

6 バイアスロン競技

米田 継武

クロスカントリー・スキーと射撃という異なる身体活動の組み合わせ種目であるバイアスロン競技は、その異なる要素の統合的な向上というトレーニング上は難しい性質をもった競技といえましょう。高地トレーニングの必要性は他の競技と同様に高地馴化メカニズムを利用しながら、競技時のより高い身体能力を選手に獲得させるところにあります。他の多くの冬季雪上競技と同様、競技エリアがそもそも高地（開催地域例；イタリア・アントルツ1,700m、アメリカ・ソルトレークシティー1,700mなど）が多いことへの対応という現実的な要求もあるので、バイアスロン競技にとっての高地トレーニングはかなり前提的な事柄なわけですが、バイアスロン競技のための高地トレーニングは、基本的にはクロスカントリー、さらには陸上長距離種目と共通した要素をもっています。それは特に持久性能力を要求されるという要件が伴っているからです。そのような点を踏まえながら、以下にはバイアスロン競技種目の高地トレーニングを成功に導くための必須事項に関するスポーツ医科学的な背景を解説することにします。

1. 継続的身体能力の把握の意義

近代トレーニングとは“測る”、もしくは“測りながら積み上げる”ものだという事はすでに、強化に携わる多くの指導者の常識となっています。トレーニング効果の判断は“差”のあることを知るわけですから、狙いのあるトレーニング・メニューを課す際には事前の身体的特徴を含め、選手の身体能力をあらかじめ入手してそれと比較する作業が必要です。一旦トレーニングが進行すれば、いつどんな作用で値が変動するかわかりません。しかし、選手の身体的状況の把握のために揃えられる測定項目は多いと感じるのではないのでしょうか。なぜ、そんなにも多くの測定項目をたびたび行わなければならないかという疑問すら起こるに違いありません。その理由は、選手には競技力はもちろん身体的にもみな個性があるもので、トレーニングによる改善が身体的・運動能力的要素のどの点に現れてくるかは個人によって様々なのです。そのような多様な変化を個別に見逃さないために、事前からなるべく測定項目の範囲を多くすることが必要なのです。

しかし、現実のトレーニング場面では、その多くの項目を実際に実施適用することは平地でも困難でしょうし、高地ならば不可能なこともあるでしょう。そのため、測定内容にも絞込みが必要ということになります。だからといって短絡的に項目を少なくすることだけを目的にしては、全体的な精度を低くする可能性があるため、いざ必要ときは、測定可能項目の中でも狙いとする機能と相関の高い項目に目を付けておくことが一層重要です。それはとりもなおさずバイアスロン競技の種目特性の理解ということでしょう。身体運動能力指標として 筋力・パワー 持久性能力指標（最大酸素摂取量、ATなど）、血液性状では 赤血球数、ヘモグロビン量（Hb）などがあります。

高地トレーニングを予想した場合に知らなければならない事前の身体情報として、身体運動能力もさることながら身体内部の反応の場である体液、特に血液性状はととても重要です。中でも血球、特に赤血球とそれに含まれるヘモグロビンは高地環境に適応する過程で変動することが知られ、高地トレーニングはむしろこの変動を利用する方法です。内部環境としての血漿に含まれる諸成分は恒常性維持の調節を受けているのでその値の変動は一定の小さな変動範囲に保たれるものですが、一過性の激しい運動はその範囲を越えるような値になります。特に、高地におけるトレーニング負荷は相対的に高くなるので、生体内のエネルギー代謝系を中心とした反応系を一層刺激して生成物質も増えます。しかも、個々の生体物質の消長過程は選手の身体能力によって特徴的な差も見られるところから、負荷強度や効果判定に有効なことがあると考えられているのです。

