

平成3年度 日本オリンピック委員会スポーツ医・科学研究報告

No.IV JOC高所トレーニング医・科学サポート
—第1報—

財団法人 日本オリンピック委員会
選 手 強 化 本 部

平成3年度 日本オリンピック委員会スポーツ医・科学研究報告

No.IV JOC 高所トレーニング医・科学サポート

— 第1報 —

目 次

| | |
|---|-------|
| 緒言と要約 | 2~3 |
| 1. スキー競技コンバイン及びクロスカントリーオリンピック選手の 高所トレーニングについて | 4 |
| 1) 一流スキー複合選手の間欠的低温・低圧順応トレーニングの有機的 作業に及ぼす影響 | 5~13 |
| 2) 中等高所に於ける持久力トレーニングと体調調整－全日本スキー連盟 ノルディック・コンバインド(A)の実践研究から | 14~19 |
| 3) 血液、尿および心拍数からみたクロスカントリースキー選手の高所 トレーニング中のコンディション | 20~31 |
| 2. バイアスロン選手の高所トレーニングによる生理的機能、体調への影響と効果 | 32~42 |
| 3. 日本水泳連盟の高所トレーニング研究報告 | 43~46 |
| 4. 中華全国体育総会多巴高原訓練基地の視察と高所トレーニングに関する 日中共同研究の協議報告 | 47~55 |

平成3年度 日本オリンピック委員会スポーツ医・科学研究報告

No. IV JOC 高所トレーニング医・科学サポート

—第1報—

報 告 者 財)日本体育協会・高所トレーニング研究班
班 長 青木 純一郎¹⁾
班 員 小林 寛道²⁾ 桜間 幸次³⁾ 中川 功哉⁴⁾
宮下 充正⁵⁾ 村岡 功⁶⁾
担当研究員 塚越 克己⁷⁾ 加藤 守⁷⁾

緒 言 と 要 約

アルペールビル冬季オリンピック大会のノルディックコンバインド、クロスカントリースキーおよびバイアスロン競技は、標高2,000mに近い高所で開催されることが事前に知られていた。したがって、事前準備としての高所トレーニングは不可欠の条件であった。

一方、わが国のスポーツ界は、先のメキシコオリンピック時に高所トレーニングに関する科学的研究を手掛け、そのとき多くのデータが集積された。また、その後水泳や陸上競技で積極的に高所トレーニングの経験が積まれ、高地順化の様相は個人の生理的特性の差に大きく影響されることが示唆されている。

このような背景の中から得られた高所トレーニングを成功させるキーポイントの一つは、経験の豊富なスポーツドクターやトレーニングドクター

等の医科学スタッフを帯同し、血液性状等の医学的データを綿密にモニターしながら、選手個々の順化の様相を的確に把握し、トレーニングにアドバイスする医科学的サポートにあることが強く指摘してきた。

そこで、本年度は高所トレーニングの医科学的サポートの第一弾として、スキー競技のコンバインドとクロスカントリーおよびバイアスロン競技の高所トレーニングの現場へ、医科学者を派遣して各選手団に対して医科学面から積極的な支援を行った。また、バルセロナをにらんで水泳競技の高所トレーニングにも支援団を送った。さらに、今後の高所トレーニングの効果的な実践と研究の可能性を探るために、中国の高所トレーニング基地の視察も行った。

得られた成果の概要は次の通りであった。

1) 順天堂大学 2) 東京大学、陸上競技 3) 徳島文理大学、近代五種バイアスロン 4) 北海道大学、スキー

5) 東京大学、水泳 6) 早稲田大学、自転車 7) 日本体育協会・スポーツ科学研究所

ノルディックコンバインド競技

11月に低圧低温制御下でのトレーニングを行い競技シーズンを迎える、1月末からサンモリツ(イス)で、高所調整トレーニングに入った。

①低圧低温実験

中等高所における全身持久性運動に対する酸素運搬機能の亢進状態の把握およびその改善のための基礎資料を得るために、アルペールビル大会の競技条件を想定して、高度2,000m、気温5℃の低圧低温環境を設定した。トレーニングは、1回60分、1日2回、4日間、自転車エルゴメータによって行い、その前後に、最大酸素摂取量、乳酸閾値、最高心拍数、血圧、主観的運動強度、血液性状等の動態を観察した。その結果、心筋への酸素供給効率の改善、最大下運動に対する心理的負担度の軽減、低圧低温ストレスに対する筋代謝の耐性の向上、有酸素の代謝能の改善などがもたらされ、競技シーズンへの有効な体づくりとなった。

