

## 急激な運動による血液成分の変化

福永健治<sup>1)</sup>, 吉田宗弘<sup>1)</sup>, 西尾信宏<sup>2)</sup>, 中園直樹<sup>1)</sup>  
(\* 関西医科大学, <sup>1)</sup> 公衆衛生学教室, <sup>2)</sup> 衛生学教室)

### Effect of strenuous exercise on blood constituent

Kenji Fukunaga<sup>1)</sup>, Munehiro Yoshida<sup>1)</sup>, Nobuhiro Nishio<sup>2)</sup> and Naoki Nakazono<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Department of Public Health, <sup>2)</sup> Department of Hygiene, Kansai Medical University

We examined the effect of strenuous exercise on blood constituent. Studies were made on healthy 13 members (19~27 years) of the canoe club of Kansai Medical University who participated in summer training camp for 15 days. Blood samples were drawn from an antecubital vein before and after training camp. After training camp, total protein, albumin and total cholesterol were significantly decreased, and total electrolyte (Na + K + Ca) were not affected. Serum GOT and GPT activities were not change but LDH and CPK activities were significantly increased. Hb and Ht values were significantly decreased and serum Fe level showed a tendency to decreased. Serum Zn level were significantly decreased but Se and Cu level were not changed. Serum antioxidative substance (ascorbic acid and  $\alpha$ -tocopherol) levels were significantly decreased, while lipid peroxide level (malondialdehyde) was significantly increased. These data suggest that strenuous exercise can result in a reduction of nutritional status and an induction of oxidative damage.

適度の運動は健康の維持, 増進に不可欠であるといわれているが<sup>1), 2)</sup>, しかし過度の運動は身体にとって一種のストレスであり, さまざまな障害を引き起こす場合もある<sup>3)</sup>。近年, 運動による障害を取り上げた研究報告は, 比較的頻繁に運動を行って, 相当な負荷に対しても抵抗性を獲得した, いわゆる「スポーツマン」を対象に検討されている場合が多い。本研究では, 日常特別に運動を行う習慣のないヒトのモデルとして夏期合宿に参加した医科大学カヌー部の学生を対象に血液性状, 血液生化学, 血清中微量元素および抗酸化性成分の変化に着目し, 急激な運動負荷が身体に与える影響について検討を行った。

---

\*所在地: 大阪府守口市文園町10-15 (〒570)

## 対象および方法

1995年7月下旬に15日間夏期合宿（2日練習，1日休息の反復）を行った関西医科大学カヌー部所属の健常な学生13名（男子12名，女子1名），年齢： $21.3 \pm 2.5$ 歳，身長： $170 \pm 7$ （156～180）cm，体重： $67 \pm 11$ （47～89）kgを対象とした。あらかじめ対象者全員に研究の目的と方法について十分説明を行い同意を得た上，合宿期間前後に肘静脈より採血を行った。常法にしたがって血清総タンパク質，アルブミン，総コレステロール，血清電解質（Na，K，Ca），肝機能および筋損傷指標酵素活性（GOT，GPT および LDH，CPK 活性），Hb，Ht，不飽和鉄結合能の測定を行った。血清微量元素であるSeは蛍光法で，Cu，Zn，Feは原子吸光法で測定を行った。また血清抗酸化性成分であるアスコルビン酸（AsA）， $\alpha$ -トコフェロール（ $\alpha$ -Toc），尿酸（UA）および酸化障害指標であるマロンジアルデヒド（MDA）はHPLC法で測定を行った。

## 結果および考察

対象者全員が午前中にカヌー走艇1kmのタイム測定を8セット，午後に10kmのランニングを行った。トレーニング中の外気温は常時30℃以上であった。また，トレーニングの運動強度は，自覚的運動強度（rate of perceived exertion：RPE）<sup>4)</sup>にもとづき判定するとRPE点数15～18（強度の感じ方：きつい～非常にきつい）， $VO_2\max$  80～90に相当する激しい運動であった。合宿期間中に特別に体調を崩したものはなく，全員最終日までトレーニングを続けた。

Table 1. にはタンパク質や脂質の摂取状況を反映す指標である血清総タンパク質，アルブミンおよび総コレステロールの合宿前後の変化を示した。いずれも全員，合宿後に低下がみられた。これは，食事調査から合宿期間中における対象者の1日総摂取カロリーが日常時よりも約15%少ない2000kcal未満であったこと，また清涼飲料水などの摂取が多かったことから，運動の負荷量に比べタンパク質や脂質を十分に摂取していなかった結果であると考えられる。

血清電解質を測定した結果をTable 2. に示した。Naは合宿前後で変化は見られなかった。KおよびCaは合宿後に減少がみられたものの正常範囲内であった。血清電解質全体としては，恒常性が維持されており，運動による影響は認められなかった。

