女性中長距離競技者におけるスランプの状態と血液性状および血中乳酸の消却速度との関係

愛知県立看護短期大学　金尾洋治
（共同研究者）同　山口桂子
同　村地俊二
愛知教育大学　筒井清次郎

A Physiological Approach to The Slump Period in Female Distance Runner

by

Yoji Kanao, Keiko Yamaguchi, Syunji Murachi
Aichi Prefectural Junior College of Nursing
Seijiro Tsutsui
Aichi Educational College

ABSTRACT

The purpose of this study was to examine the biochemical features of the slump period in female distance runner.

Six female distance runners (19－20 years old) were examined to provide data concerning hemoglobin concentration, serum glutamic oxalacetic transaminase (GOT), glutamic pyruvic transaminase (GPT), creatine phosphokinase (CPK), blood lactate disappiarance, and $\dot{V}o_2$ in running at submaximal constant speed during the slump period and the period of good condition.

The results obtained were summarized as follows;

1) In the slump period, $\dot{V}o_2$ in running at submaximal constant speed was higher than that in the period of good condition.

2) The significant correlation ($r = 0.63$ $P < 0.05$) was found between blood hemoglobin concentration and running performance in various

conditions, The data suggest that mild anemia might be major causes of the slump period.

3) No remarkable change of serum GOT, and GPT was found in any case. They remained in the normal range or lower value.

4) Serum CPK showed the higher value and was over the normal range in all subjects. But there was no significant correlation between serum CPK and running performance in various condition.

5) Blood lactate disappiearance tended to show the higher value in the period of good condition than that in slump period. But the correlation was not significant statistically.

要　　旨

女性中長距離競技者におけるスランプの状態を主として血液性状の面から明らかにすることを目的として本研究を行った.

6名の女性中長距離競技者（19－20歳）を被検者とし，スランプと好調時の両方の状態における差異を，ヘモグロビン濃度，血清GOT，GPT，CPK，血中乳酸の消却速度および最大下の一定スピードでの走行における酸素消費量の差異の面から検討した．その結果，以下に示す知見を得た.

1）最大下の一定スピードの走行における酸素消費量は，スランプの状態には好調時よりも高い.

2）好不調と，血中ヘモグロビン濃度との間には有意な相関関係が認められた（r＝0.63）．すなわち，不調時には運動性貧血になっている場合が多い.

3）血清GOT，GPTは，常に正常値範囲内にあり，低値を示した.

4）血清CPKの値は，すべての被検者において，常に正常値の範囲を越えていた．しかしながら，好不調との間には有意な相関関係は認められなかった.

5）血中乳酸の消却速度は好調時にはスランプ状態よりも高い値を示す傾向にあったが，その関係は統計的に有意なものではなかった.

はじめに

女性中長距離走における人気の高まり，レベルの向上と共に，日常のトレーニング内容は，量および強度において厳しいものとなってきている．その結果，貧血になるなど[21]，オーバートレーニングの弊害が出やすくなっている.

また，走り込みと称して，生体が適応できるであろう限界に近いところにまでトレーニングを行うことが多く，不調状態に陥ったり，試合までのコンディショニングに失敗して，ベスト記録には程遠い記録でゴールすることがよくみられる.

そこで今回は，ランナーにおける不調時の状態を，生理学的，生化学的に明確に示すことを目的とした．すなわち，好調時と不調時の差異を，次の3つの仮説を立てて検証し，実際のトレーニング場面に役立つ資料を得ることを目的として実験を行った.

1．同一スピードにおける酸素消費量は，好調時のほうが不調時よりも低い.

2．好調時における血中逸脱酵素（GOT，GPT，CPK）の値は，不調時よりも低い.

3．最大運動負荷後における血中乳酸の消却速度

は，好調時のほうが不調時よりも速い．

研究方法

1．被検者

被検者は，A大学陸上競技部に所属する，女性中長距離ランナー6名である．その中には全日本大学女子駅伝に出場した経験をもつ者が5名含まれており，競技力向上のために毎日トレーニングを続けて行っているランナーである．被検者の身体的特性を**表1**に示した．

すべての被検者は，実験に先立ち，研究の主旨，起こりうる危険性についての説明を受けた．被検者の予想を越えるような苦痛や不快等を感じた場合には，自らの意志でいつでも実験を中止できる権利を有する，等に関する同意事項の手続きを行い，研究協力の快諾を得た．

2．運動負荷テスト

図1に示した運動負荷テストを，トレッドミルを用い，各被検者ごとに5回，数週間の間隔をあけて行った．

150 m/分のスピードで3分間w—upを行い，休息した後，200 m/分のスピードで3分間走行，4分の休息をはさみ250 m/分のスピードで3分間走行した．そして4分間の休息をはさんだ後，260 m/分のスピードから，毎分10 mづつスピードを漸増しexhaustionに至るまで走行した．各走行時の最後の1分間，ダグラスバッグによって採気し呼気ガスの分析を行った．心拍数は，胸部双極誘導によって連続的に記録した．

