

# 激運動と免疫能

—30km走における生体負担と免疫機能の変化—

平 田 文 夫\*

## Immunological Study on Strenuous Exercise

—Changes in physical load and immune parameter in athletes before and after 30 km run—

Fumio HIRATA\*

In order to clarify the relationship between strenuous physical exercise and immunity, serum enzymes, the concentration of immunoglobulins, and the ratios of lymphocyte subsets (OKT3, 4, 8, Leu7, OKIa1, OKM, B1) were measured in five trained male subjects (19~23 years old) before, immediately after, along with 18 hours after 30 km run.

The results obtained were as follows:

- 1) The activation of serum enzymes (GOT, GPT, LDH, CPK) showed a rapid rise on the immediately after exercise.
- 2) Total white blood cell (WBC) was markedly elevated immediately after exercise, with a decrease to the control level by 18 hours.
- 3) There was no changes in the concentration of immunoglobulin before and after exercise.
- 4) The proportion of OKT3, OKT4, and OKT4/OKT8 ratio immediately after exercise were significantly lower than before exercise ( $p < 1\%$ ,  $1\%$ , and  $5\%$ , respectively).
- 5) Leu-7 (K-cell) was significantly elevated immediately after exercise ( $p < 5\%$ ).

**KEY WORDS:** 30 km running, Immunity, T-cell subsets.

### 結 言

運動による鍛練が身体の抵抗力を増すか否かについては、近年の免疫学の進歩とともに広く関心が持たれている。従来、身体トレーニングの効果については、主に行動体力や呼吸循環系、代謝機能の面からの検討報告が多く、運動と免疫機能に関する研究は未だ少ない<sup>2)4)8)9)10)17)18)20)</sup>。

本研究では、日常トレーニングを積んでいる鍛練者に30km走を负荷した場合の各種血液成分の変

動および免疫学的パラメーターを求め、一過性の激運動による生体負担と免疫機能の関係について基礎的検討を行ったので報告する。

### 対象と方法

対象は毎日2時間以上トレーニングを行っている某実業団陸上競技部所属の長距離選手5名で、被験者の身体的特性は表1に示した。運動負荷は、通常練習で用いている起伏ある30kmコースでの全力走を行った。

\*鹿屋体育大学 National Institute of Fitness and Sports in Kanoya, Kagoshima, Japan.

Table 1. Physical characteristics of subjects

Subject	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)	$\dot{V}O_2$ max (ml/kg/min)	Best time in 30 km run. (hr : min : sec)
S. K	23	168.6	55.8	70.3	1 : 42 : 05
T. T	22	167.7	53.5	68.0	1 : 46 : 10
M. K	20	170.6	65.3	68.7	1 : 44 : 59
K. H	20	168.0	59.3	67.5	1 : 43 : 44
Y. K	19	167.0	52.0	66.3	1 : 48 : 05

採血は走前(早朝空腹時安静状態), 走直後, 翌朝(18時間後)にそれぞれ肘部皮静脈より行ない, 各種血清酵素, 総白血球数, 免疫グロブリン(IgA, IgG, IgM)などを測定した。また, リンパ球 subsets を Ortho 社のモノクローナル抗体(OKシリーズ)を用い, Laser Flow Cytometry により検出した。

統計処理は Paired t-test を用いて行ない, 5% 水準以下を有意とした。

## 結果と考察

結果を表2, 表3および図1~図3に示す。

### 1. 血清酵素について

GOT, GPT, LDH, CPK とも走直後有意に上昇し, LDHを除き回復時(翌朝)も低下が認められず, 30km走の生体負担が大きかったことを示している。因みに著者らは<sup>5)</sup>, フルマラソンの走直後および翌朝に GPT, LDH, CPK の有意な上昇と肝での ICG (Indocyanin Green) クリアランスの遅延を認め, 骨格筋や肝機能に影響を及ぼしていることを報告している。

