

エネルギー代謝からみた

筋力トレーニング処方に関する基礎研究

— 血清 Creatine phosphokinase

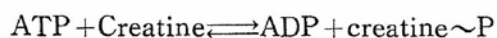
活性値からみた運動処方に関する研究 —

日本体育大学 堀 居 昭

I. はじめに

血清 CPK (Creatine phosphokinase, CPK) は、筋肉運動によって影響をうける。激しい運動の後に、一過性に増加すると報告されている。

CPK は1934年 Lohman によって発見され、Lohman 反応を触媒するもので、筋収縮を含むすべてのエネルギー代謝に関与する酵素である。また、CPK の約96%が筋肉中に含まれていることから、筋運動にかかわりの深い酵素でもある。CPK の作用下で、ATP の ~P をクレアチンに与え、クレアチン燐酸を作る (正反応)。また、運動によって ATP が減少してくると、逆反応によって ATP が直ちに合成される。



本研究の目的は、年中継続的トレーニングを実施している運動選手群と、継続的に運動を実施していない学生群とでは、安静時における CPK に相違があるかどうか、を検討した。

また、運動種目によって、CPK に違いがあるかどうかとも検討した。

さらに、運動に伴う CPK の経時的変化のなかで、運動量と CPK の関係を明確にするとともに、運動中および運動後を通じ、CPK における peak 時の出現時間をも検討してみた。

II. 方 法

1) 対 象

トレーニング群と対照群に分けた。

トレーニング群は、某体育大学の Intercollege 出場の男子選手で、運動種目は10種目で総計123名であり、1日に2~4時間の練習を週6日間は実施しているものである。

一方、対照群は、同大学の男子学生7名で、継続的に運動を実施していないものである。

2) 実験方法

採血は、食事や運動の artifact を除くために、起床直後 (午前6~7時) に行った。練習時間と運動量は平素のままとし、採血前夜の暴飲暴食、アルコールは禁忌とした。

運動に伴う CPK の経時変化を追跡する時の運動様式は、モナーク社の Bicycle ergometer を用いた。

今回採用した運動負荷は、1.5kp (540kpm) と 3.0kp (1080kpm) の2種で、運動時間は20分間とした。

その時の採血は、安静時、運動中10分、運動直後 (20分)、さらに回復期は5分、10分、15分、30分、1時間、2時間、3時間、4時間、5時間、9時間、最終採血は24時間目であった。

表1 Comparison of serum CPK, Creatinine, Total protein, Uric acid, GOT and GPT on Sportsmen and Normal men at Rest

	N	CPK ($\mu\text{u/ml}$)	Creatinine (mg/ml)	Total protein (g/dl)	Uric acid (mg/dl)	GOT ($\mu\text{u/ml}$)	GPT ($\mu\text{u/ml}$)
Weightliftng	10	203.4 \pm 86.2	1.04 \pm 0.10	8.03 \pm 0.37	5.86 \pm 1.46	25.6 \pm 8.3	13.5 \pm 8.3
Wrestling	10	153.2 \pm 69.8	1.14 \pm 0.26	7.79 \pm 0.50	6.09 \pm 0.92	32.1 \pm 16.3	20.8 \pm 29.9
Basketball	30	131.2 \pm 72.6	1.05 \pm 0.14	7.58 \pm 0.35	5.23 \pm 1.04	20.5 \pm 8.8	10.9 \pm 4.2
Long distance	14	126.9 \pm 51.9	0.99 \pm 0.13	6.97 \pm 0.47	4.39 \pm 0.98	30.5 \pm 9.2	18.6 \pm 3.5
Gymnastics	10	122.2 \pm 34.3	1.23 \pm 0.14	7.17 \pm 0.37	5.75 \pm 1.03	16.3 \pm 3.4	10.5 \pm 2.1
Judo	10	120.9 \pm 37.6	1.17 \pm 0.25	7.65 \pm 0.37	6.04 \pm 1.45	22.4 \pm 7.2	15.6 \pm 6.6
Sprinter	10	114.5 \pm 24.6	1.24 \pm 0.10	7.32 \pm 0.25	5.57 \pm 1.10	22.9 \pm 4.4	12.3 \pm 3.6
Soccer	10	100.7 \pm 32.9	1.38 \pm 0.22	7.36 \pm 0.33	4.25 \pm 0.80	21.0 \pm 5.8	10.9 \pm 2.7
Archery	10	98.3 \pm 37.9	1.25 \pm 0.21	7.44 \pm 0.41	5.00 \pm 0.76	20.9 \pm 5.1	11.9 \pm 3.0
Badminton	9	74.3 \pm 29.5	1.09 \pm 0.15	7.87 \pm 0.45	5.63 \pm 0.67	21.7 \pm 4.8	11.2 \pm 3.4
Normal	7	64.3 \pm 9.4	1.01 \pm 0.17	7.81 \pm 0.36	5.40 \pm 0.66	23.0 \pm 6.7	17.1 \pm 8.6

