

血中物質の動向からみた一流長距離選手の身体特性について

竹倉 宏明*, 吉岡 利忠**

Hematological characteristics in elite endurance runners

Hiroaki TAKEKURA* and Toshitada YOSHIOKA**

Abstract

In order to apply physiological parameters to exercise prescription, hematological characteristics were investigated in well-trained male and female endurance runners under the resting status. The effects of exhaustive exercise (treadmill run) on the blood cells were also investigated to study the specific physiological responses in well-trained runners. All blood cells under the resting status did not have any difference from standard values, however; the number of white blood cell increased significantly ($p < 0.01$) following exhaustive exercise in both male and female runners. On the other hand, hematocrit value was significantly ($p < 0.01$) decreased following exhaustive exercise in both male and female runners. Glutamate oxaloacetic transaminase (GOT) and lactate dehydrogenase (LDH) activities in both male and female runners deviated from the standard values at the resting status. LDH-1 and LDH-2 compositions in total LDH activity showed higher values compared to the standard values, reflecting the lower value of LDH-3 composition. β -globulin composition in total protein concentration in female runners showed a higher value compared to the standard values. These results show that the hematological characteristics in well-trained athletes are different from those of healthy peoples who do not participate in special sports activity, and it is difficult to evaluate such hematological characteristics under the same criteria.

KEY WORDS : *hematology, exercise prescription, blood cell, enzyme activity, protein*

緒 言

現在までに血中生化学成分を指標として、各種競技の種目特性を明かにすると同時に、それらの運動に伴う消長を検討することにより安全な運動

処方確立するための基礎的な研究が数多く報告されている^{1, 4, 24, 25, 26}。運動時に、あるいは長期間特定の種目に好成績を残している選手から得られる情報は極めて少なく、身体全ての器官・組織を動員するといっても過言ではない運動時の生体内

* 鹿屋体育大学体力科学講座 Department of Physiology and Biomechanics, National Institute of Fitness and Sports, 1 Shiromizu, Kanoya, Kagoshima 891-23, Japan.

** 聖マリアンナ医科大学生理学教室 Department of Physiology, St. Marianna University School of Medicine, Kawasaki, Kanagawa 216, Japan.

での機能変化を推察することは困難であった。

従来は臨床医学的な見地から疾病の診断のみに利用されてきた血中生化学成分は、運動という外的刺激に対して疾病とは明かに異なる特殊な振舞いを示す事実が数多く報告されている^{5, 24)}。事実、一般的に血中においてはその上昇により肝臓や心臓の器質的障害が疑われる、glutamic oxaloacetic transaminase (GOT) や、筋ジストロフィー症に伴い顕著な上昇を示す creatine kinase (CK) 等の血中逸脱酵素活性値は、必ずしも組織の病的変性が認められずとも、長時間の持久的運動あるいは短時間激運動に伴い上昇が認められる^{14, 15, 22)}。また長時間の運動の継続に伴う血流の増加、あるいは血液と血管壁の摩擦により赤血球が破壊されることにより、いわゆる運動鍛練性貧血の事例がしばしば認められる^{28, 29, 30)}。

運動が一種のストレスであると考えれば、このような適応変化は生体にとって必ずしも望ましい変化ではないが、やはり疾病に伴う変化と同一基準で評価するわけにはいかない。疾病状態に伴う細胞破壊によるものと、運動ストレスに伴う細胞膜の透過亢進作用等により血中において顕著にその上昇が認められる血中逸脱酵素活性値等はその好事例であろう。疾病に伴う上昇が長期間にわたって継続するのに対し、運動に伴う上昇は短期間で安静値へと回復する^{18, 19, 27)}。測定された結果が同一であろうとも、運動に伴う変化と疾病に伴う変化とを区別して理解することが安全な運動処方確立には先決であるという認識を今一度強調したい。

そこで本研究では、一流長距離選手の血中生化学成分を検討することにより、種目特性を認識す

ることに加えて、血中生化学成分を指標とした運動処方確立のための基礎的資料を提供することを目的とした。

方 法

1. 被検者並びに採決方法

本研究の被検者は実業団陸上競技部に所属する長距離選手31名(男子24名, 女子7名)である。被検者の身体的特性を表1に示した。本実験の被検者の最大酸素摂取量は、某体育大学陸上競技長距離選手(男子: 64.1ml, 女子, 54.4ml, いずれも体重1kg当たりの値)に比較しても高い値を示しており、長期間にわたって高度にトレーニングされた集団であると考えられる。

