

1年間を通してトレーニングの異なる各期の血中物質の変化  
— 血球成分と血中逸脱酵素を指標としたトレーニング処方の評価 —

田中 孝夫\*, 荻田 太\*, 田口 信教\*

**The changes of hematological characteristics at several sessions with  
different training program through one year.**

Takao TANAKA\*, Futoshi OGITA\* and Nobutaka TAGUCHI\*

**Abstract**

In order to examine the changes of hematological characteristics in sessions with different training programs through a year, 12 well-trained college swimmers (9 males and 3 females) were investigated. Blood was drawn from the subjects at six separate training sessions. Red blood cell (RBC), hemoglobin concentration (Hb), hematocrit (Hct), glutamic oxaloacetic transaminase (GOT), glutamate pyruvic transaminase (GPT), creatin phospho kinase (CPK), lactate dehydrogenase (LDH) were determined in each session. RBC, Hb, and Hct were significantly lower during summer season when they had the most strenuous swimming training than training-off season and beginning season when the swimming intensity and volume were not so severe. GPT, CPK, and LDH at taper period immediately before the competition were significantly lower than at the other training sessions. Furthermore, CPK at the sessions including the strength training was significantly higher compared to the other sessions. No distinct differences were found in these hematological characteristics among long distance group, middle distance group and short distance group. These results suggest that muscle damage may be different among training sessions, but not among training groups, and that we have to carefully select which type of training program is required at each session.

**KEY WORDS:** *Training program, Hematological, change.*

**緒 言**

目標とする試合に最高のコンディションで臨み、良い成績を収めるためには、年間を通して密に計画されたトレーニングを積み重ねることが重要である。もちろん、万全のコンディションを配して各期のトレーニングを計画通りに遂行してこそ、期待でき得る成績が残せることはいうまでも

ない。したがって、選手の体調を管理するための生理的な変化と、各期のトレーニングの成果を客観的な指標で評価して次に生かすことは重要なことと思われる。

従来から、肝臓を含む臓器や心臓、組織の器質的障害の診断の指標とされてきた血中逸脱酵素活性値は、疾病のみならず、運動<sup>1)</sup>やストレス<sup>19)</sup>などの要因によっても影響されることが報告され

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

ている。また、血中逸脱酵素は極めて特異的にその運動に対する負担組織を反映する<sup>25)</sup>ことから、これを指標として各種競技の種目特性を明らかにしたり<sup>8,24)</sup>、生体への負担度(トレーニング刺激の大きさ)を推測し、安全な運動処方確立するための基礎的な研究としても用いられてきた<sup>14,25,27)</sup>。

トレーニングによる運動成績向上は一過性のトレーニングでは不十分であり、長期間にわたるトレーニングが必要となる。したがって、この長期的に行われるトレーニング期間中、選手の血液生化学的な検査値とそのときのトレーニング状況、および結果とを照らし合わせて検討することは、選手に対するトレーニング処方をよりの確に行うために極めて有効な手段と思われる。しかしながら、これまでの研究の多くは一過性の運動にともなう結果に基づいた評価がほとんどであり、長期的トレーニングに沿って、そのトレーニング内容と血中生化学物質との関連を検討したものは見られない。

そこで本研究では、1年を通して、トレーニング内容の異なるそれぞれのトレーニング期の血中成分を測定し、各期のトレーニングが選手に与えるストレスの大きさを推定するとともに、これをもとに適切なトレーニング処方を行うための一考察を加えることを目的とした。

## 方 法

### 1. 被検者

本実験の被検者は、身長 $171.1 \pm 8.7$ cm、体重 $64.7 \pm 7.8$ kg、年齢 $19.0 \pm 1.0$ 歳の健康な大学水泳選手12名であった(男子9名、女子3名)。被検者をトレーニンググループ別に示すと、長距離グループ(LDG)3名(男子2名、女子1名)、中距離グループ(MDG)5名(男子3名、女子2名)、短距離グループ(SDG)4名(男子4名)であった。被検者の競泳レベルは、全員九州大学競泳選手権にて優勝、または入賞しており、全国大会出場の経験を持つ選手であった。尚、被検者は、全員実験前に実験の意義、目的、方法、それに伴う危険等について詳細な説明を受けており、十分理解した上で、自主的に実験に参加した。