3) 測定方法

CPK は UV nate 法, creatinine はアルカリ性ピクリン酸法, Total protein は, Biuret 法, Uric acid は, 酵素法, GOT, GPT は UV 法を用いた。

III. 結 果

表1 は, 各種運動種目のトレーニング群と対照群の血清 CPK, Creatinine, Total protein, Uric acid, GOT, GPT の平均値と標準偏差を示したものである。

CPK を除いては, 各項目ともに正常値の範囲を越えるものではなかった。Total protein では, Weightlifting, Wrestling と Badminton の種目は平均値で 8.0g/dl 前後を示し, 正常値の上限を示す傾向にあった。

8.0g/dl 以上の高蛋白質血症を示したものは, Weightlifting では10名中6名, Wrestling で10名中5名 Badminton でも9名中3名はみられた。

Long distance の平均値は 6.97g/dl と, 10種目中最低値を示したが, 低蛋白質血症はみられな

った。

Uric acid についてみると, 平均値ではどの種目も高尿酸血症を示さなかったが, 個々についてみると, Sprinter と Weightlifting でそれぞれ1名, Wrestling と Gymnastics ではそれぞれ2名, Judo では3名で, 計9名の高尿酸血症がみられた。

CPK で最高値を示したのは Weightlifting で, 次いで Wrestling であり, 高値を示した順に表したものが図1である。

対照群を基準とし, 差の検定をしてみると, トレーニング群で最も低い Badminton でも, 0.1%の危険率で有意の差があり, 他の種目はいずれも0.1%水準で, 有意な差がみられた。

CPK は筋肉運動の影響をうけ, 一過性は増加すると報告されている。図2は, 健常人2名を対象に Bicycle ergometer で20分間の運動を行わせ, CPK の経時的変化をみたものである。

△印は, Bicycle ergometer 1.5kp (540kpm) の結果, ○印は, 3.0kp (1080kpm) の結果を示したものである。

図3は, 安静時の CPK を 100%とし, 運動中

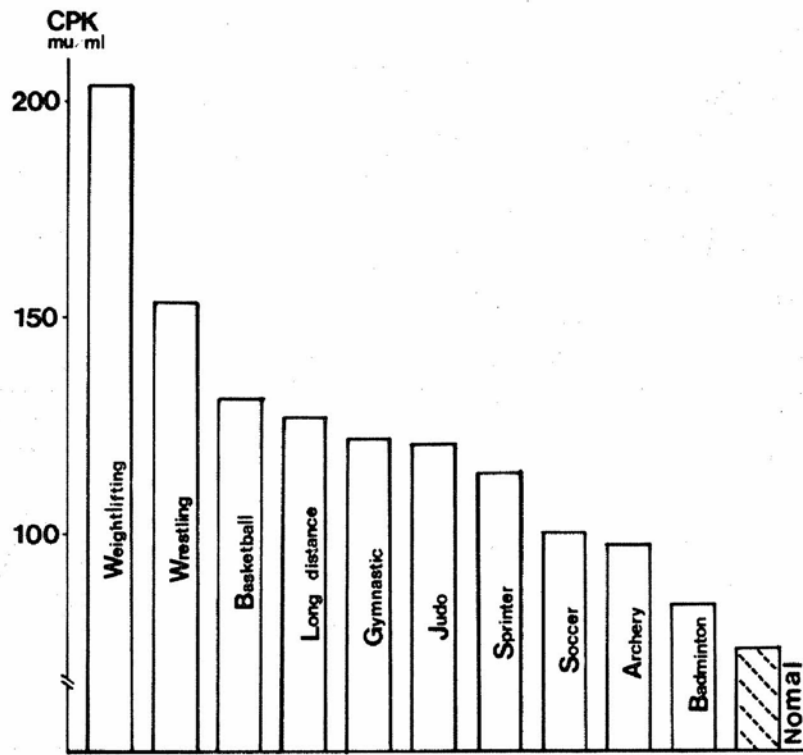


図1 Comparison of serum CPK on Sportsmen and Normal men atRest.

