

# スポーツによる血液性状変化と その機序に関する研究

北海道大学 宮崎 保  
(共同研究者) 同 桜田 恵右 浜田 結城  
同 大原 行雄 前 吉俊  
同 上原 好雄 田中 淳司

## **Studies on Hematological Status Concerned High School Boy Athletes**

by

Tamotsu Miyazaki, Yukio Oohara,  
Keisuke Sakurada, Yuhki Hamada, Yoshitoshi Mae,  
Yoshio Uehara and Junji Tanaka  
*The Third Department of Internal Medicine,  
Hokkaido University School of Medicine*

### **ABSTRACT**

It is well known that high prevalence of iron deficiency state is found among athletes. And we have been also reporting the relationship between sports and anemia, finding that high school boy students who belonged to sport clubs were in the iron deficiency state and also in sport-myopathic state in relation to it.

We have examined hematological tests and iron metabolism, in addition to them, haptoglobin, hemopexin, muscle type aldolase, CPK (Creatine Phosphokinase) and myoglobin levels in plasma, and urinary myoglobin level before and after intensive exercise in high school boy students who belong to sport clubs in order to know the influence of sports activity upon their hematological state and iron metabolism.

Our results are as follows;

1. From intensive exercise 5—6 hours later, hematological data (RBC, Hb, Ht) showed significant decrease compared with the data before ex-

ercise. It may be considered that the more intensive they do exercise the lower the date become.

2. Serum iron and serum ferritin levels showed no significant difference both before and after exercise. But serum iron level was significantly lower than the control group, consisting of high school boys who didn't belong to sport clubs. Although there were no iron deficient state in high school boy non-athlete, there was typical iron deficiency anemia in 12% of high school boy athletes. On the other hand, TIBC level became significantly higher than the previous time, but it was unclear why it showed much higher values.

3. Serum haptoglobin level showed significant decrease suggesting of intravascular traumatic hemolysis, but serum hemopexin level showed no significant difference both before and after exercise, suggesting that the hemolysis was not so severe.

4. Serum CPK, myoglobin and muscle type aldolase levels showed significant increase after exercise, but those levels were quite lower than the levels in patients with muscle disease and we would like to propose so-called sport-myopathy for the results.

5. Urinary myoglobin was recognized neither before nor after exercise based on this test.

Our results show that the high school boy athletes have lower RBC count, hemoglobin concentration, hematocrit value than control high school boy. And it is considered partly because of the destruction of RBC associated with intensive daily exercise. Based on iron metabolism, it is considered that high school boy elite athletes have a high incidence of iron deficiency state and sport myopathic state.

These findings suggest that intensive daily exercise may be closely associated with increased risk of iron deficiency and it may influence upon their school life. It seems like that some treatments are needed and are useful for them.

## はじめに

近年、スポーツ医学に関する研究が広く活発に行なわれるようになってきており、われわれも男子高校生を対象に、スポーツが血液、鉄代謝異常を誘起し、その結果肉体的および精神・神経的異常が招来される可能性について、とくに鉄欠乏性貧血とスポーツ筋症の面から研究し報告してき

た<sup>1)</sup>。今回は、運動の差違が血液、筋および鉄代謝に与える影響について調べる目的で、運動前後における血液所見、鉄代謝の変化と運動強度の違いがそれらに与える影響について検討し、若干の知見を得たので報告する。

## 研究方法と対象

### 1) 血液学的検査

赤血球数、ヘモグロビン値、ヘマトクリット

値, 白血球数と分画, 赤血球恒数 (Coulter Counter Model SII Plus: コールター社)

2) 血清鉄, 総鉄結合能 (TIBC), 血清鉄飽和率 (Ferrochem Model 3050 II: 二光バイオサイエンス社)

3) 血清フェリチン, 赤血液フェリチン (RIA法: 第一ラジオアイソトープ社)

4) 血清ハプトグロビン (Hp) 値

5) 血清ヘモペキシン (Hpx) 値

6) 血清クレアチンフォスフォカイネース (CPK) 値

7) 血清ミオグロビン (Mb) 値

8) 血清アルドラーゼ値 (ALD-A)

9) 尿中ミオグロビン値

以上の項目について検討した.

対象は札幌市内の高校に通学する男子の高校生運動選手である. 内訳は以下のとおり.

• T高校男子 (T高): 全国大会上位入賞レベル (50名)

• K高校男子 (K高): 市内公立高校 (進学校として有名) の運動クラブ所属 (116名)

• 対照 (T高): 運動クラブに所属していない者 (19名)

以上の年齢15~18歳の合計185名である. それぞれの群について上記項目を測定し (K高群の血清ハプトグロビン値と血清ヘモペキシン値は除く), T高群では運動前後30分以内, K高群では運動後2~3時間後にそれぞれ測定した.

### 結 果

#### 1) 血液学的検査

① 赤血球数 ( $\times 10^4/\mu l$ ): 対照群は  $518 \pm 32$ , K高群は  $591 \pm 36$  であったが, T高群では運動前  $491 \pm 32$  と前二者に比べて有意に低下しており, 運動後では  $485 \pm 31$  と運動前に比しさらに有意に低下した (図1).