### 2. 採血時期とそのときのトレーニング内容

本実験では、トレーニング内容が異なる6回の時期に採血を行った。具体的な採血日とそのときの練習内容は以下に示すとおりであった。

1回目：7月22日、選手は夏期休業期で全日本学生選手権に向けて1日に2回、水中練習に取り組んでいた。距離的にも強度的にも最も高いレベルで泳ぎ込んでいる夏期シーズン中盤期であった。

2回目：9月1日、被検者が最大の目的としている全日本大学競泳選手権初日を3日後に控え、トレーニング量をかなり減らしてコンディションを整えたテーパー期で、トレーニングは1日1回であった。

3回目：10月7日、9月中旬以降、10月中旬までのシーズンオフ期間中の採血。被検者は日常的な活動以外特別にシーズン中のようなトレーニングは行っていない。

4回目：11月3日、10月22日にシーズンインして2週間経過したトレーニング再開期。トレーニングは1日1回で、量的にも強度的にもともに軽い時期であった。

5回目：11月18日、シーズンインして4週間経過

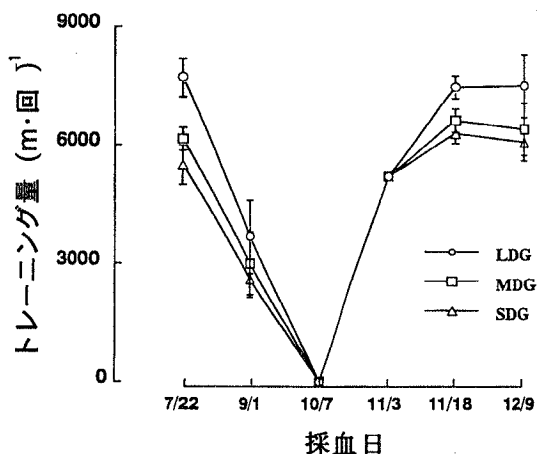


図1. 採血を行った各期のトレーニング量  
 図中の距離は採血を行った週の1回のトレーニングで泳いだ平均距離を示している(したがって、1日に2回の水泳トレーニングを行った期では、ここに示された距離の2倍に相当する距離を泳いだことになる)。  
 LDG : 長距離グループ、MDG : 中距離グループ、SDG : 短距離グループ

