

4-4. 少年期の柔道が身体に及ぼす影響に関する研究

第三報 少年柔道鍛練者の練習前後における血中諸物質の変動について

東京学芸大学	渡	辺	雅	之
"	小	野	三	嗣
"	貝	瀬	輝	夫
上石神井中学校	浅	野	哲	男
多摩高校	久	永	哲	雄
小平西高校	長	津	平	二
講道館	菅	原	正	明

I 緒言

著者らは、第1報において少年柔道鍛練者の体格および運動能力について、少年サッカー選手あるいは少年野球選手との比較からその特徴の一端を明らかにしようと試みた。そして第2報では、少年柔道鍛練者が実際に行っている練習の運動強度が個人の有酸素摂取能力の何%に相当するのかわかるために、最大作業テストの結果得られた酸素摂取量一心拍数関係式に柔道練習中の心拍数を外挿して相対的運動強度を求めた。その結果、本研究の被験者となった少年柔道鍛練者の体格は他種目の少年選手より大きいこと、運動能力も大体格に由来するためにすぐれていること、そして柔道の練習強度は平均値で最大酸素摂取量の約83%に相当する高い強度であること等が明らかとなった。

そこで、今回はこうした高い強度の柔道練習の生体負担に焦点をあてようとした。発育期にある子どもの体を考えると、柔道練習という運動刺激が強すぎる場合には、生体にさまざまな障害が生じることが考えられるが、その障害がはたして一過性のものか、あるいは永続性のあるものかが重要なポイントと言える。近年の少年期のスポーツ障害^{1,2,7,14,15)}は永続的なものと考えられる。すなわち、一回毎の刺激としてはそれほど過度と言えなくても、これを積み重ねていった場合に自覚的に症状が一気に表出するからである。このような永続的な障害を事前にチェックすることは、はなはだ困難と言える。

それに対して刺激に対する一過性の反応を調査することは、その時点における刺激の適否が明らかにされるのではなはだ重要と言える。そして、それを判定するための指標として血液中の諸成分を手がかりにすることが多い^{8,9,10,11)}。

血液中に常在する諸酵素は細胞内における呼吸を営むための種々の反応に特異的に触媒作用を示すのであって、血液中がその本来の存在する場所ではない。したがって、ある臓器に異常が生じた場合に、血液中においてその臓器に多く分布している酵素の活性が上昇していることが多い⁵⁾。

臨床的には血液中の酵素活性の変化から、種々の疾患の診断、予後などについて判定することが酵素活性測定の意味であるが、運動負荷前後における血液中の酵素活性の変化については、臨床領域における見方といっしょにできない面が存在している。たとえば、ランニングなどによって、運動直後の活性値が大きく上昇し正常範囲をこえていることが多い。しかし、1時間後にはほとんど

安静値に回復している点から、運動直後の活性値の上昇は、臓器の異常だけでは説明できないのである。

こうした運動時の血液中の酵素活性の変動については単なる臓器の異常による解釈の他に考察しなければならない因子が存在すると考えられる。

少年柔道鍛練者の練習前後における血中酵素の変動をさぐるにあたって、このような背景をふまえて考えてみるとともに、血中諸物質の変化もあわせて論及し、少年の柔道練習の生体負担について検討した。

II 実験方法

A) 被験者 第1報及び第2報と同様の条件で選ばれた少年柔道鍛練者を本研究の被験者とした。その学年及び人数は小学校5年生が5名、6年生が7名、中学1年生が6名、2年生が6名で、合計24名であった。彼らの身長及び体重を小学生群と中学生群とで比較して表1に示した。

表1 被験者の身長及び体重

	Height(cm)	Weight(kg)
Elementary School Boy N=12	144.9 ± 7.29	42.6 ± 19.37
Junior High School Boy N=12	163.3 ± 10.13	59.3 ± 15.18

