

# 中学生スポーツ選手と高校生スポーツ選手 とにおける血液・鉄代謝に関する比較研究

	北海道大学	前	吉 俊
(共同研究者)	同		大 原 行 雄
	同		上 原 好 雄
	同		小 林 威 夫
	同		桜 田 恵 右
	同		宮 崎 保

## Hematological and Iron Metabolism in Athletes of Junior High School Comparing with those of High School

by

Yoshitoshi Mae, Yukio Ohhara,  
Yoshio Uehara, Takeo Kobayashi,  
Keisuke Sakurada, Tamotsu Miyazaki  
*The Third Department of Internal Medicine.*  
*Hokkaido University School of Medicine*

### ABSTRACT

It is well known that the way and intensity of training of amateur athletes is similar to that of professional athletes. And we have already reported that the relationship between sports and anemia, finding that high school boy students who belonged to sports club were in the iron deficiency state.

In this study, we examined hematological tests and iron metabolism of junior high school athletes comparing with that of high school athletes. In results, junior high school athletes had severe tendency of

iron deficiency state than high school athletes. It is because that junior high school students have great need of nutrition for their growth more than high school students, we guess.

## 要 旨

スポーツ活動の普及につれ、学生スポーツ界でもプロスポーツに準じてその練習方法および強度も多彩になってきている。これまでのわれわれの調査結果でもスポーツクラブ所属の男子高校生の90%以上が鉄欠乏状態にあることが明らかにされており、それも運動強度にしたがって進展すると考えられる。今回中学生のスポーツクラブ所属の生徒を高校生のそれと比較検討したが、より成長過程にある中学生のスポーツ選手においては、鉄欠乏状態および鉄欠乏性貧血の頻度が高い傾向がみられた。スポーツを教育指導するうえで、強度設定や食事内容を含めて何らかの配慮が必要と思われた。

## 緒 言

近年、スポーツに対する関心がたかまってきているため、スポーツを医学的・科学的に解析し成績の向上に、また、その弊害をできるだけ最小限にするべく努力がなされている。

学校教育の場においても、スポーツクラブという立場を通じて体力向上はもちろんのこと、健全な心身の育成がなされているが、これまでに報告したごとく、スポーツクラブ所属男子高校生においては高率に鉄欠乏状態が認められている。この状態ではスポーツの成績のみならず、学業成績にも当然のことながら影響を与えることが予想される。今回われわれは、スポーツクラブに所属する高校生のみならず、中学生を対象としてその鉄代謝・血液所見に関して調査研究し、若干の知見を得たので報告する。

## 1. 研究方法

札幌市内の私立高校生および公立中学生の陸上部に在籍している選手を対象にした。内訳は以下の通りである。

T高校男子：スポーツの盛んな市内私立高校陸上部 10名 (T高)

M高校女子：道内有名進学高校陸上部 10名 (M高)

N中学男女：市内公立中学陸上部男女おのおの10名 (N中)

対 照：市内の中学校および高校に通学する健康な13歳から18歳までの男女でスポーツクラブに所属しない者男子13名・女子16名

(スポーツクラブ所属の高校生および中学生を運動群とする。)

## 2. 検討項目ならびに方法

①末梢血 (赤血球数・ヘモグロビン値・ヘマトクリット値・白血球数) ; トーアモデル NE 8,000 を用いて測定

②血清鉄 ; 東芝 80 S オートアナライザーにて測定

③血清フェリチン値 (RIA 法) ; ガンマダブフェリチンキット (バクスター社)

④赤血球フェリチン値 (RIA 法) ; スパック S フェリチンキット (第一ラジオアイソトープ社)

⑤GOT・GPT ; 東芝 80 S オートアナライザーにて測定

⑥等電点電気泳動 (以下 IEF) ; 赤血球フェリチ

ン

以上の項目について、上記の測定機種およびキットを使用して運動前に採血し測定した。

### 3. 結 果

#### 3.1 血液学的検査

①赤血球数 ( $\times 10^4 / \mu\text{l}$ ) : 対照群は男子  $498 \pm 36$ , 女子  $424 \pm 38$  であったが T 高男子  $494 \pm 15$ , M 高女子  $446 \pm 36$  であり N 中男子  $473 \pm 25$ , 女子  $441 \pm 21$  という結果であった. 対照群と高校生および中学生のあいだには有意の差がなく, また高校生と中学生とを比較しても有意差は認めなかったが, 中学生運動群でやや低値の傾向にあった (図1).