被検者は前日より12時間の空腹安静後、午前6時より肘中静脈から真空採血管を用いて採血された。採取した血液の一部は遠心分離し、その上清より基質ならびに酵素活性値の定量を行った。血球成分に関しては、最大酸素摂取量測定直後及び10分後の値を測定するために、指先よりランセットを用いて採血した。本実験の実施にあたってはその主旨、方法を被検者に十分説明し、各被検者の同意を得た。

2. 分析項目

以下に示す項目について測定を行い、男女別の平均値並びに標準偏差を算出した。本測定によって得られたデータは健康な日本人より得られた既存の標準値⁶⁾と比較して論議した。

1) 血球成分

赤血球数 (RBC), 白血球数 (WBC), ヘモグロビン (Hb), ヘマトクリット (Ht), 平均赤血

表1. 被検者の身体的特性

| | 人 数 | 年 齢 | 身 長 (cm) | 体 重 (kg) | ローレル指数 | 最大酸素摂取量 (ml/kg体重) |
|-----|-----|------|-------------|-------------|--------|----------------------|
| 男 性 | 24 | 24.5 | 169.0 | 56.6 | 116.9 | 68.5 |
| | | 5.5 | 5.6 | 3.9 | 7.4 | 5.0 |
| 女 性 | 7 | 20.1 | 156.6 | 43.9 | 114.2 | 56.7 |
| | | 1.6 | 6.6 | 4.5 | 6.0 | 6.1 |

球容積 (MCV), 平均赤血球色素量 (MCH)

2) 血中逸脱酵素活性値

Glutamic oxaloacetic transaminase (GOT), Glutamate pyruvic transaminase (GPT), Lactate dehydrogenase (LDH)

なお LDH 活性値については電気泳動法によりアイソザイム (1-5 型) の分画も行った。

3) 基質濃度

総蛋白量 (TP), 血糖値 (Glu), トリグリセライド (TG), 遊離脂肪酸 (FFA), 総コレステロール (Cho), HDL-コレステロール (HDL-C)

なお TP については電気泳動法により各構成蛋白 (アルブミン: ALB, α 1 グロブリン: α 1-G, α 2 グロブリン: α 2-G, β グロブリン: β -G,

γ グロブリン: γ -G) の分画を行った。

4) その他

尿素窒素 (UN), クレアチニン (CRTN), 尿酸 (UA), 血清鉄 (Fe)

3. 運動に伴う血球成分の変化

被検者の持久能力を判定し, 加えて最大運動前後の血球成分の変動を検討するために, トレッドミル (速度漸増法) により, 最大酸素摂取量の測定を行った。最大酸素摂取量の測定は, 傾斜角 3 度, 速度毎分 160m より開始し, 実験開始より 6 分間は 2 分ごとに 20m 増速し, 6 分目からは 1 分間に 20m の割合で増速した。運動開始 10 分目の速度は 280m に達し, 以後 1 分間に 10m の割合で増速し, All-out に達するまで運動を継続した。

表 2. 血液生化学成分の男女別平均値及び標準値

| | | | GOT (I.U) | GPT (I.U) | LDH (I.U) | GLU (mg/dl) | TG (mg/dl) | FFA (mg/dl) |
|-----|------|--|-----------------|------------------|---------------|-----------------|---------------|----------------|
| 男 性 | 標準値 | | <35 | <35 | <410 | 70-112 | 30-170 | 0.14-0.85 |
| | 平均値 | | 38 | 24 | 493 | 83 | 108 | 0.48 |
| | 標準偏差 | | 14 | 8 | 132 | 5 | 64 | 0.28 |
| 女 性 | 標準値 | | <35 | <30 | <410 | 70-112 | 30-170 | 0.14-0.85 |
| | 平均値 | | 35 | 23 | 505 | 78 | 63 | 0.68 |
| | 標準偏差 | | 7 | 2 | 55 | 5 | 16 | 0.37 |
| | | | CHOL (mg/dl) | HDL-C (mg/dl) | UN (mg/dl) | CRTN (mg/dl) | UA (mg/dl) | Fe (mg/dl) |
| 男 性 | 標準値 | | 114-255 | 35-82 | 6-22 | <1.3 | <7.7 | 54-20 |
| | 平均値 | | 183 | 65 | 18 | 1.0 | 6.1 | 86 |
| | 標準偏差 | | 22 | 14 | 3 | 0.1 | 0.9 | 38 |
| 女 性 | 標準値 | | 114-255 | 39-93 | 6-22 | <1.3 | <5.4 | 48-154 |
| | 平均値 | | 226 | 88 | 20 | 0.9 | 5.2 | 96 |
| | 標準偏差 | | 21 | 14 | 2 | 0.1 | 0.8 | 20 |