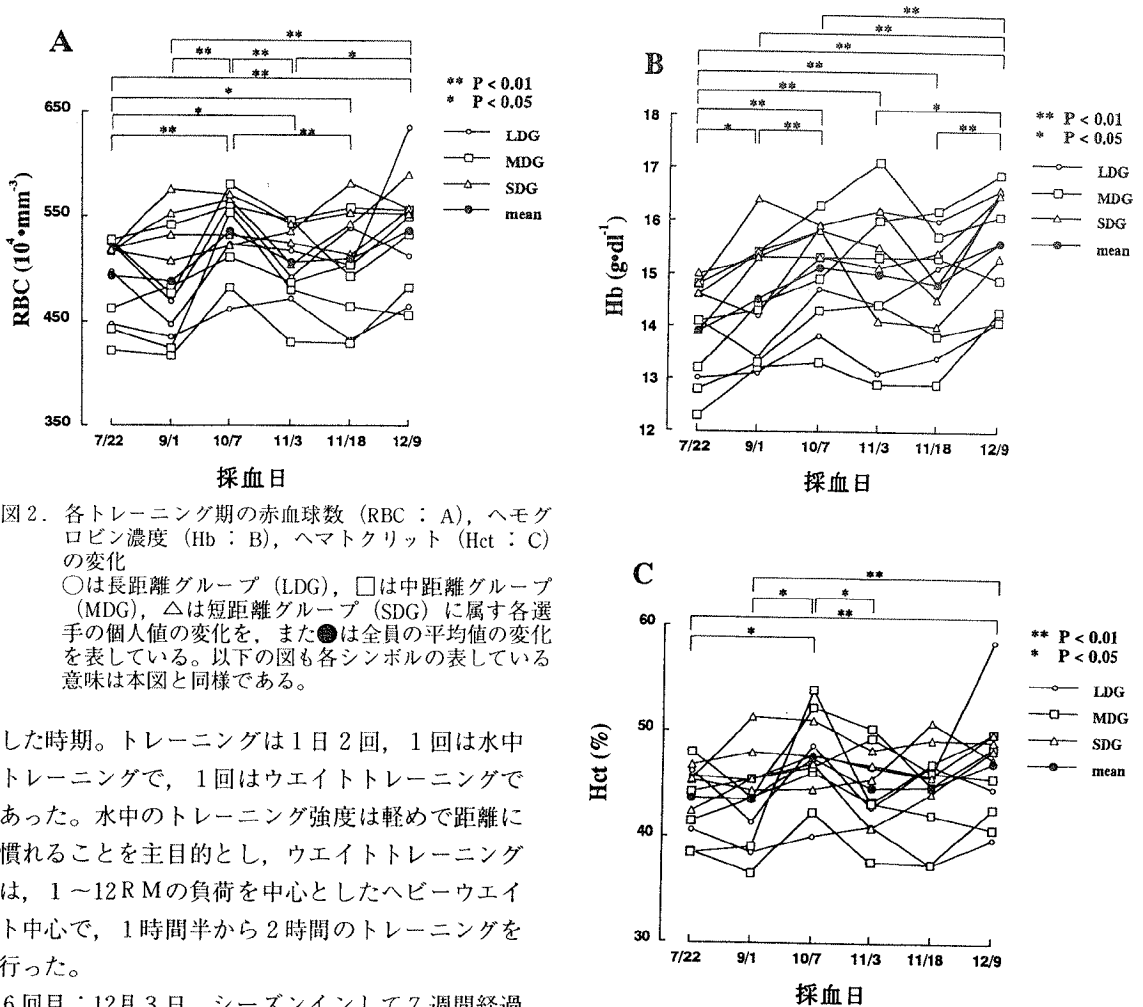


図2. 各トレーニング期の赤血球数 (RBC : A), ヘモグロビン濃度 (Hb : B), ヘマトクリット (Hct : C) の変化  
○は長距離グループ (LDG), □は中距離グループ (MDG), △は短距離グループ (SDG) に属す各選手の個人値の変化を, また●は全員の平均値の変化を表している。以下の図も各シンボルの表している意味は本図と同様である。

した時期。トレーニングは1日2回, 1回は水中トレーニングで, 1回はウエイトトレーニングであった。水中のトレーニング強度は軽めで距離に慣れることを主目的とし, ウエイトトレーニングは, 1~12RMの負荷を中心としたヘビーウエイト中心で, 1時間半から2時間のトレーニングを行った。

6回目: 12月3日, シーズンインして7週間経過した時期。トレーニングは前期同様, 1日2回, 1回は水中トレーニングで, 1回はウエイトトレーニングであった。水中トレーニングの距離は前期と同程度で, 強度はやや高めであった。ウエイトトレーニングは, 前回と同様の内容で, 12回以上反復可能となった種目の負荷は漸増された。

尚, 各時期の1回あたりの水中トレーニング量をLDG, MDG, SDG別に図1に示す。

### 3. 実験方法および測定項目

採血は, 早朝6時より肘静脈より行われた。この際, 被検者は採血前夜から10時間以上の絶食安静を行った。採取された血液サンプルの一部は冷却遠心分離され, それより採取された血清から酵素活性値を測定した。

本実験においては, 貧血症状をみるための指標として赤血球数, ヘモグロビン (Hb) 濃度, ヘマトクリット (Hct) を, 血中逸脱酵素の活性値としては glutamic oxaloacetic transaminase (GOT), glutamate pyruvic transaminase (GPT), creatine phosphokinase (CPK), lactate dehydrogenase (LDH) をそれぞれ測定した。なお, 赤血球数, Hb 濃度, Hct は自動血球分析器 (日本光電社製) によって測定した。また, それぞれの酵素活性値は, 富士ドライケム3000 (富士フィルム社製) を用いて自動的に分析定量した。

