

2 水泳競技

若吉 浩二

1. 高地トレーニングの目的と成果

(1) 高地トレーニングの目的

水泳の競技種目には、現在、最も距離の短い50mから最も距離の長い1500mまで存在し、競技時間は、世界的レベルの競技会では約22秒から約15分の範囲となっています。レースの距離別に、総エネルギー消費に対する有酸素性エネルギー消費の割合をみると、50mレースでは20%、100mレースでは40-50%、200mレースでは60-70%、そして400mレースでは80-85%と報告されています。このことから、水泳競技における有酸素的な運動能力は、競技成績に影響する重要な因子であることがわかります。Suttonは、高地における身体反応として、まず、換気量の増加、安静時および最大下の強度での運動中の心拍数と心拍出量の増加をあげています。さらに、高地トレーニングの生理的变化として、血中ヘモグロビン濃度の増加、毛細血管の増加、筋中の酸素酵素の活性化、新生赤血球の増加をあげています。結果として、高地トレーニングの効果は、有酸素性エネルギー供給機構から、より多くのエネルギーが利用できることとなります。したがって、水泳競技における高地トレーニングの目的は、有酸素的運動能力を高め、競技力の向上を図ることにあるといえるでしょう。

また、近年では、高地環境に近い条件下で、高強度のインターバルトレーニングを実施した結果、無酸素性エネルギー供給能力の向上がみられたという報告があります。近い将来、有酸素的運動能力だけでなく、無酸素的運動能力向上をも目的とした高地トレーニングが実施される可能性は高いと思われます。

(2) これまでの高地トレーニングの成果

表1は、高地トレーニング直後に参加したレースの記録が、高地トレーニング前の記録を更新したレース数と割合を示します。これは、ナショナルチーム（ジュニアを多く含む）としてフラッグスタッフ市（アメリカ、アリゾナ州）にて実施したデータに基づくものです。1986年から1996年の間に記録が向上したレースは、男女計101レース中、41レースで41%でした。また、2000年シドニーオリンピック（選考会からオリンピックまで2回の高地トレーニングを実施）や2001年世界選手権においての高地トレーニング実施に伴う記録更新率は、40%（田島選手の捻挫後のレースを除くと50%）と43%であったように、近年増加傾向にあります。選手は、選考会において最高のコンディションでレースに臨んでいることから、記録も自己ベストやそれに近い、相当高いレベルにあります。その記録と、選考会から高地トレーニングを挟んだ数ヵ月後の大会との記録を比較した結果、約4割以上の確率で記録を更新したことから、高地トレーニングの有効性が指摘できるでしょう。一方、高地トレーニングを実施しなかった選手達の記録更新率をみると、シドニーオリンピックでは36%、世界選手権では34%でした。

表1 高地トレーニング後に記録更新したレース数とその割合

シーズン	参加レース数	記録更新したレース数	記録更新率(%)
'86～'96	101	41	40.6
'00 (シドニーオリンピック)	10	4	40.0
'01 (世界選手権)	23	10	43.5

(注；シドニーオリンピックは、2回目の高地トレーニング実施者)

2. 高地トレーニングの環境と条件

(1) これまでの高地トレーニング

水泳競技の高地トレーニングに関する取り組みは、1965年に開催されたメキシコでの国際大会参加をきっかけとして始められ、1982年以降、ほぼ毎年オリンピックや国際大会に向けた高地トレーニングが実施されています。これまでのナショナルチームの合宿地は、1984年ロサンゼルスオリンピック直前のメキシコシティ（メキシコ、標高2,300m）、ジュニア選手の海外遠征が行われたコロラドスプリングス（アメリカ、標高1,600m）、1992年バルセロナオリンピック直前のフォントロミュー（フランス、標高1,850m）そして1988年ソウル、1996年アトランタ、2000年シドニーオリンピック直前合宿に使われたフラッグスタッフ（アメリカ、標高2,100m）があります。この中でも、フラッグスタッフでは、過去10年間で延べ10回の合宿が行われています。