コンディション把握という点と、加えて高地トレーニングの効果を探る意味で、バイアスロン選手のヘモグロビン(Hb)値を継続的に測定した例を紹介しましょう(図1~3)。期間は2000年10月から2001年12月で、足掛け2シーズンにわたり4度の測定が行われました。対象者にはナショナルチームメンバーと強化選手が含まれているので紹介しておきます。ナショナルメンバーや強化選手指定対象は時おり変わるので、この継続的測定においてすべての選手がすべて参加したというわけではないのですが、幸い4度の測定に参加しつづけ測定値を残してくれた選手が男女4名ずつ存在しました。図に示された4人の値は各地における各自の一週間に近い毎日もしくは隔日の値の平均値をさらにならしたものです。まずここからチームとしての傾向を推し量ってみましょう。

4度の測定が行われたのは異なる場所であって、2000年10月はVuokatti(フィンランド)、2001年1月はRidnaun(イタリア)、2001年2月はSalt Lake City(アメリカ)、2001年12月は再びRidnaun(イタリア)でした。このうち最初のVuokattiだけは平地であとの場所は高地といえる場所なので、Vuokattiの測定値はちょうど基準として意味を持つことになります。さてヘモグロビン値については通常は男子成人16g/dl、女子成人14.5g/dlが正常値とされますが、その10%程度の変動はよくあることです。さらに意外なことに運動性貧血といわれるスポーツ選手のヘモグロビンの低値傾向もよく知られています。その意味からすれば女子チームは良い水準を保って推移したといえましょう。

男子の図を観察するについては少々注意が必要であって、実はこの中に特に低値の選手が一名含まれていました。そのことが男子チーム全体の値を女子並のレベルに位置させた原因ともいえますし、棒グラフ上の変動幅を表す縦線も女子より大きい幅を持たせた理由となっているのです。そのことは個人別変動を示した図2で明瞭に見ることができます。特に低値傾向の一名はSK選手でありました。この図で最も右に示したKT選手は一箇所での測定値が欠けて図1には含まれない選手ですが、他のほとんどで測定されていたのでここに含めました。SK選手以外の他の選手は、この選手を含めて男子成人として良好な値だったのです。この図は、まず各選手の高地3箇所での値が最初の低地での値より高いことを示してくれています。それぞれの測定期間は一週間あり、その平均値ですが実際には高地馴化の結果と見るには十

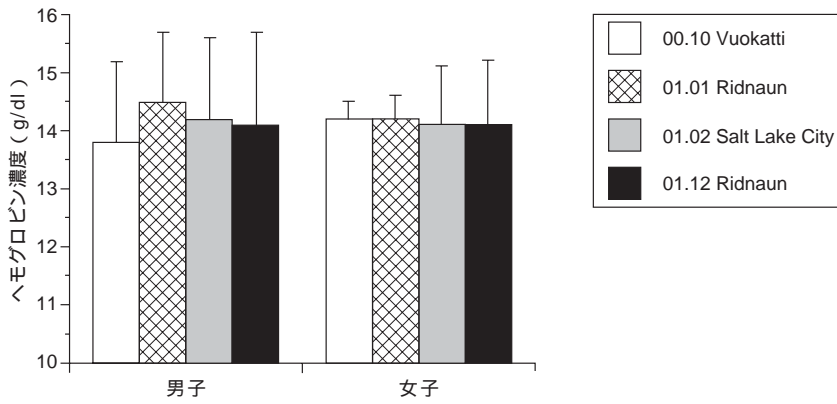


図1 ヘモグロビン濃度の変動(男女平均値)