② ヘモグロビン値 (g/dl): 対照群は  $15.7 \pm$

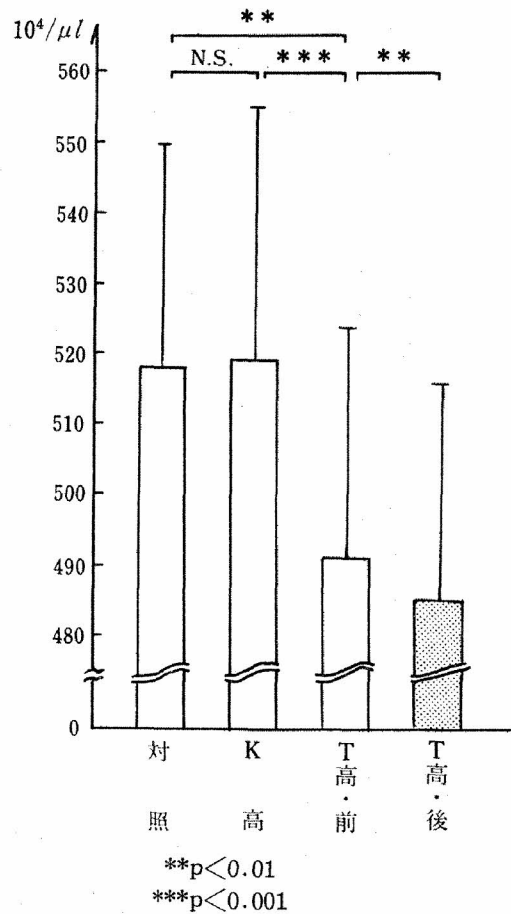


図1 高校生運動選手の赤血球数

0.7であったがK高群  $15.3 \pm 1.2$  と低下 ( $p < 0.05$ ) しており, さらにT高群では  $14.6 \pm 1.5$  と対照群はもとよりK高群に対しても有意な低下を示した. また運動後では  $14.3 \pm 1.6$  と運動前に比し有意に低下した (図2).

③ ヘマトクリット値 (%): 対照群  $46.4 \pm 2.2$ , K高群  $46.1 \pm 3.3$  と有意差は認められなかったがT高群では  $43.9 \pm 3.4$  と前二者に比し有意に低下していた. 運動後では, 前値に比し  $43.4 \pm 3.6$  と有意に低下した (図3).

④ 白血球数および分画 ( $/\mu l$ ): 対照群  $6,732 \pm 1,616$ , K高群  $6,110 \pm 1,304$  と有意差は認められなかったが, T高群では  $5,806 \pm 1,255$  と対照群に比べて有意に低値を示した. また運動後では  $7,404 \pm 1,848$  と前値に比して有意に上昇した (図4).

