

マラソンの肝機能に及ぼす影響

長崎大学 平田文夫

Effect of Marathon Running on Liver Function

by

Fumio Hirata

Nagasaki University School of Medicine

ABSTRACT

With a view to clarify the effect of a full marathon running on humans, particularly on the liver function, five runners were subjected to a marathon race, and measuring of serum enzymes and liver clearance test (ICG test) were conducted on the day immediately before the race day, on the morning after the race, one week later and two weeks later, with the following results.

- 1) Each of serum enzymes (GOT, GPT, LDH, CPK) showed a rise immediately after the running and on the following morning, but each of them recovered its initial level one week later.
- 2) LDH₄ and LDH₅ of LDH isozymes significantly rose immediately after the running and still remained above their rest levels on the following morning.
- 3) ICG plasma concentration significantly decreased both immediately after the running and on the following morning, and a delay in the liver ICG clearance was recognized.
- 4) The fluctuation ranges in both the rise of serum activation and the reduction of ICG plasma concentration were slighter, compared with those seen at the race.

As the above results assure that a full marathon training affects the liver as well as the skeletal muscles, at least two weeks of a rest and adjustment period with less intensified training will assumably be needed after a full marathon running.

要 旨

フルマラソンが生体，ことに肝臓機能に及ぼす負担を明らかにする目的で，5名のランナーにマラソン走を実施し，走前日，走翌朝，1週間および2週後に血清逸脱酵素の測定と，肝臓の色素排泄能検査 (ICG test) を行なった。その結果は次のとおりである。

(1) 血清酵素 (GOT, GPT, LDH, CPK) は，いずれも走直後，走翌朝に上昇を示したが，一週間後にはすべて前値のレベルまで回復した。

(2) LDH アイソザイムのうち，LDH₄，LDH₅ は走直後に有意に増加し，翌朝も安静レベルに復していなかった。

(3) ICG 血中消失率は，走直後，翌朝とも有意に低下し，肝での ICG クリアランスに遅延が認められた。

(4) 血清酵素活性の上昇や ICG 血中消失率の低下とともに，その変動幅は試合時に比べて軽度であった。

以上のことから，練習時のフルマラソン走においても，骨格筋をはじめ肝臓に及ぼす影響が認められることから，フルマラソン走後少なくとも2週間は，トレーニングの質を落した休養調整が必要と思われる。

1. 緒 言

近年のマラソンブームに伴い，その実施回数は増える一方で，参加者の健康管理の上で問題点も多くなってきた。特にジョギングからフルマラソンに挑戦する人々も増え，トップアスリートとともに参加回数の増加，レース間隔の短縮傾向が見受けられる。

過酷なレースといわれるマラソンが生体に及ぼす負担には大きなものがあるが，内臓，ことに物質代謝の中心臓器肝臓に与える影響とその回復経過をみたものは意外と少ない^{2,4)}。

本研究は，フルマラソン走が生体にどのような影響を及ぼすかを，血液生化学的成分の消長と肝臓機能検査の面から検討したものである。

2. 実験方法

被験者は健常男子5人で，その身体的特性を表1に示した。

表1 実験対象者の身体的特性

Subject	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	Fat ^{a)} (%)
M. I	23	161.0	53.0	9.5
Y. F	22	168.0	58.0	9.3
A. K	23	166.0	53.0	9.3
J. I	27	162.0	47.2	8.8
F. H	46	162.5	51.3	9.1
Mean	28.2	163.9	52.5	9.2

a) 長嶺式を用いて算出。

マラソンコースは，長崎県高校駅伝 (42.195 km) の公認コースを使用した。

実験当日の昭和57年9月26日 (出発AM10:00) の気象条件は，レース前半は温度 24°C，湿度 83%，曇，後半は温度 30.5°C，湿度 65.1%，快晴であった。

測定は血液生化学検査，Indocyanine green test (色素排泄機能検査。以下 ICG test と略) で，マラソン走前，走直後，走翌朝，1週間・2週後の5回，直後を除きいずれも早朝安静空腹時に行なった。

