

スポーツクラブ所属高校生における スポーツ筋症に関する研究

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

Studies on “Sports Myopathy” After Exercise in Boy Students Belonging to Sports Clubs of a Private Senior High School

by

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

ABSTRACT

The necessity of medical and scientific study for sports is increased as various sports are generalized. As we have already reported, “sports myopathy” has been identified in boy students of the public high school, who belong to sports clubs. In this report, we attempted to clarify if there exists “sports myopathy” in boy students of the private high school, too, who are supposed to be exposed to harder exercise.

As the results, higher incidence of traumatic hemolysis and higher levels of serum CPK, ALD-A, and myoglobinemia which may be related to muscle damage by sports were observed in this group than in the public high school students studied before. Therefore, the exercise in the students of the private high school appeared to be over-loaded in comparison with those in the public high school.

From the results of this examination and the iron deficiency state confirmed in this study, it is suggested that boy students of high school, especially in the sports-elite high school, are in "sports-myopathic state" and also in iron deficiency.

Since these may influence upon their school life, some treatments, cares for their nutrition and management for training schedule are necessary for them.

要 旨

スポーツの普及につれてスポーツの科学的、医学的な検討の必要性が増加している。スポーツクラブ高校生においては、これまで報告したように、“スポーツ筋症”ともいふべき血液の変化をきたすため、今回、スポーツエリート校のクラブ所属男子生徒を対象にこの点を明らかにすべく検討した。その結果、前回の検討に比較し、高率に溶血状態の存在すること、筋肉関連酵素ならびにミオグロビンの著しい高値よりかなり強度の運動負荷状態にあることが示唆され、鉄欠乏状態の併存と合わせ、何らかの対策が必要であると考えられた。

緒 言

近年、スポーツにたいする関心がたかまってくるにつれ、スポーツを医学的、科学的な見地より分析、検討する必要性が増加してきている。学校教育においても体力向上、健全な心身の育成を目的にクラブ活動を含むスポーツ教育、学習が励行されているが、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、さらに運動によってスポーツ筋症とも呼ぶべき血液・生化学的変化と易疲労感などを自覚するものが多数存在することが明らかとなった^{1,2)}。

今回、これらをさらに明確にするために、全国レベルにあるいわゆる“スポーツエリート校”の

スポーツクラブ所属の男子高校生を対象に検討した。

1. 対 象

第1学年より第3学年までのバレー部、バスケット部所属男子生徒50名を対象とした。一般授業以外はほとんどスポーツをしない同一学年の男子生徒19名を対照とし、前回報告の公立高校スポーツクラブ所属男子生徒の測定値を参照値とした。今回の私立高校スポーツクラブ所属男子生徒（以下、ス生徒）はほぼ全員寄宿舎在住で1日少なくとも最低2時間は運動し、最長7時間（平均5～6時間）に及んでおり、運動歴は少ない者で3年、長い者は8年である。

2. 方 法

ス生徒群（50名）は運動前、後、1時間以内に真空採血注射器によって速かに採血し、対照群（19名）は授業終了後に同様に採血し、両群ともに溶血の有無を確認後、以下の項目について検討した。なお、試合スケジュールのため運動休止期間は設定しえなかった。

1) ヘモグロビン値 (Hb) (Coulter Counter Model S II Plus: コールター社)

2) 血清フェリチン値 (S. Fr.) (RIA 法, 第1ラジオアイソトープ社)

3) 血清ハプトグロビン値 (Hp) (RIA 法, 第1ラジオアイソトープ社)

4) 血清ヘモペキシン値 (Hpx) (SRID 法, ヘ

キスト社)

5) 血清ミオグロビン値 (Mb) (RIA 法, 第1ラジオアイソトープ社)

6) 尿中ミオグロビン値 (U-Mb) (同上)

7) 血清クレアチンフォスフォカイネース値 (CPK) (TIA 法)

8) 血清筋型アルドラーゼ値 (ALD-A) (RIA 法)³⁾

3. 結 果 (表1)

1. Hb 値: 対照群の平均値は 15.7 ± 0.7 (M \pm SD) であったが, ス生徒群の運動前の平均値は 14.6 ± 1.5 と低値であった。通常のクラブ活動 (5~6時間の運動) 後ではさらに低下し, 平均 14.3 ± 1.6 となり対照群との間に明らかに有意差を認めた ($p < 0.01$)。このことは運動量の多寡によって貧血が助長されることを示唆していると考えられた。