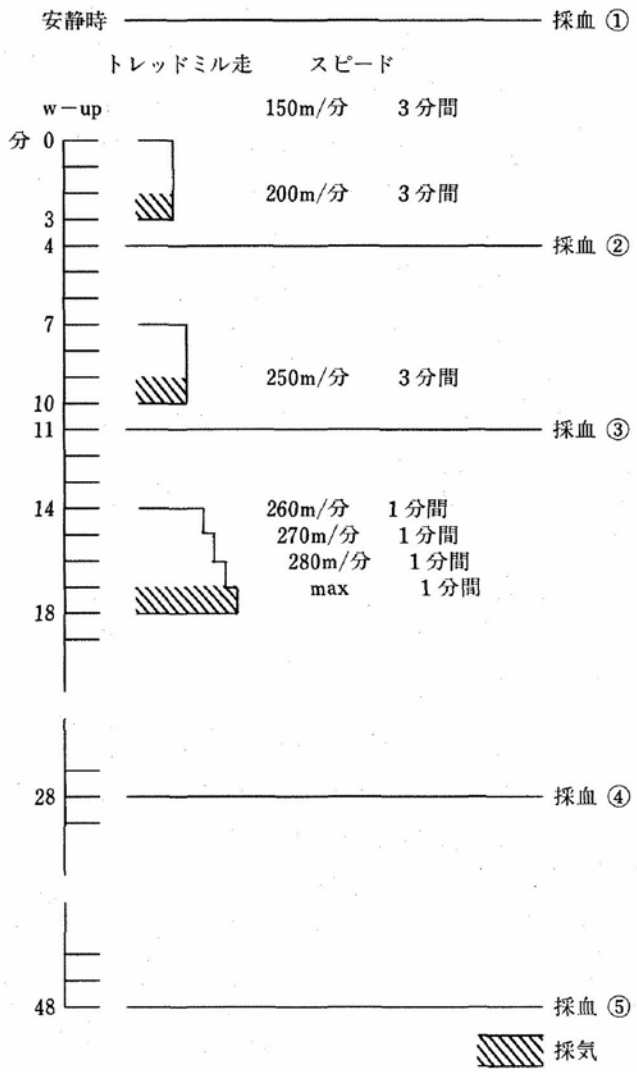


図1　運動負荷テストの概略

3．血液分析方法

被検者が椅座位の状態で，肘静脈から採血を行った．**図1**に示したように，安静時，200 m／分走後1分時，250 m／分走後1分時，exhaustion後回復10分，30分，の計5回採血し血液分析の試料とした．

いわゆる運動性貧血の

表1　被験者の身体的特性（実験開始時）

氏　名	年齢	身長（cm）	体重（kg）	ベスト記録	
				1500 m	3000 m
M. N.	20.6	161.0	50.4	4′44″	9′48″
T. Y.	20.0	159.2	44.8	4′49″	10′17″＊
K. A.	20.2	163.5	50.3	5′26″	11′38″＊
K. Ka.	19.6	158.1	47.4	5′32″	11′48″＊
T. T.	19.3	153.2	43.5	4′59″＊	11′30″＊
K. Ku.	20.1	159.4	55.0	5′30″	11′38″
平　均	20.0	159.1	48.6	5′10″	11′07″
SD	0.5	3.4	4.2	21″	51″

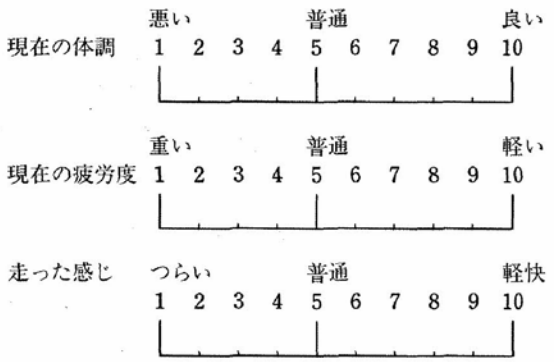
＊：実験期間中にベスト記録の更新有り

有無に関して，安静時の血液を用い，SLS-ヘモグロビン法（ヘモグロビンB-テスト和光）によって測定した．肝機能および筋の疲労を示す指標として，血中逸脱酵素（GOT，GPT，CPK）の測定を，安静時と運動負荷テスト回復30分の二つのサンプルから行った．GOT，GPTはPOP・TOOS法（トランスアミナーゼCⅡ-テスト和光）によってCPKはOliver変法（CPK-テスト和光）によってそれぞれ測定した．

