

長距離ランナーのトレーニング強度、筋痛、筋疲労感と 血清CPK活性値の関係について

新畑 茂充, 宮原 満男 (広島大学総合科学部), 上田 一博 (広島大学医学部)

広島大学総合科学部保健体育講座

(1988,10,31 受理)

The relationship between exercise intensity, muscle pain and fatigue, and serum CPK activity in long distance runners.

Shigemitsu NIIHATA, Mitsuo MIYAHARA and Kazuhiro UEDA

Abstract

The purpose of this study was to observe the relationship between serum creatine phosphokinase (CPK) activity and exercise intensity, muscle soreness and fatigue in 28 elite high school long distance runners. The results are summarized as follows:

- 1) Serum CPK activity significantly increased after 3 days of concentrated training (long distance easy pace running, 20–30 km day). At the same time, serum GOT, GPT and LDH activities showed similar tendencies, but they were not as remarkable as that of serum CPK activity.
- 2) With the same training menu, serum CPK activity of strong runners (class A : N=14 : 5000 m record 14.51.8 ± 7.8) showed a lesser degree of CPK activity increase compared to less strong runners (class B : N=14 : 5000 m record 15.30.9 ± 16.7).
- 3) Elevated serum CPK activity was well correlated with subjective training intensity.
- 4) Examining the alteration of serum CPK activity in the training process might be useful for adjusting adequate training distance and conditioning toward a race.

1 はじめに

トレーニングの成果は、近年とくに顕著である。スポーツ界では、トレーニングの量と成果の量との間には、比例関係があるといわれている。特に、長距離走においては、走行距離とパフォーマンスの間には密接な関係がある。しかしながら、トレーニングには有効範囲があり、無制限、無秩序に高質多量なトレーニングを行えば良いという問題ではない。

トレーニング量を増すために、合宿訓練が行われる。合宿訓練では激しいトレーニングが設定され、ランナーはしばしば疲労の極限に達する。疲労の判定には、従来よりフリッカーテスト、尿検査、血液 pH、膝蓋腱反射等が行われてきた。しかし、最近では血清クレアチンフォスフォ

キナーゼ (Creatine Phosphokinase: C P K 活性値) が測定され, 筋痛および筋疲労感との関係が報告されるようになった^{7)~10)}。血清 C P K 活性値は筋疾患, 心疾患等主に疾病を中心にした報告³⁾⁵⁾¹¹⁾が多いが, スポーツ界においてはまだ比較的少ない。

そこで, 本研究は合宿期間中のトレーニング強度および主観的な筋痛, 筋疲労感等と血清 C P K 活性値をはじめ血清 L D H, G O T, G P T 活性値などとの関係を明らかにしようとしたものである。

2 研究方法

対象は, 昭和61年度全国高校選抜合宿 (昭和62年 3月26日~30日: 広島市) に参加した男子長距離ランナー28名 (5,000m 走の平均タイム: 15分11秒 8 ± 23.8秒) であった。採血は肘静脈より合宿初日のトレーニング前 (3月26日: 14時~15時) と4日目のトレーニング前 (3月29日: 9時~10時) に行った。血液値の測定は, 広島赤十字病院臨床検査部にて行い, 血清 C P K 活性値はクレアチニン磷酸 U V 法 (モノテスト・C K—N A C, Boehringer Mannheim) によって測定した。

表1. 合宿期間中のトレーニング・プログラム

月・日	早 朝	午 前	午 後
3・26			17km easy pace, striding × 5
3・27	5000m slow pace	100分野外走, striding × 5	50分 slow pace, 補強
3・28	5000m slow pace	2000m _{600m} × 5 easy → medium pace	50分 slow pace, 補強
3・29	5000m slow pace		

※ 初日の採血後から4日目の採血前まで

なお, 合宿期間中のトレーニング (表1)¹³⁾は, 比較的ゆっくりしたペースで, 1日平均走行距離が約30km (初日は約20km) という endurance training が中心であった。

また, 合宿終了後にトレーニング強度, 体調, 筋痛および筋疲労感等に関するアンケート調査 (表3) を行い, その回答と血清 C P K 活性値との関係を検討した。