2. 血清フェリチン値: 対照群の平均値は $57 \pm 24 \text{ ng/ml}$ であり, ス生徒群の運動前の平均値は 48 ± 29 と差は認められなかった。しかし, 両群ともに健常人に比較すると有意に低値であり, 運動以外の食事などの要因の関与も考慮すべきことが

示唆された。運動後の平均値は 48 ± 29 であり, 今回の運動量による変動は認められなかった。参照値の平均値は 39 ± 20 であり, この群とも差はなかった。

3. 血清ハプトグロビン値 (Hp): Hp は亜型によって正常値が異なるため, 亜型判別の可能であった62名の比率を表2に示した。2-1型, 45.16%, 2-2型 53.22%, 1-1型 1.6%で構成されており, 成人との構成比との比較では 2-1型がやや多く, 1-1型が少なく, 2-2型は差を認めなかった。

Hp 値の変動を運動前後で比較すると, 2-2型 (22名) の前値は 35.7 ± 25.3 とすでに正常値より低下しているものが多かった [38 mg/dl 以下の者: 11名 (50%)]. これは連続, 反復する運動のために Hp が正常値へ復する間がないためと考えられたが, 試合の過密スケジュールのため, 運動休止期間を設定できず, 休止後の採血が不可能であった。今後の検討が必要であると考えている。

運動後ではさらに低下するものが多く, 10 mg/dl 以下の測定不能のものは14名 (約64%) であった。

表1 血液生化学的検査値

	対 照 群	スポーツ生徒群		参 照 値
	n=19	前(n=50)	後(n=50)	n=116
1) Hb (g/dl) (15.5 \pm 2.1)	15.7 \pm 0.7	14.6 \pm 1.5	14.3 \pm 1.6	15.3 \pm 1.2
2) S. Ferritin (ng/ml) (135 \pm 58: M)	57.24 \pm 24.0	48.0 \pm 29.0	40.0 \pm 26.0	39.0 \pm 20.0
3) S. Haptoglobin (mg/dl)	92.5 \pm 47.6	37.1 \pm 27.4	21.4 \pm 22.4	
4) S. Hemopexin (ng/dl) (50~115)	68.8 \pm 8.6	65.8 \pm 9.1	67.3 \pm 9.4	
5) S. Myoglobin (ng/ml) (male<60)	21.0 \pm 7.0	24.0 \pm 5.0	103 \pm 94.0	38.0 \pm 27.0 (n=113)
6) S. CPK (IU/l) (male: 57~197)	143.0 \pm 94.0	324.0 \pm 153.0	431.0 \pm 219.0	195.0 \pm 132.0 (n=111)
7) S-ALD-A (ng/ml) (male<220)	194.0 \pm 26.0	257.0 \pm 67.0	342.0 \pm 138.0	294.0 \pm 115.5 (n=100)

表2 ハプトグロビンの亜型分布と測定値

	2-1 型	2-2 型	1-1 型
成人	35.2%	57.6%	6.47% ⁷⁾
スポーツ生徒群	45.2% (21名)	53.2% (22名)	1.6% (1名)
運動前	41.3±18.9	35.7±25.3	144
運動後	27.8±17.5 (n=13)	39.4±28.1 (n=8)	↓ 114
対照群	126.1±22.9 (n=7) M±SD	78.5±45.6 (n=11)	0
正常値 (mg/dl)	(103~300)	(38~286)	(126~317)

次に2-1型(21名)について検討すると、2-2型と同様に運動前の平均値は41.3±18.9と正常値より著しく低下していた(正常値以下の者:100%)。運動後にはさらに低下するものが多く、10mg/dl以下の者は7名(33.3%)であった。HbはHpと結合して複合体を形成するが、2-2型と2-1型では複合体の代謝速度に差を認めるとの報告⁷⁾もあり、運動後の変動に2-1型、2-2型の間に認められた差はそのためとも考えられた。