白血球分画のうち好中球数は, 対照群  $3,605 \pm 1,215$ , T高群  $3,327 \pm 976$  と有意差を認めなかつ

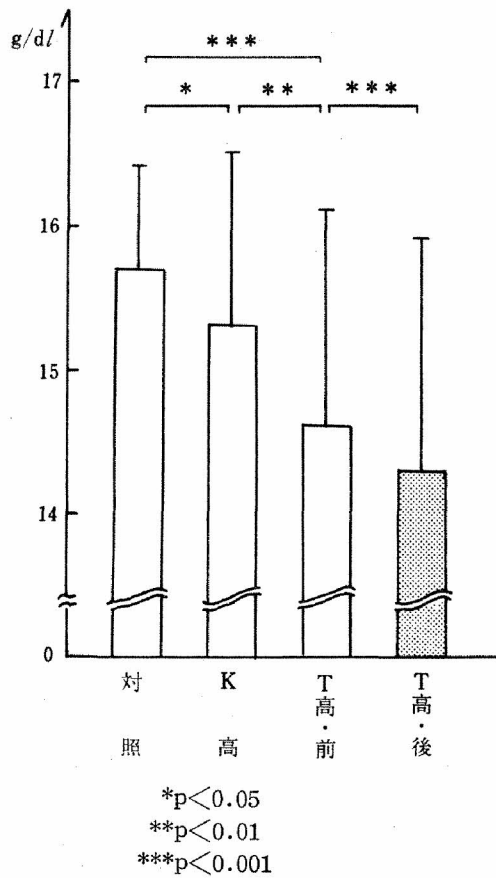


図2 高校生運動選手の血色素量

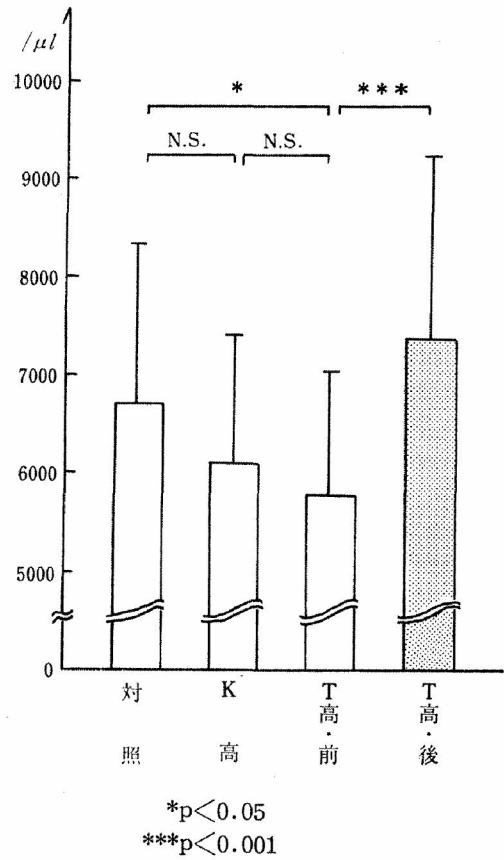


図4 高校生運動選手の白血球数

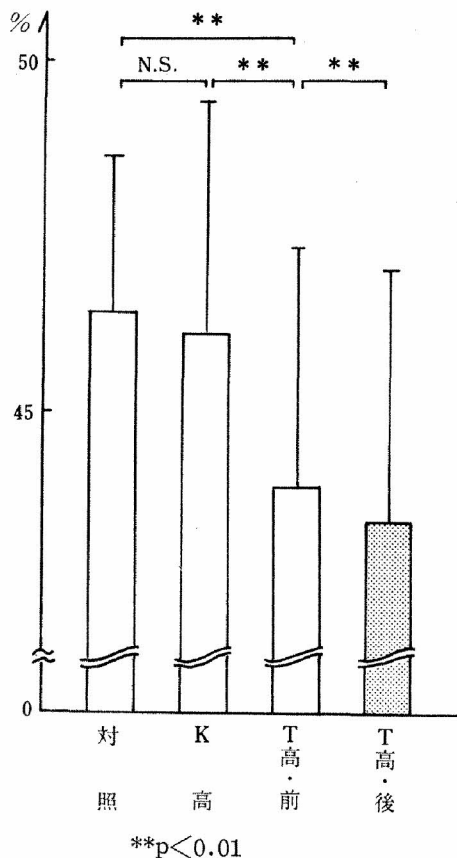


図3 高校生運動選手のヘマトクリット値

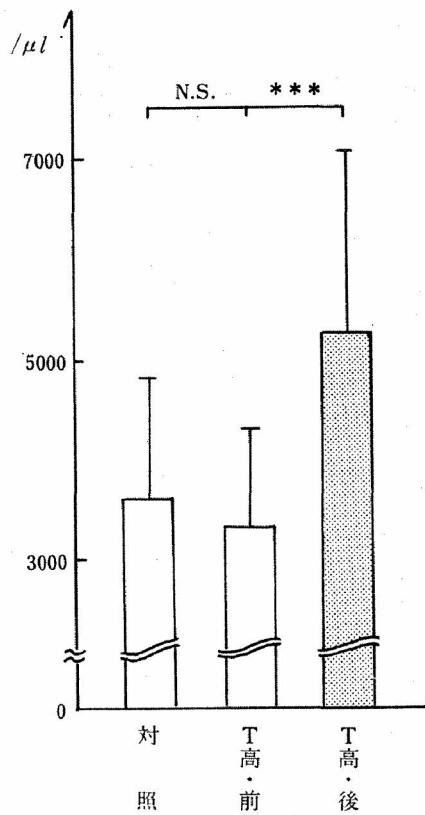
たが、運動前後では後の値が $5,270 \pm 1,777$ と有意に上昇した(図5)。またリンパ球数は、対照群 $2,651 \pm 731$ 、T高群 $2,013 \pm 453$ と両者の間に有意差を認め、さらに運動前後の比較では後の値が $1,733 \pm 419$ であり、前値に比し有意に低下した(図6)。

## 2) 鉄代謝所見

① 血清鉄 ( $\mu\text{g/dl}$ ) : 対照群 $115 \pm 21$ 、K高群 $109 \pm 35$ と両者の間に有意差は認められなかったが、T高群は $92 \pm 36$ と前二者に比し有意に低下していた。運動前後では有意な変化は認められなかった(図7)。