### 4. 統計処理

各採血期の平均値間の差の検定は, 繰り返し数

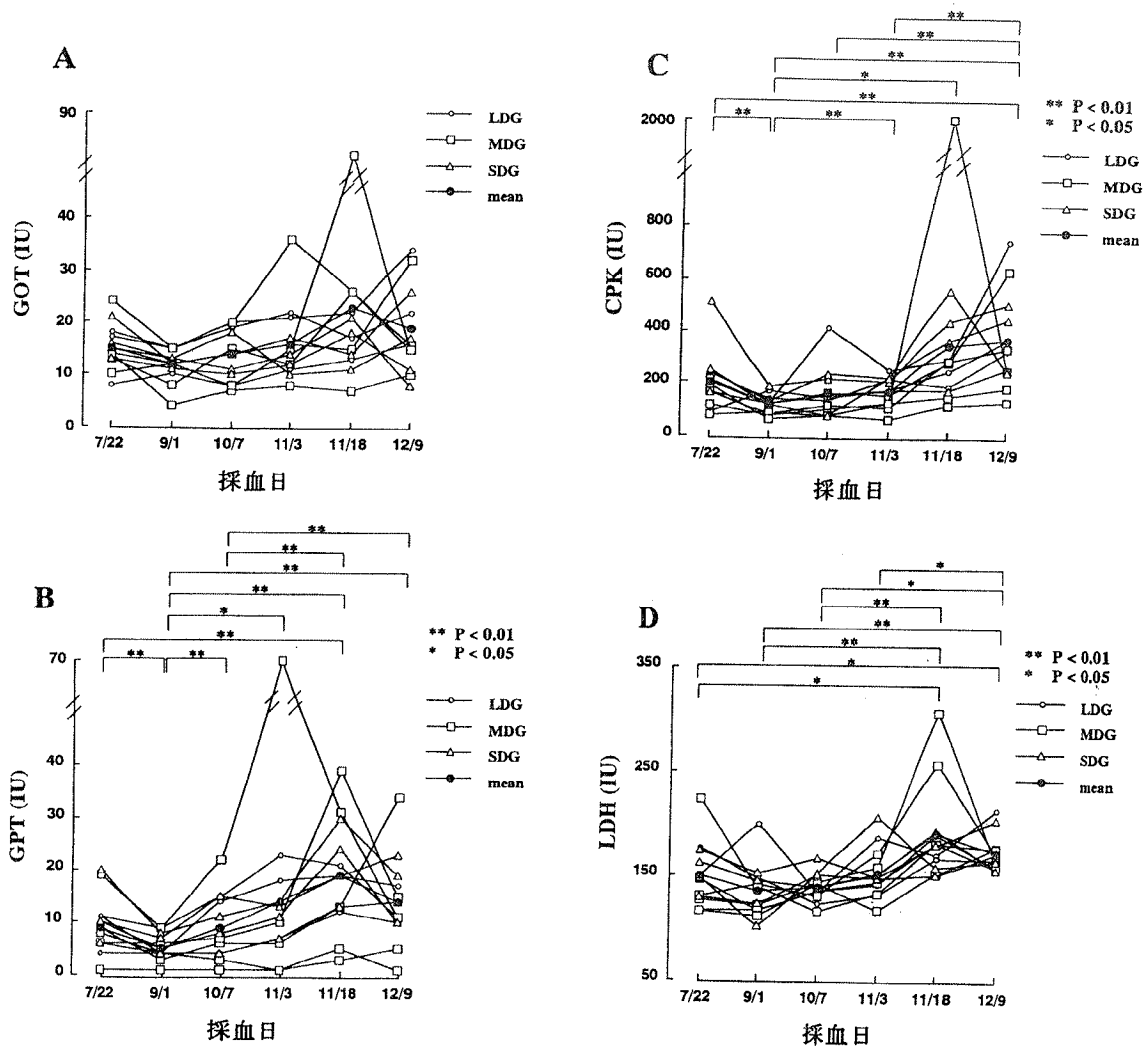


図3. 各トレーニング期の Glutamic oxaloacetic transaminase (GOT: A), glutamate pyruvic transaminase (GPT: B), creatine phosphokinase (CPK: C), lactate dehydrogenase (LDH: D) の変化

の等しい一元配置の分散分析によって行った。そして差の見られた項目に関しては、Bonferroni法を用いて差のある群間を抽出した。

## 結 果

### 1. 赤血球数, Hb濃度, Hct

各トレーニング期における赤血球数 (A), Hb濃度 (B), Hct (C) の個人値ならびに平均値の変化を図2に示す。各図共通であるが、○はLDGに属す被検者の値を、□はMDGに属す被検者の値を、△はSDGに属す被検者の値を、●は

全員の平均値を表している。夏の泳ぎ込み期および試合直前のテーパー期の赤血球の数, Hb濃度, およびHctは、全体を通じて低い傾向にあり、特にウエイトトレーニングを始めた11月後半以降の値よりも有意に低い値であった。また、LDG, MDG, SDGのトレーニング群の間には特異的な傾向は認められなかった。

### 2. 血中逸脱酵素

図3は、各期のGOT (A), GPT (B), CPK (C), LDH (D) の変化を示したものである。テーパー期には、GPT, CPK, LDHにおいて最