血中乳酸濃度の測定は，5回すべての血液サンプルを用い，過塩素酸で除タンパク処理を行った後，酵素法（ラクテート-UV-テストおよびラクテート・テストBMY；ベーリンガー・マンハイム山之内社）によって測定した．

なお採血は，医師の監視のもとで，熟達した看護教員によって行った．

4．好調時と不調時（スランプ）の判定



走る前における予想記録

1500m	分	秒
3000m	分	秒

走った後における予想記録

1500m	分	秒
3000m	分	秒

実験測定日までの練習内容

	総走行距離(km)	その内訳 JOG(km)	その内訳 スピード走(km)
1日前			
2日前			
3日前			
4日前			
5日前			
6日前			
7日前			

測定日のトレッドミル走における最高スピード　　m/分

図2　好調時と不調時の判定のために用いた資料

運動負荷テストに先立ち，その日の体調，疲労度，および走ることに関する体調を，**図2**に示すような尺度で主観的に報告してもらった．またその日にレースを行ったと仮定したときの予想記録（1500 m，3000 m）を負荷テスト前，後にそれぞれ主観的に予想し記録してもらった．さらには，exhaustionに達したときのスピードを判断基準のひとつとした，運動負荷テストを行う前1週間のトレーニング内容を記録してもらい，疲労度の判断材料とした．

5．結果の分析

実験測定が，当初計画していた回数に満たなかった事，あるいは，好不調の波が小さかった者の存在もあり，各測定結果を好調時と不調時の2つのカテゴリーに分類し，その差異を統計的に示すことが妥当性をもつまでには至らなかった．

そこで今回は，各被検者ごとに各測定日の結果を上記した判断基準にしたがい，好調度順に順位をつけて並べ変え，各測定項目との相関関係を求めることとした．統計的な有意水準は5％とした．

研究結果

被検者6名のうち1名は，日常のトレーニング中に膝を痛め回復が遅れたために，今回の運動負荷テストを2回しか行えなかった．また，他の1名は，安静時の採血の際に，少し気分が悪くなったと訴えたために，その時の運動負荷テストを中止した．その他の4名に関しては，なんの支障もなく5回ずつ実施できた．

1．一定スピードで走行中の酸素消費量

図3に，200 m/分，250 m/分のスピードの走行における，体重あたりの酸素消費量の変動を示した．横軸には各走行時の結果を，好調度の低い順に順位をつけて示した．

個人差が認められ，200 m/分，250 m/分の一定スピードの走行で，それぞれ最高11.9 m*l*/kg，

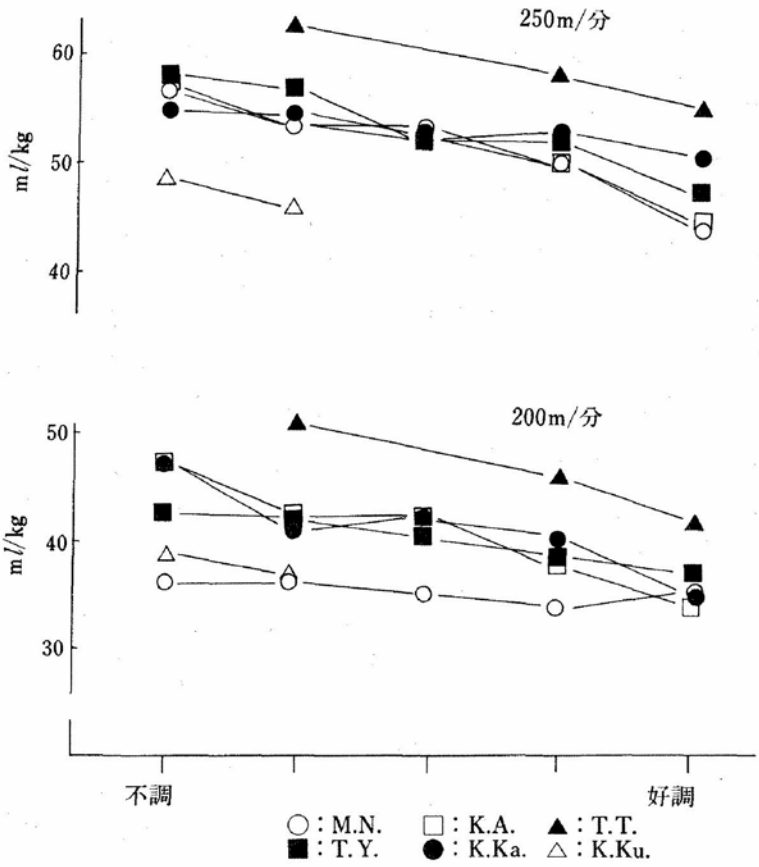


図3　好調時と不調時における，一定スピードでの酸素消費量の変動

14.3 m*l*/kgという比較的大きな差が認められた．また個人内における，好調時と不調時の差も大きく，最高 6.2 m*l*/kg，8.2 m*l*/kgの変動がみられた．**図3**に示したように右下がりの傾向があり，不調時には，一定スピードの走行中の酸素消費量が好調時と比較して高かった．200 m/分のスピードにおける酸素消費量と好調時との間には r＝－0.51，250 m/分の場合と好調時との間には r＝－0.53という，いずれも有意な相関関係が認められた．