②高所での事前調整

数年来、オーストリアーアルプスの中等高所でトレーニングを実践し、その前後の医科学的測定から、次ぎの乳酸閾値に相当する心拍数を求め、トレーニング強度および持久性能力の指標として利用した。

2ミリモル：持久力トレーニングの基本強度—
2時間／日

3ミリモル：1時間／日

4ミリモル：持久性能力の指標

サンモリツ(1,800m)での高所トレーニング期間中、数度の心拍数測定により体調チェックとトレーニングの調整を行い、最終的には、団体優勝の栄誉を勝得る結果となった。

クロスカントリースキー競技

11月30日—12月11日(シルバースター：カナダ)を第1回目として、オリンピックまでに4回予定された高所トレーニングの2回目(12月17日—12月27日：アルペールビル；フランス)の合宿で医科学サポートが試みられた。

検査項目は、酸素運搬系の指標として、貧血および造血作用に関する赤血球数、ヘモグロビン、血清鉄、ヘマトクリット、フェリチンなど、また

オーバートレーニングの指標として、血中CPK、尿中の蛋白、潜血、ケトン体、PH、糖、ウロビリノーゲンなどとした。

また、トレーニングの量や強度を、予め実験室で求めておいた心拍数—血中乳酸濃度関係から推定して、血液および尿検査の結果と合わせて、特に疲労との関連でトレーニング処方に対してアドバイスを行った。

その結果、3回目の高地であるコネー(イタリア)では、そこで開催されたワールドカップの15kmフリーで8位入賞を果した。

バイアスロン競技

12月25日から標高1,440mのセントヤコブ(イタリア)をベースに行われた高所トレーニングの中間期(1月1日—1月12日)および最終仕上期(1月23日—2月3日)にスポーツドクターを派遣した。起床時の心拍数、体温、体重およびトレーニング(負荷、射撃)時の心拍数、酸素飽和度などのデータをもとに、選手の健康管理やトレーニング処方に対するアドバイスを行うとともに、今後の医科学サポートに対する多くの示唆を得た。

水泳競技

10月28日—11月17日の秋季アリゾナ(2,150m：アメリカ)高所トレーニングに際して、選手の日誌の内容や日常の対話、および血液検査(血算、鉄代謝、肝機能、CPKなど)の結果から、アドバイスを行い、同時に今後の医科学サポートに対する貴重な示唆を得た。

中国高所トレーニング基地の視察

中華全国体育総会の招きで、塚越、中森両委員が多巴高原基地を視察し、高所トレーニングに関する日中共同研究の可能性について意見交換(10月4日—10月13日)を行った。同基地は高所トレーニングの好適地と考えられ、今後の両国の話し合いの進展が期待される。

なお、同期間両委員が採取してきた尿の分析から、高所順化の指標としてエリスロポイエチンの有用性が示唆され、この点についても今後の検討が期待される。

1 スキー競技コンバインド及びクロスカントリー オリンピック選手の高所トレーニングについて

中川 功哉

1991年9月12日、JOC選手強化調査研究事業、高所トレーニングに関する研究班が結成され、その対策が提示されて以来、アルベールビルオリンピック・スキー競技関係は、コンバインド競技及びクロスカントリー競技（男子）オリンピック候補選手を対象として以下の3研究を立案し、実施した。

研究計画Iは低圧実験であり、筑波大学低圧環境制御装置を利用して、コンバインド競技候補選手のアルベールビル競技大会を想定し、2000m相当高度、5℃の低圧低温環境でのトレーニングを実施した。トレーニングは午前1時間、午後1時間の間欠的な低圧低温環境下でのトレーニングであり、トレーニング前と後のオールアウト運動時の呼吸循環機能及び酸素運搬系血液指標を中心として検討された。本研究計画は、中等高所に於ける全身持久性運動による酸素運搬系機能の亢進状況把握及び改善を目指す意図のもと、コンバインド競技コーチングスタッフの強い希望のもとに遂行されたものであり、候補選手も積極的に参加した。