### 2. 総白血球数について

総白血球数は走直後に著増し, 翌朝にはほぼ走前値にまで回復しており, 諸家の報告<sup>1)9)21)</sup>と一致している。

### 3. 免疫グロブリンについて(図1)

IgG, IgA は, 走直後に上昇傾向を示したが有意ではなく, IgM は不変であった。

Poortmans は<sup>8)</sup>, 28名のオリンピック選手に最大負荷を与え, IgG, IgA の有意な増加をみている。

Liesen<sup>12)</sup>らも, マラソンおよび100km走後に IgG, IgA の有意な上昇, IgM の不変を報告している。押田ら<sup>17)</sup>も, 非鍛練者での50%  $VO_2$  max 2時間の自転車負荷後 IgG, IgA の上昇傾向と IgM の不変を認めている。

### 4. リンパ球 Subsets について(図2, 図3)

本研究では, Ortho社製モノクローナル抗体 OKT3, OKT4, OKT8, OKIa1, Leu7を用い, Laser Flow cytometry (Ortho社製, Spectrum III)により, 全リンパ球中の各モノクローナル抗体陽性細胞の占める比率(%)および OKT4/OKT8 比を求めた。

各種モノクローナル抗体陽性細胞は, 諸家の報告<sup>14)</sup>によれば, 表3に示す特徴を現時点では最もよく表わしているものとされる。

OKT4/OKT8 比は, 免疫調節機構のバランス (immuno regulatory balance) を知る良い指標とされ, 臨床方面で応用されつゝあるが, その正常値は20歳~29歳男子で $1.18 \pm 0.34$ とされている<sup>11)</sup>。

本実験での安静値は $1.10 \pm 0.2$ で正常範囲にあった。走直後に OKT3, OKT4, (T cell subsets) は有意に低下し, OKM1 (単球), Leu 7 (NK cell, Killer cell) は有意に上昇した。OKT4/OKT8 比は走直後有意に低下したが, 翌朝には走前値に復した。この比は, 喫煙による低下<sup>3)</sup>や癌の進行に伴う低下が報告されている<sup>14)</sup>。Hanson ら<sup>4)</sup>は, 鍛練者の8マイル走後において K cell の増加を認めているが, 著者らも NK cell や K cell を反映する Leu 7 細胞において走直後の増加傾向を認めた。

Table 2. Comparison of blood components before and after 30 km run

Parameter	Pre-race	Post-race	Next morning
T P (g/dl)	7.0(0.3)	8.1(0.6)**	7.0(0.2)
G O T (mU/ml)	16.0(2.5)	22.6(5.0)*	22.8(5.1)*
G P T (mU/ml)	5.4(0.55)	7.6(2.1)*	11.2(1.3)**
L D H (mU/ml)	284.1(290)	407(54.2)***	289(30.5)
C P K (mU/ml)	67.4(14.7)	115(38.7)	187.4(105.4)*
B U N (mg/dl)	16.6(1.4)	20.9(2.1)	17.7(2.1)
H c t (%)	48.4(2.6)	49(3.0)	45.6(2.6)*
H b (g/dl)	15.1(0.5)	16.6(1.8)	14.5(0.8)
W B C (/mm <sup>3</sup> )	5670(1057)	9328(1997)	6435(951.5)
Fibrinogen (mg/dl)	194.0(35.2)	182.4(35.8)	189.8(39.6)

1) Data are expressed as mean ( $\pm$ SD)

2) \*p<0.05    \*\*p<0.01    \*\*\*p<0.001

Table 3. The serum concentration of immunoglobulin, percentages T-cell subsets before and after 30 km run.