2．ヘモグロビン濃度（図4）

いわゆる運動性貧血の有無に関して，血中ヘモグロビン濃度を測定した結果を，**図4**に示した．

6名中2名は，正常値範囲内のなかでも高値を常時示した．他の4名は，正常値を下回るか，あるいは，正常値範囲内でもかなり低い値を示すことが，不調時には認められた．運動性貧血の状態にならず常に高値を示し，変動の少なかった2名を除いて，好不調とヘモグロビン濃度の相関関係を求めると，r＝0.63の有意な関係が認められた．

3．血清 GOT，GPT の変動（図5）

GOT と GPT は，心筋および肝機能の障害の有無を示す指標として臨床的に用いられている．**図5**に示したように，いずれの被検者においても正常値の範囲内にあった．また，好調時と不調時の差異も認められず，ほとんどの被検者において低値を示した．また，運動負荷テストの前後においても，値には変化が認められなかった．

4．血清 CPK の変動（図6）

図6に示したように，血清 CPK の値は，いずれの被検者においても，常に正常範囲内の上限を越えた高い値であった．しかしながら，好不調と血清 CPK の間には，何ら関係は認められなかった．

また，安静時の値と運動負荷テスト後30分の値には，差異は現れなかった．

5．回復期における血中乳酸の消却速度の変動（図7）

運動負荷テスト後10分における血中乳酸濃度と，30分後における値の差を，血中乳酸濃度の消却速度（量）とした．**図7**には，その値の好不調における変動を示した．

各被検者ともに，その値の平均値は20～30 mg/d*l*の範囲内にあり，個人差がはっきりとは認められなかった．また，好調時における乳酸の消却速度は，やや速いのではないかという傾向が，この図からうかがえるが，その相関関係は有意なものではなかった．

考　　察

一定スピードにおける酸素消費量は，ランニン

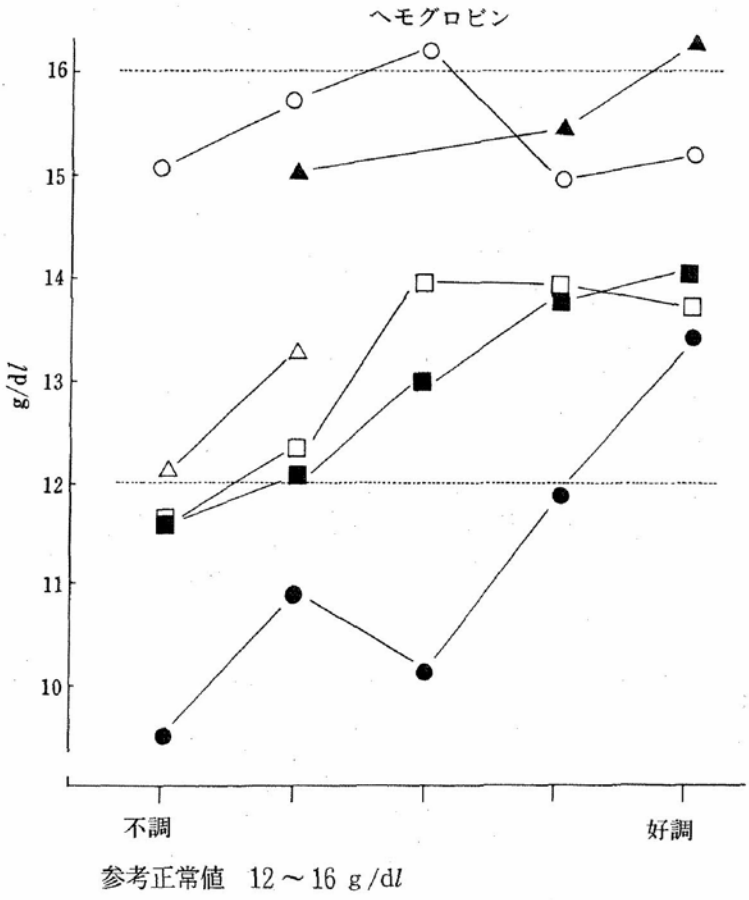


図4　好調時と不調時における，血中ヘモグロビン濃度の変動

グ効率，あるいはランニングのスキルという考え方で研究されてきた[1,11]．Farrell ら[4]，Conley ら[1]は，一定スピードにおける酸素消費量と長距離走のパフォーマンスとの間に有意な負の相関関係があることを報告している．対照的に，それらの間に有意な関係が認められなかったと言う報告もあるが[2,3,16]，ランナーにとって，一定スピードにおける走行中の酸素消費量が少なくてすむことは，$\%\dot{V}O_{2max}$ を低くするという意味においても長距離走の成績に対し，有効に作用すると考えられる．