(2) フラッグスタッフでの支援体制

フラッグスタッフには北アリゾナ大学があり、学内に北アリゾナ高地スポーツトレーニングコンプレックス（Northern Arizona High-Altitude Sports-Training Complex、NAHASTCと略す）という組織が開設されています。NAHASTCは、多くのスポーツの高地トレーニングセンターとしての機能を果たすべく、多種多様なサービスを提供しています（NAHASTCのHP参照；<http://www4.nau.edu/hastc/>）。トレーニングや生活環境などの支援体制は、海外にて合宿を行う際、重要となります。



北アリゾナ大学温水プール（50m×8コース）

(3) トレーニングする標高

これまでの合宿地をみると、標高1,600mから2,300mの範囲で行われています。図1に示す標高1,600mのプールで実施された血中乳酸カーブテストの結果をみると、高地トレーニング直後の値は、直前の平地でのものと比較するとそのカーブは大きく左側にシフトしていることが分かります。これは、高地環境下でまだ身体が適応していない段階では、有酸素性エネルギー供給量が不十分であり、速度の低いレベルから解糖系（無酸素性）のエネルギー供給が必要となって、その結果、乳酸の産生と蓄積が生じたためです。つまり、標高1,600mにおいて

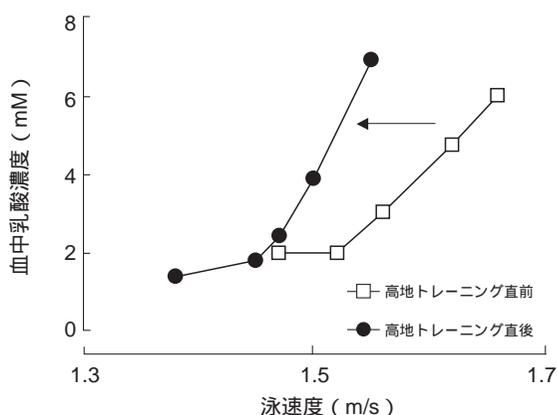


図1 高地トレーニング直前（平地）と直後（標高1600m）で実施された血中乳酸カーブテストの比較

も、そのトレーニング効果は十分期待できること意味しています。また、鉱山の廃鉱に建設された実験用減圧室を用いた実験では、自転車エルゴメータによる運動において、標高2,500m以上になると、平地での最高心拍数の50%あるいは75%に相当する強度で、換気量や心拍数が急激に増加すること、そして3,500mでは最高心拍数の75%に相当する強度でも最大に近い値を示す被験者がいたと報告されています。水泳競技は、陸上競技の長距離レースとは異なり、最長で約15分、また数分以内に多くの種目の集中していることから、標高2,500m以上の高地となると、レースに求められるスピードでのトレーニングは不十分となり、技術的レベルの低下を招く恐れがあります。これは、技術的要素が競技力に強く反映する水泳競技においては重要な問題となります。したがって、水泳競技の高地トレーニングの場合、呼吸循環機能の能力に効果的な適応が期待でき、なおかつ十分なトレーニングの実施が可能な標高は、1,500から2,300mの範囲であるといえるでしょう。

3. トレーニング計画

(1) マクロ計画

高地トレーニングを計画する場合、二つの重要な要素があります。一つは高地トレーニングの期間、もう一つは高地トレーニング後から試合までの期間をどう設定するかです。

図2は、これまでの高地トレーニングのパターンを示します。パターンAはロサンゼルスオリンピックに、Bはアトランタおよびシドニーオリンピック（200m種目以下の選手）に、Cはシドニーオリッピ