低値が観察され、他のトレーニング期と比較し、有意な差が観察された。ウエイトトレーニングを開始した11月後半以降のトレーニング期には、CPK、およびLDHの上昇が観察され、最も水中トレーニングが激しかった夏期のトレーニング期を含み他のトレーニング期よりも有意に高い値であった。GOTに関しては、平均値でみると他の逸脱酵素活性値と類似した傾向が認められたが、個人値間の分散が大きいことと、必ずしも全被検者が同じような動向を見せなかったことから、統計上有意な変化は認められなかった。また、LDG、MDG、SDGの3つのトレーニング群の間には、血中逸脱酵素に関しても特異的な傾向は認められなかった。

## 考 察

本実験は、1シーズンを通してトレーニング内容の異なる各期の血液成分を調べ、各期のトレーニングが生体への程度の負担を与えているかを推察するとともに、この結果より今後のトレーニング処方に対する資料を提供することを目的とした。

### 1. トレーニング期

血中逸脱酵素は、その運動に対する負担組織を極めて特異的に反映することが明らかとされている<sup>25)</sup>。この特異的応答を利用し、安静時または運動前後の一過性の測定値から、各種競技の種目特性を明らかにしたり<sup>8, 24)</sup>、生体への負担度(トレーニング刺激の大きさ)を推測、評価する試みが行われてきた<sup>14, 25, 27)</sup>。しかしながら、本実験のように多数の同一被検者を用いて、しかも長期間にわたってトレーニング内容の異なる時期の測定を試み、それぞれを比較したものは他に例を見ない。

本実験では1シーズンを通じ、計6回の測定を行った。そのトレーニング時期と内容は、1)年間を通じて最もトレーニング強度が高く、かつ量が多い夏期シーズン中盤期、2)最大の目標である全日本学生水泳競技選手権直前のテーパー期、3)特別なトレーニングを行わないシーズンオフ期、4)トレーニング量は少なく、強度も低いト

レーニング再開期、および5・6)夏期シーズンと異なり、ウエイトトレーニングを含み、かつトレーニング強度、量を徐々に高めていくシーズン導入期であった。これら6期のデータの中でも、とりわけ全国大会の標準記録を突破して出場するようなよく鍛練された選手から、大きな大会直前のテーパー期のデータ、ならびにトレーニングを休んでからまた再開するときの変化を追跡したデータが得られたことは、大変貴重な事例といえる。分析された結果を実際に今後の指針としてトレーニングの場へフィードバックするためにも、トレーニング内容と身体状況の変化をこのように継続的に照らし合わせて評価していくことが重要ではなからうか。

### 2. 血球成分の変化

一般に、トレーニングによって運動性貧血が起こることは数多く報告されている<sup>2, 3, 11, 16)</sup>。この要因としては、物理的な衝撃による破壊<sup>3, 23)</sup>や化学的要因<sup>12, 20)</sup>、鉄分喪失の増大または摂取不足<sup>5)</sup>などが考えられている。しかしながら、本実験において赤血球数、Hb濃度、Hctから評価して、これらが正常値から特に逸脱し、高度の貧血症状を示した被検者は、女性被検者を含め見あたらなかった。これは、水泳競技自体が、半無重力環境の水中で行われる競技であるため、陸上運動と比較して物理的な赤血球破壊が起こりにくいことと関係しているかもしれない。また、水中では陸上と比較して発汗しにくいことも鉄分消失を減らす1原因として考えられ、貧血症状の認められないことに何らかの影響をもたらしているかもしれない。

また、正常範囲内ではあるが、夏期の泳ぎ込み時、およびその後のテーパー期は他の期と比較して赤血球数、Hb濃度は低い傾向にあった。慢性的に持久的トレーニングを行っているものには、Hb量が変わらないにも関わらず、循環血液量<sup>13, 18)</sup>、特に血漿量が増大し<sup>6)</sup>、Hctが相対的に低くなる見かけ上の貧血状態が起こることが確認されている。この相対的に薄まった血液は組織における末梢抵抗を低め、酸素運搬や代謝産物の除去に重要な血流促進の役割を果たすことが考えら

れ、持久的競技者にはむしろ良い適応状態とも考えられる。鉄分<sup>3)</sup>、蛋白質<sup>28)</sup>などの摂取不足も貧血に影響されることが明らかになっているが、本実験の被検者の栄養摂取状態が、特にトレーニング期毎に大きく変わったとは考えにくい。したがって、一年を通じて最も水中トレーニングの量が多い夏期シーズン中にヘモグロビン濃度が低い傾向にあったのは、トレーニングによる血漿量の増大が一番の要因として考えられる。