4. 血清ヘモペキシン(Hpx):ス生徒群の運動前の値は65.8±9.1と正常値であった。運動後にも67.3±9.4と正常値であり、運動による変動は認められなかった。対照群の平均値は68.8±8.6であり、ス生徒群と差は認められなかった。しかし、ス生徒群の中には正常下限値の50ng/dl以下のものが2名認められ、この2名はすでに運動前のハプトグロビン値が低く測定不能であり、溶血の存在が強く示唆された。HpxはHbとの結合能は低く、ヘムと特異的に結合するためハプトグロビンがHbで飽和されても、なお、溶血が持続するような場合に初めてHpxが低下すると考えられているが、今回の検討では両者に相関は認められず、今後さらに検討を要すると考えられた。

5. 血清ミオグロビン値(Mb):対照群のMb値は21.0±7.4と正常値であり、ス生徒群の運動前値にも24.4±5.1と有意差を認めなかった。しかし、運動後には103.2±94.2と有意に上昇しており、運動量および強度を示していると考えられた。同じ運動後であっても公立高校のMbの参照値は37.7±26.7とス生徒群の運動前値よりは有意に高いが、ス生徒群の運動後のMb値とは著しい有意差を認めることよりみても、運動量の差を表していると考えられた。しかしながら、Mb値は運動の習熟度にも関係するとされ、ス生徒群の18名(36%)はMb値が相関を認め難いこと(r=0.33)よりも、このことが示唆された。

6. 尿中ミオグロビン値(U-Mb):対照群のU-Mbは全例5ng/ml以下で正常値であり、ス生徒群においても運動前後ともにやはり全例5ng/ml以下であった。今回の採血、採尿時間が運動直後であり、ミオグロビンが上昇している場合でも未だ腎からの排泄増加をきたしていない時間であった可能性があり、ミオグロビンの上昇ピークが7~10時間とされていることからみると、今後の検討に際しては、採血、採尿の時間が検討される必要があると考えている。

7. 血清クレアチンフォスフォキナーゼ値(CPK):CPK値は対照群では142.9±94.1と正

常値内であった。ス生徒群の運動前値は 324.4 ± 153.2 と参照値に比べてもすでに有意の上昇を示していた。CPK の上昇持続期間が 3~4 日とされていることからみて連日 5~6 時間の運動を継続しているス生徒群では常に CPK 値は高値であると考えられた。運動後にはさらに上昇し、 430.5 ± 219.2 と著しい高値を示した。参照値の CPK は運動後であるにもかかわらず、 194.9 ± 132.3 と今回の対照群と有意差を認めないことからみてス生徒群の持続運動量の強さが推測しえた。

8. 筋型のアルドラーゼ値 (ALD-A) : ALD に 3 種のアイソザイムがあるが、筋肉に特異性の高いのが A 型である。当科の浅香ら³⁾の開発した RIA 法を用いて測定したが、対照値は 194 ± 26 と正常値内であった。しかし、ス生徒群では運動前値ですでに 257 ± 67 と上昇しており、CPK と同様の結果であった。運動後においてはさらに上昇し、 342 ± 138 であり、参照値 294 ± 115.5 と有意差はなかったが、高値であった。

4. 考 察

前回報告したごとく、スポーツクラブ所属男子高校生においてはスポーツ筋症ともいうべき状態を呈することが示唆されたため、今回はスポーツエリート校クラブ所属男子生徒を対象にこの点を検討した。

まず鉄欠乏状態について検討したが、別に報告したごとく、その存在が確認された⁴⁾。次に行軍血色素尿症^{5,6)}などの激しい運動の際に変動するハプトグロビン値についてみると、その亜型分布にやや偏りがあるとしても、連日の運動のため運動前値ですでに低下しているものが多数みられ、運動後にはさらに低下に示した。

ハプトグロビンはヘモグロビンと特異的に結合し、ヘモグロビンを血中より速かに除去するため、血管内外の溶血に際し低下するが、今回の対

象は運動群であり、運動にともなう血管外溶血のために低下したと考えられた。しかし対象となったスポーツがバレー、バスケットという足底により負荷のかかる種目のためとも考えられ、足底負荷の少ない水泳、体操などの種目における検討も必要であろう。

ハプトグロビンの生合成率は肝障害、感染などの病的状態でない場合、1 日当り血管内の 30~50% とされており⁷⁾、休日を設定しない限り容易には正常に復さないと考えられた。

ヘモペキシンはハプトグロビンが飽和された後に余剰のヘモグロビンのヘムと結合してヘモグロビンの血中よりの除去、鉄の再利用をきたすとされているが⁸⁾、ハプトグロビン低値の割には、低下を示したものがほとんどみられなかった。このことはハプトグロビンの合成量と溶血の程度(溶血性貧血のごとき大量の溶血は認められないような)との間にはある程度の平衡関係が保たれていることが考えられた。

