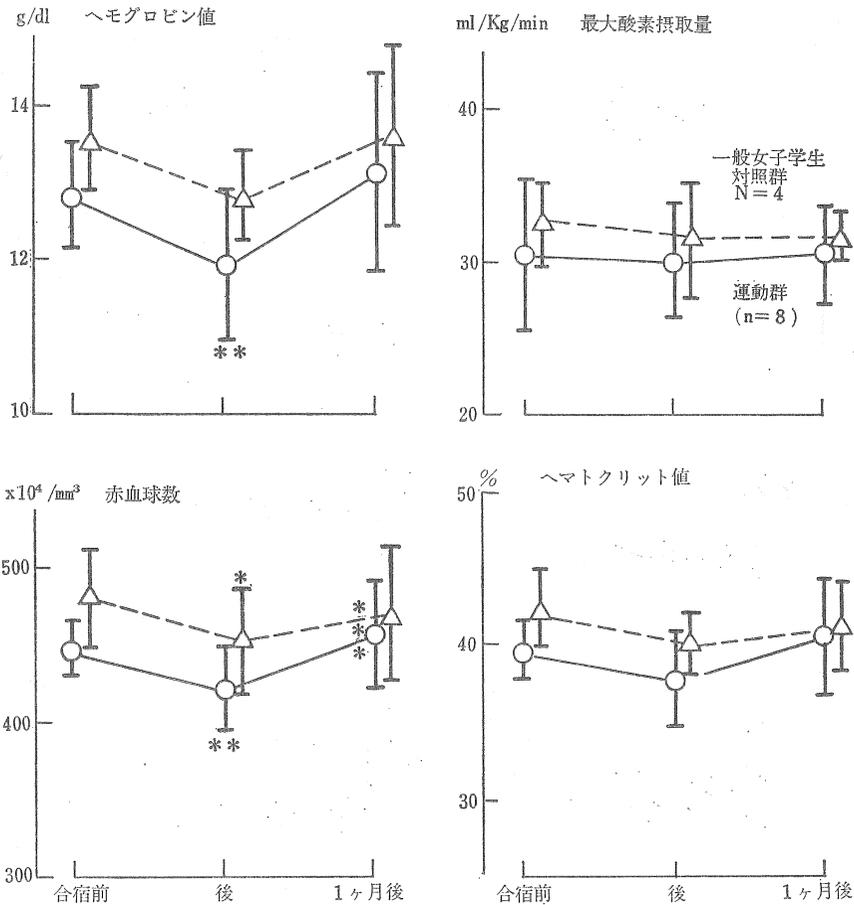


図 6-4 一週間激運動による血液性状と最大酸素摂取量の変化

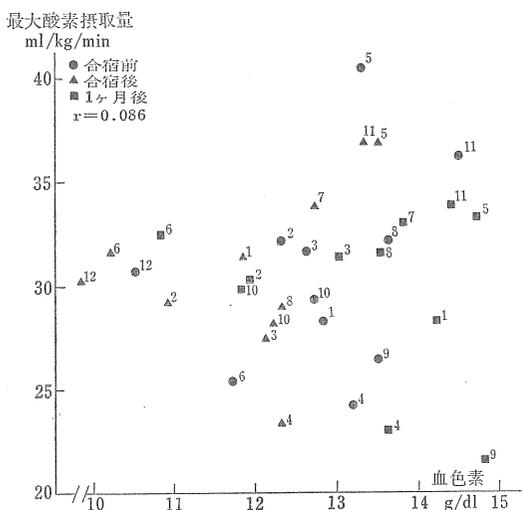


図 6-5 血色素と最大酸素摂取量の実験期間別個人の変動

%の低下、対照群(42.1→40.1→41.1%) 2.0%の低下であったが有意ではなかった。ヘモグロビン値、赤血球数、ヘマトクリット値はともに合宿1カ月後においてもとの値に回復していた。

図 6-5 は合宿前、後、1カ月後のヘモグロビン値と最大酸素摂取量の関係を個別にプロットしたものであるが、ヘモグロビン値と最大酸素摂取量の間に関連関係はみられなかった。

最大酸素摂取量は合宿前、後、1カ月後で変化しないにもかかわらず、酸素の担体である赤血球、ヘモグロビン値が有意な低下をしたことは、一週間のテニス合宿によって赤血球の破壊がおこっても酸素の運搬系には支障ないことを示唆している。