3 結 果

合宿初日の全ランナーの血清 C P K 活性値 (表2, 図1) は, 51.6 ± 29.4 IU/L, 4日目は 107.8 ± 45.5 IU/L で208.9%の増加率 (P < 0.001) であった。さらに, 5,000m 走のタイムから上位グループ (A群) と下位グループ (B群) に二分して検討した結果では, A群 (15分02秒以下, N = 14, 平均値: 14分51秒 8 ± 7.8秒) の血清 C P K 活性値は, 57.9 ± 33.4 IU/L から96.5 ± 29.9 IU/L へと166.7% (P < 0.01) の上昇が見られ, B群 (15分09秒以上, N = 14, 平均値: 15分30秒 9) の血清 C P K 活性値は, 45.6 ± 23.6 IU/L から, 118.3 ± 54.2 IU/L へと259.4% (P < 0.001) の上昇が認められた。この結果, B群の増加率はA群に比較して約1.5倍強の大きな増加率が示されたが, 両者間には有意差は示されなかった。

表2. 合宿前後の血清C P K 活性値等の変動

測定項目	グループ	合宿初日 (IU/L)	合宿4日目 (IU/L)	増加率 (%)
G O T	全体	31.6±10.8	42.9± 12.4**	135.8
	A群	33.8±10.6	40.5± 9.6	119.8
	B群	29.5±10.6	45.1± 14.1**	152.9
G P T	全体	14.7± 7.6	17.2± 6.6**	117.0
	A群	17.4± 7.9	18.5± 5.8	106.3
	B群	12.1± 6.4	15.9± 7.0***	131.4
L D H	全体	409.7±84.9	485.0± 87.9**	118.4
	A群	438.4±78.4	505.9± 65.4*	115.4
	B群	383.2±82.0	465.7±100.8*	121.5
C P K	全体	51.6±29.4	107.8± 45.5***	208.9
	A群	57.9±33.4	96.5± 29.9**	166.7
	B群	45.6±23.6	118.3± 54.2***	259.4

***P<0.001, **P<0.01, *P<0.05

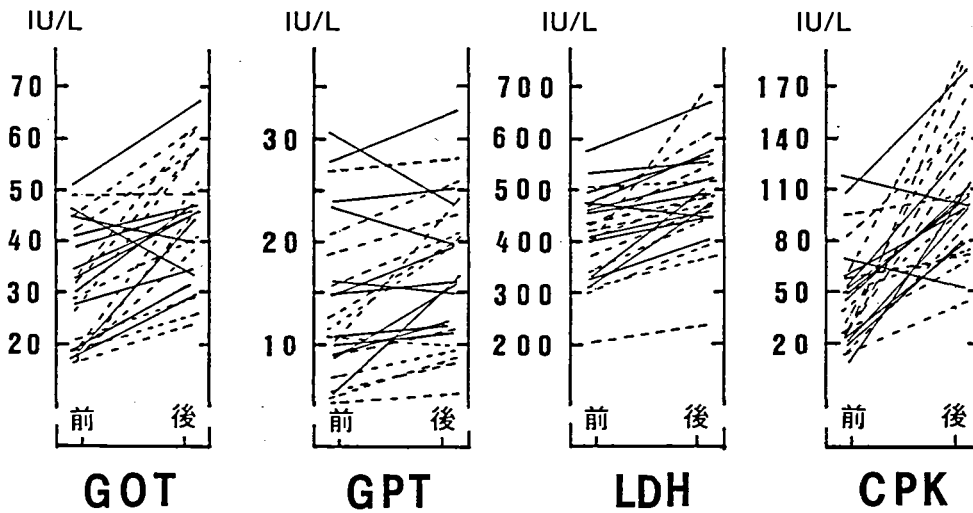


図1 合宿前後の血清C P K 活性値等の変動
(—A群, ---B群)

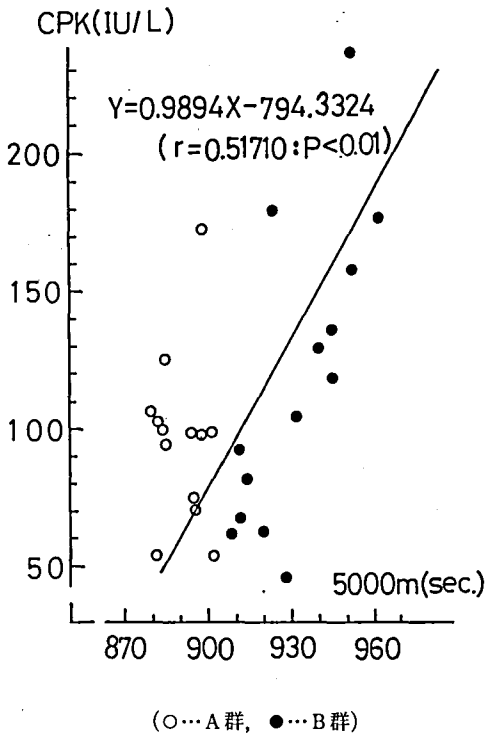


図2 5000m走のタイムと血清CPK活性値 (4日目)の関係

5,000m走のベストタイムと4日目の血清CPK活性値との関係(図2)は、 $Y=0.9894X-794.3324$ ($r=0.51710$)で、1%水準で有意差が示された。すなわち、優れたランナーほど、4日目の血清CPK活性値は低かった。