GOT: glutamate oxaloacetic transaminase, GPT: glutamate pyruvic transaminase, LDH: lactate dehydrogenase, GLU: 血糖値, TG: トリグリセライド, FFA: 遊離脂肪酸, CHOL: コレステロール, HDL-C: HDL-コレステロール, UN: 尿素窒素, CRTN: クレアチニン, UA: 尿酸, Fe: 血清鉄
 本表の標準値は, 日野原重明, 河合 忠編著「正常値と異常値の間—その判定と対策— (全面改訂版), 中外医学社, 1988」によった

結 果

1. 血球成分

安静値の血球分析結果並びに最大酸素摂取量測定後（直後, 10分後）における平均値を男女量群別に図1に示した。安静値の平均値からみると, 男女量群ともに, いずれの測定項目についても標準値からはずれた測定項目は認められなかった。RBCについては運動に伴う有意な変化は認められなかった。しかし, WBCは運動に伴い男女共に有意に ($p<0.01$) 上昇し, 10分後には低下を示すものの, 安静値に対しては有意に ($p<0.01$) 高値を示していた。Htについては, 運動に伴い

低下し, 運動終了直後, 10分後の値はいずれも安静値に比較して有意に ($p<0.01$) 低値を示した。MCV, MCHは共にHtと同様の傾向を示し, 運動終了直後, 10分後共に安静値に比較して有意に ($p<0.01$) 低値を示した。Hbは男性と女性では異なる結果を示した。男性の場合, 運動に伴いその値が上昇し, 運動終了直後の値は安静時に比較して有意に ($p<0.01$) 高い値を示した。運動終了10分後にはその値が低下し, 安静値との間に有意な差は認められなかった。一方, 女性の場合, 運動に伴いその値は低下し, 運動終了10分後の値は安静値に比較して有意に ($p<0.01$) 低値を示した。

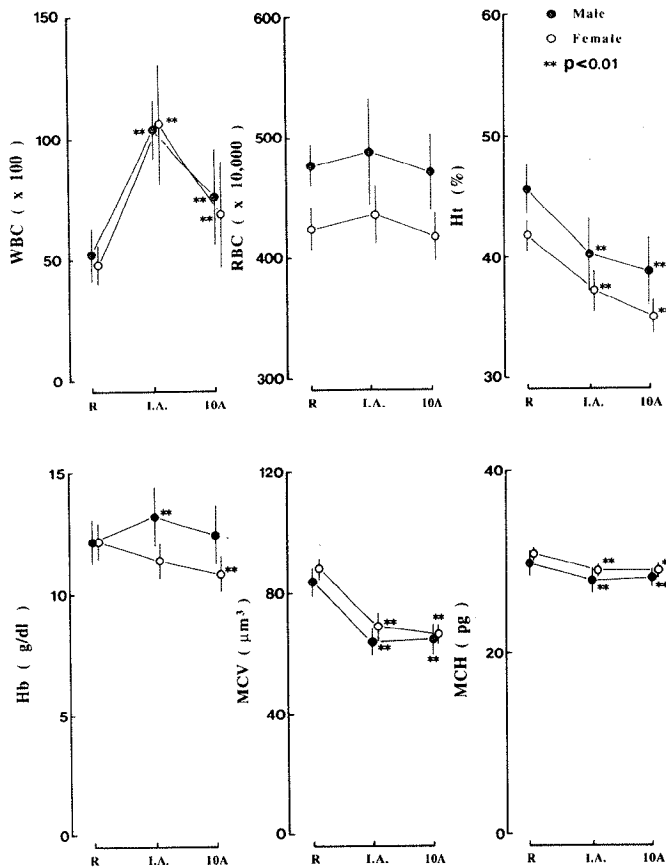


図1. 最大酸素摂取量測定前後における血球成分の変動 (平均値±標準偏差). WBC: 白血球, RBC: 赤血球, Ht: ヘマトクリット値, Hb: ヘモグロビン量, MCV: 平均赤血球容積, MCH: 平均赤血球色素量, R: 運動前, I. A.: 運動終了直後, 10A: 運動終了10分後. 有意水準はいずれも安静値に対して算出して示した。