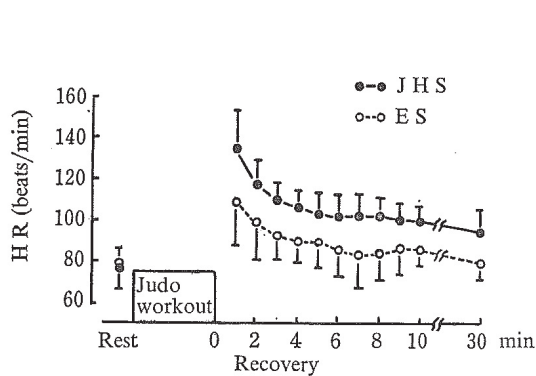


図1 練習前及び回復過程における心拍数(HR)の変動

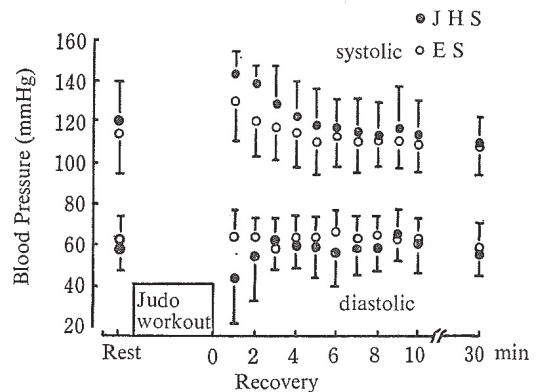


図2 練習前及び回復過程における血圧の変動

B) 手順 第2報と同様に、柔道練習内容を受身、打込、乱取(立技、寝技)、掛り稽古の4項目とし、途中に特別な休憩をとらずに約1時間を要した練習であった。血圧と心拍数は運動前、運動終了直後から10分後まで1分毎に測定し、そして30分後にも行った。採血は運動前、運動終了直後、30分後と計3回行い、肘正中皮静脈より1回につき4cc血液を採取した。被験者には前夜の夕食以後一切の飲食をとらず、当日の朝食ももちろんとらずに実験に参加させた。

C) 測定項目と方法 血圧はRiva-Rocci型血圧計を用い、触診法によった。心拍数は橈骨動脈

より触診法で30秒間計測し、2倍して1分間値とした。血中諸物質は血糖値、血清トリグリセライド値（以下 TG と略）、総コレステロール値 (T. Chol)、血清尿素窒素値 (BUN)、尿酸値 (UA)、クレアチニン値—以上酵素法、血清グルタミン酸オキザロ酢酸トランスアミナーゼ活性値 (GOT)、グルタミン酸ピルビン酸トランスアミナーゼ (GPT)、乳酸脱水素酵素 (LDH)、 α -水酸化酪酸脱水素酵素 (α -HBDH)、 γ -グルタミルトランスぺプチダーゼ (γ -GTP)、アルカリ性フォスファターゼ (ALP)、クレアチンフォスフォキナーゼ (CPK) —以上 UV 法によって測定した。

III 結果

運動前における心拍数は小学生が平均79.0±8.50拍/分、中学生が78.5±11.50拍/分と差が認められないが、柔道練習後のそれは小学生が110.4±21.90拍/分であるのに対し中学生は、134.4±18.96拍/分と有意に高かった。練習後の回復過程には両群とも漸減傾向を示した。これらは図1に示した。

図2には血圧の変動をあらわした。小学生の最大血圧は113.2±20.44mmHgから練習後には128.7±19.39mmHgと約15.5mmHgの上昇であったが中学生は120.2±18.50mmHgから143.5