②ヘモグロビン値 (g/dl) : 対照群では男子  $14.9 \pm 1.2$  であり, 女子は  $12.5 \pm 1.4$ , T 高男子で  $14.8 \pm 0.6$ , M 高女子  $13.0 \pm 1.3$ , N 中男子は  $13.8 \pm 0.9$ , 女子  $13.1 \pm 1.5$  であった. 各群間に有意差は認めなかったが赤血球数の結果と同様に中学生男子において, 高校生男子より低い傾向であった (図2).

③ヘマトクリット値 (%) : 対照群男子では

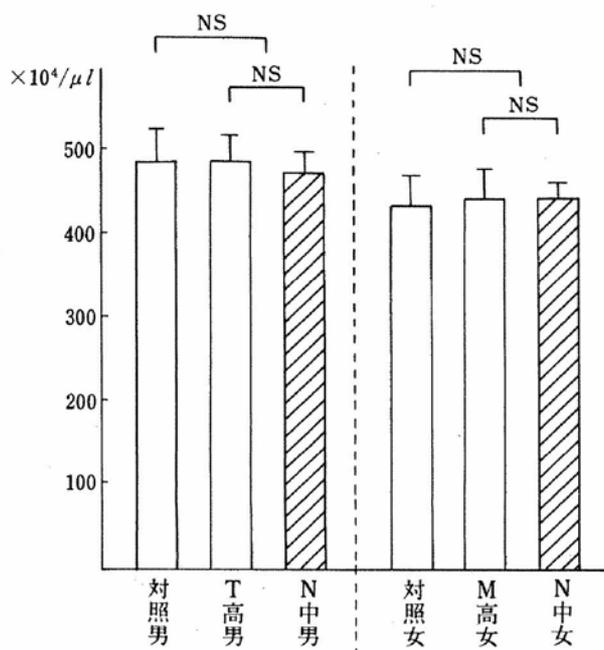


図1 赤血球数

$44.2 \pm 3.5$ , 同女子は  $37.6 \pm 4.3$ , T 高男子  $43.2 \pm 1.2$ , M 高女子  $38.6 \pm 3.4$ , N 中は男女おのこの  $39.8 \pm 2.8$ ,  $38.8 \pm 3.6$  の結果であった. 女子は各群にほとんど差はなかったが, 男子においては中学生群で低い傾向であった (図3).

④白血球数 ( $/\mu\text{l}$ ) : 対照群男子は  $6,036 \pm 927$ , 女子  $6,481 \pm 1,978$ , T 高男子  $5,920 \pm 892$ , M 高女子  $5,594 \pm 1,193$ , N 中男子  $6,380 \pm 1,228$ , 女