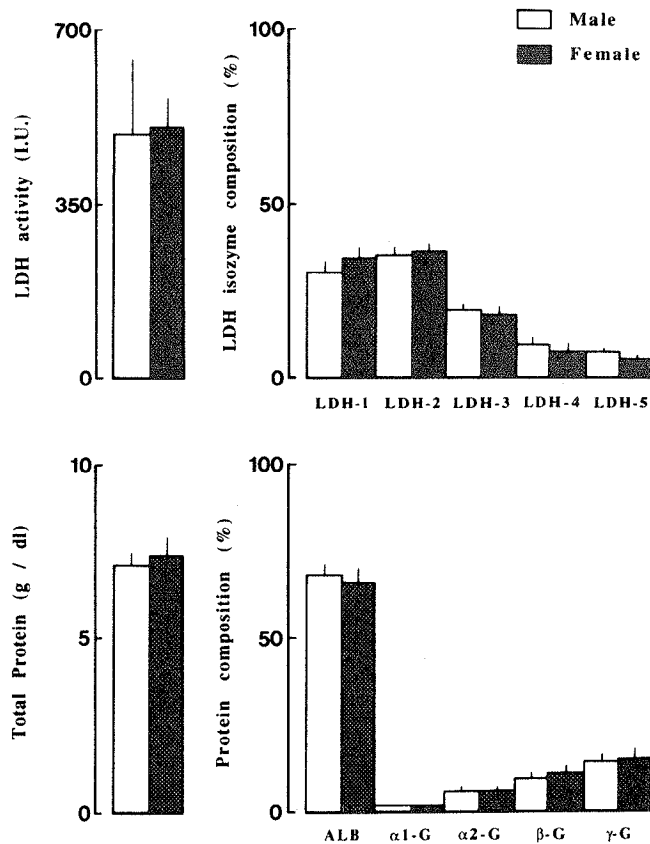


図2 乳酸脱水素酵素 (LDH) 活性値および血中総蛋白質量の安静値 (平均値±標準偏差)。また、LDHについてはそのアイソザイムを、総蛋白質についてはその構成蛋白質を電気泳動法により分析して百分率に換算して示した。ALB: アルブミン, α1-G: α1-グロブリン, α2-G: α2-グロブリン, β-G: β-グロブリン, γ-G: γ-グロブリン。

2. 血中逸脱酵素活性値

安静値の血中逸脱酵素活性値 (GOT, GPT, LDH) を男女両群について表2に示した。男女共に GOT, LDH 両酵素活性値が標準値を上回る値を示した。特に LDH 活性値については、男性被検者24名中20名が、女性被検者7人全員が標準値を上回る値を示した。一方 GPT については男女共に標準値を上回る値を認めなかった。LDH 活性値については、そのアイソザイムの構成比率を図2に示した。アイソザイムパターンについては、男性の LDH-3が標準値を下回った。一方、女性の LDH-1が標準値を上回り、LDH-3が標準値を下回った。その他のアイソザイムには特異的

な傾向は認められなかった。

3. 基質濃度

安静時の血中基質濃度を男女両群について表2に示した。男女両群共にいずれの基質濃度についても標準値を逸脱する値は認められなかった。総蛋白質についてはその構成蛋白質の比率を図2に示した。男性についてはいずれの測定項目についても標準値を逸脱する値は認められなかった。一方、女性についてはβ-グロブリン (β-G) の比率が標準値を上回る値を示した。男性についても被検者24名中8名が標準値を上回る値を示した。

5. その他

表2に示したその他の血中基質 (GLU, TG, FFA, CHOL, HDL-C), UN, CRTN, UA, Feの各項目については、男女両群ともに標準値を逸脱する値は認められなかった。

考 察

1. 血液有形成分

本実験の場合、血液有形成分の安静値はいずれの項目についても標準値を逸脱した値は認められなかった。一般的にさほどトレーニングをしていない、いうなれば「半鍛練者」の場合、トレーニングの継続に伴って赤血球数が減少する、いわゆる「運動鍛練性貧血」の状態を呈することは良く知られている。

山田によれば運動鍛練性貧血は、赤血球の浸透圧が減少することにより赤血球の直径が漸次増加し、血流の増加や血管壁との摩擦により破壊されることにより発現すると報告されている^{28, 29, 30)}。しかし、鍛練者においてはトレーニングの継続によっても運動鍛練性貧血は発現しないことが知られており、赤血球の破壊そのものが造血組織における赤血球新生の刺激となるという極めて合目的な適応変化のためであると考えられている³¹⁾。

従って、本研究の被検者はすでに運動鍛練性貧血の状態を通り越した極めて鍛練された状態にあると考えても良さそうである。運動鍛練性貧血を防止するためにはトレーニングの継続だけではなく、栄養摂取条件も重要な因子となる^{31, 32)}。吉村は赤血球の破壊によって遊離された血色素が骨格筋の発育に用いられることから、蛋白不足が貧血の原因となることに注目して、鍛練性貧血の防止のためには毎日、体重1kg当り2gの蛋白質摂取が最低条件であると報告している³³⁾。