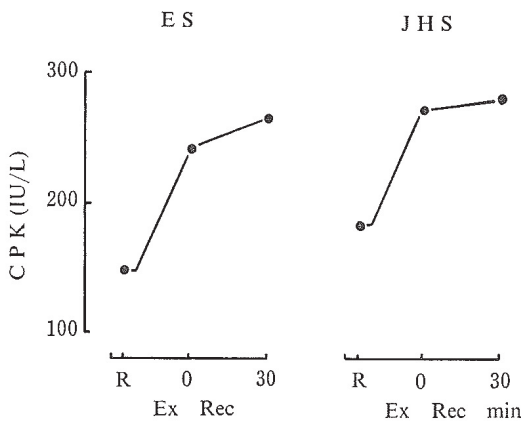


図3 血清CPK活性値の変動

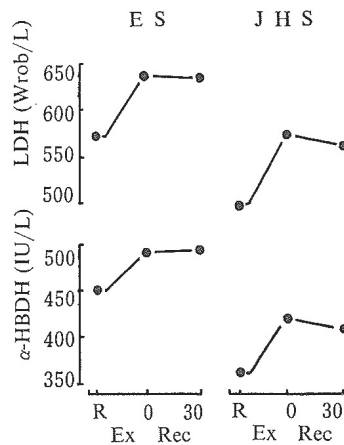


図4 血清LDH, α -HBDH活性値の変動

表2 血清 GOT, GPT, γ -GTP, ALP 活性値の変動

IU/L		Rest	Immediately After exercise	30 min After exercise
GOT	小	11.7± 2.37	13.2± 2.09	13.3± 2.45
	中	11.6± 4.08	13.5± 4.57	12.7± 4.61
GPT	小	5.5± 1.13	5.1± 1.64	5.9± 1.66
	中	9.8± 7.52	9.7± 8.09	10.0± 7.70
γ -GTP	小	13.3± 3.66	12.9± 3.24	12.5± 3.98
	中	17.7± 10.87	19.2± 10.78	18.0± 10.32
ALP	小	370.4±116.81	366.8±114.89	396.5±109.75
	中	349.2±150.51	358.1±156.00	343.9±161.58

表3 血糖値 (Glucose), 血清トリグリセライド (Triglyceride), 総コレステロール (Total Cholesterol) 値の変動

mg/dl		Rest	Immediately after exercise	30 min after exercise
Glucose	小	105.3 ± 4.73	91.3 ± 7.95	90.5 ± 7.47
	中	108.1 ± 7.99	108.1 ± 24.14	86.5 ± 7.65
Triglyceride	小	96.7 ± 40.07	113.5 ± 39.54	102.8 ± 38.26
	中	85.8 ± 45.37	110.1 ± 48.88	88.0 ± 38.71
Total Cholesterol	小	162.4 ± 38.72	158.5 ± 32.32	164.3 ± 33.43
	中	158.5 ± 25.64	164.5 ± 33.95	157.5 ± 27.88

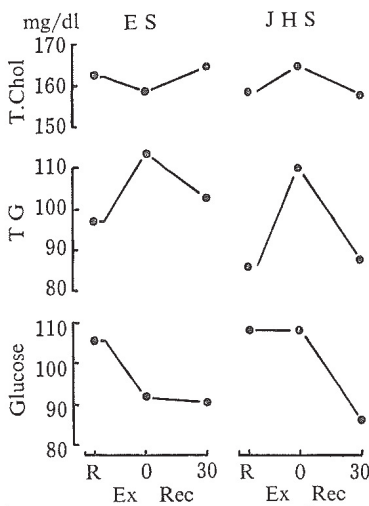


図5 血糖値(Glucose), 血清トリグリセライド(TG), 総コレステロール(T.Chol)値の変動

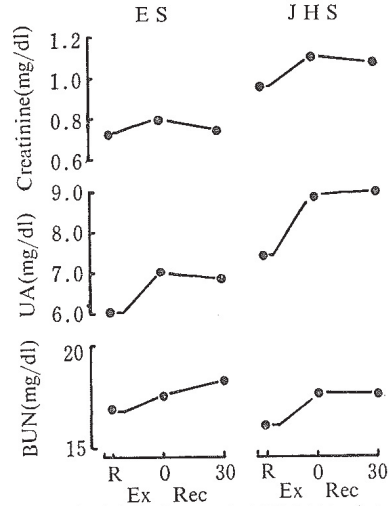


図6 血清尿素窒素(BUN), 尿酸(UA), クレアチニン (Creatinine)値の変動

±10.41mmHg へと 23.5mmHg の上昇を示し、中学生の増加度の方が大きかった。両群とも練習後6分まで漸減し、以後プラトー状態が続き30分時の値も同様であった。最小血圧は小学生の場合、少なくとも平均的には変動していないが、中学生では練習後に 57.7 ± 11.90mmHg から 44.3 ± 22.56mmHg と 13.4mmHg 低下していた。3分以後では、プラトーとなり、小学生との差が認められなくなった。