ク（400m種目以上の選手）および2001年世界選手権に向けたものです。それぞれに長所と短所があります。パターンCの高地トレーニング4週間は、AおよびBの3週間に比べ、期間が長くなるので相当のストレスを与えてしまうことになります。高地トレーニングの経験の少ない選手やジュニア選手は3週間が望ましいといえます。また、AとBでは、試合に向けた平地での調整期間が2週間違います。Aでは高地環境に適応した生理的变化があまり低下することなくレースに挑むことができますが、BではAほど期待できません。しかし、Bでは高地から平地への変化や時差ボケにより低下したコンディションを修正することができます。さらにBはAよりも高地トレーニング期間中、より長く鍛錬の期間を持つことができます。

Cは、シドニーオリンピック以降実施されたにすぎませんが、記録更新率は50%近くにも達します。上記に延べた期間の長さによるストレスという問題点を除けば、順応期間として1週間、鍛錬期間として2週間、そして調整期間として1週間と、それぞれが余裕をもってそれぞれの課題に取り組むことができます。また、高地で1週間の調整期間が持たれることから、平地でのその期間は、1週間もあれば十分でしょう。

以上を総合すると、パターンCが、現在のところ、最も望ましい試合に向けた高地トレーニング計画であると思われます。

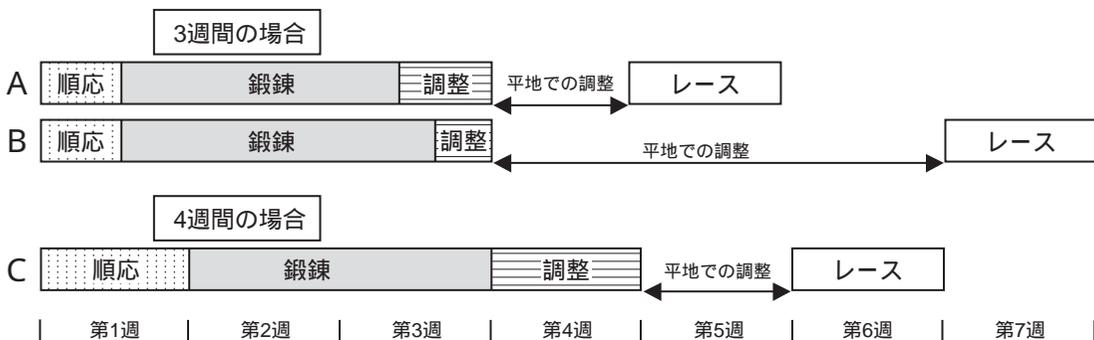


図2 高地トレーニング3週間（A、B）または4週間の（C）のマクロ・トレーニング計画

(2) ミクロ・トレーニング計画

1) 週間トレーニング計画

ここでは、図2のパターンCである2001年世界選手権の直前合宿を例に、トレーニング内容について解説します(表2)。高地滞在中の週間スケジュールは、基本的に午前・午後合わせた計10回の練習が組まれていました。スケジュールの詳細やトレーニング内容は各選手の担当コーチの計画に基づき、少々の差異がみられました。そこで、高地トレーニングの指導経験豊富なコーチの担当した北島康介選手と萩原智子選手の実践例を取り上げます。なお、北島選手(200m平泳ぎ)と萩原選手(800mリレー)は3位入賞を果たしました。

表2中の は水中トレーニング実施を表します。また、Fは自由練習(水中)、Wはマシン等を使った筋力トレーニングを表しています。定期的に休養日(日曜日)がとられ、また水・土曜日の午後もオフでした。高地トレーニングは、平地と比べ、疲労が蓄積しやすく、また回復にも時間がかかります。したがって休養の取り方には十分な配慮が必要になります。

2) トレーニングの量と質

表3はトレーニング内容の分類方法を示したものです。トレーニング内容は担当コーチから情報提供を受け、コーチの考えるカテゴリー分類を基に集計しました。

各カテゴリー別に集計された練習量(泳距離)を週毎にまとめたものが図3です。合宿前半では、AE系を主に行っており、第2週目では第1週目よりも泳距離が増加していました。第3週目では泳距離は減少したもののENやANの練習が占める割合が増加しており、トレーニング強度が高くなっていたことがうかがえます。第4週目は、調整に入ったこともあり量・質ともに減少傾向にありました。