なお、血清LDH、GOT、GPT等の活性値もCPK活性値の上昇傾向に相似したが、血清CPK活性値ほど大きな増加率は示されなかった。上位グループ(A群)においては、血清GOT、GPT活性値の増加率が低いのが目立った。

表3、図3は、選抜合宿終了後に行ったアンケート調査結果とランナーの血清CPK活性値の関係を示したものである。

まず、合宿練習に入るまでの数日間の主観的なトレーニング強度と血清CPK活性値との関係は、トレーニング強度に比例した結果であった。すなわち、合宿前のトレーニングが弱かったと答えたランナーの平均値は 24.0 ± 0 IU/Lと低く、次に普通であったと答えたランナーの平均値は 51.7 ± 31.9 IU/L、さらに強かったと答えたランナーのそれは 56.4 ± 19.1 IU/Lであり、トレーニング強度が高くなるにつれて、血清CPK活性値も上昇する傾向が示された。

る傾向が示された。

合宿開始時の体調が良かったと回答したランナーの血清CPK活性値の平均値は、 40.3 ± 15.6 IU/L、逆に悪かったと答えたランナーの平均値は 58.5 ± 30.4 IU/Lと若干高く、体調の良否とも関係ある結果であった。同様に、合宿開始時の筋痛および筋疲労感と血清CPK活性値の関係も酷似した結果であった。すなわち、筋痛や筋疲労感がなかったと回答したランナーの平均値は 48.8 ± 30.4 IU/Lであったのに対し、かなりあったと答えたランナーの平均値は 63.5 ± 28.2 IU/Lであった。しかし、両者の間には有意差は認められなかった。

次に、合宿4日目の朝の体調と血清CPK活性値との関係では、体調が良かったと回答したランナーの平均値は 69.3 ± 25.3 IU/L(初日に対して $P<0.05$)と低く、普通であったと答えたランナーの平均値は 108.1 ± 36.1 IU/L(初日に対して $P<0.001$)と比較的高い値であった。しかし、両者間には有意差は示されなかった。同様に、合宿4日目の朝の筋痛および筋疲労感との関係も相似した結果であった。

また、合宿4日目の血清CPK活性値は軽いトレーニングをして合宿入りしたランナーが、初日の 24.0 IU/Lから 85.5 ± 13.5 IU/Lへと356.3%の最も大きな増加率を示した。同様に、筋痛および筋疲労感がなかったと答えたランナーが大きな増加率を示した。さらに、合宿4日目の筋痛および筋疲労感がかなりあったと答えたランナーは、初日に比べ3倍以上の増加率を示した。それに対し筋痛および筋疲労感がなかったと答えたランナーの増加率は、半分以下の152.9%で

表3. トレーニング強度, 筋痛および筋疲労感と血清CPK値

アンケートの質問内容		人数		CPK (IU/L)		増加率(%)
		N	%	3月26日	3月29日	
1. 選抜合宿前の数日間のトレーニングは,	(1)弱かった	2	7.1	24.0±0	85.5±13.5	356.3
	(2)普通	19	67.9	51.7±31.9	106.3±36.9 ***	205.6
	(3)強かった	7	25.0	56.4±19.1	93.9±38.9	166.5
2. 選抜合宿開始時の筋肉痛および筋肉の疲労感は,	(1)なかった	12	42.9	48.8±30.4	107.2±34.7 ***	219.7
	(2)少しあった	12	42.9	48.9±26.7	97.6±32.5 ***	199.6
	(3)かなりあった	4	14.3	63.5±28.2	97.6±51.1	153.7
3. 選抜合宿4日目の朝の筋肉痛および筋肉の疲労感は,	(1)なかった	7	25.0	60.4±32.5	92.4±12.0 *	152.9
	(2)少しあった	19	67.9	50.5±27.0	108.3±42.2 ***	214.5
	(3)かなりあった	2	7.1	22.0±6.0	72.0±9.0	327.3
4. 選抜合宿後, 数日間の体調は,	(1)良かった	5	17.9	27.0±12.4	78.4±21.9 **	290.4
	(2)普通	15	53.6	54.1±28.0	106.8±27.3 ***	197.4
	(3)悪かった	8	28.6	59.9±30.4	106.8±51.6 ***	178.3