parameter	Pre-race	Post-race	Next morning
OKT 3 (%)	63.0(6.4)	49.5(4.4)**	64.0(3.0)
OKT 4 (%)	35.1(5.2)	25.0(3.3)**	35.0(3.6)
OKT 8 (%)	32.5(2.6)	34.6(3.2)	33.1(3.2)
OKTIa1 (%)	19.1(3.8)	19.2(8.3)	24.0(5.6)
OKTMI (%)	30.3(3.7)	46.6(7.6)**	28.6(4.2)
Leu 7 (%)	16.6(5.3)	26.3(8.5)*	13.2(5.4)
B 1 (%)	16.1(1.7)	15.6(6.5)	20.0(5.1)
OKT 4/OKT 8 ratio	1.10(0.2)	0.74(0.15)*	1.06(0.11)
IgG (mg/dl)	1230.8(253.2)	1362(272.3)	1109.6(194.5)
IgA (mg/dl)	233.8(37.9)	253.4(57.6)	213.2(49.1)
IgM (mg/dl)	138.2(45.7)	125.5(74.8)	128.5(45.2)

1) Data are expressed as mean ( $\pm$ SD)

2) \*p<0.05    \*\*p<0.01    \*\*\*p<0.001

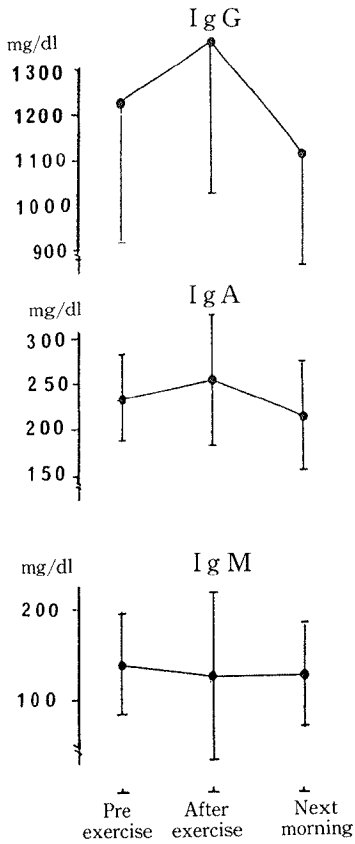


Fig. 1. Changes in serum levels of IgA, IgG, IgM before and after 30 km running

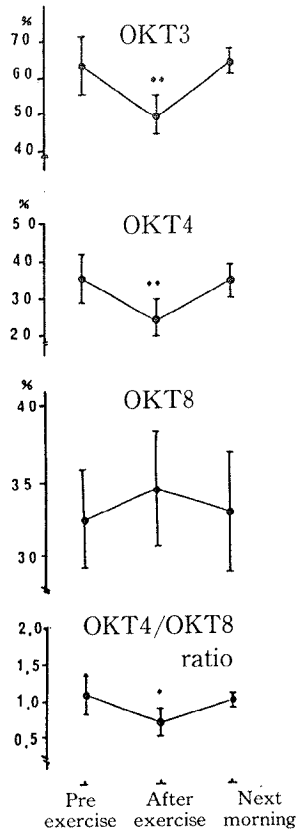


Fig. 2. Changes in percentages of T cell subsets (OKT3, OKT4, OKT8, OKT4/OKT8 ratio) before and after 30 km running  
\*p<0.05 \*\*p<0.01 \*\*\*p<0.001 Significantly different from pre-value.

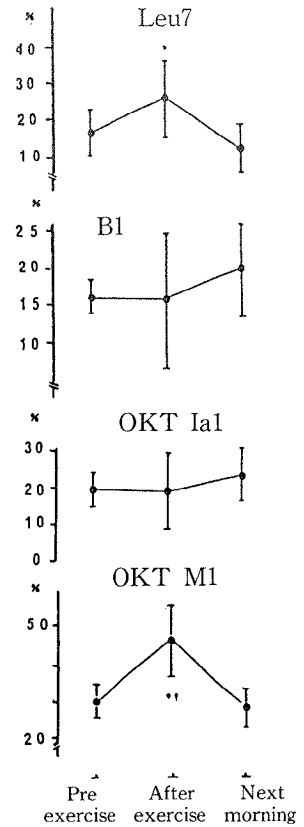


Fig. 3. Changes in percentages of other lymphocyte subsets (Leu7, B1, OKT1a1, OKTM1) before and after 30 km running  
\*p<0.05 \*\*p<0.01 \*\*\*p<0.001 Significantly different from pre-value.