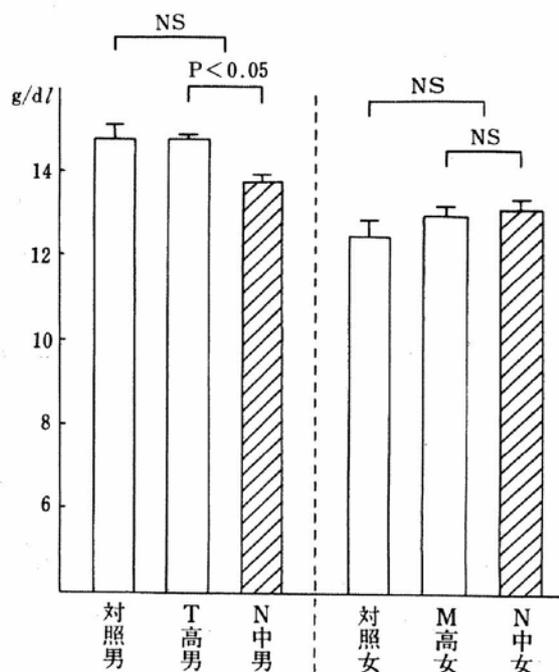


図2 ヘモグロビン値

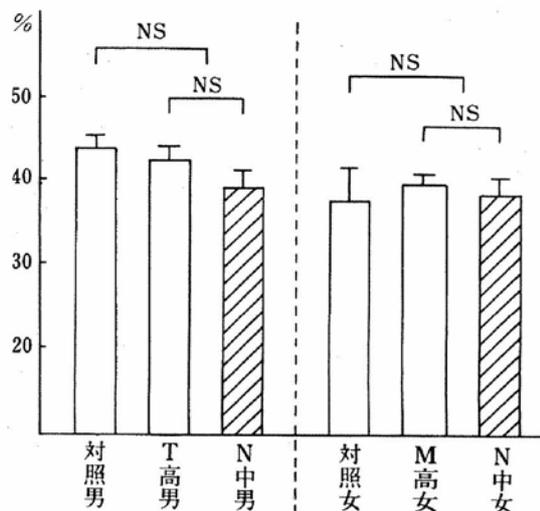


図3 ヘマトクリット値

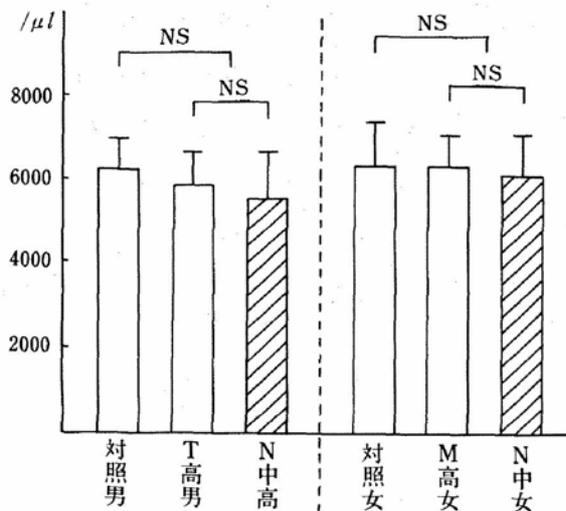


図4 白血球数

子  $6,050 \pm 1,525$  であった。男子には各群に有意差はなかったが M 高女子において有意に白血球数の低下を認めた (図4)。

### 3.2 鉄代謝所見

①血清鉄値 ( $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) : 対照群では男子  $125 \pm 35$ , 女子は  $107 \pm 40$ , T 高男子  $127 \pm 28$ , M 高女子  $83 \pm 29$ , N 中の男子は  $117 \pm 20$ , 女子は  $97 \pm 22$  であった。男子の結果には有意差を認めな

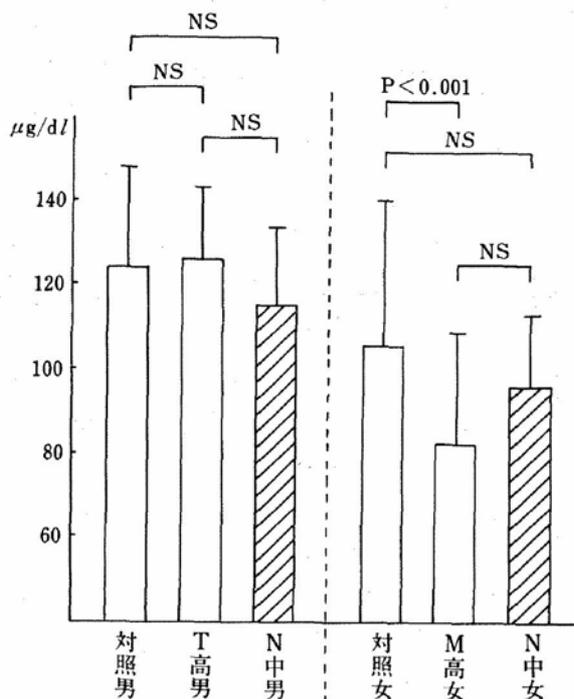


図5 血清鉄値

いが, M 高女子においては血清鉄値に有意の低下を認めた (図5)。

②血清フェリチン値 ( $\text{ng}/\text{ml}$ ) : 対照群男子 ( $n = 17$ )  $135 \pm 58$ , 対照群女子 ( $n = 12$ ) は  $40 \pm 27$  であるが (当科データ), T 高男子は  $40 \pm 22$ , M 高女子は  $20 \pm 13$ , N 中男子  $32 \pm 16$ , 女子  $19 \pm 8$  という結果であり, 男女ともに運動群において有意の低下を認めた (図6)。

