

運動の影響の残存に関する生化学的検討

東京学芸大学	野坂和則
(共同研究者) 同	七類誠
同	朽木勤
同	文谷知明

Biochemical Approach about How Long the Effect of Exercise Remains by

Kazunori Nosaka, Makoto Shichirui,
Tsutomu Kuchiki and Tomoaki Bunya
Tokyo Gakugei University

ABSTRACT

These experiments were designed to study about how long the effect of exercise remains from the viewpoint of biochemical parameters, especially serum enzyme activities.

Changes in serum creatine kinase activity (CK), lactate dehydrogenase activity (LDH), α -hydroxybutyrate dehydrogenase activity (α -HBDH) and isoenzyme of CK activity (CK-MB) are measured before and after following exercise.

- 1) 5km running continued 7 days.
- 2) 1000m swimming. (3 times.)

No changes in LDH, α -HBDH and CK-MB were found in these exercise so markedly. But CK rose remarkably when one hadn't experienced or hadn't done the exercise for a long time. And evaluation of CK was prevented by before exercise. Increase of CK was related to the delayed muscular soreness.

It might be possible that we could know the remained influence of exercise from CK activity after exercise. According to this result, the in-

fluence remains more than one week or one year.

We must study this point more minutely.

緒 言

運動の影響が翌日以降にも残ることが知られているが、その影響がどの位の期間残っているのかは明らかにされていない。久し振りにやる運動の翌日や翌々日に筋肉痛が生じることがあるが、それから2週間程経過して（この間はトレーニングを全く行っていない）、同様な運動を行なった際には筋肉痛が生じなかったり、生じてもその程度が軽減されたりすることはしばしば経験することである。

T. Hettinger⁷⁾ の筋力および筋のトレーニング効果についての研究では、2週に1度のトレーニングでは全く効果がないとしているが、運動が複雑化しているにせよ、筋肉痛などの例にみられるように効果とは言えないまでも、影響は2週間以上も残っていると考えられる。

本研究では、この運動の影響の残存を知る手がかりとして、多くの研究者^{8,9,13,14)} によって報告されている運動後の血清酵素活性の上昇に注目した。トレーニングによって運動後の上昇は抑えられるという報告^{8,10)} に従えば、運動後の上昇が小さい時には何らかの運動の影響が残っていると判断してよいと考えたからである。そこで、運動の影響が血清酵素活性の変動にどのように反映されるかを確認し、影響の残存を知る指標として使えるか否かを検討することを目的とした。

実験方法

以下の2つの実験を行なった。

実験 1

運動の影響が血清酵素活性の変動に反映される様子を観察するために、5km 走を7日間連続で行ない、1日1日の変動を表1に示す3名の被験者について比較した。

このうち、Sub. K. はバスケットボール、Sub. S. は柔道、Sub. N. は陸上競技短距離を長年行ってきたが、この実験の少なくとも1年前からはこの種の運動はもちろん、それに付随するトレーニング、日常的な運動はほとんど行っていない。

被検者は、8時間絶食下で早朝6時から8時の間に、その時のコンディションの最大努力で5km 走を行ない、これを7日間連続した。5km 走の前、直後、10分後、1時間後に肘静脈より採血を行なった。遠心分離により血清を得、A-gent および Boehringer Mannheim の試薬を用い、ABBOTT 社製の ABA-100 システムにより CK (Creatine Kinase), LDH (Lactate Dehydrogenase), α -HBDH (α -Hydroxybutyrate Dehydrogenase) および CK の Isoenzyme である CK-MB の活性値を測定した。乳酸は血液を過塩素酸で除たん白した後、Boehringer Mannheim の試薬を用い定量した。また採血時には心拍数、血圧

表1 Characteristics of Subjects

Sub.	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)	Rohrer's Index	Fat (%)
S.	25	175.0	69.4	129.5	11.8
K.	24	172.0	72.8	143.1	15.3
N.	23	171.0	69.0	138.0	12.8