採血は肘静脈より行ない，ICG test は日本消化器学会肝機能研究班の原法に従った。なお，ICG test の採血は5分，15分の2回法を採用した¹²⁾。

ICG は体重 1kg 当り 0.5mg (0.1ml/kg) 相当を30秒以内に肘静脈内投与し，反対側肘静脈より採血した。血液は直ちに遠沈して，血清 1.0ml を分離し生理食塩水 2.0ml で希釈，注射前の採血血液を同様に処理したものを blank とし，

ICG 濃度を分光光度計 (805nm) で比色定量した。

血中消失率 (以下Kと略す) は, 5分, 15分の各測定値を片対数上に点打し, その回帰直線を延長して零時点での ICG 血漿濃度を求め, この値が1/2となる時間より, 次の式に従って血中消失率 K_{5-15} を求めた。

$$K_{5-15} = \frac{0.693}{t/1/2} \quad t/1/2: \text{半減時間}$$

15分停滞率 (\bar{R}_{15}) は, 15分における ICG 血中残存量の零時の血中濃度に対する比率で表わし, 次の式によって求めた。

$$\bar{R}_{15} = \frac{C_{15}}{1.0} \times 100 (\%)$$

血液生化学検査の項目および方法は, 下記の glutamic oxaloacetic transaminase (GOT, UV

法), glutamic pyruvic transaminase (GPT, UV 法), lactic dehydrogenase (LDH, UV 法), cholinesterase (ChE, UV 法), creatine phosphokinase (CPK, UV 法), 総ビリルビン, 直接ビリルビン (Jendrassic-Cleghorn 法), LDH isoenzyme (電気泳動法), 血中ミオグロビン (RIA 法)

である。

3. 実験結果

被験者 5 人のマラソン走の平均時間は, 3時間 02分18秒 (max. 2°45'33"-min. 3°20'00") であった。当日の気温が後半 30°C を越えたため, 後半ペースが極端に落ち, 各人のベストタイムより平均 22.5分 (-14.4%) 遅かった。

表2 マラソン前後の血液成分の変化 (N=5)

項 目	安静前値	直 後	翌 朝	一 週 後	二 週 後
総ビリルビン (mg/dl)	0.62±0.06	0.76±0.07 *	0.93±0.07 ***	0.66±0.09	0.64±0.08
直接ビリルビン (mg/dl)	0.17±0.04	0.22±0.02 *	0.30±0.04 ***	0.15±0.05	0.16±0.03
間接ビリルビン (mg/dl)	0.44±0.05	0.54±0.05 **	0.63±0.04 ***	0.51±0.06 *	0.48±0.07
GOT (mU/ml)	24.8±1.9	28.6±3.8 *	32.8±6.8 *	24.4±4.2	23.4±2.7
GPT (mU/ml)	18.0±3.7	25.4±3.3 *	23.2±1.8 *	19.6±4.3	18.2±3.0
LDH (mU/ml)	341.0±21.2	391.6±36.3 *	313.0±32.8	344.6±48.2	339.0±18.2
ChE (ΔpH)	0.75±0.12	0.85±0.12	0.80±0.15	0.81±0.09	0.77±0.10
CPK (mU/ml)	63.9±14.6	85.8±7.7 *	117.1±16.9 ***	69.6±24.1	64.0±13.4
アイソザイム LDH ₁ (%)	25.97±1.53	24.96±1.14	27.60±2.10	31.4±2.10 **	26.85±1.32
LDH ₂ (%)	35.49±2.23	30.07±1.16 **	34.96±1.01	36.00±2.09	35.15±1.63
LDH ₃ (%)	27.52±0.84	20.75±0.57 ***	23.71±1.29 ***	24.20±2.29 *	25.59±0.87 **
LDH ₄ (%)	6.91±1.01	11.01±0.84 ***	8.17±0.57 **	5.95±0.71	6.59±0.74
LDH ₅ (%)	4.03±1.31	13.67±0.76 ***	5.75±1.50	2.44±1.00	4.03±1.40
血中ミオグロビン (ng/ml)	19.2±6.8	98.0±22.6 ***	42.8±19.9 *	19.0±7.52	17.4±2.11