研究計画IIは、コンバインド競技候補選手の中等高所に於ける適切な心拍亢進水準管理に基づくトレーニングの推進の検討である。

本コンバインド競技候補選手は数年来、オーストリアアルプスの中等高所（1800～2300m）でのスキー走行トレーニングを実施しているが、1990年に血中LA測定とH·Rの測定から有O₂トレーニングに於ける理想的循環亢進水準の個人運動处方を決定し、それに従ってトレーニングを継続してきている。

研究計画Iの低圧低温下のトレーニング時にも

本運動处方のもとにトレーニングが進行したが、1992年2月のアルベールビルオリンピック大会の直前、中等高所のスイスサンモリツでトレーニング及び心身の調整を計り、その最終トレーニング時の循環機能管理の状況の検討を主目標とした。

研究計画IIIは、クロスカントリースキー競技候補選手（男子）を対象に、フランス、ラ・セジーに於ける中等高所トレーニング時のコンディショニングの把握で、酸素運搬系機能の心拍数を中心とする循環機能、R·C、Hbを中心とする酸素運搬血液指標からの検討を意図した。また、特にクロスカントリースキー競技候補選手の平地に於ける諸指標との比較から、中等高所に於ける馴化課程の把握が意図された。

我が国の中等高所に於ける持久性トレーニングの研究は、1961年の霧ヶ峰高原（1600m）に於ける実験研究以来、1966年の乗鞍実験、1967年の高峰高原と継続され、基本的な中等高所の急性適応や馴化の諸課題が提言されたが、以後の地道な諸研究報告の貴重な資料の積み重ねがあり、今回の調査研究も又、中等高所と競技力向上の問題解決の貴重な資料となるであろう。

アルベールビル冬季オリンピックに於ける我が国選手の活躍は素晴らしい、複合競技は遂に念願の初優勝を果した。前述の如く、中等高所の馴化とハイパフォーマンスについて長年の研究の遂行があるが、よりよい馴化と確かな競技力向上のために一歩一歩、更なる研究の推進が求められるであろう。以下、研究計画I～IIIはそれぞれ、研究調査分担責任者である、筑波大学・浅野勝己教授、北海道大学・川初清典助教授他、スポーツ医学研究所・小林規研究所員から報告されている。

1-1) 一流スキーセンターハイブリッド選手の間欠的低温・低圧順応 トレーニングの有気的作業能に及ぼす影響

浅野 勝己

I 目的

第16回オリンピック冬季競技大会は、1992年2月8日から16日間にわたりフランスのアルペールビルにおいて開催される。スケート競技以外は標高1,400mから2,100mの高地で行われることが決定されている。クロスカントリーは1,600m、アルペンは1,840m、さらにフリースタイルは2,100mにおいて行われる。従ってアルペールビルにおける冬季競技の大部分は、寒冷下の影響と同時に高所による低圧低酸素の影響を受けることになる。

Robinson ら⁴⁾は、8℃で4,000mの低温・低圧環境で30日間のペダリング運動を行うと、対照群に比べ直腸温の低下と乳酸上昇および疲労度の大きいことを明らかにしている。すなわち、寒冷と低酸素の両刺激は脂質代謝による非ふるえ産生を抑制し、熱放散を高進するとしている。しかし、Blatteis ら²⁾は、両環境での適応によりふるえ熱産生が高進し、非ふるえ産生の向上も認められるとしている。

さらに LeBlanc³⁾は、低酸素環境において短期間の低温環境への間欠的暴露を反復するトレーニングでは、高所耐性の向上することを明らかにして

いる。

元来、寒冷環境では体温の0.5℃以上の低下により、高所環境では1,500mから1,000m上昇毎に10%ずつ最大酸素摂取量の低減することから、両環境における競技能力を高めるためには、最大酸素摂取能の向上に努める必要が指摘されている¹⁾。

このように、寒冷下での高所耐性の向上を期する場合には、長期間の寒冷暴露ではなく、比較的短時間の寒冷暴露を低圧環境において反復する方法がより効果的であると考えられている¹⁾。

