

昭和59年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告

No. V スポーツ選手における貧血の発生と予防  
に関する研究

財団法人 日本体育協会

スポーツ科学委員会



# 昭和59年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告

## No.V スポーツ選手における貧血の発生と予防に関する研究

報 告 者 (財)日本体育協会研究プロジェクト・チーム

### スポーツ選手における貧血の発生と予防に関する研究

班 長 長嶺晋吉<sup>1)</sup> 川上憲司<sup>2)</sup>

班 員 井川幸雄<sup>2)</sup> 川原貴<sup>3)</sup> 黒田善雄<sup>5)</sup>  
小林修平<sup>5)</sup> 鈴木一正<sup>6)</sup> 川上憲司<sup>2)</sup>

担当研究員 伊藤 静夫 (財)日本体育協会スポーツ科学研究所

### I 研究要約

執筆者 長嶺晋吉

本研究課題については、昭和50～51年度に日本体育協会スポーツ科学委員会のプロジェクトとして、実態調査を通して貧血発生の要因を探り、その予防を検討する目的で、要因の多い女子バレー、バスケットボール、陸上競技の選手を対象として研究を行い、次のような結果を得た。①貧血の性状は主として鉄欠乏性貧血である。②練習量の多いチームに貧血および潜在性鉄不足者が多い。③季節的に夏季に多く発現する。④発汗による鉄の排泄量は1日1～1.5mgにも推計され、重要な影響因子として考えられる。⑤消費エネルギーを下回る摂取エネルギー（体重低下）および鉄摂取量の不十分などの影響も考えられる。

今回は前回（上述）の結果をふまえて、スポーツ選手における貧血の発生について、そのメカニズムをさらに追求する目的で、鉄代謝を中心として研究を行うこととした。鉄代謝実験の対象は男子選手とし、比較的に貧血の多いといわれる長距離走者を選んだ。男子選手を選んだ理由は、男子では女子におけるような月経や減食などの影響を避けることができるためである。全体の研究結果を要約すると次のとおりである。

#### (1) 長距離走者における貧血の発生頻度と貧血の性状

長距離選手における貧血の発生頻度と貧血の性状を知るために血液諸成分の測定を行った結果は、男子選手ではヘモグロビン13g/dl未満の貧血者は88名中1名にすぎず（ヘモグロビン10.9g/dl）、女子選手ではヘモグロビン12g/dl未満の者が9名中5名にみられ（ヘモグロビン11.1～11.6g/dl）、これらの貧血はほとんどが、平均赤血球恒数および血清鉄、不飽和鉄結合能などから判定して小球性低色素性貧血（鉄欠乏性貧血）であることが認められた。

#### (2) 男子長距離走者の赤血球寿命と鉄代謝

長距離走トレーニングの鉄代謝におよぼす影響を明らかにし、スポーツ選手における貧血発生のメカニズムを検討する目的で、男子の貧血を有しない長距離走者5名（学生）とそのコントロールとして的一般学生5名を対象に、放射性<sup>51</sup>Crを用いての赤血球寿命の測定、放射性<sup>59</sup>Feを用いてのフェリキネティクス法による鉄代謝に関する測定を行った。結果は次のとおりであった。

赤血球寿命日数( $T_{1/2}$ )は、長距離走者で平均25.6日、一般学生で25.8日で、いずれの値も正常範囲（24～31日）にあり、両者間に有意差はなかつ

た。鉄代謝としての血漿鉄消失時間(PIDT $\frac{1}{2}$ )は長距離走者で平均101.6分(74~130分), 一般学生で81.0分(50~92分)であったが, 両群に統計的有意差はなかった(正常範囲60~120分)。赤血球鉄利用率(RCU)も長距離走者が90.4%, 一般学生が91.6%で, いずれも正常範囲にあり, 両者間に有意差はなかった。

また, 肝, 脾, 骨髄, 筋(大腿)の各部位における $^{59}\text{Fe}$ 放射能についても経日的に体外計測を行い, 特に筋における鉄のとりこみや崩壊の様態を知ろうと試みたが, いずれの部位においても長距離走者と一般学生との間に, その経日的パターンに有意差はみられなかった。

以上のように, 長距離走者の赤血球寿命および鉄利用率や造血能に特徴的变化は認められなかつた。

### (3) 放射性鉄の汗, 尿, 糞への排泄

上記の $^{59}\text{Fe}$ を投与した被検者のうち長距離走者2名と一般学生3人について, 24時間尿, 糞, 汗(温熱および運動負荷による)を経日的に採取し, これらサンプル中の鉄放射能を計測した結果は, 尿中には $^{59}\text{Fe}$ 投与後第1日にのみ0.6~1.6%の回収率がみられ, 糞中には投与後3日目までに0.2~0.4%の回収率があり, これらは極めて僅かな排泄量であった。汗においては検出可能レベルの排泄は認められなかった(おそらく汗中には一旦全身の鉄で完全に稀釈されてから排泄されるのであろうと思われる)。

これらの排泄については今後さらに例数を増して検討することが必要である。

### (4) 汗中鉄濃度の貧血者と正常者との比較

本実験は, 鉄剤を与えてもヘモグロビン濃度が正常値まで容易に上昇しないといわれる, 現時点ではヘモグロビン11.1g/dlの女子長距離選手1名

について, 一般女子2名を対照に汗中鉄排泄について実験を行ったものであるが, 両者の汗(脱落上皮細胞を含まない)中鉄濃度に差は認められなかったという結果を示した。

### (5) 臨床からみたスポーツ選手の貧血の実態と貧血の運動能力への影響

本研究は臨床の面からスポーツ選手の貧血の実態に検討を加えるとともに, 貧血患者の治療過程における最大酸素摂取量の変化について測定を行っている。2年間の受診貧血患者は男子では33人中32人が中長距離選手であり, 女子では19人のうち中長距離選手が7人, バスケットボール選手が5人で多かった。血液検査の結果は, 血清鉄, 血清フェリチン, 総鉄結合能からみて潜在性鉄欠乏状態の者が男子で約80%, 女子で約90%にみられ, これら鉄欠乏者は鉄剤の投与によってヘモグロビン値が正常値に回復しており, このことから貧血者の大部分は鉄欠乏性貧血であることを示している。

貧血者の最大酸素摂取量は治療によるヘモグロビンの上昇に伴い治療前の値に比し全例において上昇し改善が認められた。Hb1g/dlの上昇当たり最大酸素摂取量は3ml/min.kgの上昇であった。

今回の研究の重点課題であった鉄代謝に関する研究の結果は, 前述のように, 中長距離選手における赤血球寿命, 鉄利用率, 組織への鉄とりこみ, 尿, 糞, 汗中への鉄放射能の排泄などは一般の者に比べて有意差のないことを示した。しかし, 本研究では実験条件に適合した被験者が容易に得られなかったことや例数の少なかったことなどに問題があり, 今後さらに, 今回は行われなかった鉄の吸収実験をも加えて, より精密な条件での研究を重ねることが必要であると思われる。

## II. スポーツ選手の貧血発生頻度に関する調査

執筆者 井川幸雄<sup>1)</sup> 鈴木政登<sup>1)</sup>  
研究協力者 塩田正俊<sup>1)</sup> 飯島好子<sup>1)</sup>

貧血と有気的作業能力との間には必ずしも意見の一貫性はみられない<sup>1)2)3)</sup>が、ヘモグロビン濃度が極端に低下すると運動能力も低下する<sup>4)</sup>。

さて、運動性貧血 (Sports Anemia) の発生機序は完全には解明されていないが、摂取カロリーおよび蛋白質、鉄摂取不足が重要な要因である<sup>5)6)7)</sup>ことには異論はない。したがって、スポーツ選手の貧血は競技成績のみならず健康管理の上からも重要であり、早期発見、治療が望まれる。

本研究は、大学および実業団陸上競技選手男子88名、女子9名を対象に血液検査を実施し貧血発生頻度を調査する目的でなされた。

### 研究方法

#### 1. 対象

対象は実業団陸上競技チーム（男子13名、女子1名：Aチーム）、（男子12名、女子4名：Bチーム）、大学陸上競技チーム（男子40名：Cチーム）、（男子23名、女子4名：Dチーム）の会計97名で年齢は18～31歳であった。

### 2. 血液検査

#### (1)採血日時

Aチーム（女子含む）は昭和59年7月31日の午後1～2時、Bチーム（女子含む）は8月1日の1～2時、Cチームは9月13・14日の午前8時30分～10時、Dチーム（女子含む）は7月25日の午後2～4時の間に採血した。採血部位は肘正中皮靜脈で10mL採血した。尚、早朝採血したチームは朝食摂取前に行ったが、午後採血したチームは朝食は摂取したが昼食はとらざに行った。

#### (2)測定項目及び方法

測定項目は、赤血球数(RBC)、白血球数(WBC)、ヘモグロビン濃度(Hgb)、ヘマトクリット(Hct)、平均赤血球容積(MCV)、平均赤血球血色素量(MCH)、平均赤血球血色素濃度(MCHC)（いずれも Coulter counter Model S によった）、血清鉄(SI)、不飽和鉄結合能(UIBC)、血清蛋白(TP)、血清尿酸(UA)、総コレステロール(TC)、トリグリセライド(TG)、血清酵素(GOT, GPT, L

表1 身体的特徴および血液検査結果

チーム名	身長 cm	体重 kg	ローレル 指数	RBC $\times 10^6/\text{mm}^3$	Hgb g/dl	Hct %	IRON $\mu\text{g}/\text{dl}$	UIBC	TP $\mu\text{g}/\text{dl}$	TC $\text{mg}/\text{dl}$	TG $\text{mg}/\text{dl}$	UA $\text{mg}/\text{dl}$	GOT $\text{mU}/\text{ml}$	GPT $\text{mU}/\text{ml}$	LDH $\text{mU}/\text{ml}$	CPK $\text{mU}/\text{ml}$
A (n=13)	167.7 7.5	55.5 4.4	113.7 5.4	4.78 0.31	14.7 0.8	43.4 2.3	125.0 22.8	259.2 53.4	6.95 0.28	160.5 16.6	78.4 20.5	5.46 0.67	18.5 4.5	12.5 4.4	316.2 48.2	163.9 60.4
B (n=12)	169.3 4.7	57.3 4.0	118.2 8.6	4.69 0.27	14.5 0.7	42.2 1.9	139.5 50.3	256.8 11.2	7.10 0.20	161.4 18.8	134.4 48.3	5.67 1.04	24.8 4.5	12.3 3.4	327.7 63.0	297.5 129.4
C (n=40)	168.9 3.6	56.5 3.4	117.9 5.0	4.96 0.28	15.2 0.8	43.7 2.2	110.3 32.4	270.2 59.5	6.90 0.33	158.7 33.1	56.1 26.3	5.85 0.85	18.8 6.3	8.9 3.6	276.2 64.1	215.2 116.6
D (n=23)	169.8 3.0	58.0 4.1	118.2 5.7	4.81 0.28	14.5 1.2	43.0 3.2	105.3 35.6	277.1 79.8	7.14 0.23	157.9 27.5	104.4 53.4	6.23 0.75	18.2 4.5	8.4 3.7	298.0 50.0	205.3 122.9
男子全体 (n=88)	169.2 3.8	56.8 3.8	117.4 5.9	4.86 0.30	14.8 0.9	43.2 2.5	115.2 36.1	268.5 71.9	7.00 0.30	159.1 27.5	82.7 46.7	5.87 0.85	19.4 5.7	9.8 4.1	294.8 60.3	216.2 117.2
女子 (n=9)	158.3 4.8	48.6 6.0	122.0 11.3	4.08 0.33	12.0 0.9	35.7 2.6	71.9 38.9	389.7 124.1	7.14 0.32	179.3 26.7	73.0 21.0	4.30 0.60	18.7 5.8	16.0 16.9	285.2 54.3	137.2 80.1

Data represent mean and SD.