しかし、運動前にすでにハプトグロビン値が低く測定不能であった 2 名においてヘモペキシン値が低下していたことは溶血の度合を表していると考えられるが今後の検討にまちたい。

ミオグロビンについてみると、運動前はすべて正常値内であったが、運動後には有意差をもって上昇していた。ミオグロビンは心筋硬塞のような筋壊死を来たす疾患においても 1~3 日以内には正常値に復するとされており⁹⁾、今回の運動後の上昇の程度は 103.2 ng/ml と軽度の上昇にとどまっていたため、少なくとも 17~20 時間後の運動前においては正常値を示したと考えられる。

ミオグロビンは運動の習熟度にも関連するとされ¹⁰⁾、ミオグロビンの高値は必ずしも一義的に筋破壊を示すものではなく、低分子のため細胞膜透過性亢進にともなって血中への逸脱機構も考えられており、36% の生徒では運動後でも正常値内であったことは示唆にとむ所見であった。これらの

ことは尿中ミオグロビン値が運動後においても検出されなかったことと一致する所見と思われる。しかし、1名ではあるが、運動後に500ng/ml以上の著しい増加を認めた生徒においても尿中ミオグロビンの有意の上昇は認められなかったことから前述したように採尿時間の検討が必要であろう。

筋肉関連酵素についてみると、CPK値は運動前にすでに 324.4 ± 153.2 と対照群および参照値と比較し有意に上昇していた。CPKの由来臓器の主なものは骨格筋、心筋などであるが¹¹⁾、今回の対象はすべて健常男子高校生であり、骨格筋に由来したと考えられ、ミオグロビンと同様に運動の強度を示すものと考えられた。CPKの最高値到達時間は12~24時間⁹⁾とされており、今回の採血時間と一致していることから採血時間による測定値の変化はないと考えられ、測定値が運動後のCPK値を反映していると推定された。従ってCPK値の高値の持続は、CPKの正常値への回復が3~4日であることよりみて、連日の運動によるものと考えられた。運動前値との比較では133%の上昇であり、上昇の程度は軽度であり trainingによるものと思われた。

筋型アルドラーゼ (ALD-A) の検討では、生徒群の運動前値はCPKと同じくすでに上昇していた。その上昇の持続はCPKと同じく血中へ逸脱した酵素を正常化する前に測定していると考えられた。運動後ではさらに上昇を示したが、上昇率は133名とCPKと同じく軽度であり、conditioningによることが示唆された。一般に筋肉関連酵素に対する運動の影響として、細胞膜透過性亢進や膜傷害による酵素の逸脱、放出が考えられているが¹³⁾、規則的、定量的運動練習によりATP供給に重要なミトコンドリアの数、大きさを増加させることで血中への逸脱、放出を防ぎえるとされている¹⁴⁾。今回の検討でもCPK、ALD-Aの運動後の上昇は軽度にとどまっており、この

ことを支持すると考えられる。

CPKとALD-Aの関連をみると、運動前後においてそれぞれ良く相関しており ($r=0.547$, $r=0.569$)、両者が運動によってよく一致した変動を示すことが示唆された。一方、同じ筋肉に関連して変動するミオグロビンとの関連では、両酵素ともに運動前値では相関が弱いかに認められなかったが (Mb vs CPK; $r=0.328$, Mb vs ALD-A; $r=0.09$)、運動後においては両酵素とは極めて良い相関を示した (Mb vs CPK; $r=0.827$, Mb vs ALD-A; $r=0.62$)。

したがってミオグロビン、CPK、ALD-Aは当然ながらすべて運動による変動を示していると考えられ、その運動量の多寡と強度とを示唆するものであり、ミオグロビンの上昇度 (21 ± 7 より 103 ± 94 ; 490%)よりみて時速約12kmで22.5kmを走行した量に相当すると推定されるが¹⁰⁾、今後はより定量的なスケジュールの運動量とこれら酵素やミオグロビン値の変動量より適正な運動量のスケジュールを組む必要があると考えられた。ミオグロビン尿は認められなかったが、血中ミオグロビンの高値が持続することはミオグロビンが含鉄色素であることを考えると食事、発汗、溶血、尿中への鉄排泄に加え、鉄喪失を増加させる一因になっていると考えられる。