つまり、順応、鍛錬および調整期間は、以下のようによろしくまとめることができます。順応期間である第1週目は、いかにうまく高地環境に順応するかを第一

表2 週間トレーニング計画

Swimmer		北島	萩原
Date		AM	PM
2001/6/11	Mon		
2001/6/12	Tue		W
2001/6/13	Wed		
2001/6/14	Thu		W
2001/6/15	Fri		
2001/6/16	Sat		
2001/6/17	Sun		
2001/6/18	Mon		W
2001/6/19	Tue		
2001/6/20	Wed		
2001/6/21	Thu		W
2001/6/22	Fri		
2001/6/23	Sat		
2001/6/24	Sun		
2001/6/25	Mon		
2001/6/27	Tue		
2001/6/28	Wed		
2001/6/29	Thu		F
2001/6/30	Fri		
2001/7/1	Sat		
2001/7/2	Sun		
2001/7/3	Mon		
2001/7/4	Tue		
2001/7/5	Wed		
2001/7/6	Thu		

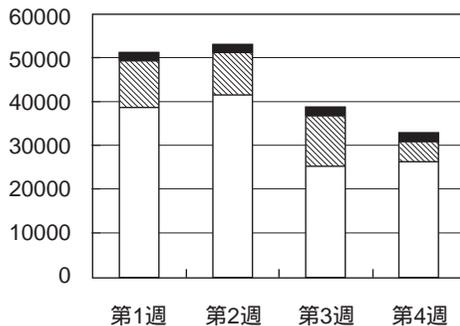
= 水中トレーニング、F = 自由練習
W = 筋力トレーニング

優先にすべきで、そして鍛錬期間となる第2、第3週目のための準備期間と捉えています。2週間にわたる鍛錬期間においても、第2週目と第3週目では内容が異なり、第2週目は量的に負荷を与え、第3週目はより強度の高い質を求めたトレーニングとなっています。そして、第4週目は、高地環境下において鍛錬期間の回復を図るための調整期間となります。3週間の高地トレーニングでは、調整期間（3～4日間）が十分取れませんが、上記の計画では十分な回復が期待でき、高地トレーニング後の平地での調整期間も短期間で済むこととなります。

表3 トレーニング内容（カテゴリー）分類

カテゴリー			休息	心拍数
AE	エアロビック	A1	10～15秒	～120
		A2	10～30秒	120～140
EN	エンデュランス	EN1	10～30秒	130～160
		EN2	10～30秒	140～170
		EN3	10～60秒	160～180
AN	アナロビック	AN1	1～3分	Max
		AN2	8～10分	Max
		AN3	30秒～	Max

練習量（m）



各カテゴリー比率（%）

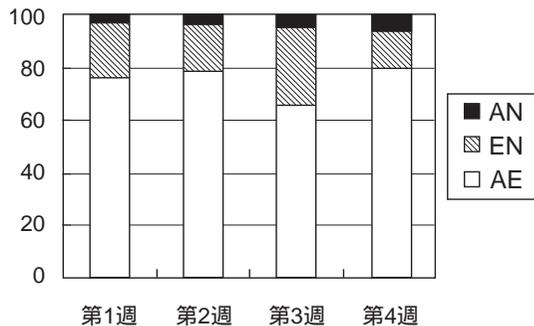


図3 週間毎の各カテゴリー別練習量と比率

4. トレーニング効果の評価～血中乳酸カーブテスト～

(1) 高地トレーニングに伴う血中乳酸カーブテスト

田島寧子選手のデータを用いて説明します(図5)。田島選手は、シドニーオリンピック前に2回の高地トレーニングを実施(1回目:5/31-6/20、2回目:8/5-9/2)し、高地トレーニング中および前後に亘って血中乳酸カーブテストを行いました。測定方法は、田島選手の場合、400m個人メドレーが専門種目となるため、50mを8回のブロークン形式(50m間の休息時間が5秒のショートインターバル形式)で行われました。