★: P<0.05, ★★: P<0.01, ★★★: P<0.001, NS: no significance

<sup>1)</sup>東京慈恵会医科大学

DH, CPK) など (いずれも自動分析装置 “ザ・パラレル<sup>8)</sup>” によった) であった。

### 結果と考察

#### 1. 対象者の身体的特徴および血液検査結果

身体的特徴と血液検査結果を表1に示した。男子 (n=88) および女子 (n=9) の平均値と臨床検査正常値<sup>9)</sup>とを比較してみる。

陸上競技男子選手の平均赤血球数 (RBC), ヘモグロビン濃度 (Hgb) およびヘマトクリット値 (Hct) は慈大正常値と比較し有意差はないが、女子のHgb平均値 $12.0 \pm 0.9 \text{ g/dl}$  は正常値 $13.0 \pm 1.5 \text{ g/dl}$ と比較し有意 ( $P < 0.05$ ) に低値であった。

血清鉄濃度の平均値は、男女とも正常域内にあったが、女子の不飽和鉄結合能 (UIBC) の平均値は正常域上限を越えていた。

血清総蛋白濃度 (TP) の平均値は男女選手とも正常域にあった。

血清CPK活性の平均値は男女とも正常上限を逸脱した高値を示したが、他の生化学成分測定値の平均値は男女選手とも正常域にあった。

男子選手について、チーム別に比較してみると、チーム間の差異には各測定値とも特に著明なものはないが、BチームのRBC, Hgb値はCチームのそれに比較し有意 ( $P < 0.05$ ) に低く、血清鉄濃度は逆に高値であった。また、Cチームの血清CPK活性値はBチームに比較し低値 ( $P < 0.05$ ) である。

血清トリグリセライド濃度 (TG) は、Cチームが最も低値 ( $P < 0.001$ ) であり、他チームのそれがやや高値であるのは朝食摂取の影響であろう。

#### 2. 男子陸上競技選手のヘモグロビン濃度分布

男子 (n=88) のHgb濃度の度数分布を図1に示した。分布型は正規分布で、その平均値は $14.8 \pm 0.9 \text{ g/dl}$ であり、Hgbの貧血判定基準値 $13.0 \text{ g/dl}$ 以下を示す者は1例観察されたにすぎなかった。この者の血液学的検査成績は次のようにあった。Hgb $10.9 \text{ g/dl}$ , RBC $4.82 \times 10^6 / \text{mm}^3$ , Hct 33.7%, MCV $69.8 \mu\text{m}^3$ , MCH 22.5pg, MCHC 32.2%で、血液塗抹標本を観察した結果は橢円赤血球が比較的多くみられた。また、血清鉄濃度は $41 \mu\text{g/dl}$ , UIBCは $512 \mu\text{g/dl}$ と著しい鉄欠乏状態にあった。血清生化学検査成績のうちCPK活性値は $92 \text{ mU/ml}$ , TP $7.2 \text{ g/dl}$ で、その他いづれの検査結果にも特筆

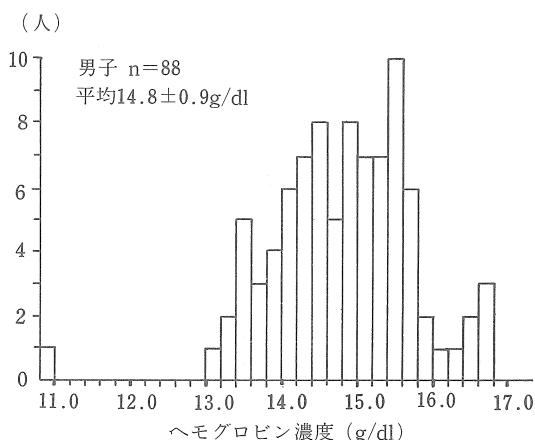


図1 男子陸上競技選手(n=88)のヘモグロビン濃度分布  
すべきものはみられなかった。この者は少球性低色素性貧血で鉄剤投与により改善するものと思われる。

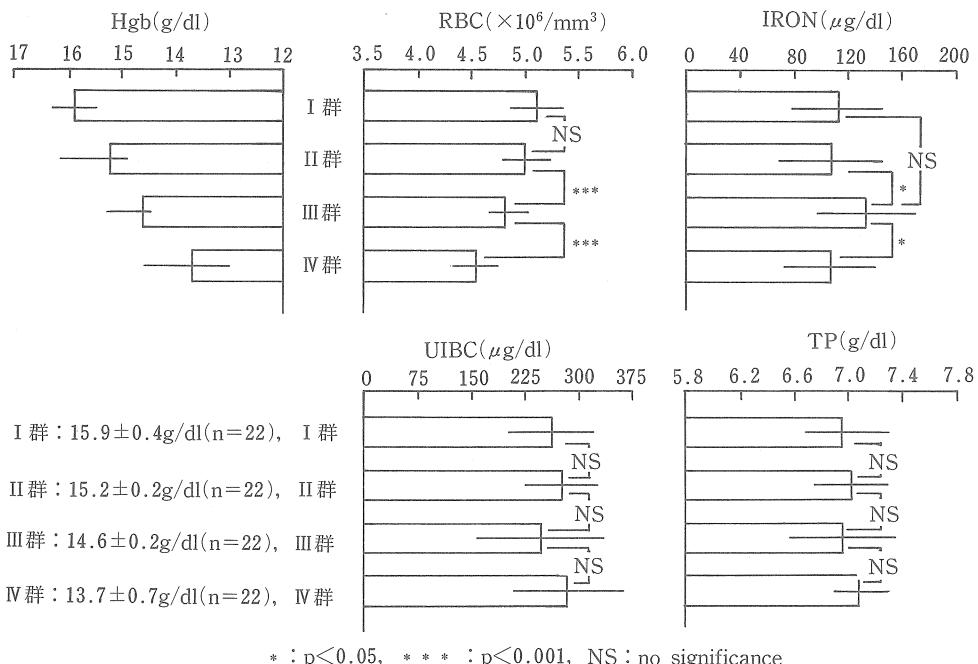
女子選手9名のうち、Hgb $12.0 \text{ g/dl}$ 未満の低ヘモグロビン血を示す者は5名 (55.6%) に観察され、その血液学的検査成績の平均値は次のとおりであった。RBC $3.95 \times 10^6 / \text{mm}^3$ , Hgb $11.4 \text{ g/dl}$ , Hct 34%, MCV $86.3 \mu\text{m}^3$ , MCH 28.9pg, MCHC 33.5%で、血清鉄濃度は $49.8 \mu\text{g/dl}$ , UIBCは $439 \mu\text{g/dl}$ であり (ただし、血清鉄、UIBCともに鉄剤を摂取していた者1名を除く), 血清CPK活性値は $100 \text{ mU/ml}$ , GOT $16 \text{ mU/ml}$ , GPT $14 \text{ mU/ml}$ であった。

以上述べた如く、低ヘモグロビン血を示す者は男子陸上競技選手では88名中1名観察されたにすぎず、女子選手では9名中5名に観察された。男子バーボール選手についての報告<sup>10)</sup>によると、25名中Hgb $13.5 \text{ g/dl}$ 以下を示した者が4名 (16%) いたという成績があるが、本調査ではHgb $13.5 \text{ g/dl}$ 以下を示す者は男子陸上競技選手88名中6名 (6.8%) にすぎなかった。この原因として運動の特性、練習量、食事内容の相違等が考えられるが、それらについては調査しなかった。

#### 3. ヘモグロビン濃度および血清CPK活性値別にみた血液生化学成分

男子88名をHgb濃度の高低によってI~IV群に区分し、それら各群のRBC, IRON, UIBCおよびTP濃度の平均値を比較した (図2)。

Hgb濃度が低下するにつれRBCも低下するが、



\* :  $p < 0.05$ , \*\*\* :  $p < 0.001$ , NS : no significance

図2 ヘモグロビン(Hgb)濃度別にみた赤血球数(RBC), 血清鉄(IRON), 不飽和鉄結合能(UIBC)および血清総蛋白(TP)

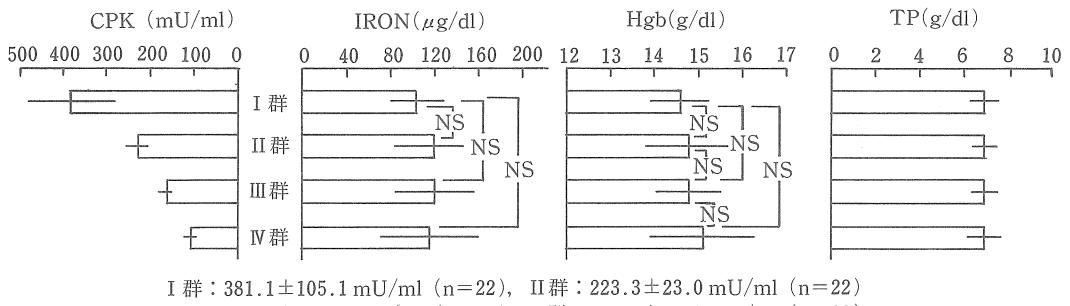


図3 血清酵素CPK活性値別にみた血清鉄(IRON), ヘモグロビン(Hgb)および血清総蛋白(TP)

UIBC, TP濃度にはI~IV群間で有意差はなかった。また、III群の血清鉄濃度はII, IV群と比較し有意( $P < 0.05$ )に高値であり、この程度の範囲にあるHgb濃度では血清鉄濃度とは直接関係しないものと思われる。

鉄欠乏性貧血の原因の1つに機械的作用による筋の崩壊<sup>11)</sup>、赤血球の破壊<sup>12)13)</sup>などがあるが、筋の崩壊などによって血清CPK活性値も上昇する。そこで、血清CPK活性値の高低によってI~IV群に区分しそれらの群の血清鉄、HgbおよびTPを比較した(図3)。しかし、いづれの項目においても

各群間に有意差は示されなかった。

運動による血清CPK活性値は一過性の運動で上昇するが、しかし血清鉄濃度は一過性の筋破壊によってただちに低下するとは考えられず、したがって、図3に示すようにCPK活性値と血清鉄濃度、Hgb、TPとの間になんの関連もみられなかつたものと思われる。激運動の持続により血清CPK活性値の上昇は持続するが、その場合十分な鉄、蛋白質が補給されなければ当然血清鉄、TP濃度は低下するであろう。

## まとめ

実業団および大学陸上競技選手男子88名、女子9名を対象に貧血発生頻度の調査を行った。その結果、低Hgb血を示す者が男子で1名、女子で5名観察された。潜在性の鉄不足傾向者(男子80 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 以下、女子60 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 以下)は男子で88名中14名(16%)、女子で9名中4名(44%)にみられた。その他の血液生化学検査項目のうちでは血清CPK活性値のみが正常域上限を示し、他は正常域内にあった。

## 文 献

1. 山岡誠一、米田幸雄、蜂須賀弘久、舛岡義明：運動性貧血が競技能力におよぼす影響について、体育学研究、9, 117~123, 1966.
2. Anderson, H.T., and Barkve, H.:Iron deficiency and muscular work performance. Scand. J. clin. Lab. Invest. [Suppl.], 114, 1~62, 1972.
3. Vellar, O.D., and Hermansen, L.:Physical performance and hematological parameters. Acta Med. Scand. [Suppl.], 552, 1~40, 1971.
4. Edgerton, V.R., Bryant, S.L., Gillespie, C.A., and Gardner, G.W.:Iron deficiency anemia and physical performance and activity of rats. J. Nutr., 102, 381~400, 1972.
5. 南部敏江、中村磐男、西田典子、鏡光長：運動部に所属する女子高校生の貧血調査；発生要因とその栄養学的考察、聖マリアンナ医大誌、9, 129~137, 1981.
6. Steel, J.E.:A nutritional study of Australian Olympic athletes. Med. J. Aust., 7, 119~123, 1970.
7. Stewart, G.A., Steel, J.E., Tayne, M.B., and Stewart, M.J.:Observations on the haematology and the iron and protein intake on Australian Olympic athletes. Med. J. Aust., 2, 1339~1343, 1972.
8. 池田清子、船戸秀子、松本梢、井川幸雄：ザ・パラレルの検討。JJCLA, 8, 354~357, 1983.
9. 東京慈恵会医科大学附属病院中央検査部：臨床検査正常値、1984。
10. 長嶺普吉、井川幸雄、磯貝行秀、香川芳子、黒田善雄、鈴木一正：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、日本体育協会スポーツ科学研究報告集：No.VI, 1~25, 1975.
11. Schiff, H.B., MacSearraigh, E.T.M., and Kallmeyer, J.C.:Myoglobinuria, rhabdomyolysis and marathon running. Quart. J. Med., New series XLVII, No. 188, 463~472, 1978.
12. 北村李軒：武道、特に剣道練習後に見られる血色素尿について、武道学研究、10, 21~27, 1978.
13. Davidson, R.J.L.:Exertional haemoglobinuria; A report on three cases with studies on the haemolytic mechanism. J. Clin. Pathol., 17, 536~540, 1964.
14. 井川幸雄：運動負荷と病態情報変動要因の解析、臨床病理38, 214~232, 1979.