さらにこのような傾向はLDGのみならず、MDG、SDGグループにも見られた。これは、先行研究の陸上選手で見られた結果<sup>17)</sup>とは異なるものである。本実験では、夏期の測定当時、総泳距離に多少の異なりはあるものの、どのグループも1日2回、計約5時間程の水中トレーニングを行っていた。さらには競泳トレーニング自体、どのグループにおいても、決められた距離をある限られた時間内で何度も反復するインターバル形式で構成されていることから、従来からいわれてきたようにほとんどのトレーニングが有酸素性トレーニングをベースに行われていたと考えられる。一方、陸上競技においては走距離によってトレーニングのやり方がかなり異なる。したがって、このようなトレーニング法の違いが水泳選手と陸上選手では異なる結果をもたらしたのかもしれない。

### 3. 血中逸脱酵素の変化

本実験では、GOT、GPT、CPK、LDHの4種類の血中逸脱酵素を測定した。臨床医学の見地から、GOTは主として肝機能の診断に用いられている。しかしながら、このGOTは従来心臓に最も多く、その他肝臓、骨格筋、腎臓、膵臓等、多くの組織に存在する。一方、同じく肝機能の診断に用いられるGPTはほぼ肝臓に由来する酵素である。したがって、GOT、GPT両者の上昇が確認されると、臨床的には肝臓機能障害が疑われる。本実験の慢性的にトレーニングを行っている被検者においても、高めのGOT値が観察されるケースが見られたが、そのほとんどがGPTの正常範囲を逸脱する上昇を認めてはいない。したがって、これらの高いGOT値はトレーニングに

よってストレスのかかる心筋および骨格筋に由来したものと考えられる。実際、11月18日の測定において特に高いGOT値が観察された被検者では、骨格筋または心筋に由来するCPK、LDH値も同時に最も高い値を示していた。

また、本実験において、GPTが正常範囲を逸脱した被検者が認められたが、この被検者は測定時に風邪による身体の不調を訴えていた。この場合、トレーニングによる身体へのストレスに加え、何らかの病的に体調不良の原因となるものを測定値は反映していたと思われる。このように、通常臨床的な診断として用いられているこれらの指標をトレーニングにおけるストレスの大きさの指標として用いる場合、正常範囲外の値が観察されたときには、これらの数値を安易に解釈するのではなく、状況に応じては専門家の指導を受けながら、慎重に対処しなければならないであろう。

トレーニング量が急激に少なくなったテーパー期の血中逸脱酵素は、GOTを除き、他のトレーニング期と比較して有意に低下した。このことは、激しいトレーニング期の後のトレーニング量、強度の低下は、身体へのストレスを低下させ、筋ダメージの回復を助長することを示唆している。そしてこの結果は、我々のテーパー期のトレーニングがその目的を達成していたことを示すものでもある。また、テーパー期にはGPTの有意な低下も観察された。本実験の結果からこの原因を明らかにすることはできないが、急激なトレーニング量、強度の低下のみならず、大事な試合を控えた選手達の生活の仕方そのものが、何かしらこのような変化をもたらしたのかもしれない。

水泳競技の成績とパワー出力には正の相関が観察されており<sup>7,10,21)</sup>、パワー出力を大きくすることは競技成績を向上させるひとつの要因といえる。したがって、ウエイトトレーニングによる筋力、パワーの向上は重要であるが、ウエイトトレーニングを含んだトレーニング期には血中逸脱酵素活性値の増加が観察され、特にCPKにおいては高い値が観察された。被検者の中には、水中トレーニング時には確認されなかった2000IUを

越えた CPK 値も観察された。本被検者が行っているウエイトトレーニングのように、最大筋力、またはそれに近い筋力発揮による運動後には、数日間またはそれ以上長期にわたって最大筋力が低下したままとなることが報告されている<sup>4,15)</sup>。このような最大筋力の低下現象は継続的にトレーニングすることで回避できるようになるか<sup>4,15,26)</sup>、これらのことは、一過性のウエイトトレーニングによる筋のダメージは水中トレーニングへも影響を与えることを示唆している。したがって、これまでウエイトトレーニングの経験のない選手達に試合の前になって急に始めさせるようなことは避けるべきであり、ウエイトトレーニングを開始する時期については、年間計画の中で慎重に決めなければならないであろう。