血液中の諸物質のうち、血清酵素の変動では図3の CPK, 図4の LDH, α-HBDH が大きかった。CPK は小中学生とも運動前から直後にかけて大きく上昇し、30分後にもわずかに上昇し続けた。30分後値は小学生264 ± 74.2IU/L, 中学生287 ± 137.9IU/L であった。LDH と α-HBDH とともに小学生の運動前値で、すでに高値を示していた点を除けば、小中学生ともに運動前から直後に上昇、30分後にやや低下するという変動パターンは同一であった。

表2には GOT, GPT, γ-GTP, ALP について小, 中学生別に平均値及び標準偏差を示したが、有意な変動が全くみられず、正常値の範囲内におさまっていた。

血液中の基質について表3に平均値と標準偏差で示し、図5に図示した。T. Chol. は小・中学生ともに練習前後における有意な変動は認められなかった。TG においては両者に差がみられな

った。血糖値では中学生の場合、練習前後において平均的には変化しておらず、30分後に大きく低下するというパターンを示したが、小学生の場合では練習直後に有意に低下し、30分後においても低下したままであった。両群の被験者は絶食状態で実験に参加しているので、少なくとも外因性の因子による血糖値の変動がないといえる。小・中学生の糖代謝の相違のあらわれという点で注目されよう。

図6には BUN, UA, クレアチニン値の変動を示した。小学生のこれらの変動は中学生のそれより小さいが、BUN, UA では運動後においても前値に回復していなかった。それに対して中学生の場合には、特に UA の変動が大きく、練習後の数値は明らかに異常値となっていた。

IV 考察

本研究の被験者は第1報及び2報での被験者と同一条件で選出されたのであるが、その身長と体重は第1報及び2報のそれより下回っていた。特に中学生の方が大きな差であった。しかし、こうした体格の大小が柔道練習時の心拍応答に影響をもたらすとは考えられないが、図1の柔道練習後の回復過程の心拍応答と第2報の柔道練習中の心拍応答から推定される回復期のそれとを比較すると、今回の柔道練習後の心拍数はかなり低いものと考えられる。このことは今回の柔道練習の強度が第2報ほど高くはなかったことを示唆しているといえるわけで、図2に示された血圧の応答からもそれがうかがわれる。柔道練習内容は同一であるが、被験者が異なることや練習相手の技量の程度や実験条件（絶食状態）の相違などが今回の心拍応答からみた柔道練習強度が第2報のそれより高くなかったことの原因と思われる。

結果として今回の練習強度が低かったからといって、全ての実験成績が意味のないものになったわけではない。

柔道練習前後の血液中の酵素の変動から、柔道の練習の生体負担を考えるにあたって、酵素の血中レベルでの上昇がはたしてどの臓器からの逸脱が大きいのかを考えなければならない。ただ単に血中レベルが上昇したからといって生体負担が大きいと考えるのは、酵素が細胞破壊とか細胞膜透過性のために血中へ逸脱するというメカニズムにたつての解釈と思われるが、それでは血中レベルでの上昇がみられる酵素とみられない酵素が存在すること⁸⁾、しかも両者の酵素が同一臓器由来と考えられることを説明できない。したがって臨床的な見方とは異なる説明を試みる必要がある。

こうした点から今回の成績をみると、図3に示した CPK の変動について、その増加率を図7で比較してみたが小学生は練習直後で平均1.76倍、30分後には1.98倍になり、中学生では1.67倍、1.74倍となっており、CPK の臓器分布は骨格筋、心筋、平滑筋、脳などに集中しているが¹³⁾、おそらく骨格筋由来の CPK がこの上昇に最も大きく関与していると考えられる。練習後30分たっても低下していないので、柔道練習が相当きつといえるわけであるが、回復期の高値のメカニズムについては少なくとも筋細胞の破壊などではなく、むしろ筋細胞での CPK の過剰産生による細胞外への能動的な放出とい