***... P<0.001, **... P<0.01, *... P<0.05

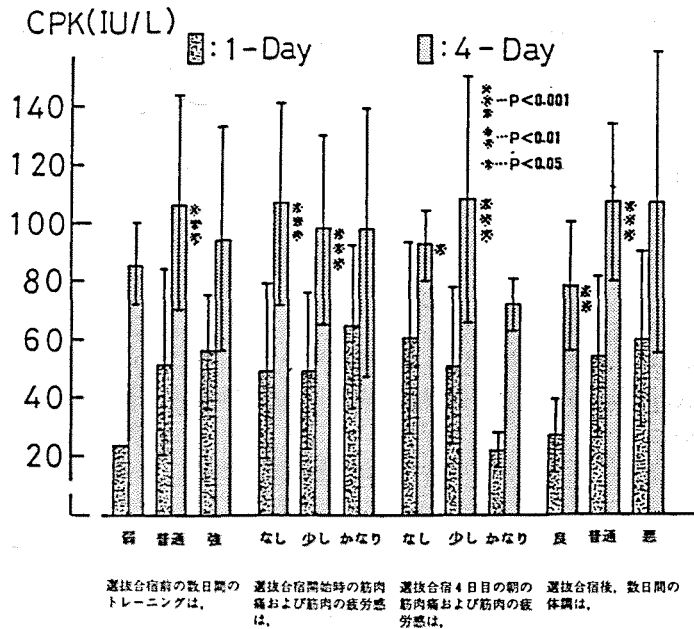


図3 合宿前後の血清CPK活性値の変動

あった。最後に、合宿終了後の数日間の体調と合宿4日目の血清CPK活性値との関係では、体調が良かったと答えたランナーの平均値は、78.4±21.9 IU/Lで、普通(106.8±27.3 IU/L)あるいは悪かった(106.8±56.1 IU/L)と答えたランナーの平均値より低い値であった。同様に、筋痛および筋疲労感と4日目の血清CPK活性値との関係もほぼ一致した結果が示された。

4 考 察

C P Kは骨格筋、心筋、脳などに分布する酵素で、エネルギー代謝上極めて重要な反応を触媒している。血清C P Kは上述した臓器などからの逸脱酵素で、骨格筋由来など3種類のものがある。血清C P K活性値の測定は疾患の診断、治療効果の判定など主に医学分野で重要性を増している³⁾⁵⁾¹¹⁾。しかしながら、最近ではスポーツ界において、血中におけるC P K活性値の上昇は、筋損傷を生じるような激しい運動が長時間に及ぶことに特徴的な変化と考えられることも報告されている¹⁾²⁾⁶⁾¹²⁾。

野坂ら⁸⁾は、ドロップジャンプのような激しい運動の繰り返しでは筋痛の程度は高いが、血清C P K活性値はほとんど上昇しなかったとしている。しかしながら、尾尻ら¹⁰⁾、野坂ら⁹⁾は、マラソンレースやトライアスロン直後より、血清C P K活性値は1日後に異常に大きな上昇を示したとしている。今回の成績は、合宿4日目には初日より208.9% ($P < 0.001$)の増加率を示し、彼らの報告にはほぼ一致した結果であった。また、5,000m走のタイムからランナーを二分して検討した結果では、上位グループ(A群)の血清C P K活性値の増加率は、下位グループ(B群)の増加率に比較して低い数値であった。合宿期間中、同じトレーニングであったことから、鍛練度による差異が血清C P K活性値に現れたものと考えられる。

岩根ら⁶⁾は、トライアスロン競技後の血清C P K活性値の変化は、マラソン競技よりも著しいことを、Fellmann, N. ら⁴⁾は10時間のトライアスロンよりも、24時間耐久ランニングの方がC P K活性化が著しいことを報告している。これらの結果は、血中C P K活性値とトレーニングの量に大きな関係があることが示唆されている。すなわち、トレーニング強度というより、むしろトレーニング量と解釈すべき内容であり、われわれのは彼らの報告に相似した結果であった。

合宿初日の体調あるいは筋痛および筋疲労感と、血清C P K活性値にも深い関係があった。すなわち、体調が良かったと回答したランナーや、筋痛および筋疲労感がなかったと回答したランナーの血清C P K活性値は低かった。同様に、4日目も同じ傾向にあり、合宿終了後、数日間の体調あるいは筋痛および筋疲労感と血清C P K活性値の関係では、体調が良くて、筋痛および筋疲労感がなかったと回答したランナーの方が、4日目の血清C P K活性値は低かった。