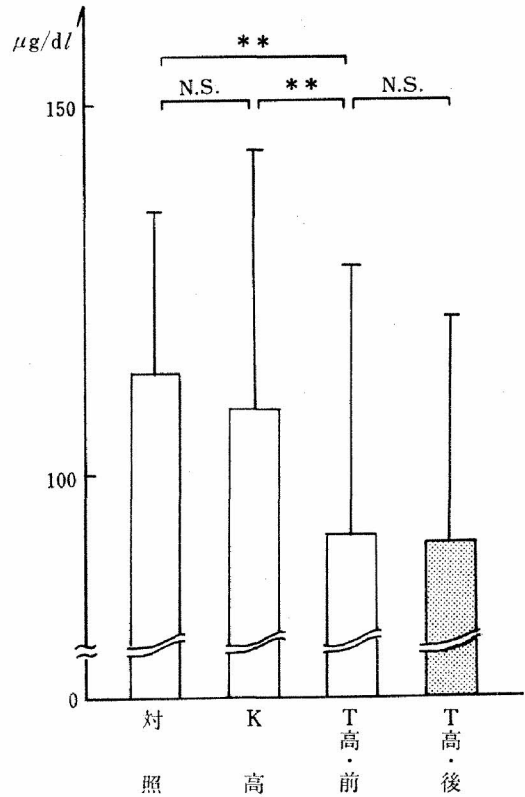
② 総鉄結合能 ( $\mu\text{g/dl}$ ) : 対照群は $342 \pm 34$ であり、K高群 $313 \pm 35$ 、T高群 $305 \pm 31$ に比し有意に高値を示した。またK高群とT高群の間に有意な差は認められなかった。運動前後の比較では、運動後が $329 \pm 36$ と有意に上昇していた(図8)。

③ 血清鉄飽和率 (%) : 対照群  $34 \pm 6$  とK高



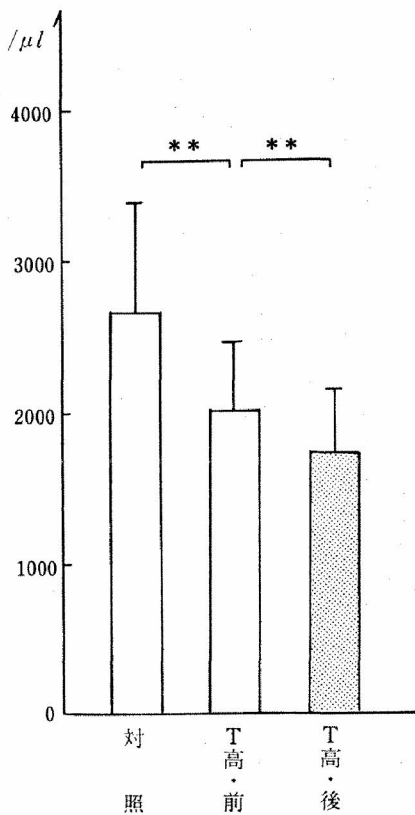
\*\*\*p<0.001

図5 高校生運動選手の好中球数



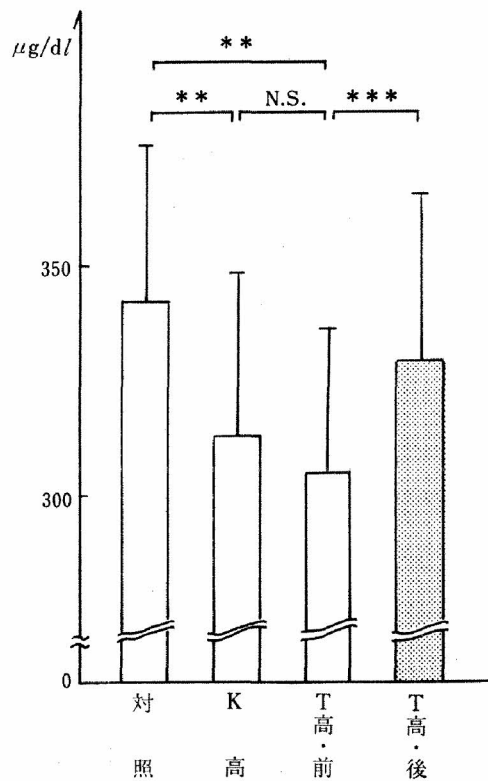
\*\*p<0.01

図7 高校生運動選手の血清鉄



\*\*p<0.01

図6 高校生運動選手のリンパ球数



\*\*p<0.01

\*\*\*p<0.001

図8 高校生運動選手のTIBC

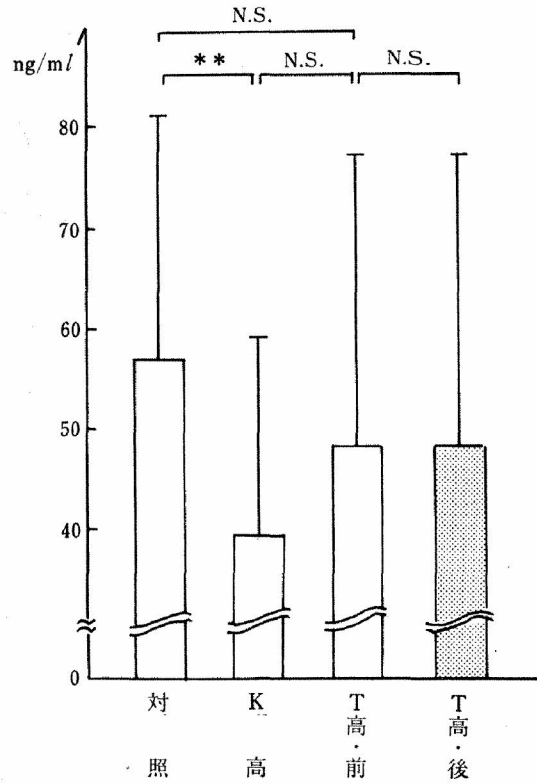
群 $35 \pm 11$ の間に有意差は認められず、T高群 $31 \pm 13$ がK高群より有意に低値を示した。運動前後では、運動後が $28 \pm 10$ と前値に比して有意に低下した(図9)。