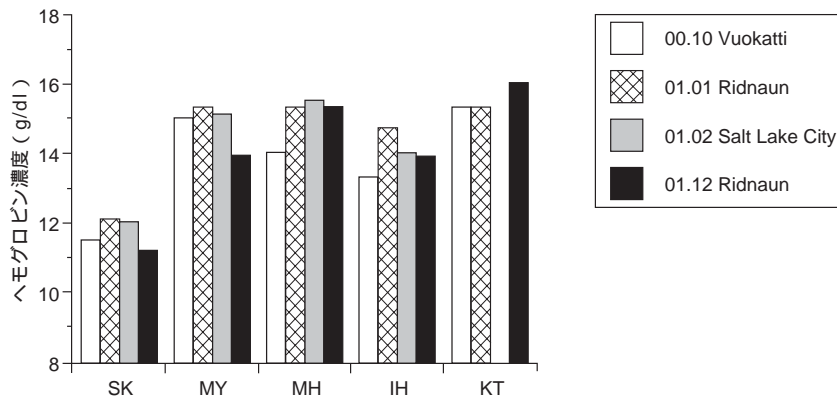


図2 ヘモグロビン濃度の変動(男子)

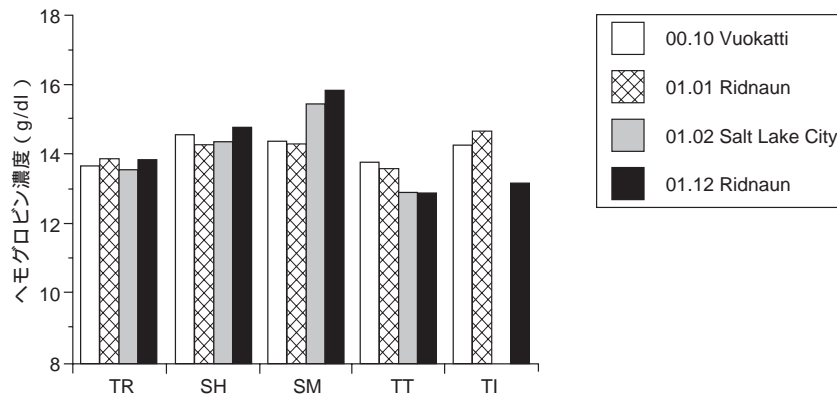


図3 ヘモグロビン濃度の変動(女子)

分とはいえ滞在条件での結果なのです。また、高地のその場所でも最終的にはHb値が低下した例もありますので一義的に高地での効果というのは早いのですが、1年近くの経過の中で徐々に良い状態となったことに関して、高地滞在およびそこでのトレーニングは興味ある通過点であったといえます。

2. 平地での測定およびトレーニング強度の把握の重要性

通常のトレーニングは平地居住環境から逸脱しない範囲で行われるものです。バイアスロン競技は射撃のためのエリアが、安全上の理由で特別に設定されるものですが、この場所として特に居住範囲の高度から外れることはないと思われます。そういう意味で多くの選手にとって平地環境が普通もしくは基準の環境であることは間違いありません。高地トレーニングとの差を判断するには、この基準の状態つまり平地環境での身体状況およびトレーニングへの反応状態がよく把握されていることが肝要です。その際に注意しなければならないのは、平地環境においてですら身体反応のあらゆる数値は一定ではないということです。測定を同環境・同条件で複数回行ってみると、それらが変動していることがよくわかるものです。つまり選手それぞれがヒトとして変化の幅の中で生活しているといえるのです。単純な平均値に意味があるかどうかはその幅の範囲を理解しているときにいえることなのですが、そのためにも、あらゆる値の変動の範囲を眺めながら考える習慣をつけることは大事だといえるでしょう。

さて、身体運動能力指標の多くは実験測定室のような特定の場を必要としますが、そのことは多様なトレーニング場面すべてにおいての測定行動には適用しにくいものもあるのです。近年では心機能や筋放電のみならず血圧、酸素摂取量すらも無線搬送技術でデータを得られるようになりはしましたが、それでも研究室的な規模では可能であってもトレーニング現場への導入は制限が多いのが実情です。そういう意味で場所を選ばずトレーニング強度（生体負担度）を確認するための方策は近年でもそんなに多くはありませんが、必要最低限として 心拍数、血中乳酸値、動静脈酸素飽和度、は挙げておかなければなりません。