図 6-6 は、血清総鉄結合能、不飽和鉄結合能、血清ハプトグロビン値の変化について示したものである。総鉄結合能は、運動群(415→395→415

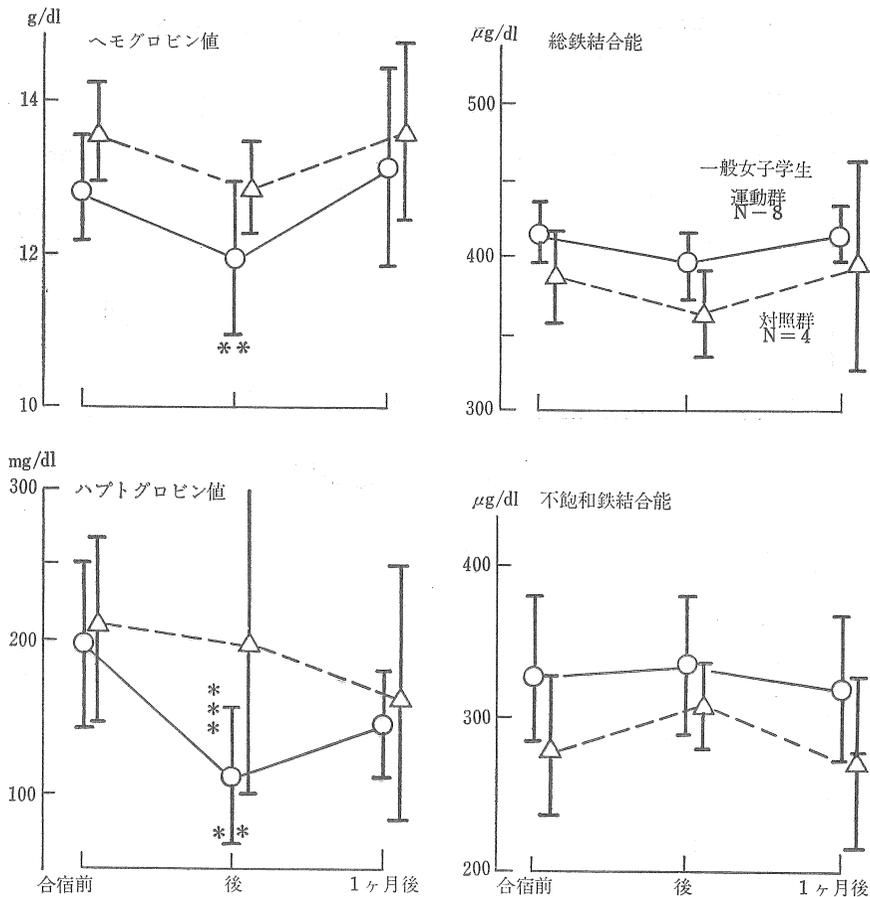


図 6-6 一週間激運動による血液性状の変化—血色素と血清鉄について—

μg/dl), 対照群 (387→364→395 μg/dl) とわずかな変化であり, 不飽和鉄結合能においても, 運動群 (330→334→319 μg/dl), 対照群 (280→308→268 μg/dl) と変化がすくなかった。これに対して, 血清ハプトグロビン値は運動群では (197→111→146 μg/dl), 86 mg/dl と有意な ( $P < 0.01$ ) 低下を示したが, 対照群においては (213→200→165 μg/dl) 変化は認められない。

運動群においてハプトグロビン値が有意に低下していることより, 激運動によって血管内容血がおきているものと推察される。

図 6-7 は背筋力, 握力, 体前屈, 閉眼棒上片足立, 立幅とび, 垂直とびの結果について示したものである。図示のように運動能力は一週間の合宿では変化を示さず Hb, RBC の低下と関係ないことが示唆された。

#### まとめ

日常規則的な運動を行っていない一般女子学生に, 栄養摂取を十分考慮して一週間のテニス強化合宿を実施した。

その結果 GOT, GPT, CPK 活性値の著しい上昇よりみて1日約1,000 Cal の運動は初心者にはかなりの生体負担度であることが示され Hb, RBC の有意な低下が生じた。これはハプトグロビン値の著明な低下からみて激運動による血管内容血がその一因となっていることが示唆された。しかしヘモグロビンの有意な低下にもかかわらず最大酸素摂取量, 運動能力には何らの変化も認められなかった。