1回目の測定は、高地トレーニング開始3日目の6/2に行われました。2回目の測定である高地トレーニング2週間後の6/16では、6/2時点での乳酸カーブに比べて右側にシフトしていることがわかります。また、心拍数と泳速度の関係においても、同様に右側にシフトしました。これらの結果は、高地環境への適応による有酸素的運動能力の向上を意味しています。そして、北海道合宿期間の7/28では、6/16の結果に比べて、乳酸カーブおよび心拍数の結果とも、顕著な右側へのシフトがみられました。

2回目の高地トレーニングの結果ですが、高地トレーニング6日後の8/10のデータは、7/28に比べ、低い速度では差は見られないものの、高い速度では差が顕著になりました。これは、低強度の運動ではエネルギー代謝に差はないものの、速度が増すと、早い時点から無酸素性エネルギー供給が平地に比べ必要になることを示しています。しかしながら、高地トレーニングが進むにつれ、乳酸カーブは右側にシフトし、その効果が表れています。最高記録も、高地トレーニング終了直前では、7/28に比べわずかに劣る程度でした。



9/3にシドニーへ移動し、オリンピックまでアデレードにて調整のための合宿を行っています。その合宿中、乳酸測定は実施されていませんが、同テストで最高タイムをマークしました。これは、3ヶ月半の短期間の内に2回の高地トレーニングを実施し、高地環境を身体への刺激とその適応による持続的な運動能力の向上に有効活用した成功例といえるでしょう。

200mを専門種目とする場合、本テスト方法は、200mを4～6回とし、サークルタイムは6～8分に設定します。最大努力で泳ぐ前は少々長めに休息を取るといいでしょう。