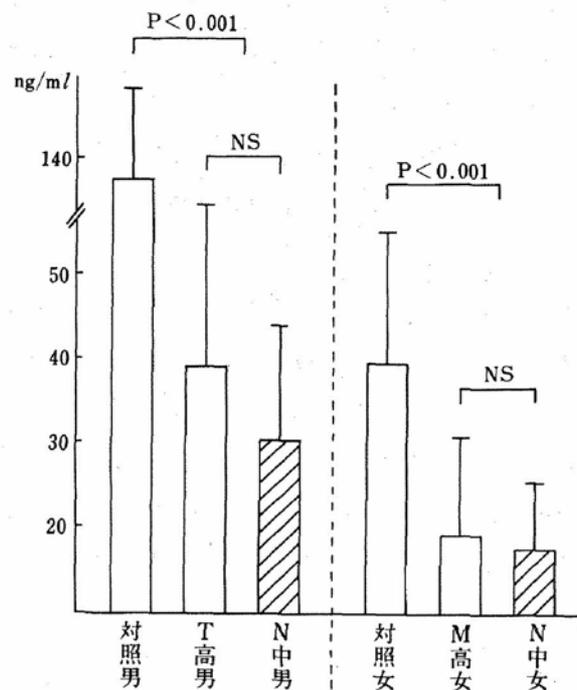


図6 血清フェリチン値

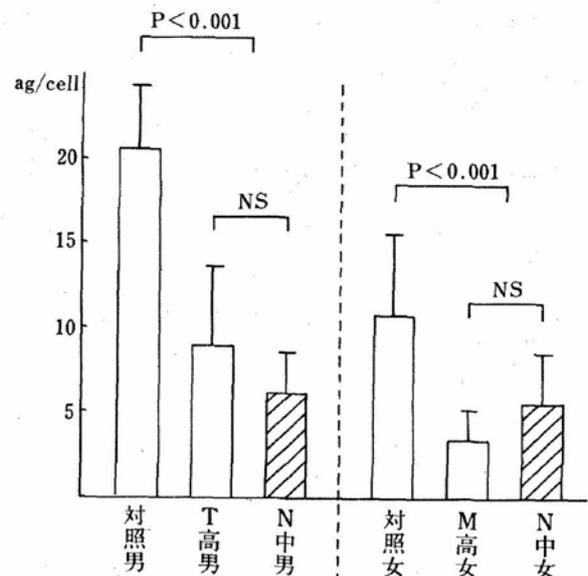


図7 赤血球フェリチン値

③赤血球フェリチン値 (ag/cell) : 対照群は男子 20.7 ± 9.4, 女子 11.1 ± 5.5 (当科データ) であるが, T 高男子では 9.2 ± 4.8, M 高女子は 3.6 ± 1.9, N 中は男子 6.5 ± 2.6, 女子で 5.3 ± 3.3 であった。対照群に比較し高校生・中学生の運動群で明らかに有意の低下を認めた (図 7)。(ag = 10<sup>-18</sup> g)

### 3.3 肝機能検査

①GOT 値 (KU) : 対照群男子は 20 ± 4, 対照群女子は 18 ± 6 であった。T 高男子は 26 ± 8, M 高女子で 23 ± 6, N 中男女はそれぞれ 26 ± 2, 27 ± 2 であった。各群ですべて正常値内であり, 群間にまったく有意差はなかった。

②GPT 値 (KU) : 対照群男子 17 ± 6 女子は 12 ± 3 で, T 高男子 16 ± 4, M 高女子 14 ± 5, N 中男女それぞれ 16 ± 3, 17 ± 5 であった。GOT 値と同じく各群間に有意差は認めなかった。

### 3.4 赤血球フェリチンの等電点電気泳動 (IEF)

鉄欠乏性貧血を示した高校生男子学生の赤血球フェリチンにつき IEF を施行した。治療前, フェリチン量も低値であり, pI は 5.8 をピークとして pI 5.7 ~ 6.1 の狭い範囲に検出されたが, 鉄剤投与による治療後はフェリチン量の増加はもちろん