心拍数、血中乳酸濃度の動態の利用については後述するので、ここでは動脈血酸素飽和度（以下SpO₂）にふれておきましょう。SpO₂は採血に依らない手法で酸素と結合したヘモグロビンの割合を示す指標です。ヘモグロビンが酸素を抱合する割合は血中の炭酸ガス（CO₂）濃度や水素イオン濃度（pH値）さらに吸気中の酸素濃度に左右されます。変化の機構は複雑なものですが、組織が必要とする酸素は飽和度が高いと能率よく供給できるといえますが、低酸素下ではSpO₂が低下して供給が損なわれます。実はそれ自体が刺激であり、生体はそうではあっても酸素供給を高める機構を増長させる（2, 3-DPGの上昇など）ものです。SpO₂はそういう前提の状況を把握するために有用な指標といえるでしょう。

図4はバイアスロン選手の異なる高地（Ridnaun Dec.2001,とYellow Stone, Feb. 2002）での各数日間、およびその後のSalt Lake City(オリンピック期間)におけるSpO₂の長期の測定例（ナショナル

ル・チーム、山口コーチ等の測定による)です。平地では98%もの値を示すのに、高地では1,500mのRidnaunにおいてすら選手によっては95%以下を示します。さらに高い場所のその後の地域では、一層の低下が認められました。興味深いのは到着直後の低下が、滞在日数を経るにつれ同じ場所でも上昇してゆくことです。このとき心拍数についてはさほどの差は見られていないのです。図4は全体傾向ですが、個人的な変動例として図5を挙げておきました。この値の動態を系統的に用いると、運動強度の確認にも利用できるものです。ところで、生体へのトレーニングという刺激のその強さは、上記のような生理的反応ばかりではなく選手個人の心理反応をも引き起こすのです。このトレーニングの強度の感覚は、選手の身体状況によって変動する値として数値化が可能で(Borgの“主観的運動強度”:RPE)。数値化されるといっても等間隔尺度ではないので扱いには特別な考慮を必要としますが、実際的なのでコーチング現場におけるトレーニング強度の目安として利用をすすめます。

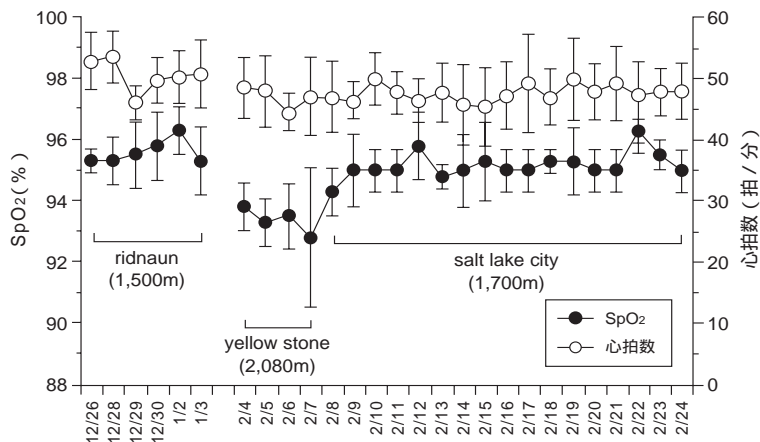


図4 SpO₂ および心拍数の変動 (男子平均値)

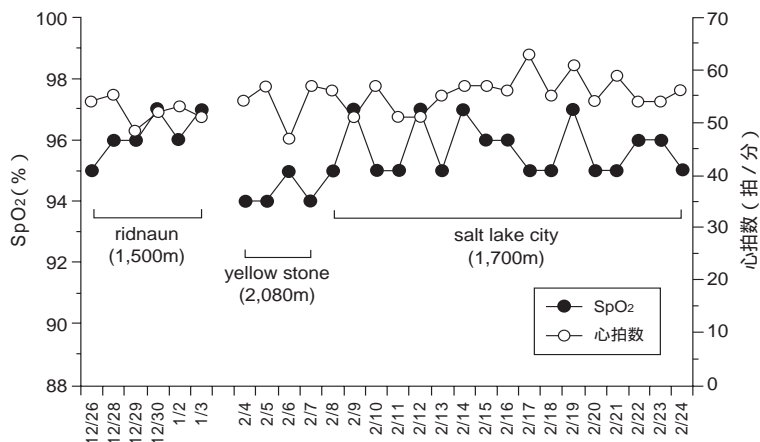


図5 SpO₂ および心拍数の変動例 (SK選手)