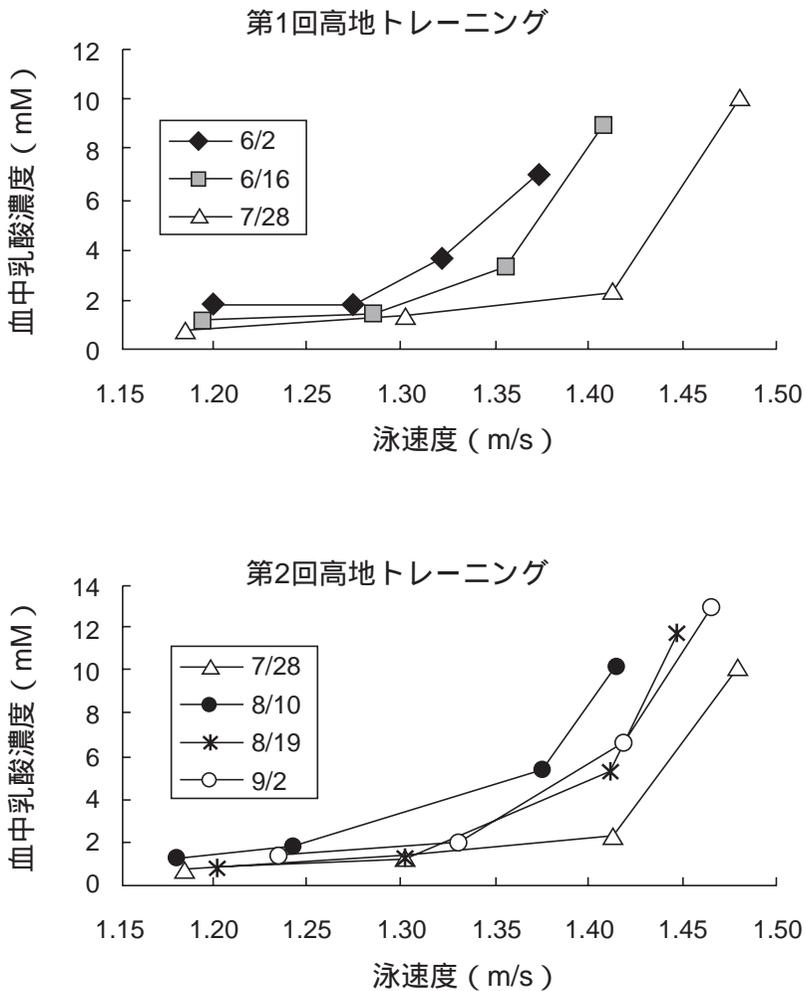


図4 田島寧子選手のシドニーオリンピックに向けた2回の高地トレーニングに伴う血中乳酸カーブテスト（第1回目：5/31 - 6/20、2回目：8/6 - 9/2）

(2) 高地トレーニングに伴う乳酸カーブテストの変化

図6に、高地トレーニング実施に伴うトレーニング目的とそれに応じた理想的な乳酸カーブの変化をまとめました。Aは平地での乳酸カーブとすると、順応期間のBでは、乳酸カーブは大きく左側にシフトすることになります。また、順応期間であるため、最大努力によるテストを必ずしも含む必要はありません。Cの鍛錬期間では、左側に大きくシフトした順応期間の乳酸カーブからやや右側にシフトすることになります。これは、高地トレーニング開始後10日から2週間もあれば十分にみられる変化です。Dの調整期になると、乳酸カーブは、Aにより近づくことになります。そして、Eの高地トレーニング後の平地では、乳酸カーブは、高地トレーニング前のAよりも右側にシフトすることが理想的なパターンとなります。

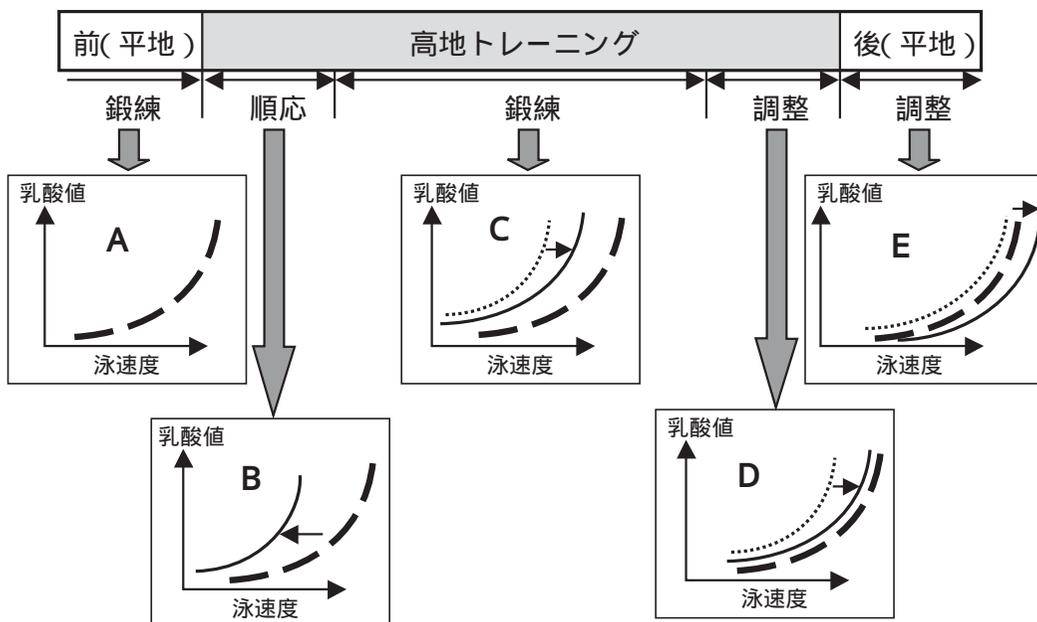


図5 高地トレーニングに伴う理想的な血中乳酸カーブの変化

- A:平地鍛錬期間。高地トレーニング前にテストしておく。200m×4本、400m×4本で実施
- B:順応期間。開始2～3日後に実施。最大努力でのテストはしない。曲線は左側に大きくシフト
- C:鍛錬期間。中間で実施。10日～2週間もあれば、変化がみられる(曲線はやや右側にシフト)
- D:高地調整期間。3～4週間後には、高地トレーニング前の平地レベルに近づく
- E:平地調整期間。高地トレーニングには、高地トレーニング前の曲線よりも、右側にシフト