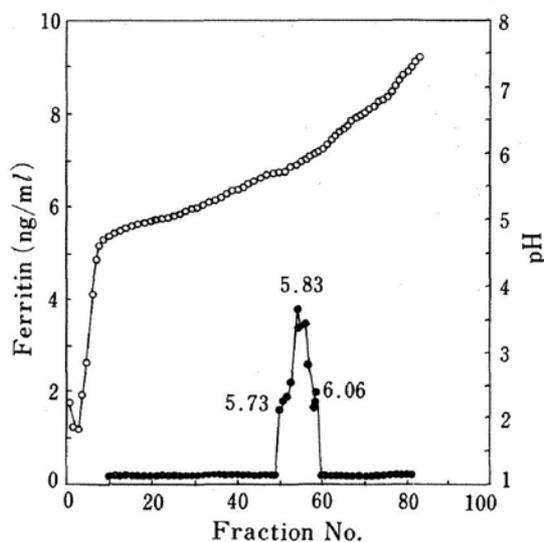


図 8 鉄欠乏性貧血治療前の等電点電気泳動パターン

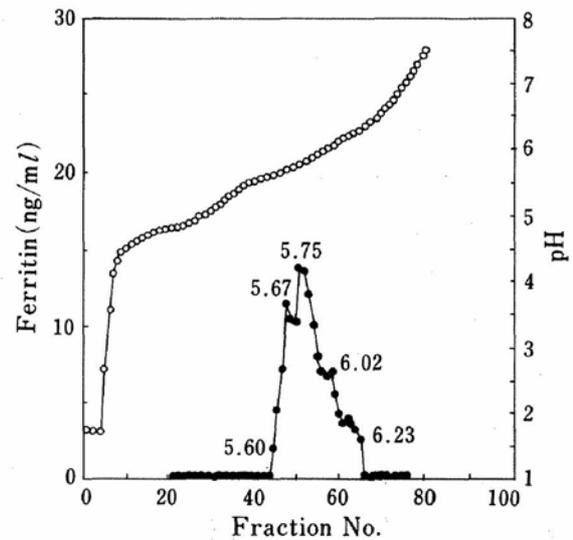


図 9 鉄欠乏性貧血治療後の等電点電気泳動パターン

のことであるが pI 6.2 までの, より塩基性のフェリチンの増加が認められ鉄が満たされて来ていることが示唆された (図 8, 図 9)。

## 4. 考 察

運動選手に貧血の多いことは良く知られている事実であり, われわれもこれまで男子高校スポーツクラブに所属している生徒に関し調査した結果, 90% 以上に鉄欠乏状態があることを報告している<sup>1)</sup>。

一方中学生は本格的にスポーツを開始する時期であるが, 成長の著しい時期でもあり, 同時に学業も多忙な時期でもある。このように成長過程である中学生と身体的には完成されつつある高校生のスポーツ選手の血液鉄代謝に関して比較検討した。

いづれの採血も運動前の安静時に施行したものである。対照は 13 歳から 18 歳までのスポーツクラブに所属していない健康な男女生徒 29 名である。T 高は道内では有名なスポーツ奨励校であり, そのレベルは全国的であり, 練習もかなり強度の高いものである。M 高は道内でトップクラスの進学校であり, その陸上部の運動強度は軽度から中等度と考えられる。N 中学は札幌市内の公立

の学校であり、陸上部に所属してはいるがその運動量は軽度と考えられる。

末梢血検査では赤血球数、ヘマトクリット値では対照群と運動群に有意の差はなく、また高校生群と中学生群との間にも有意差はなかった。しかし運動群中学生男子において対照群・高校生群に比し若干低い傾向にあった(図1)。ヘモグロビン値は男子において運動群中学生は運動群高校生に比較し有意に低値を示した( $P < 0.05$ )。しかし対照群との比較や女子間の比較では有意の差は認めなかった。ヘマトクリット値は各群間で有意差はなかったが中学生でやや他群よりは低い傾向であった(図2, 図3)。

激しい運動を持続的にこなす者は貧血になりやすい傾向があることは従来より指摘されていることである<sup>2)</sup>。過激な運動により赤血球が破壊され、その結果、経尿道的に、および発汗時の表皮細胞脱落などにより体内鉄分が失われ、さらに腸管からの鉄吸収の障害も加味されて、鉄欠乏状態が促進されるとの報告がなされている<sup>3,4)</sup>。

これまでのわれわれの研究でも、スポーツクラブ所属高校生はその90%に鉄欠乏状態を認め<sup>5)</sup>、またスポーツクラブに所属しない高校生に比べ、貧血の生徒が多いことが判明している。さらに同じ高校生同志でも全国大会を目指すレベルで練習を行なっている生徒のほうがより赤血球値、ヘモグロビン値、ヘマトクリット値の低下のあることを示した。しかし今回のわれわれの調査では男子において運動量の少ないと思われるN中が、激しい練習をしているはずのT高より有意差をもってヘモグロビン値が低く、また有意差はないが赤血球値、ヘマトクリット値も低い傾向にあった。血清鉄値も男子では有意差はないがN中のほうがT高より低い結果であった(図5)。