### III. 長距離走者の赤血球寿命と鉄代謝に関する研究

執筆者 川上憲司<sup>1)</sup> 井川幸雄<sup>1)</sup>  
研究協力者 細田孝子<sup>1)</sup>

#### 1. はじめに

近年長距離走者の数が増加しつつあり、身体に及ぼす影響についても多方面から検討されている。特に、長距離走者の中に貧血を来たす例があることが知られているが<sup>1)2)</sup>、その原因についての知見は少ない。しかし、機序として溶血<sup>3)</sup>、血尿<sup>4)4)</sup>、造血障害<sup>6)</sup>、鉄の吸収障害<sup>7)</sup>、発汗中の鉄の漏出<sup>7)</sup>、血漿蛋白の増加などが考えられている<sup>8)</sup>。

今回、長距離走者と、正常対照者について赤血球寿命と鉄代謝を測定し、血液学的検査値とも併せて検討した。

#### 2. 対象

長距離走者5名（年令21才～23才）と正常対照者5名（年令19才～21才）の計10例である。長距離走者は1日約20kmの走行練習をしていたが、検査前約1ヶ月間は練習を中止していた。正常対照群は、スポーツを課外で行う程度で、毎日の練習は行っていない。

両群とも過去に特記すべき疾患の既往はなく、また常に服用している薬剤もない。

#### 3. 方 法

##### (1) 赤血球寿命の測定

被検者より15mlを採血し、4mlのCPD液入りバイアルに入れる。これに<sup>51</sup>Cr 40μCiを加えて室温で15分間インキュベートする。次いでアスコルビン酸を60mg加えて、よく混和する。5分間放置後混和液5mlを静注する。今回は、<sup>51</sup>Cr標識赤血球投与後、1, 3, 5, 7, 10日に採血を行い、各試料についてヘトマクリット値を測定し、計数率の補正を行ったあと、カウントを片対数グラフにプロットし、最小二乗法により直線を引き半減日数をグラフ上より読みとった。

また採血後、3, 5, 7日に心、肝、脾における体外計測を行い、肝/心比、脾/心比を経日的

にプロットして、各臓器での赤血球崩壊のパターンをみた。

##### (2) 鉄代謝の測定

あらかじめ、被検者よりバックグラウンド用の血液を採血しておく。次に<sup>59</sup>Fe-クエン酸第二鉄10μCiを静注する。

今回は、10, 30, 60, 90, 120, 240分及び1, 3, 5, 7, 10日後に注入側とは別の静脈から採血した。10分から40分後までの血液サンプルの放射能(cpm)の時間的変化を片対数グラフにプロットし最小二乗法により直線を引き、血漿鉄消失時間(Plasma Iron Disappearance Time, PIDT<sub>1/2</sub>)を求めた。また、次式により血漿鉄交替率(Plasma Iron Turnover Rate, PIT)を算出した。

$$PIT = \frac{0.693 \times \text{全血漿鉄量(mg)} \times 24(\text{hr/day})}{\text{PIDT}_{1/2} \times \text{体重(kg)}}$$

次に、1～10日後までのサンプルにおいては、赤血球鉄利用率(% Red Cell Utilization, %RCU)及び赤血球鉄交替率(Red Cell Iron Turnover Rate, RCIT)を次式により求めた。

$$\%RCU = \frac{\text{血液サンプル中の}^{59}\text{Feの量(カウント/ml)} \times \text{全血液量(ml)}}{\text{Standard(カウント/ml)} \times \text{希釈倍数}} \times 100$$

$$RCIT = PIT \times \%RCU \times \frac{1}{100}$$

また、1～10日後まで、採血と同時に肝、脾、骨髄及び筋（大腿部）について体外計測を行い、各臓器における経時的な<sup>59</sup>Fe分布の動きをグラフにして、そのパターンをみた。

#### 4. 結 果

##### (1) 赤血球寿命

赤血球寿命は、長距離走者で25.6±2.7日、対照群で25.8±4.3日で、両群の間に有意差はなかった（図1-a）。

体外計測により求めた肝/心、脾/心比は3日後に両比とも1.0となり、7日まではほぼ一定値を示した。長距離走者群と対照群では体外計測パターンに有意差を認めなかった（附表）。

<sup>1)</sup>東京慈恵会医科大学

表1 各被検者のフェリチン、鉄、不飽和鉄結合能

検査項目 被検者 検査日	フェリチン						鉄(IRON)						不飽和鉄結合能(UIBC)					
	1	2	6	8	11	14	1	2	6	8	11	14	1	2	6	8	11	14
N.M.	16.0	15.2	—	18.7	22.1		57	94	69	86	66		337	319	345	325	354	
K.T.	14.0	16.3	16.7	13.6	9.5		146	200	93	157	169		150	116	230	140	135	
Y.H.	16.3	14.7	15.3	22.4	34.7	17.0	180	106	86	72	86	132	155	277	303	305	307	255
I.T.	25.2	25.2	19.0	28.6	31.3	22.4	119	117	167	170	136	110	282	276	190	225	252	312
T.T.	23.1	18.4	19.7	21.1	31.3	27.2	139	69	46	90	136	124	204	301	344	295	207	251
$\bar{x}$	18.9	17.9	17.7	20.9	25.8	22.2	128.2	117.2	92.2	115.0	118.6	122.0	225.6	257.8	282.4	258.0	251.0	269.3
S.D.	4.9	4.3	2.0	5.5	10.2	5.1	45.5	49.6	45.6	45.0	41.8	11.1	81.8	81.3	69.7	76.0	85.3	37.1

M.T.	33.3	32.6	26.5	26.5	29.2	31.3	101	147	126	135	78	152	271	214	234	220	285	193
T.A.	49.0	38.8	35.4	36.7	28.6	31.3	91	155	130	96	97	101	344	258	268	316	321	330
$\bar{x}$	41.2	35.7	31.0	31.6	28.9	31.3	96.0	151.0	128.0	115.5	87.5	126.5	307.5	236.0	251.0	268.0	303.0	261.5
S.D.	11.1	4.4	6.3	7.2	0.4		7.1	5.7	2.8	27.6	13.4	36.1	51.6	31.1	24.0	67.9	25.5	96.9

## (2) 鉄代謝

赤血球鉄利用率(%RCU)は、長距離走者群で90.4±4.9%，対照群で91.6±6.7%と正常範囲にあり、両群の間に有意差は認めなかった(図1-b)。

血漿鉄消失時間(PIDT $\frac{1}{2}$ )は、長距離走者で、101.6±25.9分、対照群で81.0±19.0分となり両群の間に有意差はなかった(図1-c)。

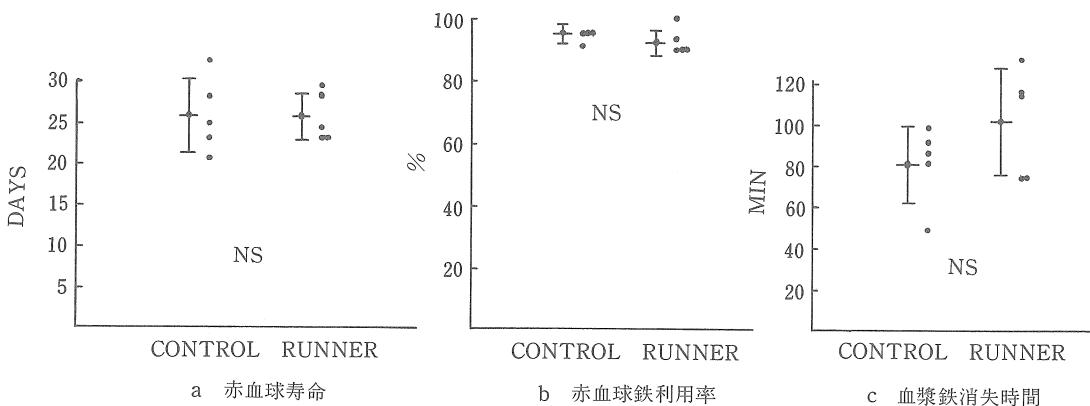
体外計測では、肝、脾、骨髄の他に、筋における鉄の崩壊状態を知るために筋における放射能の経時的变化をみたが、いずれの部位においても両群の間に有意差を認めなかった(附表)。

## (3) 血液学的検査

フェリチン、鉄、不飽和鉄結合能を測定した。計測は、鉄代謝における採血時と同じ間隔、つまり1, 3, 5, 7, 10日目に採血計測した。いづれの値にも、両群間に有意差はなかった(表1)。

5. 考 察

運動によって惹起される貧血についての報告は、スポーツの隆盛とともに増加しつつあるが、スポーツ貧血の原因については推察の域を出いでない。しかし、貧血に対する対策は、スポーツ選手の健康管理はもとよりスポーツ遂行能の向上の面からも重要な問題である。運動貧血の原因として、貧血による低ヘマトクリットが血管の末梢抵抗を下げ、組織への酸素供給を容易にするという適応現象であるという説、赤血球の機械的崩壊が運動によって促進され、その結果、溶血性貧血を来たすという説、また、尿や汗中の鉄の漏出などによって鉄欠乏性貧血を来たすという説などが考えられている<sup>9)</sup>。



(図1)

ヘマトクリットの低下が末梢抵抗を下げ、末梢循環を改善し、運動能を向上させるための適応現象であるという仮説は、多くのスポーツ選手が正常のヘマトクリットを保っていることからも正しいとは言えない。

今回の実験でも、両群の間でヘマトクリット値に有意の差を認めなかった。

溶血性貧血は、血管内での機械的な崩壊によると考えられている。また、激しい運動はストレスとなってアドレナリンの分泌を増加させ、これが脾を収縮させて溶血性因子を血中に放出し、それによって赤血球膜の抵抗性が弱まり、赤血球の破壊を亢進するといわれている<sup>10)</sup> この場合に蛋白質の供給が充分でないと赤血球の新生が阻害され、貧血を生ずる。