5.コンディション管理

(1) 血液性状の変化と医事管理

これまでのサポート経験からすると、高地トレーニング期間中、コンディション不良に陥った選手がいます。それは、高地環境の影響であり、睡眠不足、水分摂取の不足、疲労回復の遅延といった症状によるところが大です。また、高地トレーニングを長期継続すると、体内では異化作用が相当促進されることが予想され、さらに赤血球や筋細胞を破壊する割合が増大することからも、コンディション管理には細心の注意を払わなければなりません。そのためには、常日頃から、また高地トレーニング期間中も、定期的に血液検査を実施して常に血液性状の変化を把握しておく必要があります。高地トレーニング中は、特に、水分の補給、栄養補助食品としての鉄分やビタミンEの摂取を心がけるようにしたいものです。

図6は、アトランタオリンピック直前合宿の高地トレーニング前、中および後のCPK（血中クレアチンフォスフォキナーゼ）と血中ヘモグロビン濃度の変動を示します（高地トレーニング：6/10-7/1）。CPKはトレーニングに伴う筋の損傷の程度を表していると考えられます。全員とも、高地トレーニングの順応期間であるにもかかわらず、1日目から4日目には顕著な増加がみられました。これは、予想以上に高地環境の身体に与える負担が大きいことを示唆しています。その後、低下傾向にあるものの、1名の選手が増加傾向にありました。しかし、その後は全選手とも低下し、7/13にやや増加を示すものの調整期間が順調に進められたことが分かります。

一方、血中のヘモグロビン濃度は、一般的に高地トレーニングをすると増加すると認められていますが、これまでのデータからすると、それは一概には言えません。図6をみると高地トレーニング前と後で増加した選手は、8名中3名です。また、高地滞在中の初期の頃は増加傾向にありますが、その後は減る傾向にあり、これまでも同様な結果を得ています。したがって、赤血球数やヘモグロビン濃度などの変動に一喜一憂するのではなく、血液検査は、その性状が適切な範囲にあるかどうかを知るためのコンディション管理を目的として活用すべきです。

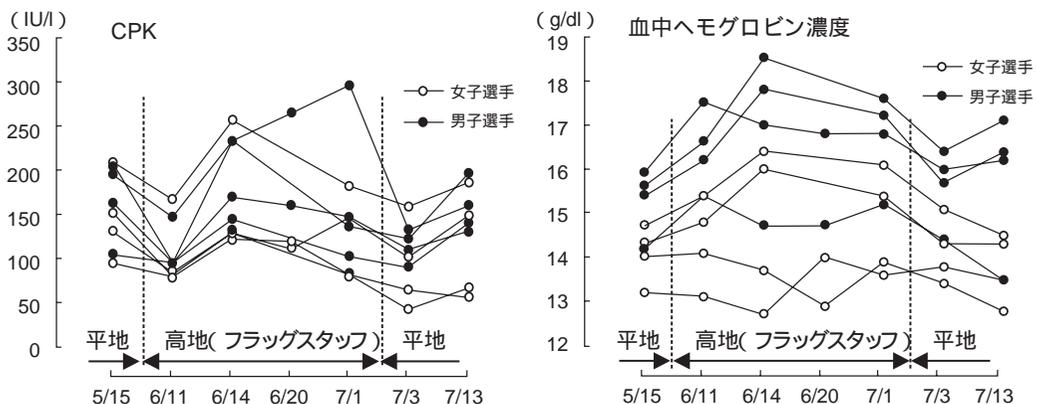


図6 高地トレーニング前、中および後のCPK（血中クレアチンフォスフォキナーゼ）と血中ヘモグロビン濃度の変動