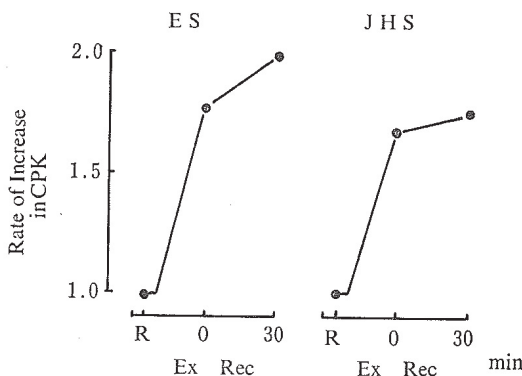


図7 血清CPK活性値の増加率の比較

う新しいメカニズムを考えたい。練習の強度がある程度強いということで少年柔道選手には今回のような練習が好ましくないとは言えないが、CPK の増加に対してどのくらいの増加が好ましくないと言えるのであろうか、いわば上限に相当する増加について今後の研究が期待される。

LDH は運動前値で小学生が 572.7 ± 100.01 Wrób. U/L, 中学生が 497.5 ± 95.54 Wrób. U/L と高い。出生直後に LDH は最高値を示し、成人に至るまで加齢と共に減少する³⁾ので、小学生の方が高いことは理解できる。したがって、この高値をもって異常値と言えないことになる。

LDH の変動パターンは CPK のそれと同様であるが (図4), 血中レベルの上昇は何に由来するのであろうか。LDH は H-subunit と M-subunit の2種類からなる tetramer であり、H-subunit を多く有する臓器は心臓、腎臓、赤血球などで、M-subunit の方は骨格筋や肝臓などである。そこで H-subunit を主とする LDH の動態を探るため、 α -HBDH を測定した。 α -HBDH は H-subunit からなる LDH の変動とよく一致しているとの臨床報告^{4,12)}がある。図4の下段に α -HBDH を示してあるが、LDH とほとんど同様な変動をしている。柔道練習によって α -HBDH の上昇がみられたことからただちに心臓、腎臓にだけ影響があったとは断言できない。というのは、LDH に対する α -HBDH との比がほとんど変化していないことから全体のレベルが上昇しており、心臓、腎臓に特異的ではないからである。

前値ですでに高値を示しているので、LDH に関しては細胞内での代謝が相当活発であることを示唆していると考えられる。今回のこの成績からは柔道練習の適否を断定できないけれども、LDH や α -HBDH に関しては問題ないように思われる。

CPK, LDH, α -HBDH の上昇に比較して、表2の GOT, GPT, γ -GTP, ALP はほとんど変動していない。GOT は心臓、肝臓などに、GPT は肝臓、腎臓などに、 γ -GTP は腎臓、膵臓などに、ALP は肝臓、骨、小腸などに分布しているが、細胞破壊や細胞膜透過性というメカニズムが血中レベルの上昇をもたらしているのだとすれば、 α -HBDH などの上昇と平行的に上昇しているはずであろう。柔道練習によってこれらがほとんど変動しない理由としては、代謝の動的平衡状態が考えられよう。いずれにしても表2の各酵素からみた限り、今回の柔道練習は全く問題ないといえる。

小・中学生の差違で最も重要と思われたのは図5の血糖値である。中学生は運動前値が 108.1 ± 7.99 mg/dl 直後値 108.1 ± 24.14 mg/dl, 30分後に 86.5 ± 7.65 mg/dl と低下したが、少なくとも練習直後に低下していない。それに対して小学生は前値 105.3 ± 4.73 mg/dl から直後には 91.3 ± 7.95 mg/dl と低下していたのである。30分後においても 90.5 ± 7.47 mg/dl と低いままであった。被験者は絶食状態で本実験に参加しているので、空腹になっているはずである。中学生の場合には練習が終了した直後にも血糖値を維持し得る力を有しているのに対し、小学生では糖代謝の亢進により血糖値の調節系が低レベルでセットされてしまったと考えられる。練習時間がもっと長い場合には、増々血糖値が低下することが予想される。小学生の練習に際して、空腹状態での練習は危険といえよう。