そこで、一流スキーセンターハイブリッド選手について5℃で、2,000m相当高度の低温・低圧環境において、暴露中に一回60分間の持久性運動を行う間欠的低温・低圧順応トレーニングを実施し、有気的作業能に及ぼす影響を検討することを目的とした。

II 研究方法

1. 被検者

本研究の被検者は、スキーセンターハイブリッド選手の1992年アルペール冬季オリンピック候補選手4人である。各被検者の年齢、身長、体重、胸囲、腹囲、上腕囲、大腿囲、および下腿囲、さらに上腕背部、肩

Table-1 Physical characteristics of subjects.

| Subjects (male) | Age (yrs) | Height (cm) | Weight (kg) | Chest Girth (cm) | Abdominal Girth (cm) | Upper Arm Girth (cm) | Thigh Girth (cm) | Calf Girth (mm) | Triceps (mm) | Scapular (mm) | %Fat (%) |
|--------------------|--------------|----------------|----------------|---------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|--------------------|-----------------|------------------|-------------|
| KDM | pre | 26 | 174.2 | 67.0 | 93.8 | 73.5 | 29.7 | 51.6 | 36.2 | 4.5 | 7.0 |
| | post | | 174.2 | 65.5 | 93.9 | 72.9 | 30.1 | 52.2 | 35.7 | 4.5 | 6.5 |
| OGH | pre | 22 | 168.1 | 59.4 | 88.6 | 70.5 | 27.7 | 50.8 | 34.0 | 4.0 | 7.0 |
| | post | | 168.6 | 59.4 | 88.5 | 70.2 | 27.5 | 50.6 | 34.3 | 4.0 | 7.0 |
| MKT | pre | 25 | 170.6 | 56.5 | 88.5 | 68.8 | 26.0 | 49.5 | 32.5 | 3.5 | 5.5 |
| | post | | 170.8 | 56.5 | 90.0 | 67.7 | 25.9 | 49.4 | 32.6 | 3.5 | 6.0 |
| KUN | pre | 23 | 175.0 | 63.6 | 88.1 | 73.6 | 28.0 | 50.6 | 34.7 | 3.5 | 7.0 |
| | post | | 175.0 | 62.8 | 87.9 | 74.5 | 28.1 | 51.1 | 34.5 | 3.5 | 7.0 |

甲骨下部（皮脂厚計による）の皮脂厚の合計値から、長峰の式を用いて体脂肪率を求めた。それぞれの測定結果は Table 1 に示した。

2. 測定項目及び方法

1) 有気的作業能

有気的作業能は、環境制御装置（島津製、 61m^3 ）を用いて2,000m相当高度（593mm Hg）、外気温5°Cに設定し、この環境条件に30分以上滞在した後に測定した。すなわち、Monark 社製自転車エルゴメータを用い、多段階漸増負荷法による最大運動負荷試験を実施した（Fig. 1）。運動負荷中1分ごとにダグラスバッグ法により呼気ガスを採気し $\dot{V}\text{O}_2$ および $\dot{V}\text{E}$ を求めた。同様に HR（心拍数）はテレメーター方式により、 BP_s （収縮期血圧）および BP_d （拡張期血圧）は自動血圧計（日本コーリン社製 STBP-780）により、RPE（感覚的運動強度）は各負荷毎に聴取した。

LT (lactate threshold) を決定するために肘正中皮靜脈より1分ごとに採血し、乳酸分析器（YSI 社製）を用いて乳酸濃度を分析した。

以上の運動負荷試験から、 $\dot{V}\text{O}_2@LT$ （LT に相当する酸素摂取量）、 $\text{HR}@LT$ （LT に相当する HR）、 $\text{BP}_s@LT$ および $\text{BP}_d@LT$ （LT に相当する収縮期血圧及び拡張期血圧）、 $\text{PRP}@LT$ （LT に相当する

ダブルプロダクト）、 $\text{RPE}@LT$ （LT に相当する RPE）、 $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ （最大酸素摂取量）、 HR_{max} （最高心拍数）、 $\text{BP}_{s\text{max}}$ （収縮期血圧の最高値）、 $\text{BP}_{d\text{max}}$ （拡張期血圧の最高値）、 PRP_{max} （ダブルプロダクトの最高値）、 RPE_{max} （RPE の最高値）を求めた。また、漸増運動負荷中1分ごとの $\dot{V}\text{O}_2$ 、HR、 BP_s 、 BP_d 、PRP および RPE を求めた。