以上の男子に関する成績は、運動強度の強いものがより強い貧血傾向および鉄欠乏状態を示すという従来の報告とは矛盾しており、われわれの予

想ともやや異なるものであった。これにより運動量が中学生と高校生の間では決定的な差はないのかもしれないということと、高校生に比べ中学生のほうがより成長過程でもあり、それに必要不可欠なカロリー・タンパク質・鉄分などの代謝・利用が旺盛であるために摂取量が不足しているであろうと推測された。

スポーツ貧血の発症予防には高タンパク食が必要であるという報告があり<sup>6)</sup>、食事の質・量にも配慮することが必要であろう。女子ではこれらの検査項目に関し、対照群と運動群、高校生群と中学生群間ともにほとんど差は認められなかった。

女子では小学生高学年から生理が始まるために、中学生と高校生では鉄の喪失に関しては差がないこと、および今回採血測定したM高・N中陸上部ともに運動部のレベルとしては同程度であり、運動量としては大差がないことが示唆され、前述のような結果となったと考えられる。

つぎに白血球数であるが対照群と運動群、また高校生群と中学生群の間に男女とも有意の差は認めなかった(図4)。一般に運動後には白血球の上昇が見られるが、今回の検討は全員運動前に施行したものであり、各群に差のないことは条件が同じであり妥当と思われた。また、今回の対象者には白血球増多を示すような疾病のないことも示しており、被検者としての妥当性を示唆していると考えられた。

鉄代謝検査の内、血清鉄値については前述した。血清フェリチン値は男女とも、運動群は対照群に比し有意の差をもって低下していた( $P < 0.001$ )。また中学生群は高校生群に比し有意差はないものの低下を示していた(図6)。血清フェリチンは主に体内鉄貯蔵量を反映し、その低下は鉄欠乏状態をいち早く知るうえで有用である。赤血球フェリチン<sup>7,8)</sup>は血清フェリチンとほぼ同様の意味を持つが、年齢・性・炎症や悪性腫瘍の存在などに影響されにくいと、より純粋に体内鉄貯蔵

量および骨髄での鉄利用の状態を推測できうるが、血清フェリチンと同様に運動群で男女ともに有意に対照群より低下を示した ( $P < 0.001$ ) (図 7)。

この2種類のフェリチン値の結果からもすでに述べたように、激しい運動をするものは鉄喪失量が多く、体内の鉄貯蔵量の減少があると推測される。末梢血・血清鉄および血清フェリチンの結果と合せて考えると、運動群では強度の鉄欠乏状態があることが示唆され、運動選手においては普段の食事を中心に栄養・カロリー・鉄分の摂取に十分な配慮が必要と思われる。

GOT・GPTの肝機能検査では表1に示したように、対照群と運動群、および高校生群と中学生群のいずれの間にも男女とも有意差はなかった。トライアスロンの選手などに、運動後に一時的に肝障害、腎障害を来す報告もあるが<sup>9,10</sup>、今回の検討では異常値を示す例は認められなかった。

鉄欠乏性貧血を示した高校生男子選手の赤血球フェリチンのIEFを検討したが、健常人とは異なり  $p15.8$  をピークとした狭い範囲にフェリチンが検出され、鉄剤投与による治療後はさらに塩基性のフェリチンが出現して健常人に近似しており、鉄剤投与の効果が示されている(図8, 図9)。このことより、これまで報告されているように赤血球フェリチンの検討は鉄代謝や造血能異常の有無の解析に有用であることが示唆された。

### おわりに

高校生と中学生の陸上部の選手につき末梢血および鉄代謝などにつき比較検討した。これまで主に高校生スポーツ選手を対象に種々の検討を施行し、対照群と比較すると鉄欠乏状態や貧血を認める成績を報告してきたが、今回の検討でより成長期にある中学生男子に鉄欠乏状態や貧血が多く認められる傾向であった。運動量やその内容、食事