( 本研究協力者: 鈴木政登, 山口幸雄 (東京慈恵会医科大学臨床検査医学教室), 中島孝之, 池田清子 (同大学中央検査部) )

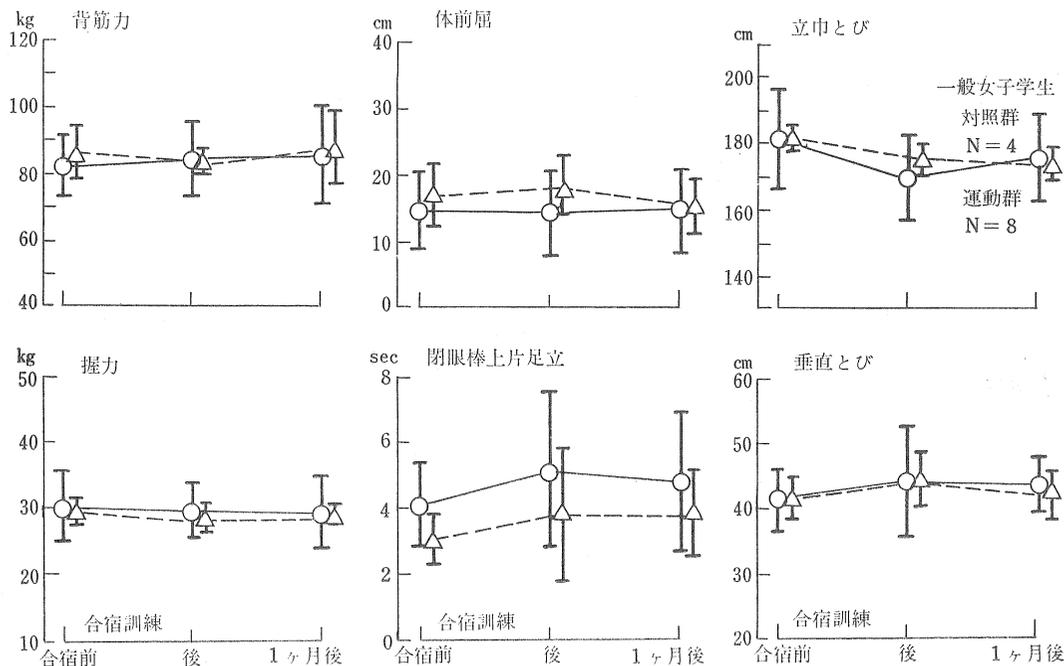


図 6-7 一週間激運動による運動能力の変化

## VI 総括と考察

全体の成績について主要な結果を総括し、考察を加えると次のようである。

### (1) 血液諸成分の変動

① 日本リーグおよび実業団上位に所属する練習量の多いバレーボール、バスケットボールのチームにおいて貧血傾向の所見は顕著で、ヘモグロビン 12 g/dl 以下の者の出現率は 20~31% であり、血清鉄 60  $\mu\text{g/dl}$  以下の者は 65~85% の高率に及ぶ。この結果は前年度の成績と同様な傾向である。

② 貯蔵鉄を反映する血清フェリチンの状態は、全対象の平均値が 19.3 ng/ml で、成人女子の正常値 30~60 ng/ml に比し低い水準にあり、鉄欠乏症の限界値とされている 15 ng/ml 以下の者が全体で 47.7% にみられる。実業団バスケットチーム C においては限界値以下の者は 66% と高率である。

③ 血液成分について相関関係を検討した結果は、ヘモグロビンと赤血球の間で  $r = 0.625$ 、ヘモグロビン：血清鉄で  $r = 0.540$ 、血清鉄：不飽

和鉄結合能で  $r = -0.559$ 、血清鉄：鉄飽和率で  $r = 0.970$  のそれぞれ有意の相関を示し、また、血清鉄と血清フェリチンとは、血清鉄 60  $\mu\text{g/dl}$  以下の者において  $r = 0.439$  の相関がみられた。

④ 溶血現象の指標としての網状赤血球数は練習量の最も多い実業団バレーボール A チーム、バスケットボール C チームにおいて高く (8.3, 8.5%)、また、溶血が亢進すると減少するといわれる血清ハプトグロビンが 20 ng/ml 以下の低値にある者は全体の平均で 31%、チーム別にはバスケットボール C チームにおいて最も多く 61% にみられた。なお、血清鉄 60  $\mu\text{g/dl}$  以下の者においてはハプトグロビン 20 ng/ml 以下の者は 74% にも達した。