我々の測定した症例では、赤血球寿命は長距離走者、対照群ともに25日前後で、両群の間に有意差を認めていない。

一方、正常状態では崩壊赤血球の約90%が脾、肝、骨髄などの網内系に喰食され、約10%が、ヘモグロビン—ハプトグロビン複合体となって、肝細胞に摂取される。しかし、長距離走者では、血管内溶血の亢進のため、肝細胞摂取の割合が増し、網内系における喰食の率が低下するといわれている<sup>11)</sup>。

今回、体外計測により肝、脾における摂取率の変化をみたが、摂取パターンは長距離走者群と対照群とで、有意の差がみられなかった。つまり、長距離走者群で、肝における摂取が脾に対して、相対的に増加しているという所見は得られなかった。

赤血球寿命及び体外計測において長距離走者群と対照群の間で有意差のみられなかった原因として、今回対象とした長距離走者群では運動量が多くなかったこと、貧血の所見がなかったことなど

が考えられる。

運動が鉄代謝に及ぼす影響に関する多くの研究が行われているが、一致した見解は得られていない。Magnussonらは<sup>11)</sup>、血清鉄、血清フェリチンが長距離走者群で有意に低かったと報告しているが、その原因として、鉄吸収率の低下<sup>7)</sup>、汗中の排泄鉄量の増加<sup>7)</sup>、赤血球の崩壊<sup>9)</sup>などのほか腸管への漏出、心筋や骨格筋の需要鉄量の増加などが考えられる。

今回の鉄代謝のパラメータのうち、赤血球鉄利用率、血漿鉄消失時間とともに、長距離走者群と対照群の間に有意差が認められなかった。これは、高松らの報告<sup>12)</sup>とも一致している。彼らは、ラットで自発運動させた場合の鉄代謝に異常を認めていない。その原因として蛋白、鉄栄養とともに正常であったことをあげているが、今回の対照群においても、蛋白、鉄栄養に異常が認められていなかった。

体外計測では、肝、脾、骨髄、及び筋において放射能の推移をみたが、いずれにおいても長距離走者群と対照群との間で有意差を認めなかった。長距離走者では、心筋や、骨格筋において鉄需要量が増加するため貯蔵鉄も動員され、筋における放射能が対照群より増加する可能性を予測したが、有意差を認めることはできなかった。

#### おわりに

長距離走者の貧血の実態について研究する目的で、赤血球寿命と鉄代謝検査を行い、正常対照群と比較検討した。その結果、両群間にいずれの測定値に関しても有意の差が得られなかった。

これは、今回、対象とした長距離走者群に貧血のみられなかったこと、栄養状態において正常対照群と変化のなかったこと、長距離練習を休んでいたことなどが、原因と考えられた。

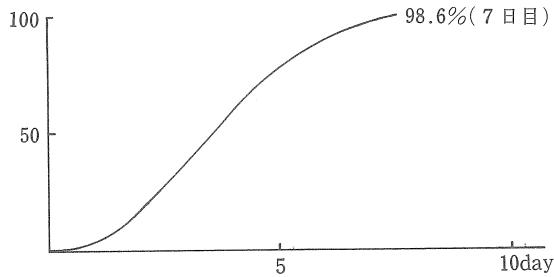
## 文 献

1. Hunding, A, Jordal R, Pauleu P.E., : Runner's anemia and iron deficiency. *Acta Med. Scand.* 209 : 315-8, 1981.
2. Martin, R.P, Haskell, W.L, Wood, P.D., : Blood chemistry and lipid profiles of elite distance runners. *Ann N.Y Acad Sci.* 301, 346-60, 1977.
3. Dufaux, B, Hoederath, A, Streitberger, I, Hollmann, W, Assmann, G, : Serum ferritin, transferrin, haptoglobin, and iron in middle and long-distance runners, elite rowers, and professional racing cyclists. *Int J. Sports*, 2 : 42-6, 1981.
4. Gilligan, D.R, Altshule, M.D, Katersky, E.M., : Physiological intravascular hemolysis of exercise; hemoglobinemia and hemoglobinuria following cross-country runs, *J. clin. Invest* 22 : 859-69, 1943.
5. Siegel, A.J, Hennekens, C.H, Solomon, H.S, Van Boeckel, B, : Exercise-related hematuria : finding in a group of marathon runners. *JAMA*, 241 : 391-2, 1979.
6. Dressendorfer, R.H, Wade, C. E, Amsterdam, E. A., : Developement of pseudoanemia in marathon runners during a 20-day road race. *JAMA*, 246 : 1215-8, 1981.
7. Ehu, C, Carlmark, B, Hoglund, S, : Iron status in a theletes inualued in intense physical activity, *Med. Sci. Sports Exercise*, 12, 61-4, 1980.
8. Brtherhood, J, Brozovic B, Pugh, L.G.C, : Haematological status of middle and long-distance runners. *clin. Sci Mol. Med.* 48 : 139-45, 1935.
9. Halberg, L The etiology of "Sports anemia": *Acta Med. Scand.* 216, 145-8, 1984.
10. 長嶺普吉, 井川幸雄, 磯貝行秀, 香川芳子, 黒田善雄, 鈴木一正, 伊藤静夫: 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, 1 - 25.
11. Magnusson, B, Hallberg, L, Rossander, L, swolin, B, : Iron metibolism and "Sports anemia, II, A hematological comparison of elite runners and control subjects. *Acta Scand.* 216, 157-64, 1984.
12. 高松薰: 成長期, 成熟期の自発走運動が正常食, 鉄欠乏食ラットの鉄代謝および体組成に及ぼす影響, *日医大誌* 51, 441-454, 1984.

1.N.M 23才 男

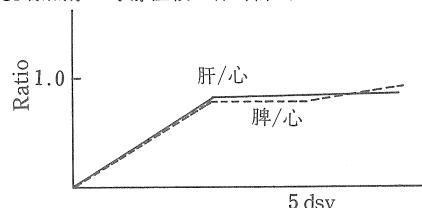
・赤血球寿命 ( $T^{1/2}$ ) 24日

赤血球鉄利用率 %

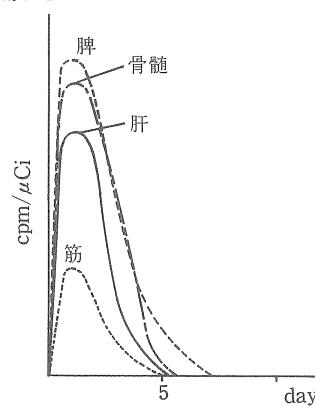


PIDT 1/2 74分 (1.23時間)  
PIT 0.398 (mg/kg/day)  
RCIT 0.398 (mg/kg/day)

・ $^{51}\text{Cr}$ 標識赤血球静注後の体外計測



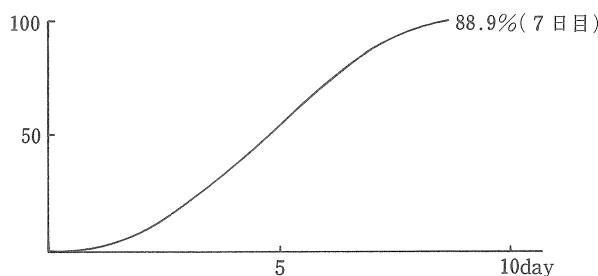
・ $^{59}\text{Fe}$ 静注後の体外計測



2.K.T. 23才 男

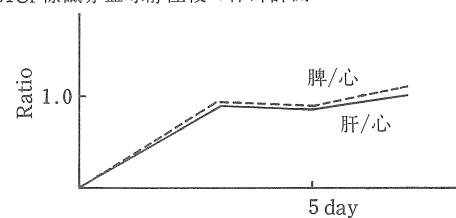
・赤血球寿命 ( $T^{1/2}$ ) 24日

・赤血球鉄利用率 %

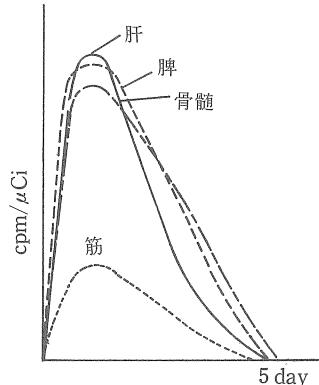


PIDT 1/2 116分 (1.93時間)  
PIT 0.703 (mg/kg/day)  
RCIT 0.703 (mg/kg/day)

・ $^{51}\text{Cr}$ 標識赤血球静注後の体外計測

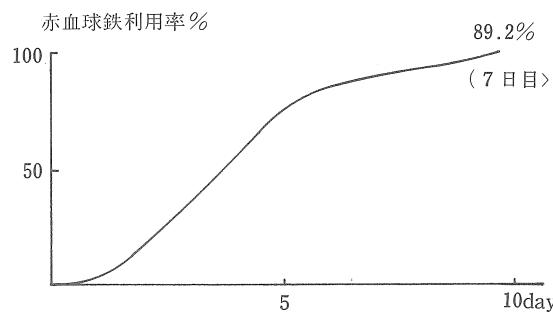


・ $^{59}\text{Fe}$ 静注後の体外計測



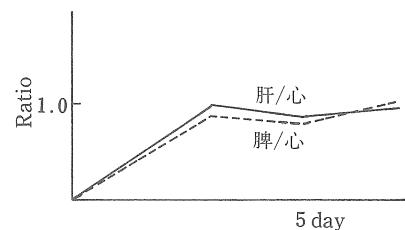
3.I.T. 21才 男

・赤血球寿命 ( $T_{1/2}$ ) 28日

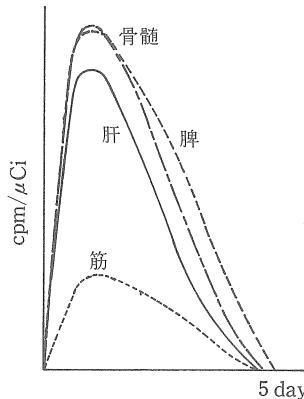


PIDT 1/2 130分 (2.17時間)  
PIT 0.415 (mg/kg/day)  
RCIT 0.415 (mg/kg/day)

・ $^{51}\text{Cr}$ 標識赤血球静注後の体外計測

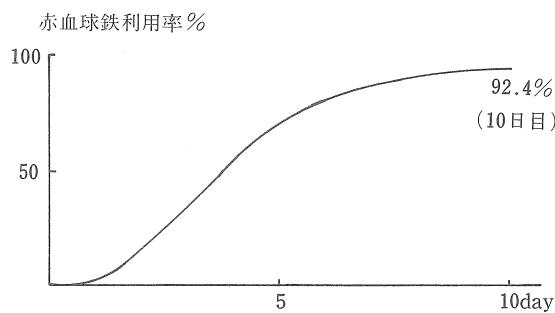


・ $^{59}\text{Fe}$ 静注後の体外計測



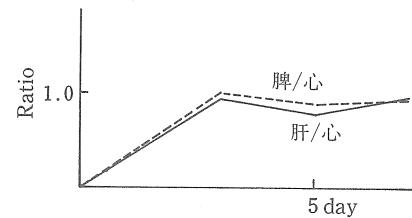
4.Y.H. 21才 男

・赤血球寿命 ( $T_{1/2}$ ) 29日

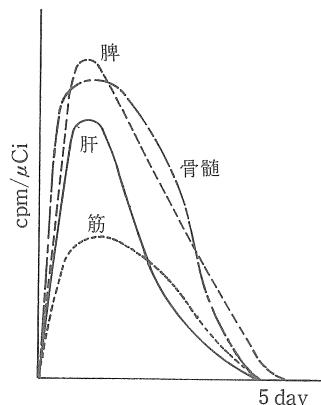


PIDT 1/2 74分 (1.23時間)  
PIT 1.12 (mg/kg/day)  
RCIT 1.03 (mg/kg/day)