2) 血液検査

血液検査は RBC（赤血球）、Hb（ヘモグロビン）、Hct（ヘマトクリット）、EPO（エリスロポエチン）、CPK（クレアチン fosfオキナーゼ）、LDH（乳酸脱水素酵素）を測定した。

各検査はトレーニング前後で運動負荷試験前後に同一方法により実施した。

3) NMR による筋内 pH 測定および血中乳酸濃度

当大学附属病院の超伝導 MR 装置（Signa, GE 社製、1.5Telsa）を用いて筋内 ^{31}P NMR の測定を行った。すなわち仰臥位の被検者の右大腿直筋上に ^1H 用3.5インチのサーフェイスコイルを固定し、予め最適な ^{31}P スペクトルを得るためのシミング調整を行い、その後直ちに ^{31}P 用の同コイルを同位置に固定して、 ^{31}P のシグナル測定を実施した。この際繰り返し時間は2秒、積算回数3回であり、約30秒で一つのシグナルを得た。

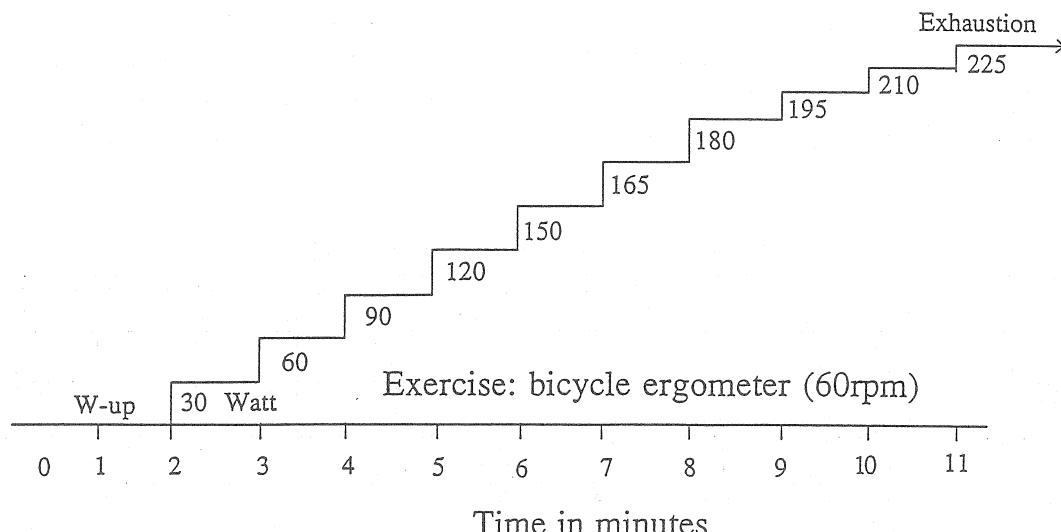


Fig. 1 Protocol of maximal exercise test at 2,000m (593mm Hg), 5 °C

仰臥位の被検者は、右足首に1kgの錘りを固定した状態で毎分40回(1.5秒に1回)、8分間にわたり膝関節伸展のまま約30cm拳上する運動を継続した。NMR測定は、運動開始前より運動中継続して行い、さらに回復時において8分間継続的に行つた。PCrとPiの変化はPCr/Pi比から判定した。筋細胞内pHの算出は、得られたスペクトルより、PCrおよびPiのピークを同定後、PCrに対するPiのケミカルシフト(σ)を求め以下のTaylorら⁷⁾の式により求めた。

$$\text{筋細胞内 pH} = 6.75 + \log (\sigma - 3.27) / (5.69 - \sigma)$$

血中乳酸濃度は安静、運動中8分間および回復後8分間にわたり1分毎に肘正中皮静脈に留置したカテーテルにより連続的に採血し、自動乳酸分析器(YSI社製)により分析した。