⑤ 低ヘモグロビン群 (平均値 10.6 g/dl) と高ヘモグロビン群 (平均値 14.6 g/dl) とに分けて血液性状を比較した結果は、血清鉄、不飽和鉄結合能、鉄飽和率、および網状赤血球数、ハプトグロビンにおいて有意の差を示した。

以上の血液所見から考察すると、本対象のスポーツ選手における貧血は鉄欠乏に基因すると同時に溶血にも関係していることが考えられる。

## (2) 栄養摂取量

実業団バレーボールA・Bの2チームについて食物調査を行なった結果は、エネルギーについてみると、両チームともに3,100 Cal程度を摂取しているが、トレーニングの激しいAチームにおいては摂取エネルギーは消費エネルギーを下回る傾向にあり、体重の低下がみられた。蛋白質は両チームともに体重kg当たり約1.6 gを摂取し、ミネラルやビタミン類は大体に望ましい量を摂取している。しかし、Aチームの鉄摂取量は1,000 Cal当たり4.16 mgで、望ましい量の目安とされている1,000 Cal当たり6mgよりは低く、同チーム中ヘモグロビン12 g/dl以下の者4名のうち3名においては鉄摂取量は11 mg台で低い。

このようなAチームにおける栄養摂取状態は、Aチームにおいて貧血所見が他のチームに比し顕著であることと関係しているであろうことも推測される。

## (3) 自覚症状に関するアンケート

貧血に関連する自覚症状、出血傾向および貧血既往歴についてアンケート調査を行なった結果は、貧血傾向を有する選手(Hb 12 g/dl以下の者)の多くが貧血既往歴ないしは出血傾向の症候を有しており(78%)、現在の貧血が既往歴と一部何らかの繋がりをもっていることが示唆され、スポーツ選手の貧血においても貧血性素因を考慮することの必要のあることが指摘された。なお、貧血既往歴を有する者においては有しない者に比し血清フェリチンが有意に低いことがみられた。

## (4) 発汗による鉄損失量

発汗による鉄損失量についての実験の結果は総括して、発汗率(毎時発汗量)が大である場合には発汗率が小である場合に比し汗中鉄排泄濃度(汗100 g中鉄排泄量)は低くなる傾向のあることが示された。しかし、発汗量が著しく多くなれば汗中鉄損失絶対量は大となる。本実験において発汗率570 g/hrの場合の全汗中鉄損失量は274 μg/hrとなり、発汗率2,660 g/hrの場合の全汗中鉄損失量は931 μg/hrとなる。トレーニング期におけるトレーニング時間と発汗量を考慮すると、スポーツ選手における汗中への鉄損失量はかなり

の量に達することが、前年度の実験結果と同様に認められた。

## (5) 貧血発生と運動機能との関係

一般女子学生を対象として1週間約1,000 Calの運動負荷実験を行ない、血液成分の変動と運動機能との関係を検討した結果は、運動負荷によりヘモグロビン、赤血球は有意な低下を示したが、最大酸素摂取量および運動能力には有意な変化は認められなかった。なお、運動負荷によりハプトグロビンの著明な低下がみられ、血管内溶血が亢進していることが推測された。

以上の総括にみられるように、貧血所見はトレーニングの激しいチームにおいて顕著であり、その貧血の発生は鉄欠乏に起因すると同時にスポーツ性貧血の要因である血管内溶血にも関係のあることが考察されたが、特に注目すべき点は汗中への鉄損失量がトレーニングによる発汗量を考慮すると1~2 mgのかなりの量にも達することである。このことはスポーツ選手の鉄出納に大きな影響を与えることになる。栄養摂取量の面からは、トレーニングの激しいチームにおいてはエネルギー摂取量がエネルギー消費量を下回る傾向にあり、トレーニングの激しい期間においては体重の著しい低下がみられ、かつ、鉄の摂取量も必ずしも充分でないことがみられた。また、貧血を現に有する者の多くに貧血既往歴のあることがみられた。これらのことも貧血発生の関係因子として考慮すべき問題点である。以上の傾向は前年度の研究結果においても同様に認められたことである。