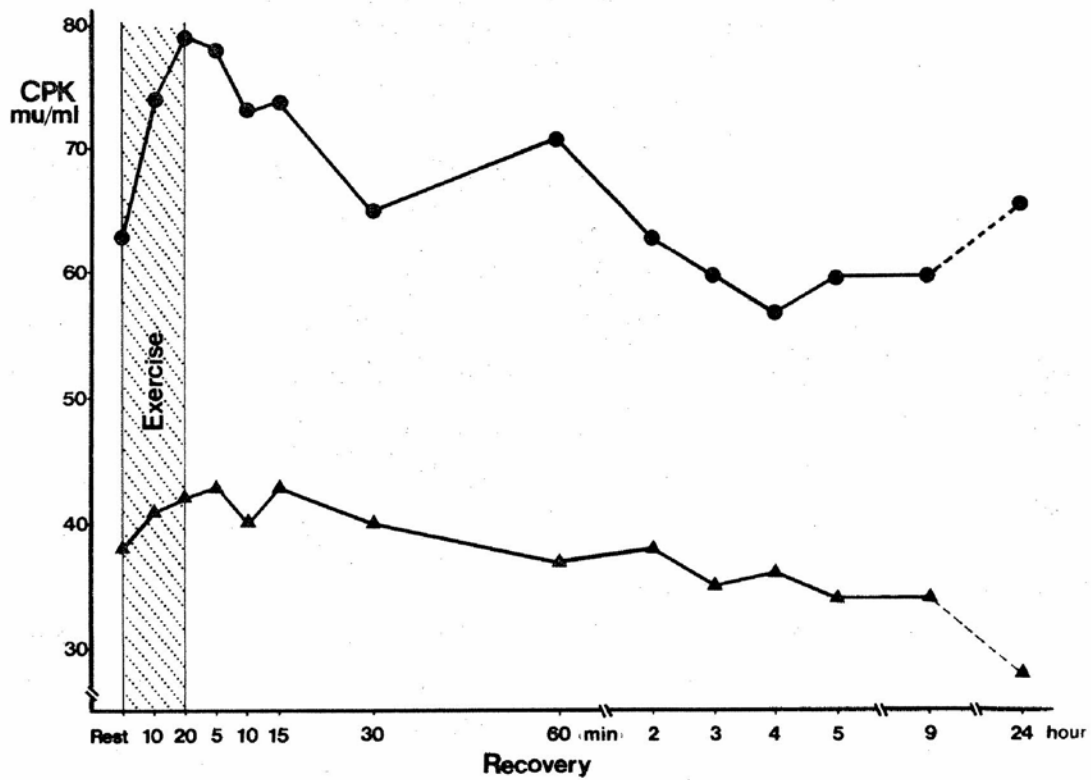


図2 Comparison of Serum CPK to 20min Exercise at 540kpm/min (▲), 1080kpm/min (●) and during Recovery.