注: 1) Values are Mean±SD 2) * p<0.05 ** p<0.05 *** p<0.001

体重は平均 3.1kg (最高 4.0~最低 2.3kg) の減少に及び、翌朝も -0.7kg で、1人を除き走前のレベルまで回復していなかった。

血液成分の検査結果を表2に示した。

図1にマラソン前後、回復1週・2週目における GOT, GPT 活性の個人値の変化を示した。GOT, GPT ともに、直後より翌朝に上昇を認めた。マラソン前後との比較でみると、GOT で翌朝値 ($p<0.05$)、GPT では直後 ($p<0.01$)、翌朝値 ($p<0.001$) とともに、有意な増加を示した。1週間には両値ともほぼ前値のレベルにまで復し、以後2週目にかけて横ばい状態を示した。

図2に LDH, CPK 活性値の変化を示した。LDH は走直後に有意に高く ($p<0.05$)、翌朝には低下した。CPK は、直後より翌朝に顕著に増加した ($p<0.001$)。1週間には、1名を除きほぼ運動前値にまで回復した。

図3に LDH アイソザイムの変動を平均値で示した。LDH₁ は、直後より翌朝に増加傾向を示し、LDH₂, LDH₃ は直後に有意な減少を示し

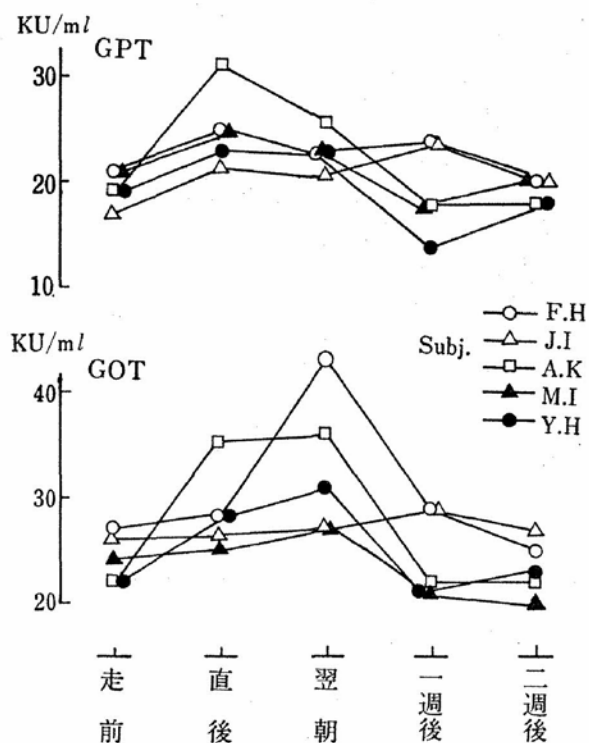