本研究の被検者の場合、男性のヘマトクリット値の平均が45.7%であり、女性の場合は41.8%であることを考えれば、最大酸素摂取量を最高に引き出させる血液粘度を有していることがわかる。ヘマトクリット値は最大酸素摂取量測定直後、並びに10分後において男女共に安静値に比較して有意に低値を示した。激運動時の発汗に伴い水分が

消失し血液濃縮が起されれば、ヘマトクリット値は上昇の傾向を示すことが既に数多くの研究者により報告されている²¹⁾。しかし、本実験の被検者の場合過去に報告されている研究とは全く逆に、ヘマトクリット値の低下が認められた事実は大変興味深い。

赤血球数に有意な変動が認められなかったことから、ヘマトクリット値の低下は血漿成分の増加に依存すると考えられるが、発汗の事実からの説明は困難である。激運動時には腎臓の血流量が顕著に減少することから、尿の排泄が抑制される¹³⁾が、組織水分の移行のメカニズムと併せて今後の検討課題であろう。

赤血球数には運動に伴う有意な変化は認められなかったものの、白血球数は運動終了直後に男女安静値に比較して有意に高い値を示し、運動終了10分後にも有意に高い値を維持していた。一般的に激運動時には白血球数が増加することは良く知られている^{3, 20)}。どの程度の上昇を生理的許容範囲とするかについては異論があり一既に結論を下すわけにはいかないが、運動ストレスの軽減に伴い白血球数の増加の程度は徐々に抑制されてくるという報告もある²¹⁾。しかし、本実験の被検者のように日常的に高強度持久的トレーニングを行っている一流選手にしてなお、最大努力を要する運動後に白血球が増加することに注目すべきである。すなわち、トレーニングの程度に関わらず運動そのものは生体にとってかなりのストレスであり、その程度に差こそあれストレスそのものを回避することはできないことを認識するべきであろう。

また、近年、運動と白血球成分の有する免疫機能に注目が集まり、数多くの研究が報告されている^{10, 16, 20, 21)}。激運動直後の白血球の動態の中でもリンパ球の減少度が著しいほどストレスが強いという報告もあり¹²⁾、一流選手の白血球成分の消長については今後の検討課題であろう。

2. 血中逸脱酵素活性値

臨床医学的見地からはその上昇に伴い肝機能の障害が疑われるGOTは、従来心臓に最も多く分布し、ついて肝臓、骨格筋、腎臓、膵臓、脾臓、

肺の順に分布している。これに対し、GPTはGOTに比較して組織依存性が高く、その大部分が肝臓細胞に局在している。従って、血中における上昇が肝機能障害を反映しているとする一つの根拠は、GOTとGPTの両活性値が上昇することである。本実験では、男女共にGOTの値が基準値を上回る値を示し、一見肝機能の障害が疑われる所見であるが、GPTには顕著な上昇は認められてはいない。従って、長期間の持久的トレーニングに伴う細胞膜の透過性亢進により血中へ逸脱してきたと考えられるGOTは、主に心臓と骨格筋に由来するものと考えて良さそうである。事実、LDH活性値も男女共に標準値を大きく上回る値を示している。

本実験の被検者の最大酸素摂取量は一般人のそれを大きく上回っていることを考えれば、骨格筋への酸素の供給は非常に多量であることが推察され、非鍛練者に比較して骨格筋が慢性的な酸素不足に陥っているとは考えにくい。実際、最大運動直後（最大酸素摂取量測定直後）の乳酸値は男性が7.3mmol、女性が6.2mmolであり、非鍛練者が最大運動を行った直後の値を大きく下回っている。このことから、本実験の被検者の場合、LDHは骨格筋もしくは心筋の過剰な収縮にともない産生された乳酸をピルビン酸へと還元する反応を触媒する反応が主であるように思われる。

LDHは4種類のサブユニットからなる5種類(LDH-1: HHHHH, LDH-2: HHHM, LDH-3: HHMM, LDH-4: HMMM, LDH-5: MMMM)のアイソザイムを有する²⁰⁾。H型は心筋に多く含まれ、一方M型は骨格筋に多く含まれる。本研究の被検者の場合、男女共にLDH-1及びLDH-2型の構成比率が高くLDH-3型の構成比率が低いというパターンを示した。男性の場合はLDH-3型が、女性の場合、LDH-1型とLDH-3型が標準値を下回る値を示した。先述した、GOTの場合と併せて考えると、日常のトレーニングにより循環系の負担が大きく、心筋からの逸脱が顕著である可能性が考えられる。さらに、一般人とは骨格筋に占める遅筋線維の比率が異なり、遅筋線維の構成比率が顕著に高いために骨格筋由