④ 血清フェリチン値 (ng/ml) : K高群が $39 \pm 20$ と対照群 $57 \pm 24$ , T高群 $48 \pm 29$ の両者に比して有意に低値を示した。また運動前後で有意な変化は認められなかった(図10)。

⑤ 赤血球フェリチン値 (データ省略) : 対照群, K高群, T高群の三者の間には全く差は認められなかった。また運動前後でも有意差は認められなかった。

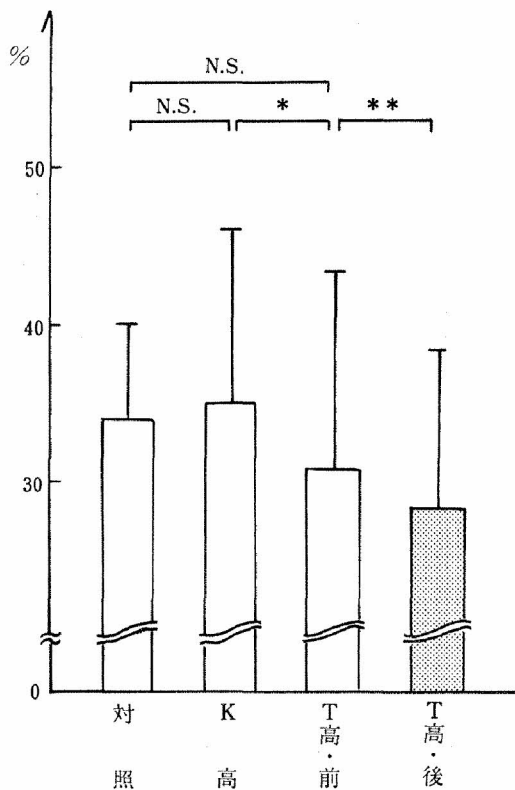
3) 血清ハプトグロビン値 (mg/dl) : 対照群 $92.5 \pm 47.6$ に対してT高群 $37.1 \pm 27.4$ と有意に低下しており、運動前後の比較では運動後 $21.4 \pm 22.4$ と前値に比して有意に低下した(図11)。

4) 血清ヘモペキシン値 (mg/dl) : 対照群 $68.8 \pm 8.6$ , T高群 $65.8 \pm 9.1$ , T高群運動後 $67.3$



\*\*p<0.01

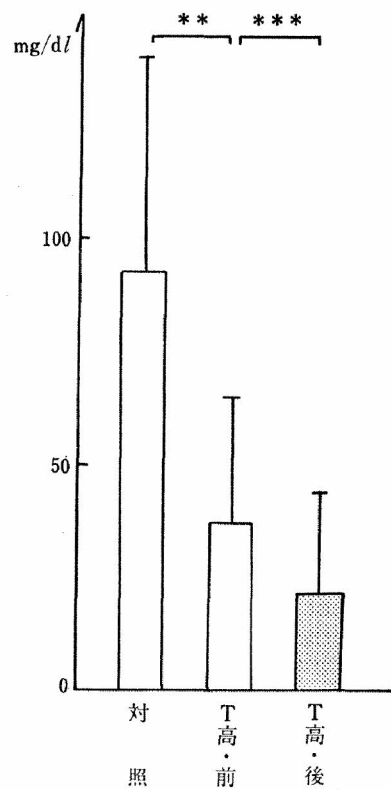
図10 高校生運動選手の血清フェリチン値



\*p<0.05

\*\*p<0.01

図9 高校生運動選手の血漿鉄飽和率



\*\*p<0.01

\*\*\*p<0.001

図11 高校生運動選手のハプトグロビン値

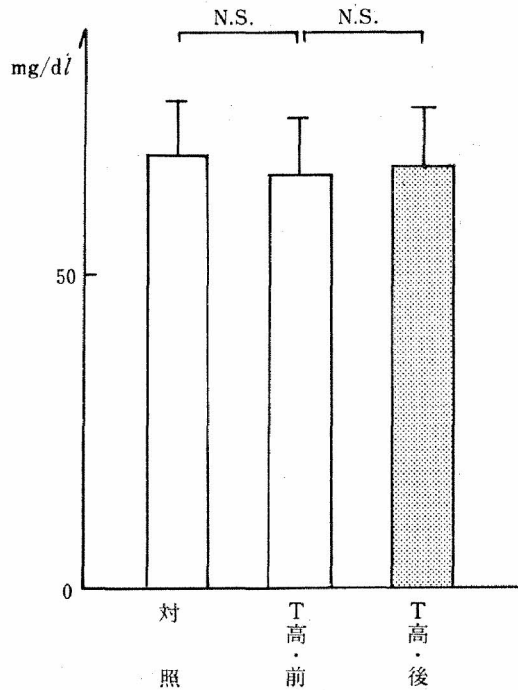


図12 高校生運動選手のヘモペキシン値

±9.4 といずれの群との間にも有意差は認められなかった (図12).