今回有意な負の相関関係が認められたことから，不調時にはランニング効率が落ちていること．そして生体に対する負担度が増していると言うことが出来よう．また，今回の，不調時における酸素消費量の増加は，主として換気量の増加によって生じているものであった．

最大酸素摂取量の個体内変動に関して豊岡ら[23]が報告した値と比較して，今回は少し変動が大きかった．また一定スピードにおける酸素消費量の個人差，あるいは個人内の変動の幅も，予想したよりも大きいものであった．当然，測定誤差（トレッドミルのスピード誤差，呼気ガス分析器の誤差等），あるいは測定期日の気温等の影響があることは否定できない．しかし，トレーニング量，強度，疲労度等による好不調の波があり，その原因のひとつあるいはその現れとして，一定スピードでの酸素消費量の個人内のゆらぎも無視できないものであると考えられる．長距離走における成績に関与するひとつの因子として，今後さらに研究すべき対象であろう．

今回の実験の問題点として，測定方法による制限がまず上げられる．すなわち，ダグラスバッグ法で行い，負荷も 10 m づつ漸増したために，被検者は，どうしてもきりのいいところでランニングを終了してしまい，その日の被検者の最大パフォーマンスが完全には求められなかった点にある．心拍数が 180 /分を越えている点，呼吸商等からみても，最大酸素摂取量を求める条件は満たしていたが，最大パフォーマンスを求めるには疑問が残る．負荷方法をランプ式にし，呼気ガスの採集，分析方法を，ブレスバイブレスで行ったほうが，より目的にかなっていたであろう．

また，一定スピードにおける走行時間を 3 分とした点で，はたして定常状態に達していたのかどうかと言う疑問点がある．今回の目的のためには 2 段階のスピードにおける走行と，最大スピードでの走行を 1 回の測定日で行ってしまう必要があった．さらに，被検者の負担を考慮すれば最低限と思われる 3 分で行わざるをえなかった．平木場ら[7]が行ったように，研究目的を細分化し，それ

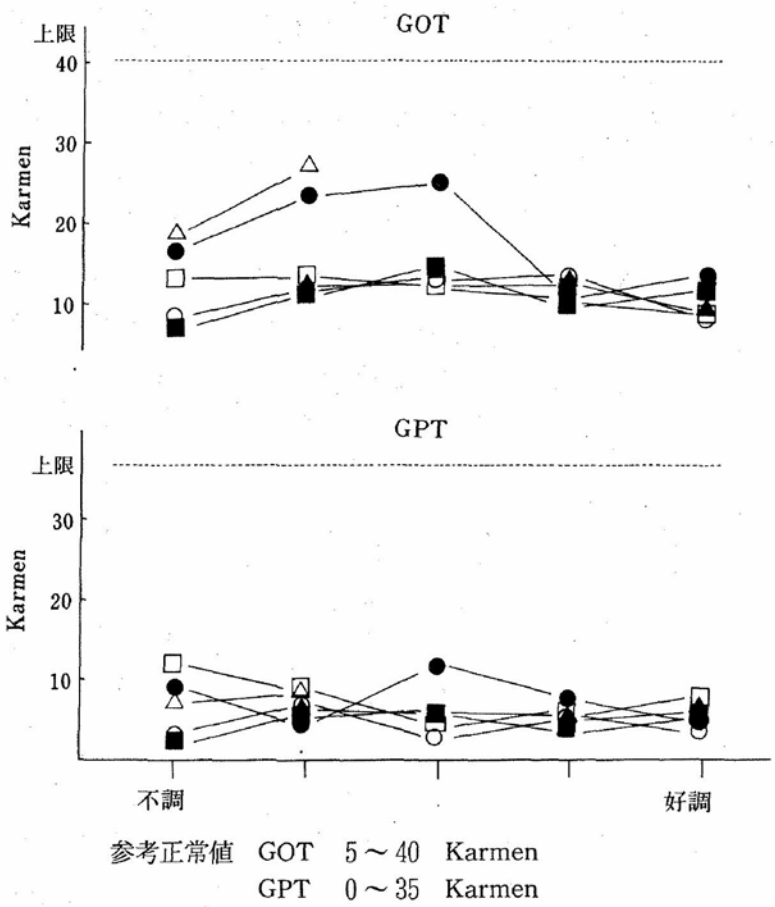


図5 好調時と不調時における，GOT，GPT（安静時）の変動

ぞれ定常状態にドリフトが起こるまで一定スピードでの走行を行うほうが，好不調の差異が明確に出来たのかも知れない．今後の課題として残った．

運動性貧血によって，中長距離走におけるパフォーマンスの低下が起きることは数多く報告されている[12,14,17]．特に，女性ランナーにおいては月経現象が関与する可能性が高く，常に注意を払う必要がある[21]．まったく貧血状態を示さなかった2名を除けば，今回でも，好不調とヘモグロビン濃度との間には，密接な因果関係があることが推察された．トレーニング計画を立てる上で，ヘモグロビン濃度をひとつの指標とすることは，有益なことであろう．