来のアイソザイムでもLDH-1型として血中に逸脱しうる可能性も考慮に入れる必要があろう。しかし一方では、長時間でオールアウトにいたらしめるような運動を継続することによりLDH-1及びLDH-2の構成比率が有意に低下するという井川の報告^{7, 8)}も無視できない。また、50km歩行という長時間の運動に伴うLDHアイソザイムパターンの継時的変化を検討した小野によれば、運動の継続に伴いLDH-1の構成比率が低下するのに対し、LDH-5の比率が有意に上昇することも報告されている¹⁷⁾。

これらの報告から考えれば、日常持久的なトレーニングを数年にわたって継続している本実験の被検者の場合、LDH-1型の減少とLDH-5型の上昇が一つのトレーニングに伴う適応変化と考えられなくもない。しかし、実際には総LDH活性値が標準値を大きく上回り、LDH-1及びLDH-2型の構成比率が上昇していることを併せて考えれば、骨格筋の負担を上回る負担が心臓に常時加わっている結果として考えることも可能であるのかもしれない。

3. 基質濃度

本実験ではいずれの基質濃度についても、平均値にて比較した場合男女共に標準値を逸脱する値は認められなかった。しかし、総コレステロール中に占めるHDL-コレステロールの比率は男女共に高水準を維持していた(男性: 35.6%, 女性: 38.8%)。HDL-コレステロールは加齢、肥満、体重減少、運動、アルコール、食事等の影響を受けることが報告されている⁹⁾。また、運動量の増加に伴いその比率は上昇し、1週間の走行距離と総コレステロールに占めるHDL-コレステロールの比率の間には有意な正の相関が認められることも報告されている¹¹⁾。このことから本実験の被検者における日常のトレーニングの強度の高さが推察される。

血漿総蛋白質の値は、いずれの被検者共に標準値を逸脱する値は認められなかった。しかし、蛋白質分画を行い構成比率を算出した結果、 β -グロブリンの比率が男性の場合24名中8名に、女性

の場合7名中3名に標準値を上回る例が認められ、女性の場合平均値でも標準値を上回る値を示していた。 β -グロブリンはさらに分子量の差により6種類(プレ- β -リポタンパク, トランスコバラミンII, ヘモペキシリン, トランスフェリン, β_2 -糖タンパクI, β -リポタンパク)に分類される。生体内での生理作用については不明な点も多いが主に物質(ビタミン, 鉄, 脂質)の運搬作用に関与していると考えられている。その意味では長期間の運動鍛練に伴い β -グロブリンの構成比率が上昇したことは極めて合目的な適応変化であると考えられる。しかし、 β -リポタンパクは主に、低比重(LDL)コレステロールの運搬体であり、必ずしもその上昇を手放しに歓迎することはできない。従って、分子量の差による6種類の分画をさらに検討することにより、より詳細な知見が得られるものと思われる。

4. その他

血中尿酸値については男性1名、女性3名に標準値を上回る例がみられたが、平均値は男女共に基準値を逸脱していなかった。運動性高尿酸血症の発現機序は、血中乳酸及びケトン体の増加により、腎からの排泄障害をきたすという報告と、細胞の崩壊亢進に起因する核酸塩基の遊離増加による合成が亢進するという報告などがある⁹⁾。また血清尿酸値の日内リズムは、午前中に高値を示し、午後には低下傾向となり、夕刻から翌朝にかけては再び上昇傾向を示す。これらのことを考慮すると、4例において標準値に比較して高値を示したのは、採血が朝6時であったことや運動によるものと考えられる。運動選手における痛風の発症率が一般のヒトに較べ5~7倍であるという報告もあり⁹⁾、詳細な検討を加える必要があろう。

血清鉄の平均値は男女共に標準値内であったが、4例で標準値以下の値がみられた。ヒトにおいては貧血によりパフォーマンス及び最大酸素摂取量の低下を招くことが報告され、またラットを対象とした実験では毎日の自発的な活動量が減少したという報告がある⁸⁾。しかしながら、この鉄欠乏症貧血は鉄分補給で軽減されることが知られてお

り、牛肉、腎臓、肝臓、豆などの還元型の鉄を含む食物は吸収されやすいため、貧血の軽減には有益な食物であろう。

結 論

一流長距離選手の血液性状を非鍛練者と比較し、競技種目の特性を認識することにより、トレーニング強度の具体的指標を設定すると共に、安全な運動処方確立のための基礎的資料を得る目的により、実業団陸上競技部員31名(男性24名、女性7名)を対象に空腹安静時の血液性状の測定を行った。また、血球成分については最大酸素摂取量測定直後と測定10分後についても分析を行い以下に示す知見を得た。