スポーツクラブ所属男子生徒の鉄欠乏状態は、Finchら¹⁵⁾の報告にみられるようにミトコンドリアでのATP産生能や酸素供給能を低下せしめ運動持続時間を低下するという動物実験の成績からみても今後検討されなければならない重要な課題と思われる。

以上の検討よりスポーツクラブ所属男子高校生においては骨格筋を主体にした傷害を来たすことが予想され、より適正なtrainingの設定が必要であり、加えてスポーツ活動のみならず一般高校生活の上からも鉄欠乏状態の是正が重要であることが示唆された。

5. 結 語

スポーツエリート校のクラブ所属男子生徒を対象に運動前後における血液生化学的検討より、スポーツ筋症に関連し以下の成績がえられた。

1) 血中ハプトグロビン値は被験者の約75%において運動前にすでに低下していた。運動後ではさらに低下し、運動による溶血の存在が示唆された。

2) 血中ミオグロビン値は運動前では正常値であったが、運動後では64%の生徒で上昇していた。しかし、36% (18名) では正常値内の変動であり、個体差よりは運動の習熟度、運動量によることが示唆された。

3) 尿中ミオグロビン値の上昇を認めたものはなく、今回検討した運動量、強度では少なくとも腎に負担がかかるものではないことが示唆された。

4) 血中 CPK, ALD-A の筋肉関連酵素は運動前にすでに有意に上昇しており、血中よりの clearance の障害よりは間断ない練習の結果と考えられた。運動後にはさらに上昇したが、その上昇度は軽度であり運動の conditioning による影響が示唆された。

5) 以上の成績よりスポーツクラブ所属男子高校生においては鉄欠乏状態の存在と相まって“スポーツ筋症”ともいふべき状態になることが示唆され、運動スケジュールや強度の設定に医学的検討が不可欠と思われた。

謝 辞

今回の研究にあたり、国体などをひかえて大変過密なスケジュールの中、御協力いただいた学校各位ならびに諸検査に協力いただいた奥野知子技師、窪田久乃嬢に深謝するとともに研究費の一部を御援助いただいた財団法人デサントスポーツ科学振興財団に感謝いたします。

文 献

- 1) 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)
- 2) 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)
- 3) Asaka, M., et al.; A non-competitive solidphase radioimmunsassay for human aldolase A: *Clinica. Chimia. Acta.*, **125**: 31—40 (1982)
- 4) 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, 1988 (印刷中)
- 5) 峠岡健司他; 剣道練習による行軍血色素尿症の1例: 臨床血液, **25**: 1680—1685 (1984)
- 6) Siegel, A.J., et al.; Exercise-Related Hematuria: Findings in a Group of Marathon Runners: *JAMA*, **241**: 391—392 (1979)
- 7) 寺野由剛; ハプトグロビン: 日本臨床, 488 (春季増刊): 84—89 (1982)
- 8) 河合 忠; ヘモペキシン, p 163—165, 血漿蛋白, 医学書院, 東京 (1969)
- 9) 矢崎義雄, 永井良三; ミオグロビン, 日本臨床, 488 (春季増刊): 103—106 (1982)
- 10) Maxwell, J.H., Bloor, C.M.; Effects of Conditionis on Exertional Rhabdomyolysis and Serum Creatine Kinase after Severe Exercise: *Enzyme*, **26**: 177—181 (1981)
- 11) 江橋節郎; Creatine phosphokinase, 臨床酵素学 (赤堀四郎, 沖中重雄編), p 356—365, 朝倉書店, 東京 (1963)
- 12) 大橋宏重他; スズメ蜂による急性腎不全, 呼吸不全の1剖検例: 日内会誌, **76**: 396—403 (1987)
- 13) 杉田秀夫; 筋疾患: 臨床酵素学 (赤堀四郎, 沖中重雄編), p 136—149, 朝倉書店, 東京 (1963)
- 14) Sanders, T.M., Bloor, C.M.; Effects of repeated endurance exercise on serum enzyme activities in Well-Conditioned males: *Med. Sci. Sports*, **7**: 44—47 (1975)
- 15) Finch, C.A., et al.; Iron Deficiency in the Rat: physiological and biochemical studies of muscle dysfunction: *J. Clin. Inv.*, **58**: 447—453 (1976)