これらの結果から、トレーニング量と血清C P K活性値との間には極めて密接な関係があることが示された。また、血清C P K活性値は筋疲労度あるいはランナー各自のトレーニング量の過程を見ることができ、さらにはレースへ向けてのコンディショニングの一つの指標になり得るものと思われる。

5 ま と め

本研究は、昭和61年度全国高校春季選抜合宿に参加した長距離男子ランナー28名を対象に、トレーニング強度、筋痛および筋疲労感と血清C P K活性値との関係を検討したものである。結果は、以下に要約することができる。

- (1) 今回の合宿練習では、比較的軽いトレーニングであったが走行距離は長く、ほぼ全例で血清C P K活性値は著明に上昇 ($P < 0.001$) し、筋疲労が如実に示された。
- (2) 血清G O T, G P T, L D H等の活性値も、有意に上昇したが、血清C P K活性値ほど大きな上昇は示さなかった。
- (3) 同一トレーニング量においては、パフォーマンスの低いランナー(B群)の血清C P K活性値は高値を示し、パフォーマンスと血清C P K活性値との間に有意 ($P < 0.01$) な相関関係が認められた。

- (4) 血清C P K活性値は、主観的なトレーニング強度に比例して上昇した。すなわち、トレーニング強度が高かったと感じたランナーは、低かったと感じたランナーより高い血清C P K活性値を示した。
- (5) トレーニング過程において、血清C P K活性値の動向を知ることは、コンディショニングの一つの指標になり得ると考えられる。

(本稿の要旨は、第43回日本体力医学会で発表した。なお、血液検査に協力していただいた全国高校春季選抜合宿中長距離コーチ、小山英士、宮広重夫、森岡昭彦氏に深謝いたします。)

参 考 文 献

- 1) Apple, F. S., Rogers, M. A., Sherman, W. M., Costill, D. L., Hagerman, F. C., and Ivy, J. L., : Profile of Creatine Kinase Isoenzymes in Skeletal Muscles Marathon Runners. CLIN. CHEM. 30, 3 : 413-416, 1984.
- 2) Arthur J. Siegel, Lawrence M. Silverman and William J. Evans : Elevated skeletal muscle creatine kinase MB isoenzyme levels in marathon runners. JAMA 250 : 2835-2837, 1983.
- 3) Briem, H. et al. : Creatine kinase isoenzyme BB in cerebrospinal fluid from patients with meningitis and encephalitis. J. Infect. Dis. 148 : 180, 1983.
- 4) Fellmann, N., et al. : Enzymatic and hormonal responses following a 24h endurance run and a 10h triathlon race. Eur. J. Appl. Physiol. 57 : 545-553, 1987.
- 5) Guindi, S. et al. : Cerebrospinal fluid aldolase, lactate and creatine phosphokinase in the differential diagnosis of meningitis and meningoencephalitis. Trop. Geogr. Med. 34 : 347-351, 1982.
- 6) 岩根久夫 : 人間はどこまで運動にたえられるか. 臨床成人病15, 10 : 1439-1445, 1985.
- 7) James A. Schwane, Scarlet R. Johnson, Carol B. Vandenakker, and Robert B. Armstrong : Delayed-onset muscular soreness and plasma CPK and LDH activities after downhill running. Med. & Sci. in Sports & Exer. 15, 1 : 51-56, 1983.
- 8) 野坂和則, 松村 茂, 小川義雄, 田島東海男, 大高敏弘, 福留彰教, 新井重信, 木村昌彦, 木島晃 : 筋痛と血清C P K活性値の関係について. 体力科学34, 6 : 408, 1985.
- 9) 野坂和則, 里吉政子 : 血中C P K活性値と筋の損傷との関係. 体力科学36, 6 : 399, 1987.
- 10) 尾尻義彦, 猪狩 淳, 大城 勝, 外間政哲, 森 久恒, 宮林達也 : マラソンレースにおける血液成分の変動 (その1 血清酵素の変化について). 体力科学35, 6 : 328, 1986.
- 11) 庄司新一 : クレアチンフォスフォキナーゼ (C K). 日本臨牀43, (秋季臨時増刊) : 171-173, 1985.
- 12) Van Rensburg, J.P., et al. : Physiologic and biochemical changes during a triathlon competition. Int. J. Sports Med. 7, 1 : 30-35, 1986.
- 13) 全国高等学校体育連盟陸上競技部編 : 昭和61年度全国高等学校陸上競技春季選抜合同練習会報告書. : 14, 1987.