3.高地におけるトレーニング強度の把握

競技特性を踏まえた上で高地トレーニングの環境設定は、基盤的要件と次のようなことが挙げられます。

高地としての条件は1,500m以上が望ましい

滞在10日以上

スキー滑走トレーニングと射撃トレーニングともに高地条件が望ましい

その上で、継続的な測定行動の習慣や平地でのトレーニング時の生体反応や心理反応が捉えられる状況があれば、高地環境でのトレーニングの目的や意味を誤り無く捉えながら進行させることが出来て、競技力向上に結びつけることが出来るというものでしょう。トレーニングとしては運動行動に関するフィールド・データが不可欠です。滑走時間、射撃時間、命中率などがそれにあたります。それらを常に押さえた上で、トレーニング強度別の生体反応の把握に必須でかつ可能な要件として挙げられる測定項目は、以下のようなものでしょう。

赤血球数

ヘモグロビン量

SpO₂

心拍数

血中乳酸濃度

主観的運動強度

その他の心理テスト

この中から、心拍数、血中乳酸濃度を中心として行われた、高地におけるトレーニング強度判定について述べておきましょう。

(1) 心拍数ならびに血中乳酸濃度を用いた中負荷トレーニング負担度把握

トレーニング強度は、選手に指示する際の複雑さを出来るだけ避ける目的もともなって、バイアスロン競技では、慣習的に軽負荷、中負荷、重負荷の3段階が用いられてきました。このとき、軽と重の間の“中”は持久性強化トレーニングだという認識とともに負荷強度の基準として扱われてきました。しかし、選手の負荷強度に対する認識は差のある可能性が多く、その場合にはトレーニングの方針に沿って指示を補正して与える必要も出てくるわけです。陸上自衛隊冬季戦技教育隊を主体とする日本バイアスロンチームでは、それまでのデータから、中負荷の概念を周回滑走後の主観的運動強度（RPE;13～15）と血中乳酸濃度（2～4 mM）で数値的定義化を行ない、'99.12月にRidnaun（標高1,500m）においてその裏づけを行いました。このときのコース条件は通常レースのIndividual方式に近い4km×4周回（男子）でした。そのときの各周回直後の血中乳酸濃度推移の例を図6に示しました。この図はコーチの言う“中

負荷”を体現していたと考えられた男子3選手のデータを集約したものです。

図7はこの周回滑走中の一人の心拍応答の経過です。バイアスロン競技では周回のたびに射撃の時間が数十秒付随しますが、このとき伏臥位か立位をとって滑走を停止するため特徴的に心拍数の低下が区分的に見えて、これによって周回数が見分けが付きやすい図になります。ここでは中負荷での周回中の心拍数の平均が151～159拍/分で最高心拍数は172拍/分近傍であったことに注目してください。

図6に戻りますが、中負荷指示下の周回トレーニングでの血中乳酸濃度は一周目におおむね最高値を呈した後続く周回では徐々に低下して行きました。平均値では2周目に特徴的な低下が見られましたがこれは1周目の乳酸濃度が最高の値(5.2 mM)を示した選手1名の傾向に引きずられた様相であります。結局この3人はそれぞれ4周目終了まで2mM以上で4mMという値の範囲で推移しました。主観的運動強度(RPE)も13～15の値が報告されていたので、これらの点からこの3人は“中負荷”トレーニング強度についてはコーチの考えるレベルが実現できていた選手だと結論されました。この測定の際には別に2名が測定対象になっていたが、その2名はRPEは12～15の報告をしながら2週目以降の血中乳酸濃度が最後まで4mM以下に低下しませんでした。99～00のW杯をチームの主力として転戦しきったのは前者3人だったことは興味深いことです。