脂質代謝に関する知見として TG の練習直後の上昇と30分後における前値への回復という変動から、エネルギー源としての役割を TG が果たしていると思われる。T. Chol. は従来通り¹⁶⁾変動していない。

クレアチニン値は加齢により増加するので⁹⁾ 図6の小・中学生の前値の差は説明できる。しかし、練習前後での変化が小さいので骨格筋由来のクレアチニンが少ないのか、それとも尿中への排泄が増加したのか判定できない。むしろ、中学生の UA が練習後大きく上昇している方が重要と考えられる。この上昇のメカニズムは不明であるが、UA の高値そのものに問題があり、また二次的な高値、すなわち排泄障害などを意味しているとするれば、これも問題となろう。いずれにしても、中

学生の練習前後における UA の動態は特に腎障害との関連で今後の研究に期待する。

V 摘要

少年柔道鍛練者の行う一般的な柔道練習がどの程度の生体負担となっているのかを明らかにするために、血液中の諸物質の変動から検討した。その結果、概ね次のような結果を得た。

- 1) 血清クレアチンフォスホキナーゼ活性値 (CPK) は練習によって小・中学生ともに1.67~1.98倍に上昇した。
- 2) 血清乳酸脱水素酵素及び α -水酸化酪酸脱水素酵素の変動は CPK に類似した。
- 3) 血清グルタミン酸オキザロ酢酸トランスアミナーゼ等の変動はほとんど認めがたい。
- 4) 血糖値では中学生が練習直後において前値と差がなかったが、小学生は直後に大きく低下した。
- 5) 血清尿酸値が中学生で高く、しかも練習後に増加傾向を示した。
- 6) 小学生の場合、柔道練習による循環系への負担は中学生より少ないが、CPK の増加率はやや大きい。
- 7) 空腹状態での練習は小学生にとって危険と考えられる。

参考文献

- 1) Adams, J. E.: *Bone injuries in the very young athlete*. Clin. Orthop. **58**:129. 1968
- 2) 秋本 毅: 「少年期のスポーツ活動と脊椎分離」 整形外科**30**-6: 638~646. 1979
- 3) 青木隆一: 「LDH とそのアイソエンザイム」 日本臨床 **38**: 1269-1278. 1980
- 4) Elliott, B. A. & J. H. Wilkinson: *α -Hydroxybutyric dehydrogenase in myocardial infarction and in liver disease*. Lancet 698-699. 1961
- 5) 玄番昭夫: 酵素の臨床病理, 中外医学社, 東京, 1974
- 6) 古川哲雄: 「クレアチン, クレアチニン」 日本臨床 **38**: 1320-1331. 1980
- 7) 柏木大治: 「野球による肘関節障害について一特に少年野球選手の肘の変化を中心として一」 整形外科 **30**-6: 611-621. 1979
- 8) 小野三嗣, 他: 「タウリンの運動時代謝に及ぼす影響 その I」 体力科学**29**-4: 191-204. 1980
- 9) 小野三嗣, 他: 「長距離歩行の至適処方確立のための基礎的研究 その 1」 体力科学 **30**-4: 193-205. 1981
- 10) 小野三嗣, 他: 「持久走鍛練中高年者の体力に関する研究」 体力科学**22**-2: 63-70. 1973
- 11) 小野三嗣, 他: 「中長距離歩行を末鍛練成人に処方する場合の条件について」 体力科学**22**-4: 161-172. 1973
- 12) Rosalki, S. B.: *Serum α -Hydroxybutyrate dehydrogenase. A new test for myocardial infarction*. Brit. Heart J. **25**: 795-802. 1963
- 13) 庄司進一: 「クレアチンホスホキナーゼ (CPK) とそのアイソエンザイム」 日本臨床 **38**: 1320-1331. 1980
- 14) 高槻先歩: 「小学生の野球による肘関節障害」 災害医学 **21**: 557. 1978
- 15) 高槻先歩: 「中学野球部員における肘関節障害について」 臨床整形外科**30**-6: 638-646. 1979
- 16) 渡辺雅之, 他: 「中等度の運動強度における運動中の糖, 脂質代謝について」 デザントスポーツ科学 **3**: 190-195. 1982