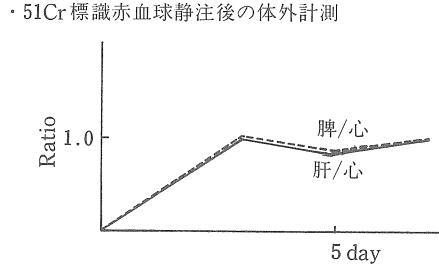
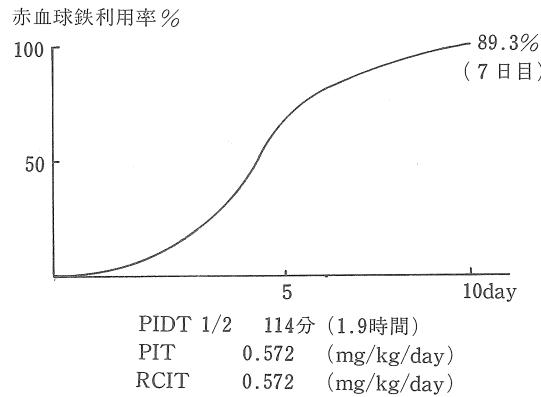
・ $^{51}\text{Cr}$ 標識赤血球静注後の体外計測



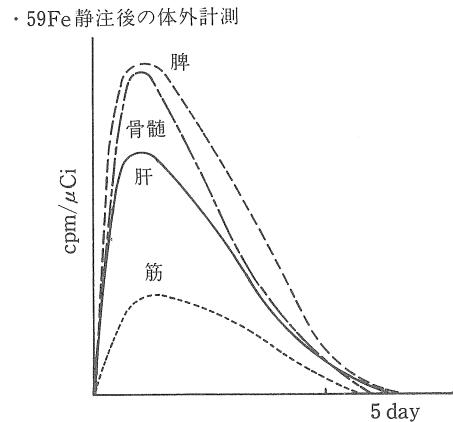
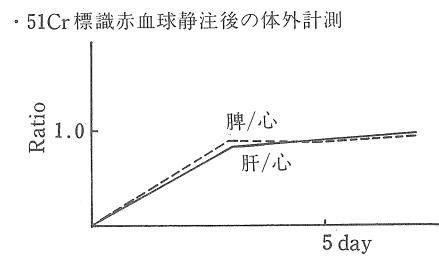
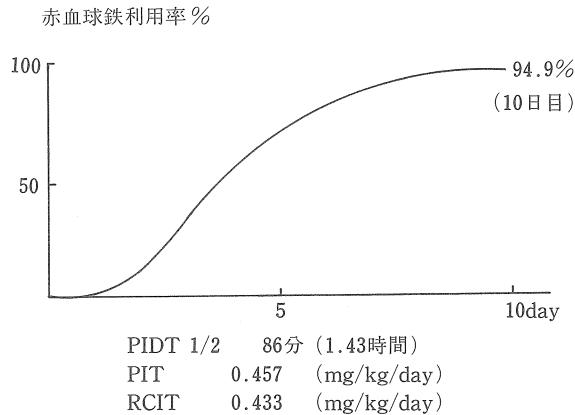
・ $^{59}\text{Fe}$ 静注後の体外計測



5.T.T. 21才 男  
 • 赤血球寿命 ( $T_{1/2}$ ) 23日



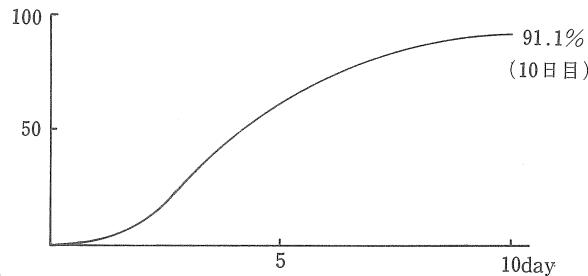
6.T.A. 21才 男  
 • 赤血球寿命 ( $T_{1/2}$ ) 32日



7.M.T. 21才 男

赤血球寿命 ( $T_{1/2}$ ) 28日

赤血球鉄利用率 %

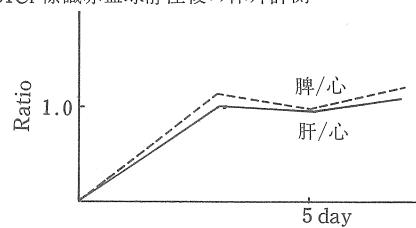


PIDT 1/2 92分 (1.53時間)

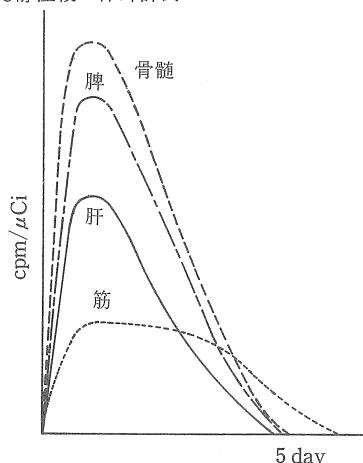
PIT 0.498 (mg/kg/day)

RCIT 0.454 (mg/kg/day)

・ $^{51}\text{Cr}$  標識赤血球静注後の体外計測



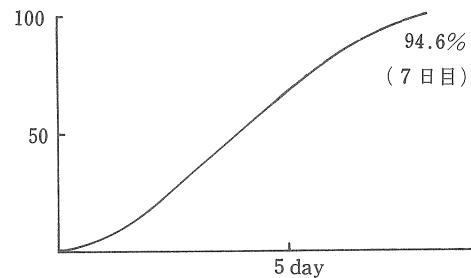
・ $^{59}\text{Fe}$  静注後の体外計測



8.O.F 20才 男

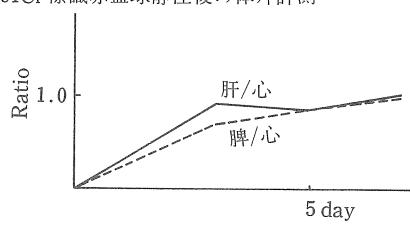
・赤血球寿命 ( $T_{1/2}$ ) 20.6日

赤血球鉄利用率 %

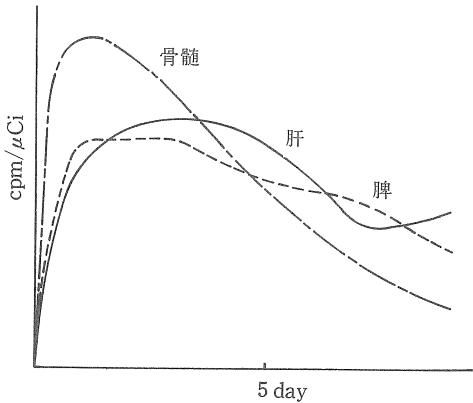


PIDT 1/2 49分 (0.81時間)

・ $^{51}\text{Cr}$  標識赤血球静注後の体外計測

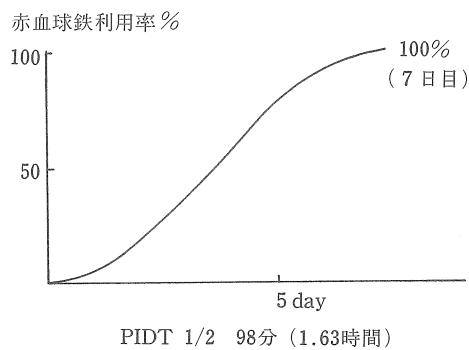


・ $^{59}\text{Fe}$  静注後の体外計測

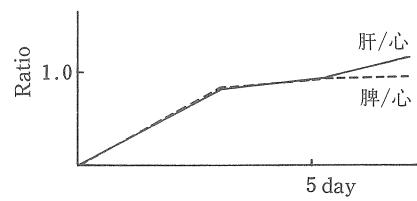


9.T.K 20才 男

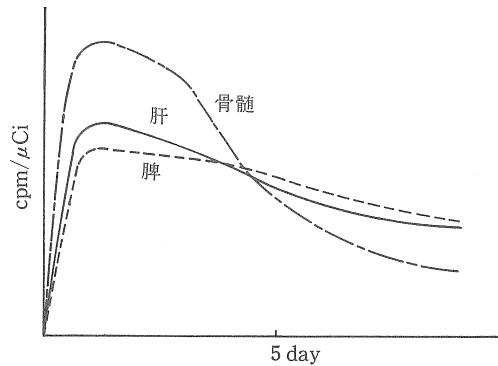
・赤血球寿命 ( $T_{1/2}$ ) 22.8日



・ $^{51}\text{Cr}$ 標識赤血球静注後の体外計測

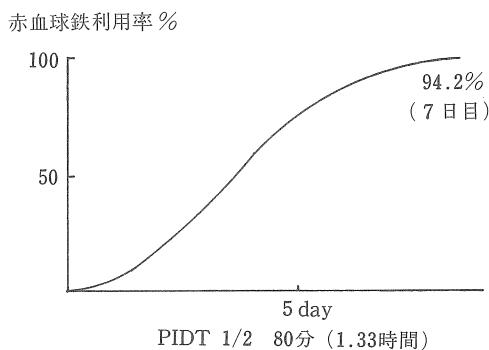


・ $^{59}\text{Fe}$ 静注後の体外計測

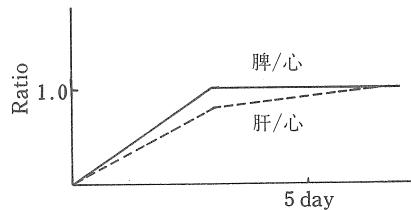


10.T.N 19才 男

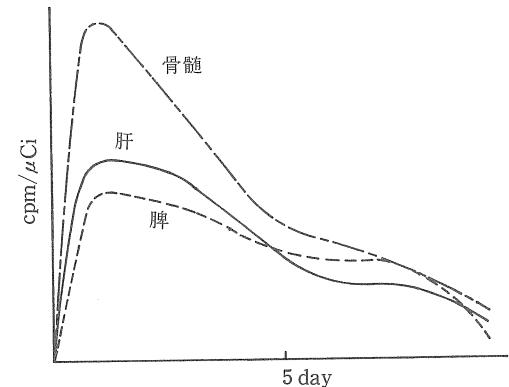
・赤血球寿命 ( $T_{1/2}$ ) 25日



・ $^{51}\text{Cr}$ 標識赤血球静注後の体外計測



・ $^{59}\text{Fe}$ 静注後の体外計測



## IV. 経静脈的に投与した鉄(<sup>59</sup>Fe)の汗、 尿及び糞中への排泄

執筆者 小林修平<sup>1)</sup> 鈴木一正<sup>2)</sup>

研究協力者 西牟田 守<sup>1)</sup> 児玉直子<sup>1)</sup>

体内の鉄は糞、尿及び皮膚（汗、垢）を通じて体外へ排泄される。スポーツ選手の貧血が、鉄のOverallの代謝異常に起因するのならば、スポーツ選手と対照被験者との間に、摂取鉄の吸収、利用あるいは排泄について、何らかの差異が認められる筈である。一般にヒトにおける鉄の出納は、消化管での吸収により主として左右されると言われているが<sup>1-2)</sup>、さいきん、排泄レベルでも鉄の出納が影響をうける可能性が示唆されている<sup>3)</sup>。したがって、経静脈的に投与した放射性の鉄の排泄パターンが、スポーツ選手と対照の間で異なる可能性も予想されるが、この種の研究はこれまでには殆んど見当らない。そこで今回は予備実験として、少數の被験者について上述のようにして与えた<sup>59</sup>Feの排泄パターンを観察した。