本研究における T cell subsets の一過性の低下が激運動負荷によってもたらされる易感染性を説明するかどうかは、この方面の研究が緒についたばかりでもあり、今後の研究成果に待たねばならない。因みに著者<sup>6)7)15)16)</sup>らは、鍛練者の激しい合宿訓練(7日間)において、生体負担の最も高じた第3日目に、生体の一次防衛を司る好中球の貧食能、殺菌能の亢進傾向を認めている。益子は<sup>13)</sup>

バスケット部員の合宿3日目にリンパ球分裂の低下を認めたが、以後上昇傾向を観察し、喜多尾ら<sup>10)</sup>は、習慣的な運動で細胞性免疫能の向上を示唆すると報告している。一方、Kumae<sup>9)</sup>らは、鍛練者(18歳~26歳)14名と非鍛練者12名(21~30歳)に1500m走(ground)を実施し、走直後に IgG, IgA の上昇(両群とも有意)と Phagocytosis の有意な低下を認めている。これらのことは、運動の質、

Table 4. Specificity of monoclonal used

モノクローナル抗体	反 応 特 異 性
OKT 3 (Ortho 社)	末梢Tリンパ球
OKT 4 ( " )	helper/inducer Tリンパ球
OKT 8 ( " )	cytotoxic/suppressor Tリンパ球
B <sub>1</sub> (Coulter 社)	Bリンパ球, pre-Bリンパ球
OKIa1 (Ortho 社)	Bリンパ球, 単球, null細胞 活性化Tリンパ球
OKM <sub>1</sub> ( " )	単球, null細胞
Leu 7 (B-D 社)	NK細胞, K細胞

量, 鍛練度などによって免疫学的パラメーターの変動が異なってくることを示唆している。

### ま と め

日常鍛練を積んでいる長距離ランナーを対象に30km走を実施し, 以下の結果を得た。

1. GOT, GPT, LDH, CPK とも走後に有意な増加を認め, 生体負担の大なることを示した。
2. 総白血球数は走直後に増加を示したが, 翌朝には回復した。
3. 免疫グロブリン (IgG, IgA, IgM) には有意な変動は認められなかった。
4. OKT3, OKT4 リンパ球比率および OKT4 / OKT8 比は, 走後に有意な低下を認めたが, 翌朝には前値に復した。
5. Leu 7 反応細胞は, 走直後に有意な低下を示した。

以上の事実より, 30km走の激運動負担は, 鍛練を積んでいる競技者においてもその生体負担は大きく, 免疫能ことに細胞性免疫機能に一時的低下をもたらしている可能性が示唆された。

稿を終るに当り, 本実験に御協力いただいた長崎大学医学部衛生学教室池田高士博士ならびに測定に御援助いただいた大塚アッセイ研究所に深謝致します。

### 要 旨

5名の鍛練者に激運動負荷(30km走)を実施し, その前後における各種血液成分および免疫学的パラメーターの変動を求め, 一過性の激運動負荷による生体負担と免疫機能の関係について基礎的検討を行ない, 以下の結果を得た。

1. GOT, GPT, LDH, CPK とも走後に有意な増加を認め, 生体負担の大なることを示した。
2. 総白血球数は, 走直後に増加を示したが翌朝には回復した。
3. 免疫グロブリン (IgG, IgA, IgM) の変動は有意ではなかった。
4. OKT3, OKT4 リンパ球比率および OKT4 / OKT8 比は, 走後に有意な低下を認めたが, 翌朝には前値に復した。
5. Leu 7 反応細胞は, 走直後に有意な低下を示した。

### 文 献

- 1) Ahlberg, B. and G. Ahlberg.: Exercise leucocytosis with and without beta-adrenergic blockade. Acta Med. Scand., 187: 241-246, 1970.
- 2) Eskola, J., Runskanen, O., Soppi, E., Viljanen, M. K., Jarvinen, M., Toivonen, H. and Kouvalainen, K.: Effect of sport stress on lymphocyte transformation and antibody formation. Clin. Exp.