を測定し、自覚症状のチェックも行なった。

実験 2

表1に示す被検者のうち、実験1で血清酵素活性の変動が小さかった Sub. N. を被検者とし、100m泳をクロールで4分間に1回の割合で10回

繰り返す運動を行なった。100m 泳は2分以内とし、約2分間の休息は水中でとらせた。

被検者は第1回目の1000m泳の前10カ月は全く泳いでおらず、このような形態で1000m泳を行なったことはない。第1回目の1週間後に第2回

表2 Changes in Weight before and after 5km Running and 5km Running Time

Sub.	Weight (kg)			5km Running Time (min. sec.)
	Before	After	Difference	
S.	1 69.4	69.0	0.6	22'59"
	2 69.5	68.6	0.9	20'26"
	3 69.7	69.2	0.5	24'26"
	4 68.8	68.3	0.5	23'34"
	5 68.5	67.9	0.6	23'57"
	6 68.7	68.3	0.4	21'34"
	7 68.6	68.2	0.4	19'57"
K.	1 72.5	72.0	0.5	25'30"
	2 72.5	71.9	0.6	25'33"
	3 73.3	72.6	0.7	24'51"
	4 72.7	72.0	0.7	26'02"
	5 72.7	72.0	0.7	26'20"
	6 72.4	71.7	0.7	25'50"
	7 72.7	72.2	0.5	24'51"
N.	1 69.4	68.9	0.5	22'19"
	2 69.1	68.4	0.7	21'38"
	3 70.4	69.6	0.8	22'18"
	4 69.3	68.8	0.5	21'00"
	5 68.5	68.1	0.4	21'04"
	6 69.1	68.4	0.7	22'24"
	7 68.7	68.2	0.5	21'35"

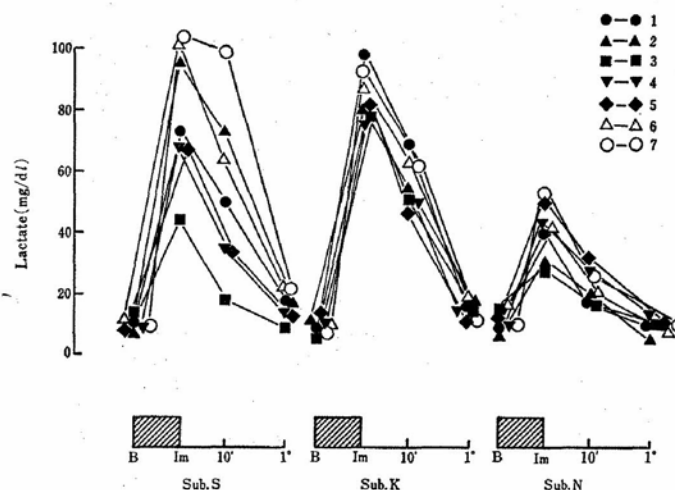


図1 Changes in Lactate before and after 5km Running for 7 days

実験結果

以下のような結果を得た。

実験 1

各被検者の7回の5km走のタイムと体重の変化を表2に示した。

Sub. S. は5km走のタイムにかなりばらつきがあるが、Sub. K. Sub. N. はそれぞれ21~22分、25~26分と安定していた。

図1は、乳酸の変動について各被検者ごとに7

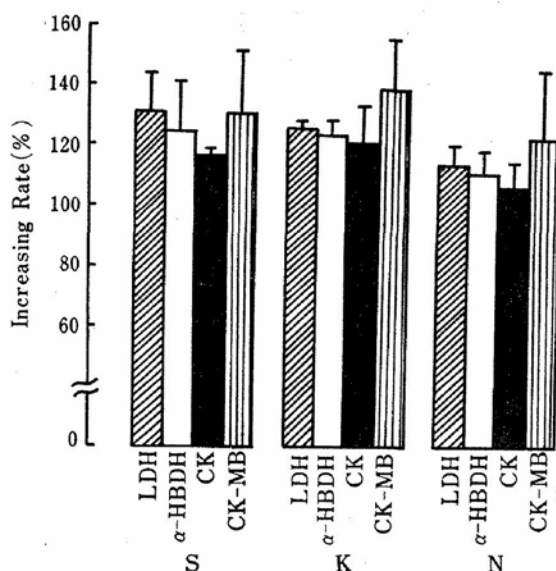


図5 Comparison between the Increasing Rate of each Enzyme. (Immediately After/Before)

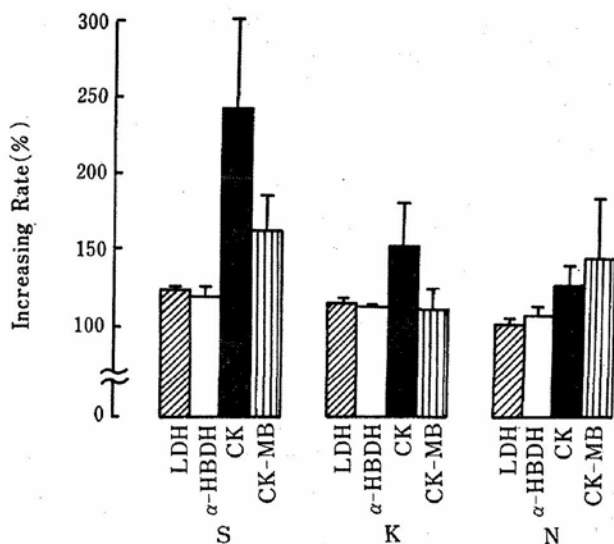


図6 Comparison between the Increasing Rate of each Enzyme. (24 hours After/Before)