### 1. 方 法

被験者は長距離走選手の男子学生2名(A・B)及び対照の一般男子学生3名(C・D・E)である。いずれも健康であり、貧血は認められない。

<sup>59</sup>Fe(クエン酸塩, Amasham薬品)は0.1mCi/7.6 μgFeのものを約10μCi、原則として第1日の午前10時—10時30分に経静脈注入した。

採尿：<sup>59</sup>Fe投与直前に排尿させ、その後の尿を24時間単位で2日乃至3日蓄尿させ、各24時間尿につき3mlの試料をとって放射能の測定を行った。

採糞：<sup>59</sup>Fe投与当日、翌日及び翌々日に排泄した糞を、各人、各日ごとにプラスチック容器に収集した。回収した糞試料は濃硝酸を添加しつつ24～48時間加熱乾固し、残糞を0.5N硝酸に溶解し、放射能を測定した。

採汗：人工気候室内での温熱による強制発汗及び屋外ランニングによる自発的発汗の2法により発汗させ、両腕を覆ったポリエチレン袋に貯留し

た汗を回収した。発汗前後に精密体重計にて体重を測定し、その差を発汗量とした。発汗日は<sup>59</sup>Fe投与日(第1日)第11日及び第19日に自発発汗、第2日、第9日及び第18日に強制発汗とし、採取汗試料を直接、及び蒸発乾固により濃縮した液について放射能を測定した。

なお、測定はいずれもアロカ社ウェル型ガンマシンチレーションカウンターを用いた。

### 2. 結果と考察

#### (1) 汗中への排泄

表1は各採汗日の発汗時間、発汗量及び回収した放射能量を投与量に対する百分率で示した。いずれの試料からも有意な放射能量は検出されなかった。回収量の多かった汗試料は最大20倍程度濃縮したものについても測定したが、同様放射能は検出されなかった。なお、発汗実験はスポーツ選手被験者2名についてのみ実施したが、発汗日以外の日の汗中に<sup>59</sup>Feが有意に排泄されている可能性は完全には否定できないものの、白血病患者について強制発汗により静注<sup>59</sup>Feの汗中排泄を観

表1 静脈注入<sup>59</sup>Feの汗中への排泄

被験者	発汗日	発汗時間 (分)	発汗量 (ml)	回収放射能 (%)
A	第1日	120	570	<0.13*
	第2日**	50	420	<0.10*
	第9日**	50	640	<0.15*
	第11日	60	730	<0.17*
	第18日**	50	440	<0.10*
	第19日	60	570	<0.13*
B	第1日	120	710	<0.17*
	第2日**	50	680	<0.16*
	第9日**	50	980	<0.23*
	第11日	60	910	<0.21*
	第18日**	50	750	<0.18*
	第19日	60	850	<0.20*

\* <検出可能な最低有意放射能より換算した値

\*\* 強制発汗による

<sup>1)</sup> 国立栄養研究所 <sup>2)</sup> 聖徳栄養短期大学

察したGreenらの結果<sup>3)</sup>ともよく一致し、おそらく汗中には一旦全身の鉄で完全に稀釈されてから排泄されるものと思われる。

### (2) 粪便への排泄

採糞は2名のスポーツ選手被験者についてのみ実施した。測定結果は表2に示したが、<sup>59</sup>Fe投与後3日間の糞中に被験者Aは0.43%，Bは0.17%の<sup>59</sup>Feの回収をみた。AとBとの間に回収放射能量に大きな差がみられたが、Aが下痢気味、Bが便秘気味であったことも理由と思われる。採糞日の選択は、過去の一般人に関する報告<sup>3)</sup>の初期上昇が3日間であることを考慮すると、3日間が適当と思われたが、この結果からさらに長期間観察する必要性が示唆される。なお、この糞中<sup>59</sup>Feの初期上昇の1/3は胆汁、2/3は消化管分泌液及び胃腸の剥脱粘膜細胞中の鉄に由来すると言われる<sup>4)</sup>。

表2 静脈注入<sup>59</sup>Feの糞便への排泄

被験者	採糞日	回収放射能(%)	同左3日間の総量(%)
A	第1日	0.22	0.43
	第2日	0.13	
	第3日	0.08	
B	第1日	0.01	0.17
	第2日	排便なし	
	第3日	0.16	

### (3) 尿中への排泄

採取した各日の24時間尿の尿量及び回収総放射能量を表3に示した。対照群の被験者の1名(D)を除くすべての例について、第1日目の尿に投与量の約0.6~1.6%に相当する有意な放射能量を検出した。これはおそらく投与した<sup>59</sup>Feのうちの非結合(遊離)部分に由来するものと思われる。個体差がかなり大きいので、現時点ではスポーツ選手と一般被験者の値を比較できないが、血清トラン

表3 経静脈投与<sup>59</sup>Feの尿中への排泄

被験者	採尿日	尿量(ml)	回収放射能量(%)
A	第1日	960	0.65
	第2日	690	N.D.
	第3日	680	N.D.
B	第1日	640	0.86
	第2日	810	N.D.
	第3日	680	N.D.
C	第1日	530	1.37
	第2日	1220	N.D.
D	第1日	1400	N.D.
	第2日	1400	N.D.
E	第1日	970	1.56
	第2日	1020	N.D.

注: N.D. 検出可能レベル以下

ンスフェリン飽和能との関連等も含め今後一つの指標として検討して行く価値があるものと思われる。

### 3.まとめ

1. 今回の採汗条件では、静注<sup>59</sup>Feの汗中への検出可能レベルの排泄は認められなかった。
2. <sup>59</sup>Fe投与後3日目までの糞中に、投与総量の0.17~0.43%程度の放射能の排泄を認めた。
3. <sup>59</sup>Fe投与直後の24時間尿中に総投与量の0.6~1.6%程度の放射能の排泄を認めた。  
今後これらを指標とするスポーツ貧血者と正常者の比較検討の有用性が示唆された。

### 文 献

1. McCance, R.A., and Widdowson, E.M Lancet, 233: 680, 1937.
2. Moore, C.V., Scand. J. Hematol. 6: 1, 1965.
3. Green, R. et al. Am. J. Med. 45: 336, 1968.
4. Conrad, M.E., et al. J. Clin. Invest. 43: 963, 1964.

## V. 長距離走者についての汗中鉄およびその他元素に関する実験

執筆者 鈴木一正<sup>1)</sup> 小林修平<sup>2)</sup>

研究協力者 西牟田守<sup>2)</sup> 東條仁美<sup>2)</sup> 鈴木和枝<sup>1)</sup>

汗中の鉄濃度は体内における鉄の貯蔵量をある程度反映するので、従来から貧血と見られている一長距離選手について、汗中の鉄及びその他の元素濃度を分析し、他の報告値及び著者等がこれまで行った実験の結果と比較した。また、熱環境下での静止時の発汗と運動時の発汗とについて、汗中の鉄その他の元素濃度を比較してみた。

### 被験者

スポーツ選手としては、年齢24歳、身長150cm、体重39kgの女子長距離選手1名である。競技経験年数は約5年で、2~3時間のトレーニングをほぼ毎日継続している。

本被験者の従来の血液検査の結果は、RBCが $4.26 \times 10^6/\text{mm}^3$ 、Hbが11.1g/dlで、鉄剤を長期にわたって服用している。

対照は、日常多くの運動を行っていない普通の生活をしている女子2名で、ともに年齢は20歳代、体重は約50kgである。

### 実験

#### (1) 摂取栄養量についての検討

まず、鉄を中心とする各栄養素の摂取量に問題

の点が無いかどうかを考察するために、長距離選手について実験開始前の4日間、摂取した食飼の内容について記録を依頼し、各栄養素の1日平均の摂取量を推計したところ、Table-1に示すような値であった。

エネルギーの総摂取量の2016kcalは、現行の所要量からすれば、同年代、同身長における中等度の生活活動強度の所要量に相当する。どの程度のエネルギー摂取量が長距離選手として適しているかどうかは別として、重い生活活動強度における所要量2500~2700kcalよりは少ない。タンパク摂取量は体重kg当たり2.5gで十分量であり、その他の栄養素の摂取量もいずれも十分とみられる。ビタミンAの摂取量は異常に高い。

#### (2) 実験開始前の血清鉄濃度その他

長距離選手について、汗の採取実験直前に測定を行った血清鉄その他の成分の濃度を次に示す。

血清鉄	104μg/dl	ヘマトクリット	37.5
TIBC	438μg/dl	総タンパク	6.2
UIBC	332μg/dl		

Table 1 被害者Aの摂取栄養量(4日間の平均)

所 要 量	エネルギー			たんぱく質			脂質			動物性			植物性			糖		センキ		水分		灰分		カルシム		リシン		鉄			
	K.cal	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	mg	mg	mg	mg				
摂取量	1774	88	64	24	61	41	20	193	4.2	1712	21	770	1420	13									600	—	12						
食飼由来	242	14			0.4			38	0.5	27	3	39	21	51																	
薬物由来	2016	102	64	24	61	41	20	231	5	1739	24	809	1441	64																	
計																															
所 要 量	ナウトリム			カムリウム			塩分			レチノール			カンロチノル			ビンタミンA			ビンタミンD			ビンタミンE			ビンタミンC			ナシアン		ビンタミンC	
	mg	mg	—	—	—	—	μg	μg	—	IU	IU	—	1800	100	1,100	1,500	10	1,090	1,640	10	11,740	13,670	150	12,830	17,310	58	50	18	130		
摂取量	4150	3220		11	24390	5700	27680	—	—	140	—	—	180	10	1,100	1,500	10	1,090	1,640	10	11,740	13,670	150	12,830	17,310	58	50	18	130		
食飼由来	180	30		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
薬物由来	4330	3250		11	24390	5700	27860	—	—	150	—	—	180	10	1,100	1,500	10	1,090	1,640	10	11,740	13,670	150	12,830	17,310	58	50	18	130		
計																															

<sup>1)</sup>聖徳栄養短期大学

<sup>2)</sup>国立栄養研究所

血清亜鉛  $85\mu\text{g}/\text{dl}$ \*

血清銅  $120\mu\text{g}/\text{dl}$ \* (\*印:原子吸光法)

これらの数値に関しては、特に異状は見られなかった。

### (3) 汗の採取と分析

汗の採取実験は3日間行った。第1日及び第3日は人工気候室内で高温環境下での静止状態における発汗による汗であり、第2日は常温において運動に伴って発汗される汗を集めた。汗の採取は各実験日とも、ポリエチレン製のArm bagを上腕以下に装着して集めた。第2日の運動時の汗の採取はArm bagを装着した状態で、被験者の日常の練習速度である8km/hr程度で走行し、30分、60分及び60分の各時間経過毎に集めた。採取した汗は孔径 $0.1\mu$ のテフロン製メンブランフィルターで濾過し、発汗時に混入する表皮細胞の剥離物等を分離した後、原子吸光法で測定した。

### 結果と考察

実験の結果得られた、汗中の鉄、亜鉛、ナトリウム及びカリウムの各濃度をTable 2に示す。被験者のAは前述の長距離選手であり、B及びCは対照者(女子)で、同じ条件で同時に汗を採取した。被験者Aの高温、静止時の腕からの発汗中の鉄の濃度は $13\sim34\mu\text{g}/\text{l}$ で、対照被験者B及び

Cの場合と比較して差は見られない。著者等の従来報告した全身の汗中の鉄濃度(Cell free)の平均値 $72\sim130\mu\text{g}/\text{l}$ よりは低い。また、バレーボールチームの練習に際して、発汗時の汗中鉄濃度として過去に報告した平均値の範囲、 $280\sim410\mu\text{g}/\text{l}$ 、及び特に高濃度であった某チーム(最も運動量が多かった)の $1300\mu\text{g}/\text{l}$ の値等と比べても、小さい値であった。