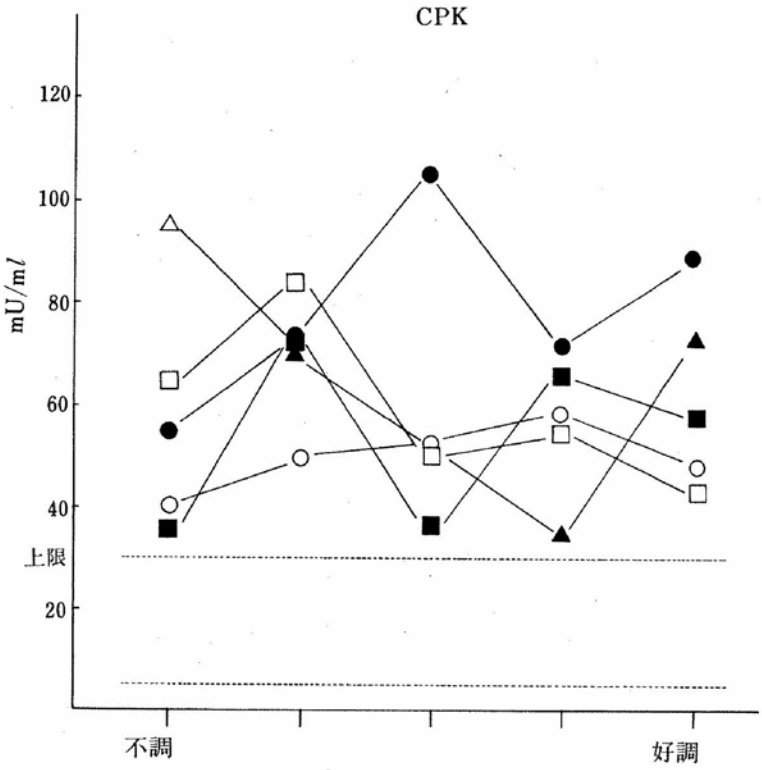
今回の測定で，貧血状態を示さなかった2名は被検者の中で，パフォーマンスの高い上位2名であった．トレーニングの強度や量を各競技者の実力にあわせて立案しても，同一競技部の中でトレーニングを一緒に行っていることを考えれば，この2名にとって，トレーニング負荷が他の競技者と比較して，相対的に軽いものとなっていたことも考えられる．そのことが貧血状態に陥らない原因のひとつになっているのであろう．また，この2名においては，好調，不調の波も，今回の測定では小さかった．今後追跡調査して，不調時の状態を分析するのも興味深い課題であろう．

なお，被検者に各測定日ごとに生理中か，その直後か（3日以内），あるいはそうでないかを報告してもらったが，今回測定した各項目との間には，何ら関係は認められなかった．

血液は本質的に生体の内部環境そのものでありきわめて高い恒常性を持っている[19]．血中逸脱酵素は，血液中に通常ではごく微量にしか検出されない．各組織に特異的に存在しているこれらの酵素が，血液中に正常値範囲内を越えて検出された場合には，その組織において何らかのストレスがかかった結果であろうと推察される．

進藤ら[20]は，長距離マラソン選手において，肝機能障害等の指標とされる，GOT，GPTの値が高く，正常値範囲内を越える者が数名認められたと報告している．また持久的運動負荷がかかった後に，これらの酵素活性の上昇が認められたという報告も多い[8,13,17]．

今回は，好不調の指標となることを期待して測定を行ったが，いずれの被検者においても，低値を示した．貧血状態のひどかった1名と，故障回復後に練習を再開して間もない1名において，GOTの値がわずかに高かったが，それでも正常値範囲内を越えるものではなかった．進藤ら[20]の