5) 血清 CPK 値 (IU/l) : 対照群143±94, K 高群195±132で, この二群の間には有意差は認められなかったが, T高群は, 324±153と前二者に比し有意に高値を示し, 運動後は431±219と前値および対照群よりも有意に高値を示した (図13).

6) 血清ミオグロビン値 (ng/ml) : 対照群 21±7 と T高群 24±5の間には有意差は認められなかったが, K高群は38±27と前二者に比して有意に高値を示した. 運動前後の比較では, 運動後 103±94と有意に上昇した (図14).

7) 血清アルドラーゼ値 ALD-A (ng/ml) : 対照群194±26に対しT高群は257±67と有意に高く, 運動前後では後の値が342±138と有意に上昇した (図15).

8) 尿中ミオグロビン値 (ng/ml) : 対照群, T高群およびT高群運動後いずれも測定上からは尿中にミオグロビンは認められなかった.

考 案

運動選手に鉄欠乏性貧血が多いことはよく知ら

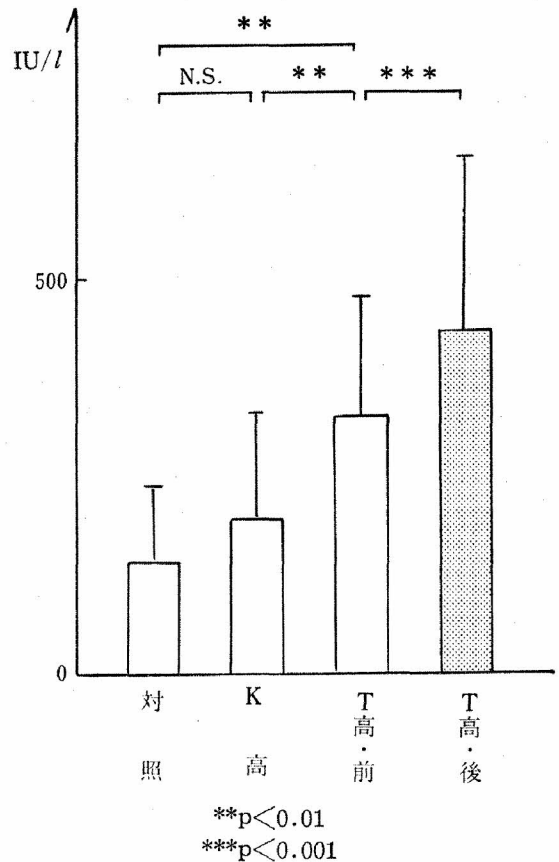


図13 高校生運動選手のCPK 値

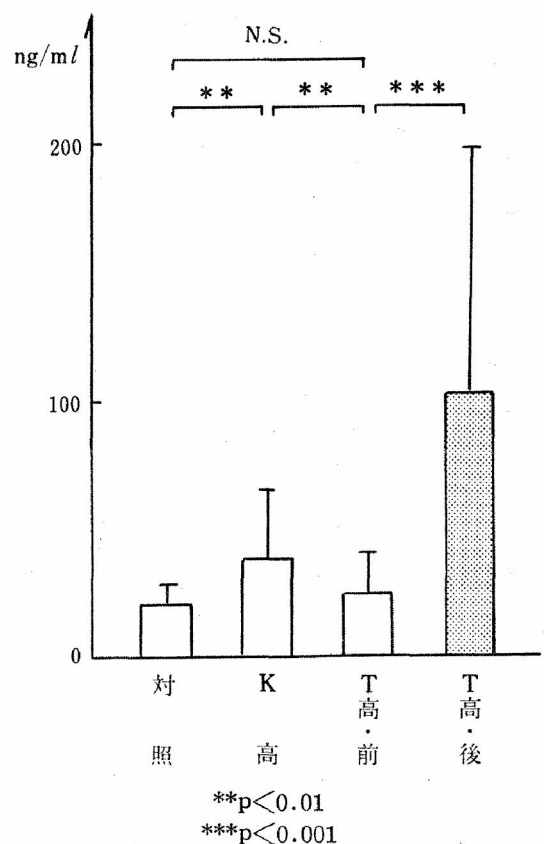


図14 高校生運動選手の血清ミオグロビン値

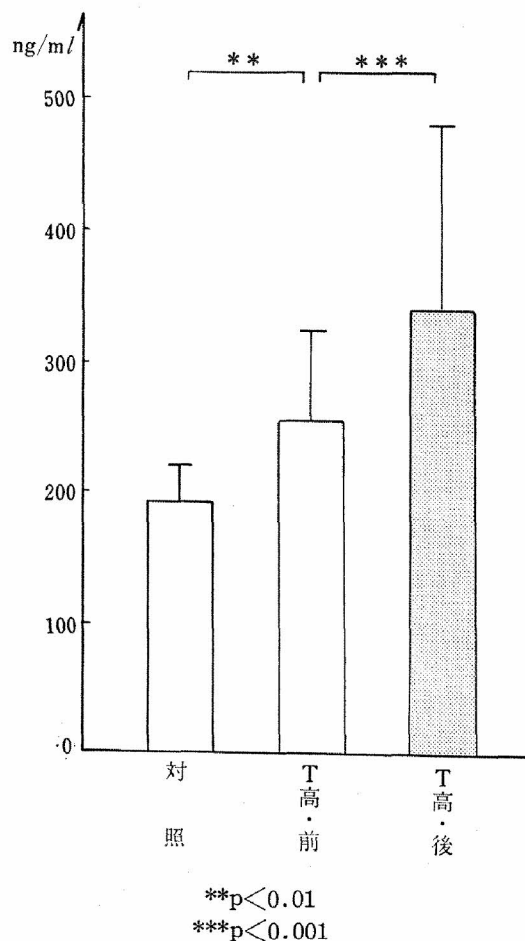


図15 高校生運動選手の血清アルドラーゼ値

れた事実であり、われわれもこれまで男子高校生運動部員について、運動が鉄欠乏状態を惹起することを報告した<sup>1)</sup>。今回は、運動が実際に生体に対してどのような影響を与えているかということを知るために、運動前後における各種パラメータを測定し検討した。

さらに、運動強度の違いが生体を与える影響についても検討した。しかし、実際に運動強度の違いを数量的に表現することは困難であるために、どのようなレベルで運動を行なっているのか、つまり、どのような大会で勝敗を争っているのかということで運動強度の違いを推察するにとどまった。対照の男子高校生はほとんど運動をしない健全な生徒であり、K高群はいわゆる進学校に通学する男子生徒で、運動クラブに所属してはいるが運動強度は軽度で、地方大会の1～2回戦レベルではある。それに対してT高群は、ほとんど毎日

5～6時間のかなりハードな練習を行ない、全国大会上位入賞あるいは優勝を争うというようなトップレベルの群であり、従ってかなり強度の運動を行なっていると考えられる。