今回の報告を含めて、三者間に見られた数値の相違については、採汗時における汗の濃縮ということも、その理由の一つと考えられる。しかし、三者ともに汗の採取方法が異なるので、単純に比較することはむずかしく、現段階では確立的な説明を見出しづらい。

また、被験者Aだけについていえば、熱環境下、静止状態で採取した汗よりは、常温、運動状態で発汗された汗の方が鉄濃度が高いという結果がみられた。運動時の発汗では鉄の汗中濃度が高まると仮定するならば、その上昇はある程度運動率や発汗率等にも依存するかもしれない。今回の実験では、先に述べたバレーボールチームの練習に比較して、単位時間当たりの運動量が小さかった感もある。発汗率をみても $200\text{g}/\text{hr}$ 附近であって、バレーボール練習時の $400\sim500\text{g}/\text{hr}$ に比べると小さ

Table 2 汗(Cell free)中の鉄、亜鉛、ナトリウム及びカリウムの濃度

AS: 腕から得た汗

WS: 全身から得た汗

被験者		鉄 $\mu\text{g}/\text{l}$		亜鉛 $\mu\text{g}/\text{l}$		ナトリウム $\text{g}/\text{l}$		カリウム $\text{g}/\text{l}$	
実験日	実験回	AS	WS	AS	WS	AS	WS	AS	AS
A (長距離 選手)	1 1	20	36	380	130	1.1	1.0	0.71	0.10
	2	24	—	190	—	1.4	—	0.14	—
	1 2	33	—	860	—	0.49	—	0.19	—
	3 2	25	—	530	—	0.51	—	0.16	—
	3 3	34	—	490	—	0.36	—	0.15	—
	3 1 2	13 21	31	320 170	260	0.71 1.1	0.72	0.15 0.13	0.094
B (対 照)	1 1	44	17	890	130	0.61	0.69	0.18	0.12
	2	20	—	610	—	0.95	—	0.18	—
C (対 象)	3 1	28	60	760	250	0.51	0.65	0.20	0.13
	2	28	—	290	—	0.73	—	0.17	—
	1 2	49 28	27	— 810	370	0.62 1.0	0.87	0.18 0.17	0.11

い。

亜鉛の汗中濃度については、運動による上昇が明らかであった。しかし、被験者Aの場合、運動をしない、熱環境下、静止時の発汗時の濃度は、著者等の従来の報告値<sup>3)</sup>やPrasad等<sup>4)</sup>の値に比べて明らかに低く、およそ1/2程度であった。亜鉛は汗中の微量元素の中では最も濃度の高い元素で、亜鉛欠乏状態では汗中濃度は低下することが知られている<sup>4)</sup>。被験者Aは、血清亜鉛が正常であるのに対して、汗中亜鉛濃度が低いということは、亜鉛の体内保有量が少ない可能性を示唆している。

汗中の亜鉛濃度を平均約500 $\mu\text{g}/\ell$ と仮定すると、一日に4 $\ell$ の発汗があった場合には2mgが皮膚を通じて失なわれることになる。日常の食事において、亜鉛を十分に摂り入れるよう配慮しなければ、体内の亜鉛濃度の低下は、ガス交換を始めとして諸種の生理、生化学的失調を招くばかりか、造血機能にも影響を及ぼすであろう。

通常の発汗に比べ、運動時の発汗における汗中濃度の上昇は、マグネシウムにおいてもみられ、これは約2倍の値を示した。マグネシウムは生体内におけるエネルギー交換に必要な元素であるが、筋肉運動とマグネシウム、及び汗との間においても何等かの関係が示唆された。しかし、絶対値としては摂取量、排泄量間のバランスに影響を及ぼす量とはいえない。

ナトリウムの汗中濃度は、運動による発汗では低下したが、この傾向については従来知られている通りである。

これらの元素の尿中排泄量に関して、被験者Aの3日間の24時間尿を分析したが、特に異常は認められなかった。

被験者Aの血清鉄濃度は、先に述べたように、長期に亘る鉄剤の服用の効果によるためか、いずれも正常値の範囲内であった。しかし、この値は次に示すように発汗の度に上昇し、実験開始直前106 $\mu\text{g}/\text{dl}$ であったものが、実験第2日の発汗実験終了後には164 $\mu\text{g}/\text{dl}$ を示した。

実験日	血清鉄 鉄結合能飽和率	
	( $\mu\text{g}/\text{dl}$ )	(%)
第1日	発汗前	106
	"後	119
第2日	発汗前	137
	"後	164

その理由として、発汗による血液の一時的な濃縮ということも考えられるが、運動や発汗等の血流量の増大と、体内の鉄の移動との間に、何等かの関連性があるかもしれない。興味深い問題ではあるが、今後の研究の結果に待ちたい。

### 結び

貧血とみなされる一長距離女子走者について、汗（表皮細胞を含まない）中の鉄及び亜鉛の濃度を測定した。

鉄の汗中濃度は13~34 $\mu\text{g}/\ell$ の範囲にあった。これは従来の報告値に比べて低い。

亜鉛の汗中濃度は170~860 $\mu\text{g}/\ell$ の範囲とやや低値であった。

熱環境下の静止状態での発汗に比べて、運動時の汗中の濃度は、鉄、亜鉛ともに高まる傾向が認められた。とくに、亜鉛の増加は2倍に達するほどであった。

亜鉛の汗中濃度は高いので、日常の摂取量が発汗による損失を満たさなければ、低亜鉛由来する各種障害の原因となる可能性もある。

血清中の鉄濃度は正常であったが、亜鉛濃度は85 $\mu\text{g}/\text{dl}$ で、著者等の従来の測定値と比較すると低値であった。

### 文献

- 1) Green, H. et al.: Body iron excretion in man, Am. J. Med. 45, 336. (1968)
- 2) 鈴木一正：スポーツ選手における貧血の発生と予防に関する研究、昭和50年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告 P. 12
- 3) 鈴木一正・他：金属性元素の代謝に関する研究 1976~1980年度公害防止研究成果集、環境庁
- 4) Prasad, A., et al.: Zinc, iron, and nitrogen content of sweat in normal and deficient subjects, J. Lab. & Clin. Med. 61, 84(1963)

## VII. スポーツ選手の貧血の実態と運動能力への影響

執筆者 川原貴<sup>1)</sup>

### 〈はじめに〉

スポーツ選手における貧血は、健康管理の面からも競技能力の面からも重要な問題である。スポーツ選手の貧血の発生要因については鉄欠乏、赤血球の破壊亢進等が問題となっているが、スポーツ選手の貧血において実際それらの要因がどれ位関与しているかは、十分には検討されていない。また、貧血の運動能力に及ぼす影響については、いくつかの報告があるが、スポーツ選手では十分には検討されていない。特に軽度の貧血がどれ位運動能力に影響があるかは不明である。そこで、本研究では、スポーツ選手の貧血患者の実態と、運動能力に及ぼす影響を検討した。

### 〈方法〉

#### 1. スポーツ選手の貧血の実態

昭和58年3月～昭和60年2月の2年間に、日本体育協会スポーツ診療所で受診したスポーツ選手貧血患者（血中ヘモグロビン男14 g/dl以下、女12 g/dl以下）を対象に、性別、運動種目、年令、自覚症状、血液所見、血清鉄、血清フェリチン、総

鉄結合能、血清ハプトグロビン、治療に対する反応等を検討した。

#### 2. 貧血の運動能力に及ぼす影響

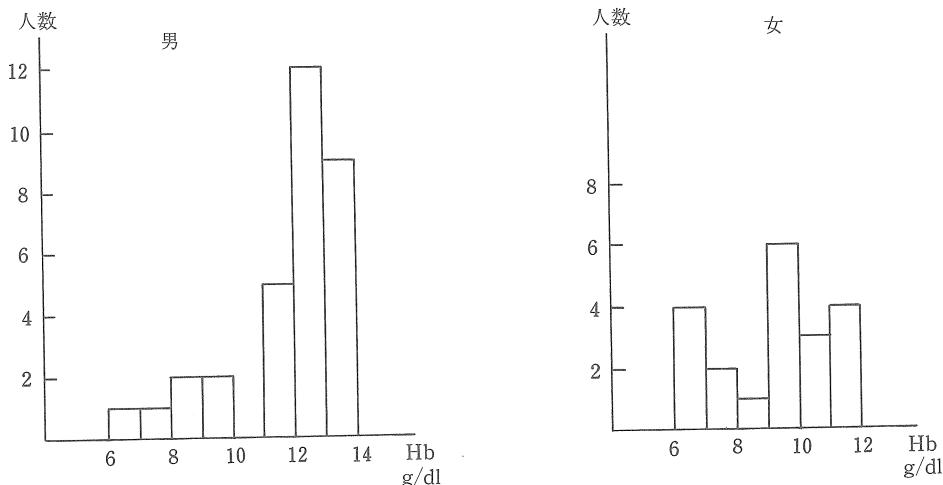
鉄欠乏性貧血を呈する12名（男8名、女4名）のスポーツ選手において、鉄剤による治療前および治療経過中に、トレッドミルあるいは自転車エルゴメーターにより、最大酸素摂取量を測定し、血中ヘログロビンと最大酸素摂取量との関係を検討した。

### 〈結果〉

#### 1. スポーツ選手の貧血の実態

過去2年間に貧血でスポーツ診療所で受診したスポーツ選手は52名であった。性別では男33名、女19名と男が63%を占めていた。種目別にみてみると（表1）、男ではボクシングの1名以外はすべて陸上中長距離であった。女では陸上中長距離が7名と最も多かったが、バスケットボール5名、バレーボール2名、陸上短距離2名、陸上投げ、跳躍、テニスが各1名と、男に比べ多種目にみられた。年令では（表2）、男女とも高校生が最も

図1 貧血者の血中ヘモグロビン濃度の分布



<sup>1)</sup>東京大学

多く、大学生がその次に多かった。

自覚症状（表3）は、カルテに記載してある主症状をみたもので、系統的な問診表を用いたものではないので必ずしも正確ではないが、「練習がきつい」あるいは「練習についていけない」と表現

表1 スポーツ種目別貧血受診数  
(日本体育協会スポーツ診療所)  
(昭和58年3月～昭和60年2月)

男	陸上中長距離	32
	ボクシング	1
	計	33
女	陸上中長距離	7
	短距離	2
	投てき	1
	跳躍	1
	バスケットボール	5
	バレーボール	2
	テニス	1
	計	19

表2 貧血者の年代別分布

	男	女	計
中学生	0	2	2
高校生	16	14	30
大学生	15	2	17
一般成人	2	1	3
計	33	19	52

する者が33名と最も多かった。これらのほとんどは軽い貧血で、日常生活では全く症状がなく、運動時の息切れ、動悸というよりも、ペースを上げようとしても体が動かない、足が重いといった内容であった。次に目立ったのは立ちくらみの11人であり、練習時におこる者が多かった。貧血が中等度以上になると日常生活の階段昇降等での動悸、息切れ、易疲労等の訴えがみられた。

血液所見（表4）では、血中ヘモグロビンは男では6.8～13.8 g/dlの範囲にあり、平均11.8 g/dlで、女では6.0～11.3 g/dlの範囲で、平均9.2 g/dlであった。血中ヘモグロビンの分布は図1のよう、男11～14 g/dl、女9～12 g/dlの範囲にそれぞれ24名(73%)、13名(68%)が入り、比較的軽い貧血が約7割を占めていた。

血清鉄は男30名、女17名で測定しており、平均値は男64 μg/dl、女35 μg/dlであった。血清鉄が男で80 μg/dl以下、女で60 μg/dl以下の低値を示