- Immunol., 32: 339-345, 1978.
- 3) GINNS, L. C., MILLER, L. G., GOLDENHEIM, P. D., GOLDSTEIN, G. AND BRIA, W. F.: Alterations in immunoregulatory cells in Lung Cancer and Smoking, *J. Clin. Immunol.*, 2, 90s 1982.
  - 4) Hanson, P. G. and Flaherty, D. K.: Immunological responses to training conditioned runners. *Clinical Science*, 60, 225-228, 1981.
  - 5) 平田文夫: マラソンの肝機能に及ぼす影響, *デサントスポーツ科学*, 4, 68, 1983.
  - 6) 平田文夫, 湯川幸一, 池田高士, 森本和枝, 野口正憲, 岡崎 寛: スポーツ合宿訓練時の生体負担—血清酵素活性の変動を中心として—*長崎医学会雑誌*, 57, 251, 1977.
  - 7) 平田文夫: スポーツ合宿訓練時の生体負担—主に Indocyanin Green Test を中心にして—*体力科学*, 31: 69, 1982.
  - 8) JACQUES R. POORTMANS: Serum protein determination during short exhaustive physical activity. *J. Appl. Physiol.*, 30. (2): 190-192, 1971.
  - 9) KUMAE, T, et al: CHANGES IN SERUM IMMUNOGLOBULIN LEVELS AND NEUTROPHILIC PHAGOCYTOSIS AFTER EXERCISE. *体力科学*, 36: 61-71, 1987.
  - 10) 喜多尾浩代ほか: 習慣的な運動が免疫機能に及ぼす影響. *体力科学*, 36: 217-220, 1987.
  - 11) 黒須康彦: ヒト末梢血リンパ球サブセットの加齢及び性差による変動. *日本医事新報* No. 3274: 26-30, 1987.
  - 12) LIESN Von. H, B. DUFAUX, K. WEBER, W. LOHMANN, W. FISCHER und W. HOLLMANN: Das Verhalten von Serumimmunglobulinen bei Ausdauertraining und extremen Ausdauerbelastungen. *Sportarzt Sportmedizin* 6, 119-123, 1976.
  - 13) 益子詔次: 合宿における運動ストレスの生体への影響—血中逸脱酵素と免疫能力の変化より—*体力科学* 36(6): 424, 1987.
  - 14) 中田芳孝他: モノクローナル抗体による癌患者の末梢血リンパ球サブセットの検討 *杏林医会誌* 16(1): 53-62, 1985.
  - 15) 野口正憲, 平田文夫, 石原結実, 岡崎 寛: スポーツ合宿訓練時の白血球の態度(第1報) 各種白血球数の推移 *佐世保工業高等学校専門学校研究報告*(No.18) 81-85, 1981.
  - 16) 野口正憲, 平田文夫, 石原結実, 岡崎 寛: スポーツ合宿訓練時の白血球の態度(第2報) *佐世保工業高等学校専門学校研究報告* (No.19), 113-117, 1982.
  - 17) 押田芳治ほか: 運動トレーニングと免疫能(第1報)—非鍛練者に対する急性運動負荷の影響—. *体力科学*, 36: 72-77, 1987.
  - 18) Soppi, E, Varjo, P., Eskola, J. and Laitinen, L. A.: Effect of strenuous physical stress on circulating lymphocyte number and function before and after training. *J. Clin. Lab. Immunol.*, 8: 43-46, 1982.
  - 19) Targan, S., et al: Activation of human NKCC by moderate exercise: increased frequency of NK cells with enhanced capability of effector-target lytic interactions. *Clin. Exp. Immunol.*, 45: 352-360, 1981.
  - 20) Tomasi, T. B., Trudeau, F. B., Czerwinski, D. and Erredge, S.: Immune parameters in athletes before and after strenuous exercise. *J. Clin. Immunol.*, 2 (3): 173-178, 1982.
  - 21) Wells, C. L., et al: Hematological changes following a marathon race in male and female runners. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 48: 41-49, 1982.