本実験において、1カ月ほどのトレーニング休止期の後、トレーニングを再開したときの血中逸脱酵素の変化を見てみると、トレーニング量も少なく（1日1回）、強度も低いトレーニング開始期はそれほどでもなかったが、トレーニング量も増え（1日2回）、ウエイトトレーニングを始めた後の CPK, LDH は有意な増加を示した。本実験のように少なくとも6年以上、中には10年を越える水泳歴を持ち、継続的に競技トレーニングを続けてきた高度な鍛練者をもってしてもなお、わずか1カ月ほどのトレーニング休止期後の通常のトレーニングは、生体へ大きなストレスを与えていることがわかる。もし、これが非鍛練者に対してであったとしたら結果は推して知るべしであり、このことはトレーニングを新たに開始する、または再開するとき、指導者はトレーニング量、強度に十分配慮しながら指導しなければならないことを示している。また、CPK, LDH などの骨格筋由来の逸脱酵素値は、同様の運動を行った場合、非鍛練者と比較して小さいことが報告されている<sup>9,22)</sup>が、これはその活動に対して通じているかどうかということと関連しているのかもしれない。本実験で水中トレーニングが最も激しかった夏期のトレーニング期よりも、冬季のウエイトトレーニング時にこれらの血中逸脱酵素の顕著な上昇が認められたことは、脱トレーニングの影響と

ともに、本被検者はウエイトトレーニングよりも水中トレーニングにより通じていること、ならびにウエイトトレーニングの方がより骨格筋に対する物理的なストレスが大きいことなどが相乗的に影響しているのであろう。本実験のようにデータをモニタリングしながら、トレーニング量、強度などを決定することは、トレーニングをうまく進めていくうえでの一手段と考えられる。

また、その後の血中逸脱酵素の変化を見ると、トレーニング量が増大するにも関わらず、ほぼプラトーに達した。トレーニングを重ねるにつれて血中逸脱酵素が減少することはこれまでも報告されている<sup>4,15,26)</sup>が、この身体的適応の早さが、十分その運動に通じた鍛練者と始めたばかりの非鍛練者において異なるかどうかは今後の研究課題として興味深いものである。

また、血中逸脱酵素の変化を SDG, MDG, LDG のトレーニンググループ別に見ると、特にグループ間に目立った差の傾向は認められず、どのグループの被検者も年間を通じ類似した変化を示した。このことは、先述したように、総泳距離に多少の異なりはあるものの、競泳トレーニング内容がどれも類似していることに起因しているのかもしれない。またこのことは、これらトレーニンググループの泳距離の差そのものは、ウエイトトレーニングや、テーパ期のように極端に量と強度を減らしたときほどの身体へのストレスの差はないことを示唆している。

## ま と め

本実験は、12名の健康な大学競泳選手を対象とし、1シーズン中、トレーニング内容が異なる6回の時期に選手の血液成分を測定することにより、それぞれの期のトレーニングが選手に対してどれほどストレスを与えているか推定することを目的として行った。主な結果は以下の通りであった。

1. 水泳トレーニング量、強度ともに最も高い夏期トレーニング時の RBC, Hb, および Hct は、他のトレーニング期よりも低い傾向を示した。

2. テーパー期の GOT, GPT, CPK, および LDH などの血中逸脱酵素は, 特にトレーニングを行わない期と類似した値を示し, 他のトレーニング期より低い傾向を示した。

3. ウェイトトレーニングを行った期の CPK 値は, 他の期と比較し, 高い値が観察された。

4. 1回のトレーニング時の泳距離が異なる短距離, 中距離, 長距離グループの血液成分には, 特に顕著なグループ間の差は認められなかった。

これらの結果は, トレーニンググループ間ではそれほどの違いは認められないものの, 各トレーニング期によって身体的なダメージが異なることを示唆しており, また, 大切な試合に向けての年間トレーニング計画をたてる場合, どのようなトレーニングをいつ持ってくるかなどの配置に関する指針をも与えてくれている。