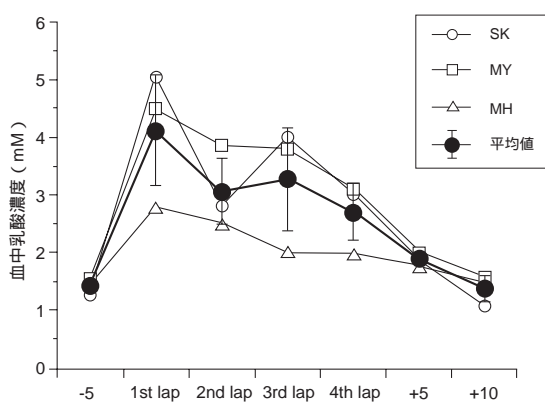


図6 血中乳酸濃度の変動(中負荷トレーニング時)

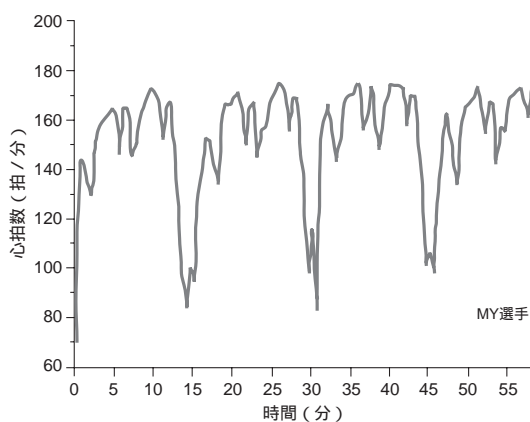


図7 心拍数の変動(中負荷トレーニング時)

(2) 血中乳酸濃度測定を用いた強負荷トレーニングの強度把握

コーチングの際の負荷強度の血中乳酸濃度と心拍数による確認は、“強負荷”のカテゴリーについても行われたため、図8～11で紹介いたします。この測定は平成13年1月26～2月1日の期間で中負荷チェックを行ったRidnaunで実施されたものです。このときのコースは2.5km×5周回でした。強負荷はトレーニングはレース形式なので各選手とも持てる力を出し切るものでした。RPEは全員最高値でした。また、乳酸値はレース直後の値がどれだけかを知りたいということから、中負荷のように周回ごとの測定ではなくゴール直後をまず押さえてから、5分間隔でその回復を調べるという方法をとりました。乳酸値について述べる前に図9、11で心拍数応答を見てみましょう。射撃の度に低下しながら心拍数が記録されました。この際のKS選手は平均で163拍/分で最高が172拍/分、MY選手は平均値が164拍/分、最高値が177拍/分でした。前述の中負荷時の値と比べると強負荷では平均で10拍/分以上の瞬時心拍数上昇があることがわかります。

その上で図8、10の血中乳酸濃度の値をみてみましょう。図8はRidnaunでの3人の結果です。ゴール直後は3人とも12mM値に近い値がでました。中負荷では4mM以内だったことに比べるとこの強負荷では生体内でのより激しい代謝があったことをうかがわせませす。しかし、その後の回復は一様ではなく2人は5分ごとに順調な回復を見せましたが、1名はむしろ5分後により高い値を示しました。これは乳酸またはそれを含む体液が滞留していたか、そもそも回復能力が十分でないことをうかがわせませす。その後、Salt Lake Cityに場所を変えて行われた測定結果が図10です。このとき距離と周回数はもちろん標高差も極めてRidnaunの時と近い条件設定に腐心しました。しかし前回同様、RPEは最高値を示していました。その3人のゴール直後の乳酸値は12mMをわずかに越えるところではほとんど一致し、負荷程度が近似していたことをうかがわせませす。