と直後、それに24時間までの経時変化を増減率で示したものである。

筋肉運動による CPK の一過性的変化は、運動強度が高いほど、CPK が高値を示すことが確認

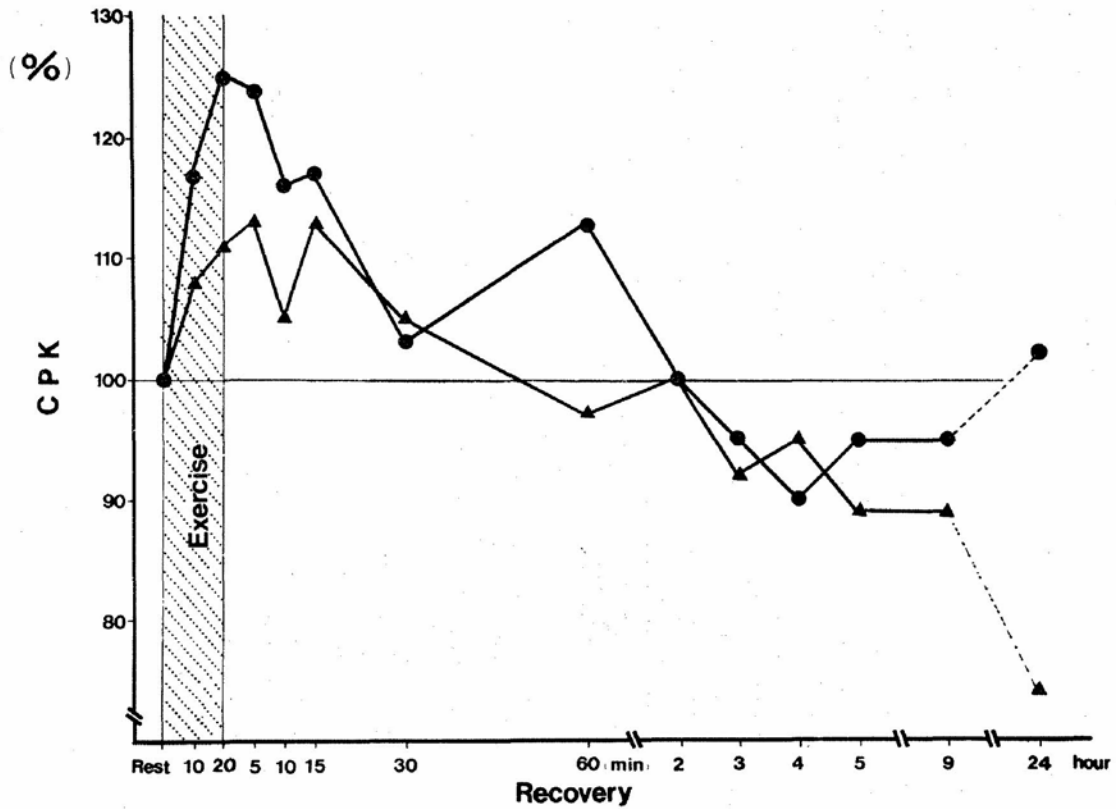


図3 Comparison of increasing and decreasing rate of serum CPK to 20min at 540kpm/min (▲), 1080kpm/min (●) and during recovery.

された。

今回用いた運動様式では、CPKのpeak値は、運動直後か回復期の5分以内に出現し、その後低下し、約2時間で安静時の値に戻り、その後徐々に低下し、24時間後には安静時の値に近づくか、安静時の値より低くなる傾向がみられた。

IV. 考 察

毎日2～4時間、週6日の条件で運動を継続的に実施しているトレーニング群のCPKは、対照群に比べ有意に高値を示し、正常値範囲を越え、異常値に推移していたことが注目された。

Weightliftingの平均値は203.4mu/mlで最も高値、そのなかでの最高値は322mu/mlであった。この数値を筋疾患と比べてみると、多発生筋炎の平均が約300mu/mlであるから、極めて強度の高い筋運動を繰り返すと、CPKは多発生筋

炎に似た数値を示すことが確認された。

皮膚筋炎、筋緊張性ジストロフィー症、先天性筋緊張病などの平均が約100mu/mlであり、Wrestling, Basketball, Long distance Gymnastics, Judo, Sprinter, Soccerなどの平均値は、100mu/ml以上の高値を示した。

したがって、それらのトレーニング群は、上記の筋疾患とよく似たCPKの値を示したことになる。

CPKが高値を示す要因は次の2要因が考えられている。その1としては急性および亜急性期の筋の崩壊が進行していること、その2として、運動により筋細胞から漏泄されることが推測され、進行性筋ジストロフィー症筋では、筋小胞体膜に変化があり、CPKは正常な筋に比べ、細胞外に漏泄されやすい状態にあるとされている。

トレーニング群の安静時のCPKの値は、上記

のような筋疾患とよく似た高値を示すが、筋疾患と根本的に違うのは、筋萎縮ではなく筋肥大であり、筋力の低下ではなく筋力の増加である。したがって、トレーニング群の CPK の高値は、筋の崩壊の進行と筋細胞からの漏泄による血中への漏出の亢進であろうが、これらの現象は、筋蛋白質の同化作用の亢進、すなわち、筋肥大 (Hypertrophy) を生じさせるための修復作用の誘因とみるべきであろう。

トレーニング群の CPK の高値を示すメカニズムを探るために、運動量と CPK の関係を検討した。従来、運動によって CPK は一過性に増加することが報告されている。

図 2, 3 は、Bicycle ergometer によって 20 分間の運動を実施した時の CPK の経時的变化である。図から、CPK の増加率は 540kpm (△印) より 1080kpm (○印) の方が高いことが認められる。米本らの報告によると、健常人を対象として、10 分間のマラソンと 20 分間の階段の昇降運動の結果、CPK は運動直後に最も高値を示し、約 2 時間で安静時の値に戻ったとされている。