肝機能および筋損傷指標酵素であるGOT，GPT および LDH，CPK 活性を測定した結果をTable 3. に示した。全体として合宿前後におけるGOT および GPT 活性に変化はみられなかった。なお対象者

**Table 1.** Effect of exercise on serum total protein, albumin and total cholesterol levels.

|                   |       | Before<br>Exercise | After<br>Exercise | After/Before |
|-------------------|-------|--------------------|-------------------|--------------|
| Total protein     | g/dl  | $7.7 \pm 0.3$      | $7.1 \pm 0.3$     | 92.2%***     |
| Albumin           | g/dl  | $4.9 \pm 0.2$      | $4.7 \pm 0.2$     | 95.9%***     |
| Total cholesterol | mg/dl | $180 \pm 23$       | $165 \pm 23$      | 97.1%***     |

Values are means  $\pm$  SD. n = 13. \*\*\*, p < 0.001.

**Table 2.** Effect of exercise on serum Na, K and Ca levels.

|    |       | Before<br>Exercise | After<br>Exercise | After/Before |
|----|-------|--------------------|-------------------|--------------|
| Na | mEq/l | 141±1              | 142±1             | 100.7%       |
| K  | mEq/l | 4.4±0.4            | 4.1±0.2           | 93.2%*       |
| Ca | mg/dl | 9.6±0.2            | 9.2±0.3           | 95.8%**      |

Values are means ± SD. n = 13. \*, p < 0.05., \*\*, p < 0.01.

**Table 3.** Effect of exercise on serum GOT, GPT, LDH and CPK activities.

|     |         | Before<br>Exercise | After<br>Exercise | After/Before |
|-----|---------|--------------------|-------------------|--------------|
| GOT | unit/ml | 21±6               | 21±8              | 100.0%       |
| GPT | unit/ml | 22±17              | 21±8              | 95.5%        |
| LDH | unit/ml | 335±76             | 405±68            | 120.9%***    |
| CPK | unit/ml | 113±37             | 232±32            | 205.3%***    |

Values are means ± SD. n = 13. \*\*\*, p < 0.001.

の中で、合宿前に GPT がやや高値を示していた学生 1 名は、合宿終了後に値が低下しており、運動によって肝機能の改善が図られたものと考えられる。一方、筋損傷指標酵素である LDH および CPK は有意な上昇が認められた。いずれも骨格筋に含まれる酵素であり、この値の上昇は急激な運動の負荷による筋肉組織の損傷をものがたるものと推察される。

Table 4. には血液中のヘモグロビン量、ヘマトクリット値、不飽和鉄結合能および血清鉄を測定した結果を示した。合宿後にヘモグロビンおよびヘマトクリット値は、全員が約 1 割の値の低下を示した。不飽和鉄結合能には変化は見られず、血清鉄は個人差が大きいものの減少したものが多かった。鉄の栄養状態の指標であるトランスフェリン飽和率（血清鉄／血清鉄＋不飽和鉄結合能）を検討したところ合宿後には低下がみられた。また合宿以前においても対象者の 13 名中 9 名が 30% 以下（トランスフェリン飽和率；21.3±6.0）であったことから潜在的な鉄欠乏状態も予想される。運動によって貧血が惹起さ

**Table 4.** Effect of exercise on serum Hb and Ht values UIBC and Fe.

|      |       | Before<br>Exercise | After<br>Exercise | After/Before |
|------|-------|--------------------|-------------------|--------------|
| Hb   | g/dl  | 16.1±1.0           | 14.5±1.0          | 90.1%***     |
| Ht   | %     | 50.6±2.8           | 44.2±2.1          | 87.4%***     |
| UIBC | μg/dl | 243±79             | 246±50            | 101.2%       |
| Fe   | μg/dl | 114±45             | 85±29             | 74.6%        |

Values are means ± SD. n = 13. \*\*\*, p < 0.001.

れることはすでに報告<sup>5),6)</sup>されており、その理由として、鉄摂取の不足、発汗による損失、物理的衝撃による赤血球の破壊等があげられている。今回の対象者は、高温下で十分に栄養素を摂取せずに日常行わない激しい運動を行っており、相当の身体的ストレスが負荷され、これらの理由すべてが重なった結果、ヘモグロビンが減少したものと考えられる。

微量元素である Se, Cu, および Zn を測定した結果を血清鉄とあわせて Table 5. に示した。Se と Cu には合宿前後における有意な変化が認められなかった。一方, Zn は合宿後に有意な変化を示し、合宿前に比べ約 3 割の低下が認められた。鉄の代謝や貧血と Zn 量に関係が認められる報告<sup>7)</sup>もあることから、今後さらなる調査、研究を行う必要があると考えている。