回の5km走についてまとめたものである。5km走のタイムと同様に、Sub. S. ではその変動のしかたにばらつきがみられたが、他の2名は7回ともほぼ同じであった。Sub. N. は5km走直後の乳酸の上昇が他の2名に比べて小さかった。

CK, CK-MB, LDH, α-HBDH の変動を第1日目の前値を100として、それに対する増加(減少)率を示したのが図2 (Sub. K.), 図3 (Sub. S.), 図4 (Sub. N.) である。

Sub. K., Sub. S. はCKの大きな上昇を示したが、Sub. N. はほとんど変動しなかった。Sub. K. においては第3日目、第4日目には1000 IU/Lを越えていた。またSub. S. においても500 IU/Lを第3日目以降越えていた。Sub. S. では第5日目以降上昇が抑えられる傾向がみられた。CK-MB, LDH, α-HBDH の変動には被検者間に差は認められなかった。いずれの酵素活性も回復5日目までには前値もしくはそれ以下に下がっていた。

図5は、7回の5km走の前から直後にかけての各酵素活性の増加率を被検者ごとにもとめ、そ

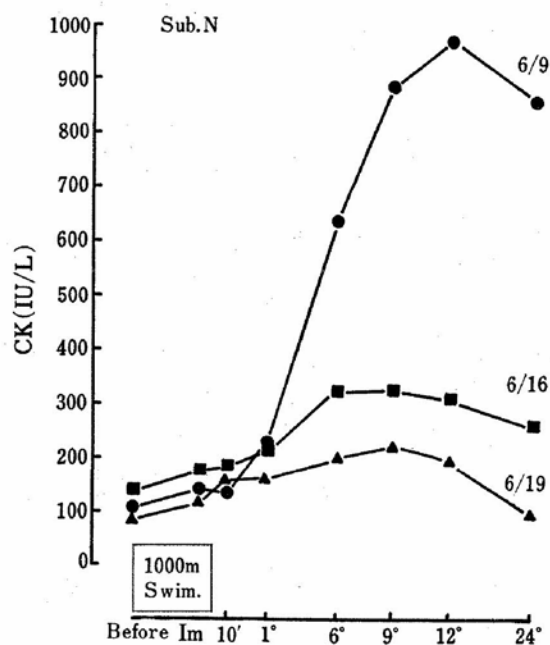


図7 Changes in CK before and after 1000m Swimming.

の平均と標準偏差を示したものである。

どの酵素活性も 120% 前後上昇しており、被検者間の差もそれほど大きくない。

しかし、図 6 に示したように、運動前から 24 時間後への増加率では、CK において Sub. S., Sub. K., Sub. N. の順に高くなっていた。自覚症状では第 2 日目以降 Sub. S. と Sub. K. が筋肉痛を訴え、第 4 日目頃そのピークを迎え、第 5 日目以降は徐々に筋肉痛も軽減されていた。心拍数、血圧では各被検者とも各回で同様な変化を示した。

実験 2

LDH, α -HBDH は 1000m 泳の直後または 10 分後に高活性を示し、1 時間後ではほぼ前値に戻り、その後も前値とほとんど変わらない値であった。この傾向は各回とも同様で、直後あるいは 10 分後の値にも差はみられなかった。これに対し、CK は 1000m 泳の 1 時間後以降に高くなり、9 ~ 12 時間後にピークを示した。

図 7 に示すように、第 1 回目の 1000m 泳では、12 時間後において 1000 IU/L に近い値に達していたが、第 2 回目、第 3 回目と上昇のしかたは小さく抑えられた。また、第 3 回目より約 4 カ月後の 1000m 泳でも、前値が 88 IU/L で 12 時間後 102 IU/L, 24 時間後 90 IU/L とほとんど上昇を示さなかった。第 1 回目の 1000m 泳後には激しい筋肉痛を訴え、下腿や上腕の筋に痙攣が生じたが、第 2 回目以降はその程度も軽くなり、ほとんど筋肉痛を訴えなくなった。CK-MB は、CK が高値の時には高かったが、CK に対する割合は 3% 以下であった。

考 察

実験 1 において、Sub. S., Sub. K. では CK が大きな変動を示したのに、Sub. N. ではそれがほとんど上昇しなかったのは、被検者の運動歴が関係しているのかもしれない。Sub. N. は以前陸上競技を 10 年間ほどやってきており、走ることに

対する適応というようものが形成されていたとも考えられる。

Noakes et al¹¹⁾ は、56km レースの前後での CK の変動について、以前に 42km や 90km のレースに出場したことのあるランナーでは平均 277U の上昇であったが、それらのレースへの参加経験をもたないランナーでは平均 924U と、3 倍以上の上昇であったと報告している。また、Hansen et al⁶⁾ も、トレーニングによって CK は 12km 走後でも前値とほとんど差がなかったと報告している。