本研究の成績は米本らの報告と同じような傾向を示し、CPK の上昇率は、運動直後か回復期 5 分以内が最も高く、その後徐々に低下し、約 2 時間で安静時の値に戻った。回復期 3 時間から 9 時間までは、安静時より低く、やや定常状態を保持し、24 時間後には安静時の値に戻るものとさらに低下したものがあつた。

山路らによると、健常人を対象に 2 時間連続にテニストレーニングを行った結果、運動後約 6 時間に CPK が最も上昇したと報告されている。

運動に伴う CPK の経時的变化のなかで CPK の peak 時の出現は運動直後ないし数分とする米本らと、本研究の報告と、運動後約 6 時間とする山路らの報告に違いがみられた。

CPK の peak 時の出現時間に差がみられるのは、山路らが運動時間 2 時間を採用しているのに

対して、米本らは 10 分と 20 分、本研究は 20 分と比較的短い時間を採用したためによるものかそれとも、運動によって細胞外に漏泄された CPK が血管内に移行する際の透過時間の差によるものか明確でない。

運動に伴う CPK の peak 時の出現に関する研究は、今後の検討課題である。

V. 要 約

某体育大学の Intercollege の出場で、1 日 2～4 時間の練習を週 6 日の条件で、年中運動を継続的に実施している運動選手をトレーニング群とし、同大学で継続的に運動を実施していない学生を対照群とし、安静の血清酵素 (CPK, GOT, GPT) と血液の生化学的検査 (Uric acid, Total protein, Creatinine) を調べたところ、次のような結果が得られた。

1) トレーニング群の血清 Creatinine, Total protein, Uric acid, GOT, GPT は正常値を越えるものではなかった。

2) Total protein は Weightlifting, Wrestling Badminton の種目は、平均で 8.0g/dl 前後を示し、正常値の上限を示した。高蛋白質血症を示したのは、Weightlifting で 6 名、Wrestling で 5 名、Badminton で 3 名計 14 名みられた。

3) 尿酸で 7.0mg/dl 以上の高尿酸血症を示したのは、Sprinter と Weightlifting でそれぞれ 1 名、Wrestling と Gymnastics ではそれぞれ 2 名、Judo で 3 名の計 9 名であった。

4) トレーニング群の CPK は、対照群に比べ有意に高値を示し、Badminton を除いた他の 9 の運動種目は、いずれも正常値を越え、異常値を示していた。

5) トレーニング群のなかで、CPK の最高値を示したのは、Weightlifting の 203.4mu/ml で、次いで Wrestling の 153.2mu/ml で、以下 100

mu/ml 以上の値を示した種目を順に列記すると Basketball, Long distance, Gymnastics, Judo, Sprinter, Soccer であり, 90mu/ml 台は Archery で, Badminton は 74.3mu/ml であった.

また, トレーニング群の CPK が高値を示すメカニズムを明らかにするために, 運動に伴う CPK の経時的変化のなかで, 運動量と CPK の関係, 並びに運動中および運動後を通じ, CPK の peak 時の出現時を検討した結果, 次のような成績が得られた.

1) 運動に伴う CPK の上昇率は, 軽い運動強度よりも強度の強い方が高かったことが認められた.

2) 運動に伴う CPK の経時的変化のなかで, CPK の peak は, 運動直後ないし数分以内であることが認められた.

文 献

- 1) 阿部正和, 他; 検査値の高いとき・低いとき, 347, 栄研化学株式会社 (1976)
- 2) Ebashi, S. et al.; High creatine phosphokinase activity in sera of progressive muscular dystrophy, *J. Biochem.*, 46 : 103 (1959)
- 3) 庄司進一, 杉田秀夫; クレアチンフォスフォキナーゼ (CPK) — その数値をどう読むか —, *日本臨床*, 31 (5) : 590 (1973)
- 4) Thomson, W.H.S.; Determination and statistical analysis of the normal range for five enzymes, *Clin. Chim. Acta.*, 21 : 469 (1968)
- 5) 山路兼三, 中根邦雄; 進行性筋ジストロフィー症の血清 CPK 活性値の変動と機能訓練, *整形外科 Mook 2* : 111 (1978)
- 6) 米本恭三, 杉田秀夫; 血清酵素値からみた神経筋疾患, *整形外科 Mook 2* : 21 (1978)