図1 マラソン走における GPT, GOT の変動

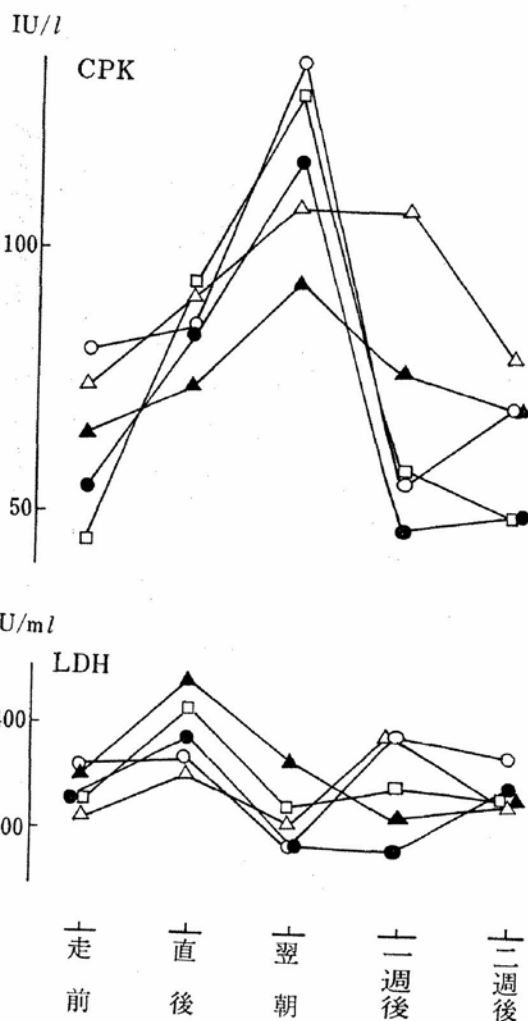


図2 マラソン走における CPK, LDH の変動

た。LDH₄ は直後、翌朝ともに増加し (いずれも有意)、LDH₅ は直後に有意に増加した。

図4は、ICG 血中消失曲線の推移を示す。ICG test は、肝での色素排泄能の示標であり、肝機能の直接的な評価方法の一つとされている。これは、ICG (indocyanine green) が単位時間に肝で Clear される血漿量の循環血漿量に対する比で表わされる。また、臨床的には15分時の ICG 血中停滞率 (\bar{R}_{15}) を用いることが多く、Kと \bar{R}_{15} とは高い逆相関関係にあることが知られている。

血中消失率は低下を示すほど、血中停滞率は上昇するほど肝での ICG 除去率が低下していることを示す。

走前の血中消失率の平均値は 0.193 ± 0.02 であるが、走直後には 0.154 ± 0.12 と低下し、翌朝も

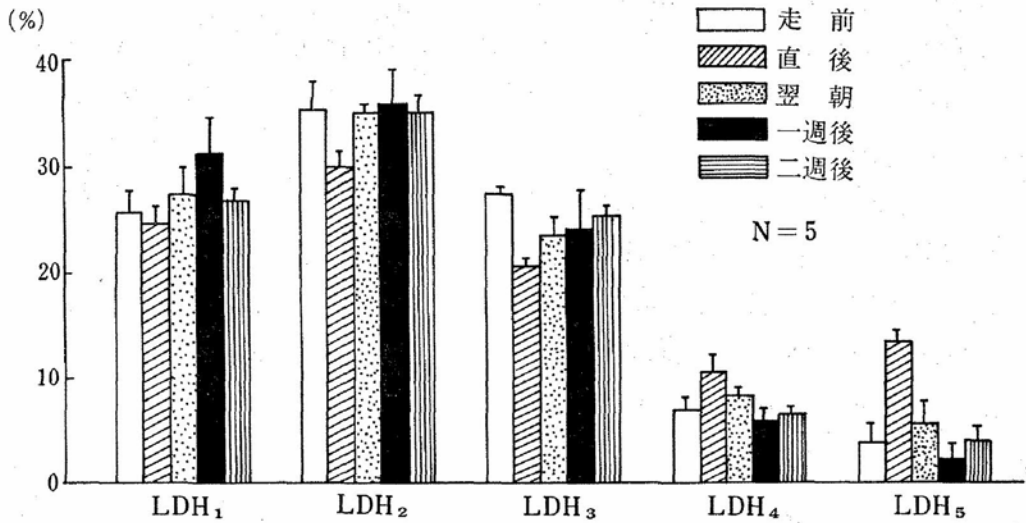


図3 マラソン走における LDH isozyme の変動 (平均値)