1. 安静空腹時の血球については、いずれの項目についても男女共に標準値を逸脱する値は認められなかった。最大酸素摂取量測定前後に関しては、赤血球については有意な変動は認められなかったものの、白血球数が運動中量直後、10分後に安静値に比較して有意に高値を示した。ヘマトクリット値は、運動終了直後、10分後に安静値に比較して有意に低値を示した。

2. 血中逸脱酵素活性値については、GOT、LDH活性値が空腹安静時に男女共に標準値を上回る値を示した。LDHのアイソザイムについては、LDH-1及びLDH-2型が高値を示し、LDH-3型が低値を示す傾向が認められた。

3. 血中基質については、いずれの項目についても男女共に標準値を逸脱する値は認められなかった。

以上のような結果から、数年間に渡って持久的なトレーニングを継続している長距離選手の安静時血液性状は、非鍛練者と比較するとかなりの特殊性を有していることが明かとなった。特に、心筋、骨格筋に対する負担に伴い血中に逸脱するGOT、LDH活性値が安静時においても高水準で維持されていることがトレーニングに対する適応

反応としてとらえられた。また、運動に対する適応反応も非鍛練者とは異なり(ヘマトクリット値の漸次低下), 生体負担度を考える場合, 非鍛練者とは同一基準で判断することは危険である可能性が示唆された。

謝 辞

本実験の実施に当たり, 多大なるご協力を頂きました鹿屋体育大学運動生理学研究室の皆様へ深謝致します。

参 考 文 献

- 1) 青木純一郎, 高岡郁夫: 持久性トレーニングによる血液の変化. 体育科学, 3, 139-145, 1975.
- 2) Brown, G. O.: Blood destruction during exercise, IV, The development of equilibrium between blood destruction and regeneration after a period of training. J. Exp. Med., xxxvii, 207-220, 1923.
- 3) Busse, W. W., Anderson, C. L., Hanson, P. G. and Folts, J. D.: The effect of acute exercise on natural killer-cell activity of trained and sedentary human subjects. J. Clin. Immunol., 5, 321-328, 1985.
- 4) 江橋 博, 西嶋洋子, 丸山芳一, 大平充宜, 田畑 泉, 竹倉宏明, 西園秀嗣, 倉田 博, 芝山秀太郎: 鉄代謝からみた一流スポーツ選手の血液性状. 体力研究, 73, 18-30, 1989.
- 5) 後藤芳雄, 堤 達也: 運動負荷時の血清酵素並びに血清電解質の変動. 体力研究, 22, 31-41, 1971.
- 6) 日野原重明, 河合 忠: 正常値と異常値の間—その判定と対策—. 全面改訂版, 中外医学社, 1988.
- 7) 井川幸雄, 伊藤 朗: 運動と血清酵素. 日本医師会雑誌, 71, 695-705, 1974.
- 8) 井川幸雄, 鈴木政登, 塩田正俊, 中島孝之: 運動後1週間にわたる血中生化学成分の動態からみた身体鍛練の影響. 体育科学, 9, 237-248, 1981.
- 9) 伊藤 朗: 運動によるからだの生化学的変化. 中野昭一編, 図説・運動の仕組みと応用. 医歯薬出版株式会社, 1982, 144-183.
- 10) 河野一郎: 運動と免疫能. 体力研究, 62, 61-64, 1986.
- 11) Lehtonen, A. and Viikari, J.: The effect of vigorous physical activity at work on serum lipids with a special reference to serum highdensity lipoprotein cholesterol. Acta Physiol. Scand., 104, 117, 1978.
- 12) Masuhara, M., Kami, K., Umabayashi, K. and Tatsumi, N.: Influences of exercise on leukocyte count and size. J. Sports Med., 27, 285-290, 1987.
- 13) 中野昭一, 栗原 敏: 運動に対する生理機能の変化. 中野昭一編, 図説・運動の仕組みと応用. 医歯薬出版株式会社, 1982, 17-141.
- 14) 野坂和則, 村松 茂, 小川義雄, 木島 晃, 田島東海男, 大高敏弘, 福留彰教, 新井重信, 木村昌彦: 筋痛と血清CPK活性値の関係について. 体力科学, 34, 408, 1985.
- 15) 野坂和則, 七類 誠, 朽木 勤, 文谷知明: 運動の影響の残存に関する生化学的研究. デサントスポーツ科学, 5, 232-238, 1984.
- 16) 小川芳徳, 山内秀樹, 山下美紀子, 原田邦彦, 米本恭三, 今西昭雄, 平井徳幸, 福永美賀子, 秋月摂子, 鳥海 純: All out 走と1時間走における細胞性免疫と体液性免疫の動態. デサントスポーツ科学, 11, 62-70, 1990.
- 17) 小野三嗣, 倉田 博: 中距離歩行を未鍛練者に処方する場合の条件について. 体力科学, 22, 161-172, 1973.
- 18) 小野三嗣, 渡辺雅之, 長尾憲樹, 池田道明, 山本隆宜, 小野寺 昇, 田中弘之, 原 英喜, 大橋道雄: タウリンの運動時代謝に及ぼす影響 (I) 健康青年男子の低糖高蛋白高脂食の場合. 体力科学, 29, 191-204, 1980.
- 19) 小野三嗣, 渡辺雅之, 長尾憲樹, 池田道明, 山本隆宜, 田中弘之, 原 英喜, 外山 寛, 西牧正行, 湊 久美子, 松山隆一, 野坂和則, 東原昌郎, 春日規克. タウリンの運動時代謝に及ぼす影響 (II) 健康青年男女の低糖高蛋白高脂食での5km走の場合. 体力科学, 31, 53-68, 1982.
- 20) 押出芳治, 山之内国男, 早水サヨ子, 蛭田秀一, 佐藤祐造, 運動トレーニングと免疫能(第1報)—非鍛練者に対する運動負荷の影響—. 体力科学, 36, 72-77, 1987.
- 21) Simon, H. B.: The immunology of exercise. JAMA, 16, 2735-2738, 1984.
- 22) 塩田正俊, 井川幸雄, 小野三嗣, 石河利寛, 芝山秀太郎, 伊藤 朗: 第7回持久走大会結果について—とくに持久走大会1週間の血液生化学成分の動態を中心に—. 体力科学, 29, 278, 1980.
- 23) 鈴木哲郎: 運動と乳酸脱水素酵素イソ酵素. 体育の科学, 27, 48-53, 1975.
- 24) 竹倉宏明, 田中弘之: 血中逸脱酵素活性値を指標とした運動処方確立のための基礎的研究. デサントスポー