参考正常値　5～30 mU／ml（女性）

図6　好調時と不調時における，血清 CPK（安静時）の変動

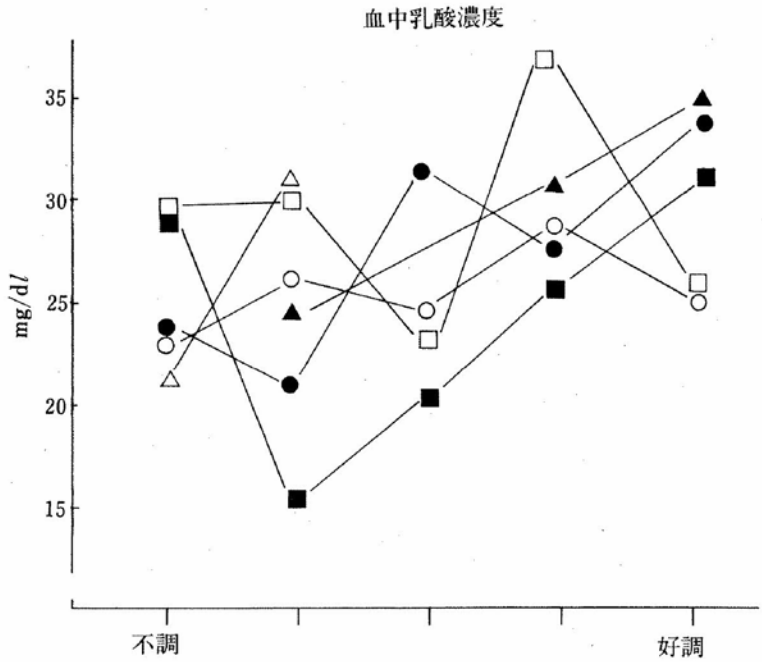


図7　好調時と不調時における，血中乳酸の消却速度の変動
（運動負荷テスト終了後 10 分の値と，終了後 30 分の値の差）

報告では，被検者は日本を代表するようなランナーであり，トレーニング内容は厳しいものであると容易に推察できる．今回の被検者のトレーニング内容は，週あたり平均 70 km と，競技者にとってさほど多くはない．そのことが今回との差となっているのかも知れない．

しかしながら，今回の結果でこれらの酵素の測定が無意味であるとはいえない．たしかに運動中における肝臓の働きは，さほど大きなものではないかもしれないが，運動負荷後の回復期も含めると，乳酸の分解，グリコーゲンの貯臓，放出における役割は大きい[15]．持久的ランナーにとって，強化合宿中や，長期間にわたる測定は，重要なものであろう．なお，今回の血液の分析の際には，溶血はまったく認められなかった．そのことも低値を示したことに関係しているだろう[19]．

血清 CPK 活性値は，非常に高く，正常値範囲内を常に越えていた．対照として，非鍛練者の血清を測定した場合には，正常値範囲内に収まる結果を得た．このことは長距離ランナーにおける日常のトレーニングが，下肢を中心とした筋群に大きな負担を与えていることのあらわれではないかと推察された．

しかしながら今回の結果では，好不調との間に予想していたような関係は認められなかった．不調時には，必然的にトレーニング量を落とすために，ある程度以上は高い値にならなかったと考えることもできる．いずれにしても，正常値範囲内を越え，しかも，かなり変動することが認められたということは，トレーニング計画を立案する場合や，コンディショニングの際の有効な指標となる可能性が高いと考えられた．

長距離走と AT（Anaerobic Threshold）あるいは OBLA（Onset of Blood Lactate Accumulation）との間に高い相関関係を認めた報告は多い[9,22]．運動時の血中乳酸濃度は，筋にお

ける乳酸の産生と，各組織における消却による差である[6]．運動時における乳酸の産生量を減少させること，およびその消却量を増すことが，持久的競技において重要な能力であり，トレーニングの対象となっていることなのであろう．

丸山ら[10]は運動負荷後における乳酸の消却速度は，鍛練者のほうが非鍛練者と比較して速いことを報告している．回復期における乳酸の除去速度であっても，運動中の除去速度を反映していると考えて[5]今回の測定を行った．

予期されたような結果がでなかったのは，仮説の誤りそのものか，また，回復期における消却速度が，運動中の消却速度を反映していないのかは，これだけでは判断できない．また方法上の大きな問題点が次の点で指摘されよう．

斉藤らは[18]，血中乳酸濃度のピークは，運動終了後10分で現れたことを報告している．それをもとにして，今回の測定方法では，何度も採血をすることが困難なため，血中乳酸濃度の測定を運動終了後10分と30分の2回に限定せざるを得なかった．好調時と不調時の間で血中乳酸濃度のピークがずれる可能性は十分に考えられる．また，その高さが個人内でどのくらい変動するのかという問題もこの消却速度を考えるためには考慮しておかなければならないだろう．