末梢血液の成績では、赤血球、ヘモグロビン値、ヘマトクリット値はT高群で対照より有意に低下し、運動前後の検討では運動後で前値に比し有意に低下していた。これに対しK高群では、ヘモグロビン値のみが対照群に比し有意に低下していた。またT高群とK高群ではいずれもT高群が有意に低値を示していた(図1, 2, 3)。

激しい運動をする人たちは貧血になりやすい傾向にあることは今までにも指摘されており<sup>2)</sup>、K高群とT高群で有意に、また運動強度の強いほうでより強く貧血、傾向を認めた。これらの所見は、運動により赤血球が破壊され、その結果鉄分が経尿道的に、さらに発汗時の表皮細胞脱落とともに失われ<sup>3)</sup>、それらが鉄喪失に関連し、さらに腸管からの鉄吸収が障害される等により生体内が鉄欠乏状態に陥り、従って運動強度の強いものが貧血傾向をより強く示すとする従来の報告<sup>4)</sup>と矛盾しないものと思われる。しかし、溶血が赤血球およびヘマトクリット値低下の原因とするには、ヘモグロビン値も低下することの説明ができず、血液の希釈も一部関係<sup>5)</sup>していると推察される。

白血球については対照群とK高群は有意差なく、T高群でやや低い傾向を示したが、運動前後の比較において運動後の値が有意に上昇していた(図4)。白血球分画による検討により、リンパ球数は有意に低下したものの、正常範囲内であることから、白血球数の増加は好中球の増加によることが考えられ、これは marginal pool からの動員によるもので生理的変動(運動による)の結果と考えられた(図5, 6)。

鉄代謝に関しては、運動前後で血清鉄の変化はみられなかったが、T高群は対照群、K高群に比して有意に血清鉄が低下しており、運動の軽度な



K高群は対照群とは有意差を認められなかった(図7)。また、TIBCは運動後に有意に増加し、従って飽和率は有意に低下した(図8)。運動後にTIBCが上昇する理由はよく分かっていない。推察の域をでないが、TIBCプール(たとえば肝など)からの動員、ひいては鉄欠乏に有利に対応する生体の反応とも理解される。

それに関して、運動群でTIBCが正常域ではあるものの対照群より低値を示したことは、赤血球の低値を鉄欠乏のみで説明することは困難であることを示唆している。トランスフェリンは、鉄欠乏性貧血などの場合を除けばalbuminなどと相関して変動するといわれる。しかし、運動時は一時的に低タンパク血症になる<sup>9)</sup>ともいわれ、毎日激しい運動をするために血清鉄が低値を示すにもかかわらずTIBCが増加しないのは、トランスフェリンの交替量の増加を示唆しているのかもしれない。