- ツ科学, 7, 63-73, 1986.
- 25) 竹倉宏明, 渡辺雅之, 田中弘之, 小野三嗣: 長距離選手における一昼夜にわたる間欠的10km走時の血液性状所見について. 体力科学, 34, 129, 1985.
 - 26) 渡辺雅之, 宮崎義憲, 長尾憲樹, 山本隆直, 小野寺昇, 田中弘之, 原 英喜, 渡辺 勉, 外山 寛, 西牧正行, 湊 久美子, 小野三嗣: 長距離歩行の至適処方確立のための基礎的研究 (その2). 体力科学, 33, 217-228, 1984.
 - 27) 渡辺雅之, 田中弘之, 原 英喜, 湊 久美子, 文谷知明, 松山隆一, 野坂和則, 中村恵子, 七類 誠, 長尾憲樹, 外山 寛, 西牧正行, 小野三嗣. タウリンの運動時代謝に及ぼす影響 (Ⅲ) 中高年男女の3 km走の場合. 体力科学, 32, 97-104, 1983.
 - 28) 山田敏男: 運動鍛練時の赤血球の性状に関する研究, 第1報, 赤血球新生破壊に及ぼす運動鍛練の影響. 体力科学, 7, 231-241, 1958.
 - 29) 山田敏男: 運動鍛練時の赤血球の性状に関する研究, 第2報, 運動鍛練時の赤血球の抵抗性について. 体力科学, 7, 242-251, 1958.
 - 30) 山田敏男: 運動鍛練時の赤血球の性状に関する研究, 第3報, 運動鍛練時における赤血球の代謝について. 体力科学, 8, 81-91, 1959.
 - 31) Yamaji, R.: Studies on protein metabolism during muscular exercise. I. Nitrogen metabolism in training for heavy muscular exercise. J. Physiol. Sic. Jpn, 13, 476-482, 1951.
 - 32) Yamaji, R.: Studies on protein metabolism during muscular exercise. II. Changes of blood properties during training for heavy muscular exercise. J. Physiol. Soc. Jpn, 13, 483-490, 1951.
 - 33) 吉村寿人, 山田敏男: 運動鍛練時の赤血球の性状に関する研究, 第4報, 運動鍛練時の赤血球鉄分の代謝に就いて. 体力科学, 8, 92-98, 1958.