従って、以上の要因からスポーツ選手における貧血発生の予防としては、次のような点が考えられる。

① スポーツ選手においては発汗による鉄の損失量が大きく、また、溶血現象もみられることから、鉄の摂取量を一般成人女子の所要量12 mgより多く15 mg以上にすることが安全と考えられる。

② 激しいトレーニング期間においては、摂取エネルギーと消費エネルギーのバランスに考慮を払い、体重の著しい低下がないように注意することが必要である。

③ 選手の健康管理において貧血の既往歴に注

意し、対処することが必要である。

以上、考察と一応の予防対策について述べてきたが、なお、今後さらに追うべき課題としては、スポーツにおける鉄代謝に関する詳細な研究、スポーツ選手における鉄の適正な所要量の決定、貧血レベルと運動機能との関係等についての研究が残されているといえよう。

## 文 献

(以下の文献は研究成績の項目ごとにまとめて掲載したものである)

### 1. 血液諸成分の変動

- 1) 吉村寿人：運動鍛練時の貧血に関する研究，体力科学，8：167，1959
- 2) 芦田輝子：運動性貧血と蛋白栄養，栄養と食糧，Vol. 25, No. 5, 380~392, 1972
- 3) 芦田輝子，山田敏男，吉村寿人：運動鍛練時の haptoglobin の Hb-binding capacity におよぼす蛋白栄養の影響について，栄養と食糧，vol. 25, No. 8, 633~639, 1972
- 4) 山地廉平：日本生理雑誌，13, 476, 1951
- 5) 井上寿子，中村正：女子学生の水泳合宿期の栄養摂取状況と血液値，栄養と食糧，vol. 29, No. 7, 383~390, 1976
- 6) Herxheimer, H.: Grundriss der Sportmedizin. 1933
- 7) Dill, D. B.: The physiology of Muscular Exercise. 1930
- 8) 井川幸雄他：年令・生活条件と血中脂質，臨床病理，vol. 25, 509, 1977
- 9) 川口尚志，川田健一：行軍血色素尿症，medicina vol. 11, No. 3, 388, 1974
- 10) 伊藤朗他：一般・運動部女子学生のヘモグロビン値について，第31回日本体力医学会予稿集，1976
- 11) Yoshinobu OHIRA: Improvement in Work capacity after Total Dose Iron Treatment. 体力科学，vol. 26, No. 1, 54.
- 12) 宮崎保：鉄欠乏性貧血 medicina, vol. 11, No. 3, 302, 1974

### 2. 血清フェリチンの変動

- 1) Miles, L. E. M., Lipschitz, D. A., Bieber, C. P., and Cook, J. Analytical Biochemistry 61, 209~224, 1974
- 2) Jacobs, A., and Worwood, M. W., New England

J. Med. 292, 951~956, 1975

- 3) Cook, J. D., Lipschitz, D. A., Miles, L. E. M., and Finch, C. Amer. J. Clin. Nutr. 27, 681~687, 1974
- 4) Jacobs, A., Federation Proceedings 36, 2024~2027, 1977
4. 自覚症状に関するアンケート調査  
[附] 運動と貧血に関する病態生理学的概観
- 1) Hunter, A. The heart in anemia. Quart. J. Med. (N. S.) 15 : 107, 1946
- 2) Misra, S. N., and Banerjee, K. Cardiac enlargement in chronic severe anemia. Circulation 22 : 412, 1960
- 3) Paplanus, S. H., Zbar, M. J., and Hays, J. W. Cardiac hypertrophy as a manifestation of chronic anemia. Am. J. Pathology. 34 : 149, 1958
- 4) Norman, T. D., and McRoom, R. D. Duration of anemia necessary for development of cardiac hypertrophy in rats. Am. J. Med. 25 : 129, 1958
- 8) Grande, F., and Taylor, H. L. Adaptive changes in the heart, vessels, and patterns of control under chronically high loads. Section 2 : Circulation vol. II, p 2615, Handbook of Physiology, eds. Hamilton, W. F., and Dow, P. Amer. Physiol. Soc. Washinton, D. C. 1965
- 6) Korner, P. I. Circulatory adaptations in hypoxia. Physiol. Rev. 39 : 687, 1959
- 7) Brannon, E. S., Merrill, A. J., Warren, J. V., and Stead, E. A. The cardiac output in patients with chronic anemia as measured by the technique of right atrial catheterization, J. Clin. Invest. 24 : 332, 1945
- 8) Roy, S. B., Bhatia, M. L., Mathur, V. S., and Virmani, S. Hemodynamic effects of chronic severe anemia. Circulation 28 : 346, 1963
- 9) Stewart, H. J., Crane, N. F., and Deitrick, J. E. The effect of giving 2 : 4 dinitrophenol on the cardiac output and on certain other objective measurements of the circulation in human beings. J. Pharmacol. Exptl. Therap. 65 : 70, 1939
- 10) Darian-Smith, I. Vasomotor responses in the femoral vascular bed to posthemorrhagic