表3 スポーツ選手貧血患者の自覚症状

練習がきつい	35人
立ちくらみ	11人
息切れ	6人
易疲労	5人
耳鳴り	1人
頭痛	1人
動悸	1人
無症状	1人

表4 スポーツ選手貧血患者の検査所見

	n	男		女		
		mean±SD.	(range)	mean±SD.	(range)	
ヘモグロビン g/dl	33	11.8±1.8	(6.8～13.8)	19	9.2±1.8	(6.0～11.3)
赤血球数 $10^4/\text{mm}^3$	33	426±49	(285～487)	19	365±44	(265～429)
ヘマトクリット %	33	36.7±5.0	(18～43)	19	30±5	(21～38)
平均赤血球容積 $\mu\text{m}^3$	33	87±9.4	(63～102)	19	85±11	(68～100)
		{ <80 80～100 >100 }	6人 25人 2人	{ <80 80～100 >100 }	5人 14人 0人	
血清鉄 $\mu\text{g}/\text{dl}$	30	64±60	(8～336)	17	35±33	(6～123)
フェリチン $\mu\text{g}/\text{ml}$	16	10.4±13.7	(2.5～49.3)	12	6.0±5.5	(3.0～21.8)
		<15	13人(81%)	<15	11人(92%)	
総鉄結合能 $\mu\text{g}/\text{dl}$	12	477±83	(320～554)	10	545±91	(423～699)
ハブトグロビン mg/dl	11	<20 20～50 >50	6人 2人 3人	<20 20～50 >50	0人 3人 0人	

したのはそれぞれ25名(83%), 15名(88%)であった。血清鉄が正常範囲にあった男5名, 女2名の血中へモグロビンはそれぞれ12.0~13.3, 10.6~11.3g/dlの範囲にあり, いずれも貧血は軽度であった。血清フェリチンは男16名, 女12名で測定しており, 15 $\mu$ g/ml以下の低値を示したのは男13名(81%), 女11名(92名)であった。血清鉄あるいはフェリチンが低値を示し, 鉄欠乏ありとされたものは男26名, 女18名で, 血清鉄, フェリチンとともに正常範囲で鉄欠乏なしとされたのは男3名, 検査不十分のため判定不能例は男4名, 女1名であった。総鉄結合能は男12名, 女10名で測定しており, 410 $\mu$ g/dl以上の高値を示したのは男10名(83%), 女10名(100%)であった。総鉄結合能が正常範囲の2名はいずれも血清鉄, フェリチン共に正常であった。

以上のようにほとんどの例で鉄欠乏所見がみられるが, 平均赤血球容積の平均値は男87 $\mu$ <sup>3</sup>, 女85 $\mu$ <sup>3</sup>であり, 80 $\mu$ <sup>3</sup>以下の小球性を呈したのは男6名(18%), 女5名(26%)のみであり, 多くは正球性で, 100 $\mu$ <sup>3</sup>以上の大きさのものもあった。ハプト

グロビンは男11名, 女3名の計14名で測定してあり, 鉄欠乏所見のある13名, ない例1名であった。ハプトグロビン20mg/dl以下に著減していた者6名, 20~50mg/dlが5名で, 11名(78%)で低値を示していた。鉄欠乏のない1例は48mg/dlであった。

鉄欠乏の所見のある男26名, 女18名には鉄剤105~210mg/日を投与したが, 3ヶ月以上経過観察できたのは男13名, 女9名であった。3ヶ月以上経過観察できた例の治療後の血中へモグロビンは男14.8±0.7, 女13.2±0.8g/dlで, 全例正常域まで回復した。鉄欠乏所見のない男3人ではトレーニング量を減らす様に指示したが, 十分に経過を追跡できた例はなかった。

## 2. 貧血の運動能力に及ぼす影響

鉄欠乏性貧血のスポーツ選手12名の治療前, 治療経過中に測定した体重当り最大酸素摂取量( $\dot{V}O_{2\text{max}}/\text{BW}$ )の経過を表5, 図2, 3に示してある。治療によりヘモグロビン上昇と共に全例で明らかな $\dot{V}O_{2\text{max}}/\text{BW}$ の改善を認めた。男では治療初期に $\dot{V}O_{2\text{max}}/\text{BW}$ の改善が大きく, ヘモグロビンが正常に近づくと, ヘモグロビンの上昇に比し

表5 治療経過における血中へモグロビン(Hb)と体重当り最大酸素摂取量( $\dot{V}O_{2\text{max}}/\text{BW}$ )

症例	Hb (g/dl)	$\dot{V}O_{2\text{max}}/\text{BW}$ (ml/min/kg)	症例	Hb (g/dl)	$\dot{V}O_{2\text{max}}/\text{BW}$ (ml/min/kg)
1. 体操 (男)	10.3	*35.7	6. 中距離 (男)	8.4	52.2
	13.2	*44.0		10.1	60.3
	13.4	*46.2			
2. 長距離 (男)	11.4	50.5	7. 長距離 (男)	12.8	61.6
	13.2	70.8		16.1	66.0
	14.6	72.1			
3. 長距離 (男)	8.5	—	8. 長距離 (男)	11.6	59.3
	12.5	56.9		14.4	65.2
	14.4	58.0			
4. 長距離 (男)	11.2	56.1	9. バスケット (女)	11.2	44.0
	11.9	57.8		11.7	46.2
	12.4	68.2			
	12.7	65.8	10. バスケット (女)	7.3	33.7
	12.8	68.2		11.2	49.3
5. 長距離 (男)	6.8	*35.8		12.2	51.0
	10.8	*44.9	11. バスケット (女)	7.8	34.9
	12.8	*46.8		10.7	44.4
	13.9	*47.8		12.2	48.7
			12. バスケット (女)	6.8	31.0
				10.2	39.9

\*自転車エルゴメーターによる測定値

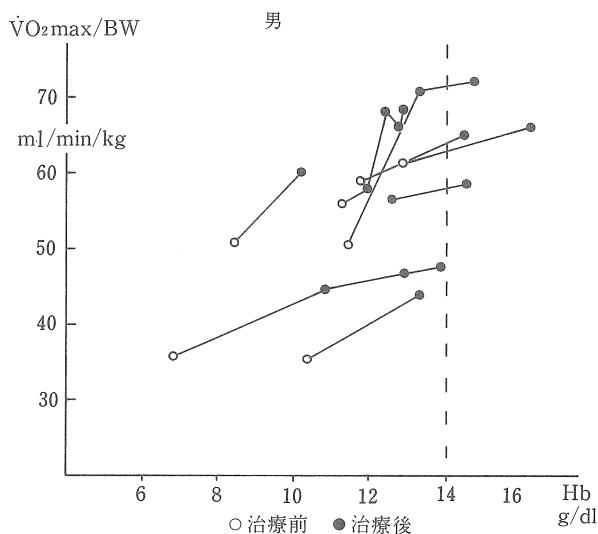


図2 治療経過における血中へモグロビン(Hb)と体重当り最大酸素摂取量( $\dot{V}O_{2\text{max}}/\text{BW}$ )との関係

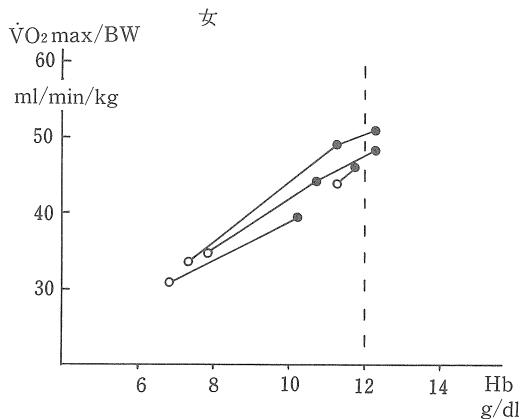


図3 治療経過における血中へモグロビン(Hb)と体重当り最大酸素摂取量( $\dot{V}O_{2\text{max}}/\text{BW}$ )との関係

$\dot{V}O_{2\text{max}}/\text{BW}$  の改善が小さくなる傾向があるが、女ではほぼ直線的な改善がみられ、ヘモグロビン 1 g/dl の上昇に対し約 3 ml/min/kg の改善であった。治療前の血中へモグロビンが 11 g/dl 以上の男 4 名での治療効果をみてみると、ヘモグロビンが治療前 11.8 ± 0.7 g/dl から治療後 14.5 ± 1.4 g/dl に上昇し、 $\dot{V}O_{2\text{max}}/\text{BW}$  は 56.9 ± 4.8 → 67.9 ± 3.1 ml/min./kg と著明な改善がみられた。

#### 〈考接〉

スポーツ選手の貧血の実態を知る目的で、スポーツ診療所を過去 2 年間に受診した貧血患者のデータを検討した。貧血で受診した 52 名のうち 33 名

(63%) は男で、種目では陸上長距離が多く、特に男のほとんどは長距離であった。また年令では高校生が多かった。本研究の対象は診療所を受診した者であり、これがスポーツ選手全体の貧血の実態を表わしている訳ではないが、傾向はみてとれると思われる。一般人と同様にスポーツ選手でも貧血は女に頻度が高いとされているが、今回の検討で男が多かったのは、激しいスポーツ、特に長距離の競技人口が男に多いためと思われる。また、長距離が多かったことは、長距離選手は貧血を起しやすいと考えられるが、長距離では、貧血による有酸素的作業能力の低下が、直接競技力の低下に影響するため、異状に気付き易いことも受診者が多かった一因と思われる。血中へモグロビンの分布では比較的軽度の貧血の者が多く、症状も一般臨床でみる貧血患者とは異っており、スポーツ選手を診る場合、注意が必要である。貧血の原因としては、80%以上は血清鉄、フェリチンは低値、総鉄結合能は高値を示し、大部分は鉄欠乏性と考えられるが、典型的な小球性を示したのは 20%程度であり、鉄欠乏のみでは説明できないと考えられる。一部で測定したハプトグロビンは低値を示す者が多いことから、従来いわれている赤血球破壊の亢進も一因と思われるが、ビタミン、造血能の問題等他の要因も今後検討する必要があると考える。ただ、鉄欠乏の所見のある者では、鉄剤投与により一応正常範囲内まで回復し、自覚症状も消失する事から、貧血の主因は鉄欠乏であると考えられる。しかし、治療後の血中へモグロビンは正常範囲内とはいっても 14 g/dl 台の比較的低値を示す者が多く、仮に他の要因があってそれを除いた場合、これ以上に血中へモグロビンが上昇するのか、また運動能力のより一層の改善が期待できるのかは不明であり、今後さらに検討を要する。鉄欠乏はないとされた者が 3 名あったが、いずれも貧血は軽度であった。このような例では赤血球破壊の亢進によるいわゆる「運動性貧血」も考慮して、トレーニング量を減らす様に指示したが、経過を追跡できた例がなく、原因の検索も十分にはできなかった。この点も今後検討を要する。

ヘモグロビンは酸素の運搬体であり、ある程度の貧血があれば、有酸素的運動能に影響が当然で

てくるわけであるが、軽度の貧血では影響ないという意見もある。今回の検討では、鉄欠乏性貧血では軽度でもかなりの影響がある事が明らかとなつた。

#### 〈まとめ〉

1. スポーツ診療所過去2年間のスポーツ選手貧血患者52名のデータを検討した結果

(1) 受診者は男の方が多く、種目では長距離、年令では高校生が多かった。

(2) 貧血は比較的軽度の者が多く、自覚症状は「練習がきつい」という訴えが多かった。

(3) 貧血の原因は鉄欠乏性が主であるが、他の要因も加わっていると考えられた。

2. 鉄欠乏性貧血のスポーツ選手の治療前、治療後の最大酸素摂取量を測定した。治療により全例で $\dot{V}O_{2\text{max}}$ の著明な改善を認めた。比較的軽度の貧血でもかなりの改善を認めた。