いずれにしても，乳酸瞬時分析器等を使用し，耳朶採血等によって被検者の負担を軽くし，測定回数を多くすれば解決できる問題点である．今後の課題として興味深い．

要　　約

女性中長距離競技者におけるスランプの状態を，主として血液性状の面から明らかにすることを目的とし，運動負荷テストを行う実験測定を行った結果，次に示す知見を得た．

1．同一スピードにおける走行時の酸素消費量は好調時のほうが不調時よりも低い．
2．ランナーにおける好不調と，血中ヘモグロビン濃度との間には，有意な相関関係が認められ，不調時には運動性貧血に注意を払う必要がある．
3．肝機能の障害を示す血清GOT，GPTの値は，今回の測定では好不調との関係が認められなかった．
4．筋疲労の指標となる血清CPKは，ランナーにおいては，正常値範囲内を常に越えるものであったが，好不調との関係が認められなかった．
5．血中乳酸の消却速度と好不調との間にも有意な相関関係は認められなかった．

実際にトレーニングを行っていく場面では，このスランプの状態から出来るだけ早く回復することが重要な課題である．なぜ，現在うまく走れない状態であるのかを，安静状態だけでなく，今回行ったような運動負荷テストを行って明らかにすることが必要であろう．

なお，本研究は，愛知県立看護短期大学　神谷明子，永崎和美の両先生の助力によって達成されたものです．ここに記して感謝します．

文　　献

1）Conley, D. L., G. S. Krahenbuhl; Running economy and distance running performance of highly trained athletes, *Med. Sci. Sports*, **12**, 357－360 (1980)
2）Conley, D, L., G. S. Krahenbuhl; Physiological correlates of female road racing performance, *Res. Quart.*, **52**, 441－448 (1981)
3）Costill, D. L., H. Thomason, E. Robert; Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running, *Med. Sci. Sports*, **5**, 248－252 (1973)
4）Farrell, P. A., J. H. Wilmore, E. F. Coyle, J. E. Billing, D. L. Costill; Plasuma lactate accumulation and distance running performance, *Med. Sci. Sports*, **11**, 338－344 (1979)
5）Freund, H. and P. Zouloumian; Lactate after exercize in man: I. Evolution kinetics in arterial blood, *Eur. J. Appl. Physiol.*, **46**, 121－

133（1981）
6）八田秀雄；運動中の血中乳酸濃度を決定する要因，体育の科学，**39**，364－370（1989）
7）平木場浩二，浅野勝己；持久性走者の長時間運動時における呼吸循環応答特性，体力科学，**32**，（5），293－301（1983）
8）岩淵省吾；運動時にみられる肝機能の変化—血清酵素値の変化を中心に，臨床スポーツ医学，**6**，(11)，1201－1204（1989）
9）熊谷秋三；血中乳酸とパフォーマンス，体育の科学，**38**，687－696（1988）
10）丸山敦夫，美坂幸治，平木場浩二；持久性能力と血中乳酸消失率について，第41回日本体力医学会大会予稿集，**271**（1986）
11）三浦望慶，松井秀治，袖山　紘；長距離走のスキルに関する実験的研究，身体運動の科学，**2**，134－144（1976）
12）三輪史郎；貧血—血液を科学する，31－41，講談社学術文庫（1987）
13）中野昭一，小林啓三；運動と肝機能—血中諸物質の変動，特に血糖・脂質・逸脱酵素の面から体育の科学，**29**，567－575（1979）
14）新畑茂充，浅野智恵子，小川晃三，奥川和子，宮広重夫，村上邦弘，上田一博；高校生長距離ランナーの体格と血液検査値（第1報），臨床スポーツ医学，**5**，（1）67－71（1988）
15）小野三嗣；運動の生理科学，124－130，朝倉書店（1978）
16）大後栄治；長距離ランナーの競技記録に影響を及ぼす要因，体育学関係修士学位論文要旨— 1988年度，体育の科学，**39**，（8），664（1989）
17）大平充宣；スポーツと貧血，臨床スポーツ医学，**5**，（4），469－472（1988）
18）斉藤　満，宮村実晴，大桑哲男，藤墳規明，油座信男，安田好文，山本　親；回復期血中乳酸動態からの筋乳酸量の推定，東海保健体育科学，**2**，37－46（1980）
19）佐々木匡秀，上田尚紀，北村元仕，中山年正；人体成分のサンプリング　血液，**2**，202－214，講談社（1972）
20）進藤宗洋，田中宏暁，田中　守，山内美代子，佐々木　淳，田辺庸一；長距離マラソン選手の臨床化学検査及び脂質蛋白質の検査について　1987年度　日本体育協会スポーツ科学研究報告集，54－59（1988）
21）高野一郎；女子スポーツ選手の貧血の状況，臨床スポーツ医学，**6**，（5），489－492（1989）
22）Tanaka, K. and Y. Matsuura; Marathon performance, anaerobic threshold, and onset of blood lactate accumulation, *J. Appl. Physiol.*, **57**, 640－643（1984）
23）豊岡示朗，金子公宥；最大酸素摂取量の個体内変動　大阪体育大学紀要，**10**，17－23，（1978）