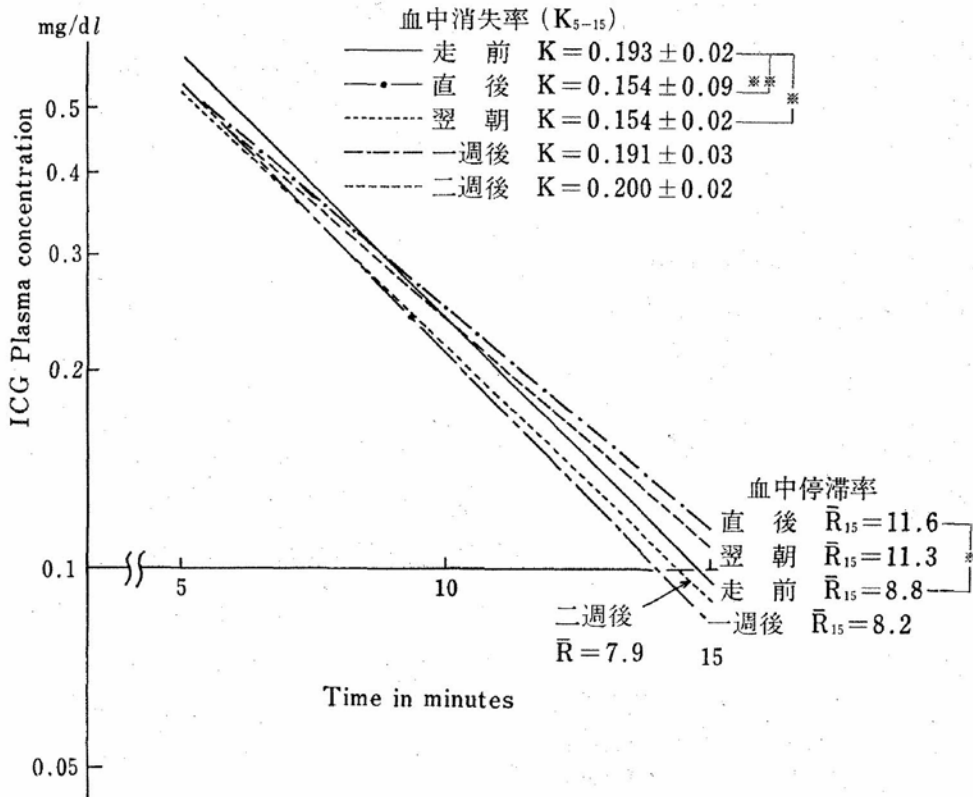


図4 マラソン走の前・直後・翌朝・回復期の ICG 血中消失曲線の推移 (平均値)

0.154±0.02 と低い。1 週後には 0.191±0.04 とほぼ前値のレベルにまで回復し、2 週後も 0.200±0.02 と横ばい状態であった。

血中停滞率は、前値の 8.80±1.75 から、直後

には 11.60±1.23 に、翌朝には 11.30±2.63 に各上昇し、一週後には 8.24±3.06、2 週後は 7.90±1.34 と、いずれも前値のレベルにまで回復していた。

4. 考 察

激しい運動による疲労が肝機能に及ぼす影響については、動物実験にいくつかの報告がみられる³⁻⁷⁾。いずれも激しい運動負荷により、血清酵素活性の上昇とともに肝実質細胞の変性もしくは小壊死、脂肪変性など肝臓に組織学的変化が生じることを認めているが、ヒトに関するこの種の報告は、著者の知る範囲において見当たらない。奥田たちは²⁾は、健康人ではマラソンなど激しい運動以外では肝機能検査値に影響を及ぼさないとし、マラソンの肝臓への影響を示唆している。

また長尾ら^{8,9)}は、20km およびフルマラソン走後の血中化学成分の消長から、その回復に遅れ

がみられることを報告している。

著者らの先行研究¹⁰⁾でも、防府マラソンに参加した選手について、回復2週目にも ICG クリアランスの遅延する例を認めている。

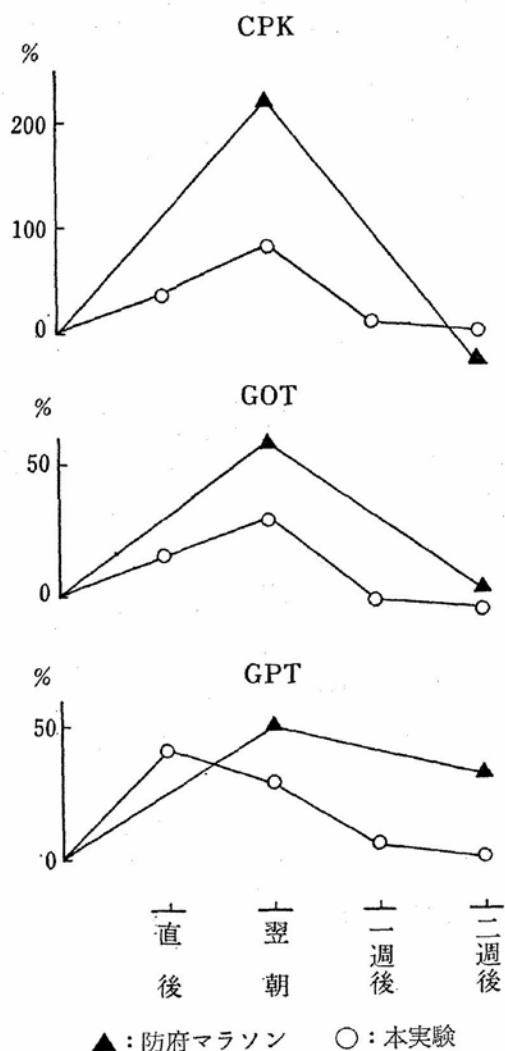
図5は、本実験と防府マラソン走の血清酵素活性の推移を変動率で比較したものである。(なお、防府マラソンでは走直後および一週後の測定は行っていない)