興味深いのは、この最高値からの回復曲線がそれぞれ前回Ridnaunでの場合と各自が同じ特徴を示したということです。時期的に近いなら高地においても選手の生体反応は一定範囲の刺激に対しては一定の結果をみせることを意味しているのかもしれませんが、そのなかでMH選手の回復の遅さは変わりませんでした。乳酸値の滞留は反復性・連続性を要求されたときに良好な反応が出来ない可能性を強く示していると考えねばなりません。

強負荷時の生体反応のチェックは、夏季トレーニングと国内国外2度の高地トレーニングをはさんで次シーズン9ヵ月後の12月にふたたびRidnaunで行われました。ここでも近似の条件設定をしましたが、コースが2.0km×5周回で、各周回が前回より短かったことには注意しておくべきでしょう。ただし、コーチ陣は追い込むという観点から、前回とほとんど同じとみていたようです。この結果は、男子平均値の推移として図12にあらわれました。また、血中乳酸濃度そのものの表示を実線（基準縦軸左）で、さらにそれを%表示（基準縦軸右側）したものと重ねたので少し複雑です。このとき前回までと大いに異なっていたことが2点あります。ひとつは平均で14mMと乳酸値のピーク値が大きかったこと、もう一

点は先回まで乳酸の回復が遅かったMH選手も5分で円滑な低下を示すように変化していて、平均ではピークから鋭く降下する形を示しました。

低下の割合（%表示）を比べると最近のRidnaunでの測定値の降下率がより大きく、ゴール10分後には50%を下回る低い値になりました。筋の代謝の原理から高いエネルギー発生には多量の乳酸発生がつきものです。言い換えれば、ここ一番の頑張りにはより高い乳酸値が出て良いのであり、一過性に乳酸を多く発生できる事は一種の能力の高さです。また、先に述べたように速やかな乳酸値の低下は良いトレーニングが反復して行えるという条件でもあり、そのこと自体が身体能力の高さを示します。図13は同様の条件の女子選手平均値の比較ですが、図12でみられた男子と同じことが言えるのです。結果的にチームは男女とも、一年前より、より高い負荷強度に耐えられる身体状況を作って'01～'02シーズンに臨んだということが出来ます。

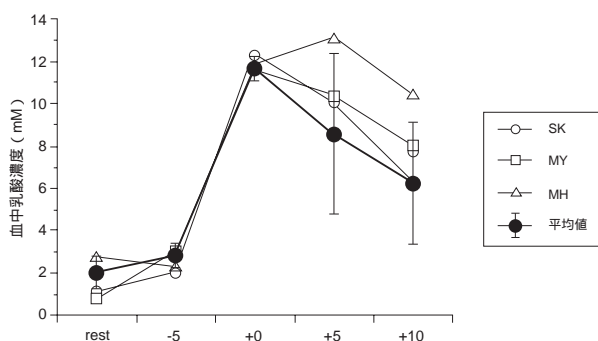


図8 血中乳酸濃度の変動
(強負荷トレーニング時： 01.01 Ridnaun)

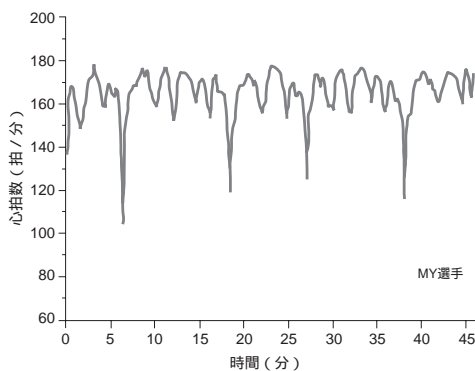


図9 心拍数の変動
(強負荷トレーニング時： 01.01 Ridnaun)