- anemia in unanesthetized rabbits. Australian J. Exptl. Biol. Med. Sci, 33 : 515, 1955
- 11) Fowler, N. O. and Holmes, J. C. Blood viscosity and cardiac output in experimental anemia. J. Appl Physiol. 39 : 453, 1975
  - 12) Schmid-Schönbein, H., and Wells, R. E. Jr. Rheological properties of human erythrocytes and their influence upon the "Anomalous" viscosity of blood. Rev. Physiol. 63 : 146, 1971
  - 13) Messmer, K., Lewis, D. H., Sunder-Plassmann, L., Klövekorn, W. P., and Mendler, N. The hemodynamic effectiveness of colloids in hemoconcentration. Hemodilution, Theoretical basis and clinical application. Karger, Basel, p 123, 1972
  - 14) Conn, H. L. Jr., and Horwitz, O. Cardiac and vascular diseases. Lea & Febiger, Philadelphia, Vol. II, p 1208, 1971
  - 15) Erslev, A J. General effects of anemia, in Hematology, eds. Williams, W. J., Beutler, E., Erslev, A J., and Rundles, R. W., MacGraw-Hill Book Company, p 201, 1972
  - 16) Restorff, W. V., Höfling, B., Holtz, J., and Bssenge E. Effect of increased blood fluidity through hemodilution on coronary circulation at rest and during exercise indogs. Pflügers Arch. 357 : 15
  - 17) Case, R. B., Berglund, E., and Sarnoff, S. J. Changes in coronary resistance and ventricular function resulting from acutely induced anemia and the effect thereon of coronary stenosis. Am. J. Med 18 : 397, 1955
  - 18) 永坂鉄夫, 運動と循環系, 臨床医のための循環生理学, 編集 入内島十郎 真興交易出版部, P 300 1976
  - 19) Sproule, B. J., Mitchell, J. H., and Miller, W. F. Cardiopulmonary physiological responses to heavy exercise in patients with anemia. J. Clin. Invest. 39 : 378, 1960
  - 20) Rodoriguez, J. A. Chamarro, G A., and Rapa-port, E. Effect of isovolemic anemia on ventricular performance at rest and during exercise. J. Appl. physiol. 36 : 28, 1974
  - 21) Bellingham, A. J., and Grims, A. J. Red cell 2, 3-diphosphoglycerate. Brit. J. Haematol. 25 : 555, 1973
  - 22) Pollock, A., and Cotter, K P. Oxygen transport in anemia. Brit J. Haematol. 25 : 831, 1973
5. 発汗による鉄の損失量
    - 1) 鈴木一正 : 光線と栄養に関する実験的研究 (日光浴研究委員会編)
  6. 貧血と運動機能との関係
    - 1) 鈴木慎次郎, 太田富貴雄, 大島寿美子 : 肥満治療のための運動と栄養の処方に関する研究, 体育科学, 4 : 31, 1976
    - 2) 国中信雄, 辻田純三, 千賀康利, 池田嘉代, 坂井洋子, 山田敏男 : 陸上競技合宿訓練時の運動性貧血と効率について, 日本体育学会 27 回大会号, 226, 1976
    - 3) 伊藤朗, 鈴木理子, 高橋基泰, 鈴木政登, 金刺喜美子, 杉崎哲朗, 山口幸雄 : 女子学生の血液性状と運動適応能 : 日本体育学会27回大会号, 218, 1976
    - 4) 伊藤朗, 鈴木政登, 山口幸雄, 今西昭雄, 中島孝之, 井川幸雄, 早水サヨ子 : 一般・運動部女子学生のヘモグロビン値について, 第31回日本体力医学会大会予稿集, 134, 1976