走前に対する走翌朝の GPT 値は、本実験の29%に対し、50%の増加、同様に GOT では29%に対し59%、CPK は92%に対し208%と、いずれも試合時(防府マラソン)に顕著に高い。また回復状況も、本実験では一週後には各血清酵素ともほぼ前値のレベルにまで回復しているが、試合では GPT, LDH 値に2週後も遅れがみられた。

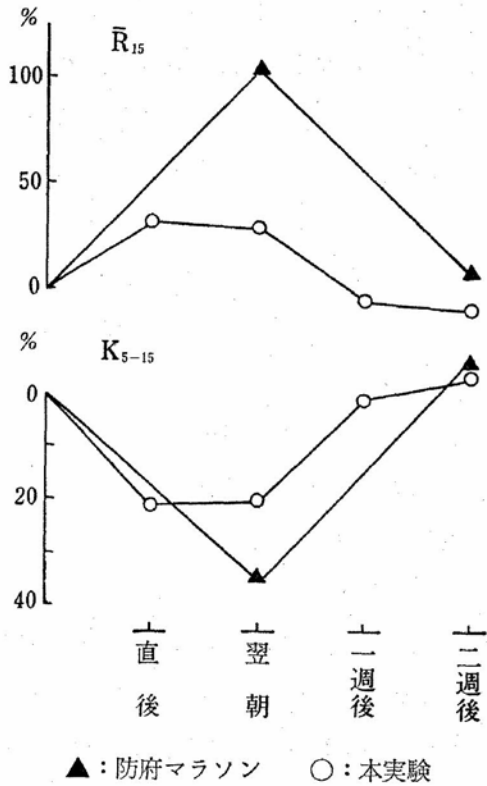
本実験におけるこれら血清酵素の上昇率が軽微にとどまった理由としては、フルマラソンとはいえ Competitive なレースでなかったことや、走後半 30°C を超える高温に見舞われ、著しくスローペースになったことがあげられよう。しかしながら本実験において、LDH アイソエンザイムのうち LDH₄, LDH₅ の有意な走後の上昇や、血中ミオグロビンおよび CPK の著明な増加などからみて、骨格筋に与えた負担には大きなものがあつたといえよう。

さらにビリルビンの動態からみれば(表1)、胆汁排泄能の低下も考えられるが、溶血によるための間接ビリルビンの上昇か、あるいは血液濃縮によるものが判然とせず、今後の検討課題である。また、防府マラソンで認められた走翌朝の ChE の低下が今回はみられなかったことから、肝実質細胞機能に与えた影響は軽微にとどまったと思われる。

図6に示すように、本実験の ICG 血中消失率は、走前値から直後、翌朝へと有意な低下を示し



▲: 防府マラソン ○: 本実験
 図5 本実験と防府マラソン走における CPK, GOT, GPT の比較 (変動率)



▲：防府マラソン ○：本実験
 図6 両マラソン走における ICG 血中消失率および停滞率の比較 (変動率)

たが、防府マラソンに比べると低下率は小さい。停滞率 (\bar{R}_{15}) も同様に、試合時に比べると上昇率は小幅にとどまっている。

Rowell¹¹⁾ は、ICG を用いて運動時に最高80%もの肝血流量の著減を認めているが、本研究のように、運動直後はもとより翌朝の基礎代謝状態においても、なお ICG クリアランスに遅延を認めたことは注目される。ICG クリアランスの遅延する確たる機序は不明であるが、マラソンによる ICG 除去率の低下は、肝血流量の低下に起因するものであろう。しかし、さらに Severe なレース負荷の場合、肝実質細胞膜の機能変化もしくは細胞内移送能を含めた胆汁排泄能が低下することも考えられる。