これらに本結果を照らし合わせると、Sub. N. には何らかの影響が 1 年以上その運動をやっているにもかかわらず依然として残っていたと考えられる。このことは実験 2 の結果からも裏づけられると思われる。5km 走を 7 日間連続しても CK の上昇がみられなかった Sub. N. が 1000m 泳では大きな上昇を示したのは、水泳に関しては以前に行なった運動の影響が残っていなかったためであると考えられる。第 1 回目より 7 日後、10 日後、約 4 カ月後の 1000m 泳では CK の上昇が抑えられたことは、運動の影響が残っている証拠とみてよいように思われる。

LDH, α -HBDH, CK-MB には運動の影響の残存を示すと思われる特徴が出てこなかったのは、LDH, α -HBDH は臓器特異性がうすく⁴⁾、CK-MB は心筋障害と関係が深い¹²⁾ということなどから考えると、骨格筋への影響があまり反映されないためではないかと思われる。言い換えれば運動の影響は骨格筋に最も残りやすいと言えるのではないだろうか。本実験では 1 週間はもちろん、4 カ月あるいは 1 年以上も運動の影響が残ることが CK の運動後の上昇のしかたから予想されたが、CK をはじめとした酵素がどのようにして組織中から血中へ出てくるのかについてはいくつかの考え方^{1~3)}があるが、メカニズムは明らか

にされていない。運動の影響の残存を血清酵素活性から判断するのは早計であろうが、今後、メカニズムの追究と共に、多くの事例を積んでいく必要があると思われる。

結 論

運動の影響の残存期間は、血中酵素活性の運動後の上昇を手がかりに考えると、1週間から4カ月、あるいは1年以上にもなる可能性が示唆された。しかし、運動の種類や形態によっても異なり、それ以前の運動習慣や運動経験によっても左右されと考えられ、さらに検討が必要である。いずれにしても、運動の影響の残存を検討する指標として、CKをはじめとする血清酵素活性は一つの視点となりうると考えられた。

文 献

- 1) Bark, D.H. and L.S. Smith; Creatine phosphokinase activities in rainbow trout, *Salmo Gairdneri*, associated with rapid decompression. *Enzyme*. **27** : 156—162 (1982)
- 2) Critz, J.B. and D.A. Cunningham; Plasma enzyme levels in man after different physical activities. *J. Sport Med.* **12** : 143—149 (1972)
- 3) Dawson, D.M. and I.H. Fine; Creatine kinase in human tissues. *Arch. Neurol.* **16** : 175—180 (1967)
- 4) 玄番昭夫; 「酵素の臨床病理」, 中外医学社 (1974)
- 5) Halonen, P.I. and A. Kontinen; Effect of physical exercise on some enzymes in the serum. *Nature*. **193** : 942—944 (1962)
- 6) Hansen, K.N., J. B-Krudsén, U. Brodthagen, R. Jordal and P. -E. Pauleu; Muscle cell leakage due to long distance training. *Eur. J. Appl. Physiol.* **48** : 177—188 (1982)
- 7) Hettinger, T.; Physiology of strength. Charles C. Thomas. (1961)
- 8) Hunter, J.B. and J.B. Critz; Effect of training on plasma enzyme levels in man. *J. Appl. Physiol.* **31** : 20—23 (1971)
- 9) 井川幸雄, 伊藤 朗; 運動と血清酵素, 日本医師会雑誌, **71** (5) : 695—705 (1974)
- 10) Misner, J.E., B.H. Massey and B.T. Williams; The effect of physical training on the response of serum enzymes to exercise stress. *Med. Sci. Sports*, **5** : 86—88 (1973)
- 11) Noakes, T.D. and J.W. Carter; The responses of plasma biochemical parameters to a 56km race in novice and experienced ultra-marathon runners. *Eur. J. Appl. Physiol.* **49** : 179—186 (1982)
- 12) Roberts, R., K.S. Gowda, P.A. Ludbrook and B.E. Sobel; Specificity of elevated serum MB creatine phosphokinase activity in the diagnosis of acute myocardial infarction. *Am. J. Cardiol.* **36** : 433—437 (1975)
- 13) Schlang, C.H.A. and C.A. Kirkpatrick; The effect of physical exercise on serum transaminase. *Am. J. Med. Sci.* **10** : 338—341 (1961)
- 14) 矢野徳郎, 小川新吉, 浅野勝己, 吉田善伯, 藤牧利昭, 富原正二, 小原 達郎, 伊藤 朗, 井川幸雄; 中高年長距離走者のマラソン走行前後の血液成分, 体力科学, **31** (3) : 155—162 (1982)