表1 血液学的所見

項目	単位	対 照		高 校 生		中 学 生	
		男	女	男	女	男	女
RBC	$\times 10^4/\mu l$	498 $\pm$ 36*	424 $\pm$ 38*	494 $\pm$ 15*	446 $\pm$ 36*	473 $\pm$ 25*	441 $\pm$ 21*
Hb	g/dl	14.9 $\pm$ 1.2	12.5 $\pm$ 1.4	14.8 $\pm$ 0.6	13.0 $\pm$ 1.3	13.8 $\pm$ 0.9	13.1 $\pm$ 1.5
Hct	%	44.2 $\pm$ 3.5	37.6 $\pm$ 4.3	43.2 $\pm$ 1.2	38.6 $\pm$ 3.4	39.8 $\pm$ 2.8	38.8 $\pm$ 3.6
WBC	$/\mu l$	6,036 $\pm$ 927	6,481 $\pm$ 1,978	5,920 $\pm$ 892	5,594 $\pm$ 1,193	6,380 $\pm$ 1,228	6,050 $\pm$ 1,525
SI**	$\mu g/dl$	125 $\pm$ 35	107 $\pm$ 40	127 $\pm$ 28	83 $\pm$ 29	117 $\pm$ 20	97 $\pm$ 22
S-Ft***	ng/ml	135 $\pm$ 58 (n=17)	40 $\pm$ 27 (n=12)	40 $\pm$ 22	20 $\pm$ 13	32 $\pm$ 16	19 $\pm$ 8
R-Ft***	ag/cell	20.7 $\pm$ 9.4 (n=23)	11.1 $\pm$ 5.5 (n=20)	9.2 $\pm$ 4.8	3.6 $\pm$ 1.9	6.5 $\pm$ 2.6	5.3 $\pm$ 3.3
GOT	KU	20 $\pm$ 4	18 $\pm$ 6	26 $\pm$ 8	23 $\pm$ 6	26 $\pm$ 2	27 $\pm$ 7
GPT	KU	17 $\pm$ 6	12 $\pm$ 3	16 $\pm$ 4	14 $\pm$ 5	16 $\pm$ 3	17 $\pm$ 5

\* (M $\pm$ SD)

\*\* SI (Serum Iron level)

\*\*\* S-Ft (Serum Ferritin level)

\*\*\*\* R-Ft (Red cell-Ferritin level)

メニューなど細かく調査検討し改善すれば運動ならびに学業の成績の向上にもつながることが示唆された。

### 謝 辞

本研究に際し御援助いただいたデサントスポーツ科学振興財団、ならびに種々御協力いただいた各学校関係者、さらにデータ測定の労をとってくださった札幌臨床検査センター・札幌愛育病院検査室各位に心から感謝致します。

### 文 献

- 1) 宮崎 保, 他; 高校スポーツ選手におけるスポーツ筋症と鉄代謝異常に関する研究, デサントスポーツ科学, 8, 85-92 (1987)
- 2) Edward, C., et al.; Low ferritin levels in runners, *Sports Med.*, 24, 13-17 (1984)
- 3) 宮崎 保, 他; スポーツ選手としての男子高校生における鉄欠乏症, デサントスポーツ科学, 5, 58-65 (1984)
- 4) 峠岡健司, 他; 剣道練習による行軍性血色素尿症の一例, 臨床血液, 25 (10) 1680-1685 (1984)
- 5) 宮崎 保, 他; スポーツによる血液性状変化とその機序に関する研究, デサントスポーツ科学, 9, 24-33 (1988)
- 6) 吉村寿人; 重労働者のタンパク所要量に関する研究, 医学と生物学, 51, 26-30 (1959)
- 7) Miyazaki, T., Sakurada, K.; Iron deficiency anemia and/or iron depletion state among girls in adolescence and aged group: The Proceedings of the International Symposium on Practical Approaches to Eradication of Subclinical Iron Deficiency, 140-151 (1982)
- 8) Cazzola, M. et al.; Biological and clinical significance of red cell ferritin, *Blood*, 62, 1078-1087 (1983)
- 9) 伊藤 朗, 他; 血清ミトコンドリア GOT および諸酵素活性値よりみた運動特性の検討, 筑波大学体育科学系紀要, 7, 123-133 (1984)
- 10) 平田文夫, 他; スポーツ合宿訓練時の生体負担—血清酵素活性の変動を中心として, 長崎医学会雑誌, 57-3・4, 251-258 (1982)