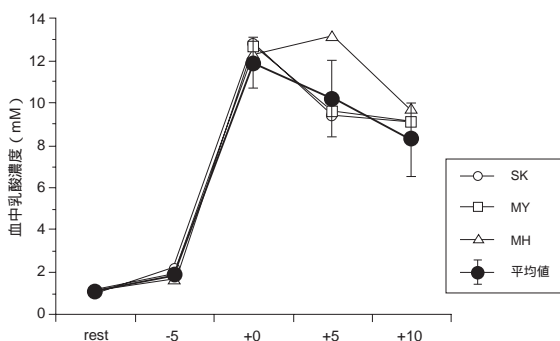


図10 血中乳酸濃度の変動
(強負荷トレーニング時： 01.02 Salt Lake City)

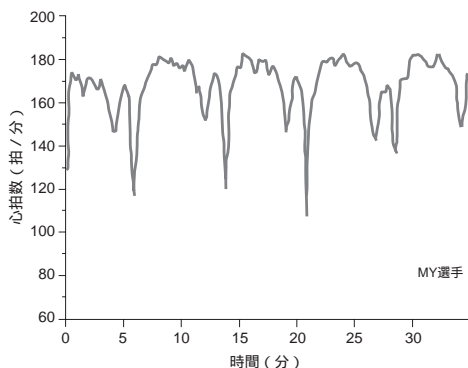


図11 心拍数の変動 (強負荷トレーニング時：
01.02 Salt Lake City)

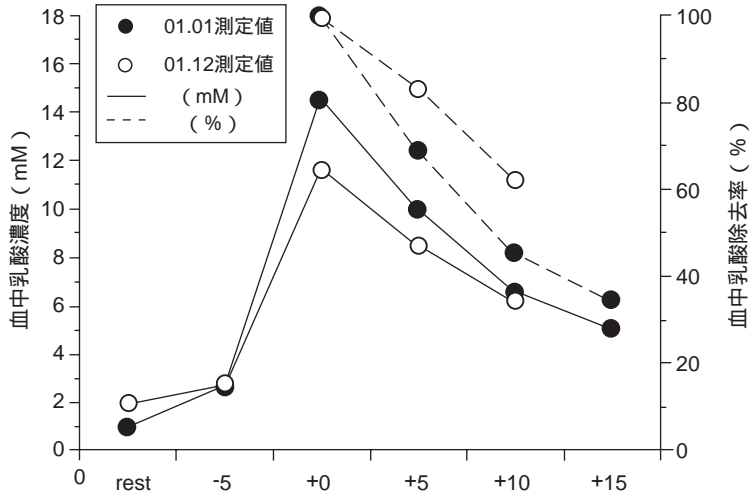


図12 血中乳酸濃度の変動（シーズン間の比較：男子）

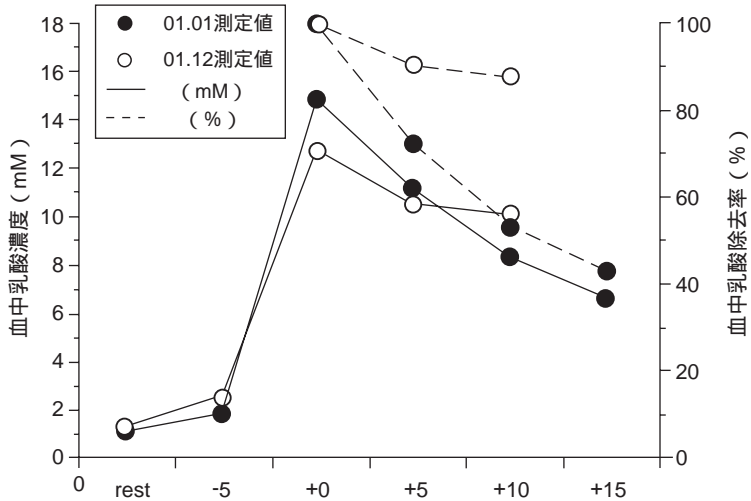


図13 血中乳酸濃度の変動（シーズン間の比較：女子）