また、血清フェリチンは体内貯蔵量を反映し、その減少は初期の鉄欠乏状態(貧血のない)を知るうえで非常に有用な指標として現在広く使用されているが、対照群、運動前後ともに有意差は認められなかった。しかし、全群において正常値(135±58)を上回る者が多く、有意差は認めなかったものの、運動群は対照群よりさらに低値を示す傾向がみられた(図10)。K高群において対照群より有意に低下したことについては、測定時期の違い(K高群は前回のデータを使用した)のほか、食事による鉄補充の程度も関与しているものと推察される。つまり、いわゆるスポーツ貧血の発症予防には高蛋白食が必要との報告<sup>7)</sup>があるように、カロリーと蛋白質量の摂取が十分でないことが推察される。いずれにしても運動群では鉄欠乏状態にあると思われ、対照群でも血清フェリチンが正常値に比して低下傾向を示し、末梢血液データをも考えあわせると、運動群ではさらに強い鉄欠乏状態にあることが示唆された。

CPK, M-ALD, Mbは筋肉由来の酵素、蛋白であるが、運動前後の比較において、運動後に有意に高値を示した。CPK値はT高群が対照、K高群に比しいずれも有意に上昇(図13)していたが、K高群と対照群はK高群が高い傾向を示すが有意な差はなく、運動強度を反映していると考えた。これに対しMb値は、運動前後では運動後に高い値を示した(図14)が、CPKとは違って運動前値は対照群と差がなく、K高群のみが対照群とT高群より有意に高い値を示した。これは、K高群の検体は運動後2～3時間後のものであり、その影響によると考えられた。またK高群のCPK値がT高群運動前値より低値を示した点は、MbとCPKの血中半減期の違いによるものと推察された(半減期:CPK 15h<sup>8)</sup>, Mb 5.5h<sup>9)</sup>)。これらの所見はスポーツ筋症とも言い得る状態を反映するものと考えられる<sup>1)</sup>。さらに、Mb中にも鉄が含まれていることから、スポーツ筋症に起因する鉄欠乏の存在することが示唆される。

ハプトグロビン(Hp)値とヘモペキシン(Hpx)値については、Hpが運動による溶血を示唆して低下(図11)しているものと考えられた。HpxはHpより溶血の影響を受けにくく、重症の溶血性貧血で低下する<sup>10)</sup>とされ、運動による溶血の程度では影響を受けにくい(図12)ものと考えられた。尿中ミオグロビン値は、今回の測定系の範囲内では運動前後ともほとんど認められなかった。ミオグロビン尿は筋細胞が大量にしかも急激に破壊される時に出現する<sup>11)</sup>とされ、今回尿中に出現しなかったことは、スポーツ筋症では筋肉障害の程度が軽いことを示唆するものとも考えられた。

#### おわりに

高校生男子において、運動により赤血球数、ヘモグロビン値、ヘマトクリット値いずれも低下することが示された。また運動強度の違いにより、

強ければ強いほどその影響の大なることも推察された。個々の例をみると、T高群には典型的な鉄欠乏性貧血を有するものが6名(12%, 対照群は0%)あり、長期間にわたって強度の運動を続けることが生体に多大な影響を与えることを示唆するものと考えられた。また鉄欠乏症状態はラットの実験において運動能力を著しく低下せしめ<sup>12)</sup>, また前回われわれの報告<sup>1)</sup>で示されたように、集中力、学力の低下を招き、高校生スポーツは教育上、無視できない影響をもつものと考えられた。さらにスポーツ筋症ともいえる成績は、鉄欠乏と筋肉生理、筋肉運動などの面でも今後さらに検討されねばならぬことを示唆するものと考えられた。

**謝辞** 終りに本研究に御協力いただいた奥野知子技士、窪田久子技士および対象高等学校関係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) Yoshimura, H.; Anemia During Physical

- Training (Sports Anemia). *Nutr Rev.*, 28: 251—253 (1970)
- 3) Brüsckke, G., Mehls, E.; Das Eisenmangel-syndrom Theodor Steinkopff, Dresden, 51 (1971)
- 4) Edward, C., et al.; Low ferritin levels in runners. *J. Sports Med.*, 24: 13—17 (1984)
- 5) Koch, G., Rucker, I.; Plasma volume and intravascular protein masses in trained boys and fit young men. *J. Appl. Physiol.*, 43: 1085—1088 (1977)
- 6) 山地廉平; 筋労作時の蛋白代謝に関する研究 (第1報) 労作訓練時の窒素代謝, 日本生理学雑誌, 13: 476—482 (1951)
- 7) 吉村寿人; 重労働者の蛋白所要量に関する研究, 医学と生物学, 51: 26—30 (1959)
- 8) Eric, D. Wills; Biochemical Basis of Medicine Wright. Bristol, England, 492 (1985)
- 9) Groth, T.; Myoglobin kinetics in patients suffering from acute myocardial infarction in its early phase-as studied by the single injection method. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.*, 41: 79 (1981)
- 10) Wintrobe M.M. et al.; Clinical Hematology, 8th ed., 180 (1981)
- 11) 金井 泉, 他; 臨床検査法提要, 29版, 金原出版, 東京, 151 (1982)
- 12) Finch, C.A. et al.; Iron Deficiency in the Rat. *J. Clin. Invest.*, 58: 447—453 (1976)