以上のことから、フルマラソン走は、練習と試合では異なるものの、各種血清酵素の上昇、肝色素排泄能の低下など肝機能に影響を与えていることが示された。

マラソンのレースとレースの間隔は、かつては

3カ月、近年では豊富な練習量と相まって1ヶ月ともいわれているが、至適間隔の問題は未解明のままである。前回と合わせた実験から、個人差はあるが、マラソン走や超長距離走の後は、最低2週間、大きなレースでは1ヶ月程度の休養調整期間を置くなどの配慮が必要と思われる。なお、マラソンにおける肝機能や生理機能の回復状況と、自覚疲労を含む精神神経的な疲労の回復との間にズレ(精神的疲労の回復が遅れる傾向)がみられることから、今後この両面からのアプローチが望まれる。

因みに、著者らが行なった九州地区のマラソンランナー30名(一流選手を含む)のアンケート調査によれば、これまで走ったマラソンでの最短レース間隔は1ヶ月がもっとも多く(8名)、2ヶ月(3名)の順、望ましいレース間隔については、3ヶ月(12名)、2ヶ月(5名)、6ヶ月(3名)の順であった。なお、肝臓疾患の既応歴のあるものが3名いたことを附記しておく。

結 語

フルマラソンが生体ごとに肝機能に及ぼす負担を明らかにするため、5名のランナーを選び、走前、走直後、回復期(翌朝、1週後、2週後)に、1) 血清逸脱酵素、2) LDH アイソザイム、3) 肝色素排泄能(ICG test)を測定した。その結果、

(1) 血清酵素(GOT, GPT, LDH, CPK)は、走直後および翌朝にいずれも上昇したが、1週後にはすべて前値のレベルまで回復した。

(2) LDH アイソザイムのうち、LDH₄、LDH₅は走直後に有意に高く、翌朝値も安静レベルに復していなかった。

(3) ICG 血中消失率は、走直後、翌朝とも有意に低下し、肝での ICG クリアランスに遅延が認められた。

(4) 血清酵素の上昇と ICG 血中消失率の低下は、試合時に比べてその変動幅が軽度であった。

以上のことから、練習時のフルマラソン走においても、骨格筋をはじめ肝臓機能に及ぼす影響が認められることから、フルマラソン走後、少なくとも2週間はトレーニングの質を落とした休養調整が必要と思われる。

文 献

- 1) 日本消化器学会肝機能研究会報告, インドシアニングリーン (ICG) 試験標準操作法, 日消会誌, **66**, 573 (1969)
- 2) 奥田邦雄, 山崎晴一郎; 肝機能検査の考え方, 第5版, 南江堂, 東京, 25—26 (1970)
- 3) 秋葉敏子; 過度の運動による白鼠諸臓器の組織学的変化, 体力科学, **5** (5), 185—195 (1956)
- 4) 井上庄二, 近藤重信, 脇坂滋; 運動の肝機能に及ぼす影響, 臨床病理, **22** (別冊), 137—142 (1974)
- 5) 井上庄二; 運動負荷時における血液生化学的変動と肝臓の組織学的変化, 日本消化器病学会誌, **75** (9), 56—67 (1978)
- 6) 久代文也; 疲労時の諸生体防衛機能に関する実

- 験的研究, 米子医誌, **9** (5), 766—790 (1953)
- 7) 宮武日二; 運動負荷による疲労肝の病理組織学的並びに電子顕微鏡的研究, 米子医誌, **11** (2), 311—334
 - 8) 長尾憲樹, 小野三嗣, 池田道明, 山本隆宜, 清水悟, 小野寺昇, 田中弘之; 20km 走回復期1週間にわたる血中逸脱酵素の変動, 第34回日本体力医学会予稿集, P117 (1979)
 - 9) 長尾憲樹, 山本隆宜; フルマラソンレース後における血中アイソザイムと LDH アイソザイムの6日間回復期変動の位相について, 第36回日本体力医学会予稿集, P221 (1981)
 - 10) 平田文夫, 中村正, 湯川幸一, 池田高士, 石原結実, 福井功; Marathon と肝機能, 第36回日本体力医学会大会号, 体力医学, **30—6**, P330 (1981)
 - 11) Rowell, L.B., Blackmon, J.R. and Bruce, R.A. (1964), Indocyanine green clearance and estimated hepatic blood flow during mild to maximal exercise in upright man. *J. clin. Invest.*, **43** (8), 1677—1690
 - 12) 糸賀 敬, 野村 修, 池田保明; Indocyanine Green による肝機能検査法, 診療と新薬, **6—6**, 67—76 (1969)