## 謝 辞

本実験にあたって, 多大なるご協力をいただいた鹿屋体育大学水泳部部員の皆様に, 感謝の意を表します。

## 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, pp139-145, 1975.
- 2) Bell, J. and Cowan, G. S. M. Jr.: Low blood hematocrits in male army volunteers during basic training. *New Engl. J. Med.*, 299, pp491, 1978.
- 3) Buckle, R. M.: Exertional (march) haemoglobinuria. Reduction of haemolytic episodes by use of sorbo-rubber insoles in shoes. *Lancet*, 1, pp1136-1138, 1965.
- 4) Clarkson, P. M., Nosaka, K. and Braun, B.: Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. *Med. Sci. Sports Exerc.* 24, pp512-520, 1992.
- 5) Clement, D. B. and Asmundson, R. C.: Nutritional intake and hematological parameters in endurance runners. *Phys. Sportsmed.* 10, pp37-43, 1982.
- 6) Convertino, V. A., Greenleaf, J. E. and Bernauer, E. M.: Role of thermal and exercise factors in the mechanism of hypervolemia. *J. Appl. Physiol.*, 48, pp657-664, 1980.
- 7) Costill, D. L., Rayfield, F., Kirwan, J. P. and Thomas, R.: A computer based system for the measurement of force and power during front crawl swimming. *J. Swim. Res.*, 2, pp16-19, 1986.
- 8) 江橋博, 西嶋洋子, 丸山芳一, 大平充宣, 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, pp18-30, 1989.
- 9) Hansen, K. N., B-Krudesen, J., Brodthagen, U., Jodal, R. and Pauleu, P. E.: Muscle cell leakage due to long distance running. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 48, pp177-188, 1982.
- 10) Hawley, J. A. and Williams, M. M.: Relationship between upper body anaerobic power and free style swimming performance. *Int. J. Sport Med.*, 12, pp1-5, 1990.
- 11) Hirayatsu, S.: Studies on the cause of erythrocyte destruction in muscular exercise (Changes in erythrocyte properties in sports training and their physiological significance. Report I). *Acta Haematol. Japan.* 23, pp843-851, 1960.
- 12) 弘卓三: 代謝性 acidosis による赤血球浸透圧脆弱性の研究. 体力科学, 31, pp279-290, 1982.
- 13) Kjellberg, S. R., Rudhe, U. and Sjostrand, T.: Increase of the amount of hemoglobin and blood volume in connection with physical training. *Acta Physiol. Scand.*, 19, pp146-151, 1949.
- 14) 野坂和則, 七類誠, 朽木勤, 分谷知明: 運動の影響の残存に関する生化学的検討. デサントスポーツ科学, 5, pp232-238, 1984.
- 15) Nosaka, K., Clarkson, P. M., McGuiggin, M. E. and Byrne, J. M.: Time course of muscle adaptation after high force eccentric exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 63, pp70-76, 1991.
- 16) 大平充宣, 田畑泉, 芝山秀太郎, 丸山芳一, 丸山征郎, 江橋博, 西嶋洋子, 満留敏弘: トレーニングに伴う貧血予防について — 貧血発現のメカニズムの検討 —, デサントスポーツ科学, 10, pp258-289, 1989.
- 17) 大平充宣, 東昇吾, 神崎正紀: トレーニング中の健康人に見られる貧血発生機序の検討. 難破照男記念健康づくり研究所研究論文集, 5, pp37-43, 1991.
- 18) Oscai, L. B., Williams, B. T. and Hertig, B. A.: Effect of exercise on blood volume. *J. Appl. Physiol.*, 24, pp622-634, 1968.
- 19) Rutter, W. J.: Enzyme variants and metabolic deversi-



- fication. *Adv. Enzyme Regul.*, 1, pp39, 1963.
- 20) Sagawa, S and Shiraki, K.: Role of lipids in stabilizing red cell in rat. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, 24, pp57-65, 1978.
- 21) Sharp, R. K., Troup, J. P. and Costill, D. L.: Relationship between power and sprint freestyle swimming. *Med. Sci. Sports Exer.*, 14, pp53-56, 1982.
- 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, pp278, 1980.
- 23) Streeton, J. A.: Traumatic haemoglobinuria caused by karate exercise. *Lancet.*, 2, pp191-192, 1967.
- 24) 竹倉宏明, 吉岡利忠: 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. *鹿屋体育大学学術研究紀要*, 10, pp63-72, 1993.
- 25) 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, pp63-73, 1986.
- 26) Tesch, P. A, Komi, P. V. and Hakinnen, K.: Enzymatic adaptation consequent to long-term strength training. *Int. J. Sports Med.*, 8, Suppl., pp66-69, 1987.
- 27) 渡辺雅之, 宮崎義憲, 長尾憲樹, 山本隆宜, 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, pp217-228, 1984.
- 28) Yamaji, R.: Studies on protein metabolism during metabolism during muscular exercise. II. Changes of blood properties during training for heavy muscular exercise. *J. Physiol. Soc. Jpn.*, 13, pp483, 1951.