過度の運動は、身体に対して酸化障害をもたらすことが報告<sup>8)9)</sup>されている。そこで、酸化障害から身体を防御する抗酸化性成分として AsA,  $\alpha$ -Toc および UA に着目し合宿前後におけるこれらの変化を測定し、同時に酸化障害の指標として酸化二次生成物である MDA を測定した。以上の結果を Table 6. に示した。血清中抗酸化性成分としてとくに重要な AsA,  $\alpha$ -Toc は合宿後に有意な減少が見られた。これは、合宿期間中の摂取不足と、急激な運動によってもたらされる酸化ストレスによって消費されたと考えられる。また、合宿前後における尿酸に変化は見られなかった。血清中の過酸化脂質は合宿後に有意な増加が認められた。抗酸化性成分の減少とあわせて考えると相当な酸化ストレスが負荷されたものと考えられる。

**Table 5.** Effect of exercise on serum trace element levels.

|    |                  | Before<br>Exercise | After<br>Exercise | After/Before |
|----|------------------|--------------------|-------------------|--------------|
| Se | $\mu\text{g/dl}$ | $9.4 \pm 1.7$      | $8.8 \pm 1.4$     | 95.6%        |
| Cu | $\mu\text{g/dl}$ | $127 \pm 11$       | $125 \pm 6$       | 99.0%        |
| Zn | $\mu\text{g/dl}$ | $88 \pm 14$        | $60 \pm 8$        | 69.0% ***    |
| Fe | $\mu\text{g/dl}$ | $114 \pm 45$       | $85 \pm 29$       | 74.6%        |

Values are means  $\pm$  SD. n = 13. \*\*\*,  $p < 0.001$ .

**Table 6.** Effect of exercise on serum antioxidative substance and lipid peroxide levels.

|                      |                  | Before<br>Exercise | After<br>Exercise | After/Before |
|----------------------|------------------|--------------------|-------------------|--------------|
| Ascorbic acid        | $\text{mg/dl}$   | $0.7 \pm 0.2$      | $0.5 \pm 0.2$     | 78.4% ***    |
| $\alpha$ -tocopherol | $\text{mg/dl}$   | $0.8 \pm 0.1$      | $0.7 \pm 0.1$     | 84.4% ***    |
| Uric acid            | $\text{mg/dl}$   | $3.9 \pm 0.9$      | $3.8 \pm 0.5$     | 99.5%        |
| Malondialdehyde      | $\text{nmol/ml}$ | $2.3 \pm 0.4$      | $2.7 \pm 0.5$     | 114.8% **    |

Values are means  $\pm$  SD. n = 13. \*\*,  $p < 0.01$ , \*\*\*,  $p < 0.001$ .

今回の結果からもわかるように急激な運動はヘモグロビンの減少を惹起する。運動は酸素を大量に消費する行為であるため各組織に酸素を運搬する役割を担っているヘモグロビンの重要性は明らかである。

鉄の栄養状態の指標であるトランスフェリン飽和率の正常値は35～40%であるが、対象者の半数以上が30%以下（トランスフェリン飽和率； $21.3 \pm 6.0$ ）であったことから潜在的鉄欠乏状態も予想されるので、普段から十分な鉄の摂取がのぞまれる。さらに十分なタンパク質、脂質の摂取、また、運動負荷による酸化障害を防御するためにも抗酸化性成分の摂取が必要であると考ええる。

## 文 献

- 1) Berlin, J. A. and G. A. Colditz (1990) J. Epidemiol. 132 : 612
- 2) Hiatt, W. R., J. G. Regensteiner, M. E. Hargarten, E. E. Wolfel and E. P. Brass (1990) Circulation 81 : 602
- 3) 川久保 清, 高 峻 (1996) 最新医学 51 : 362
- 4) 佐藤祐造, 山之内国男, 押田芳治, 石黒哲也 (1991) 糖尿病運動療法指導の手引き, 南江堂, 東京 : 43-78
- 5) Priscilla, M. C. and E. M. Haymes (1995) Med. Sci. Sports Exerc. 27 : 831
- 6) 井本岳秋, 西山宗六, 澤田芳男 (1995) 微量栄養素研究 12 : 85
- 7) 西山宗六, 中村俊郎, 井本岳秋, 澤田芳男, 松田一郎 (1995) 微量栄養素研究 12 : 81
- 8) 大野秀樹, 大石修司, 木崎節子 (1995) 生物と化学 33 : 520
- 9) Helaine, M. A. and A. H. Goldfarb (1988) J. Appl. Physiol. 64 : 1333