3. トレーニング方法

環境制御装置を用いて、2,000m相当高度(593mmHg)の低圧低酸素および外気温5℃の環境下で自転車およびトレッドミルを用いた有氣的運動を60分間実施した。運動強度はトレーニング前の運動負荷試験により求めたLT強度(心拍:130-140拍/分)とし、運動強度を一定にするために、運動中は各被検者がLTに相当するHRをモニタした。運動時間は1回約60分とし、1日2回、連続して4日にわたり計8回のトレーニングを実施した。

4. 解析方法

トレーニング前後および運動前後における各検査項目の有意性は、paired t-testにより解析した。統計的有意水準は5%に設定した。

III 結果および考察

1. 有氣的作業能

一般に持久性競技種目では、LTあるいは $\dot{V}\text{O}_{\text{2max}}$ が有氣的作業能の評価尺度として用いられている。 $\dot{V}\text{O}_{\text{2}}@LT$ はpreで 39.2 ± 3.2 、postで $41.0 \pm 1.2 \text{ ml/kg/min}$ 、 $\dot{V}\text{O}_{\text{2max}}$ はpreで 64.4 ± 4.1 、postで $65.8 \pm 2.8 \text{ ml/kg/min}$ となり、いずれもトレーニング後にわずかな増加傾向にあるが有意差は認められなかった(Fig. 2)。漸増運動負荷中の $\dot{V}\text{O}_{\text{2}}$ は、いずれの時点においても有意差は認められなかっ

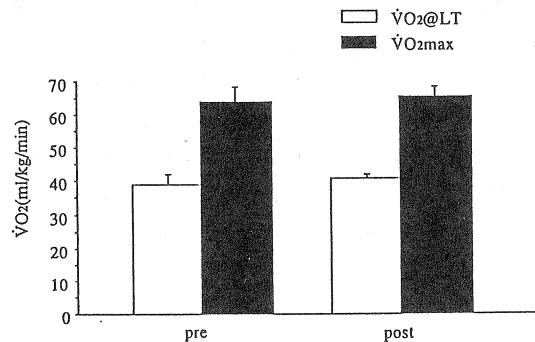


Fig.- 2 Changes in $\dot{V}\text{O}_{\text{2}}@LT$ and $\dot{V}\text{O}_{\text{2max}}$ at pre and post cold and altitude training.

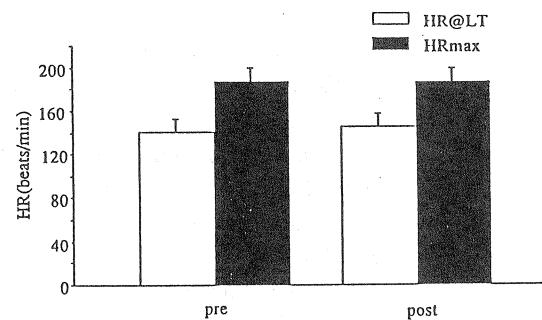


Fig.- 3 Changes in $\text{HR}@LT$ and HR_{max} at pre and post cold and altitude training.

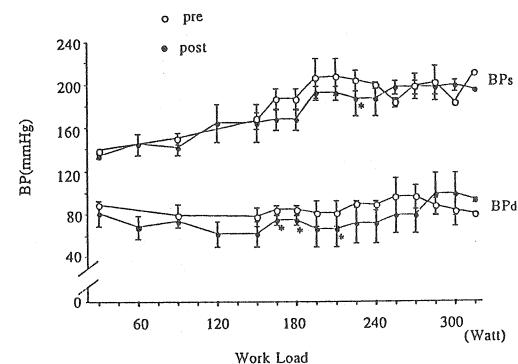


Fig.- 4 Changes in SBP and DBP at each WL at pre and post cold and altitude training.

(* : $p < 0.05$)

た。HR@LTはpreで 140.8 ± 11.6 , postで 145.8 ± 12.0 , HRmaxはpreで 187.5 ± 12.6 , postで 185.8 ± 11.6 b/minとなり, $\dot{V}O_2$ と同様にいずれについてもトレーニング前後で有意差は認められなかった(Fig. 3)。漸増運動負荷中のHRはいずれの時点においても有意な変化は認められなかった。運動負荷試験の最大運動時間はpreで 16.9 ± 0.9 , postで 17.5 ± 1.0 分となり, わずかに増加する傾向にあったが, これについてもトレーニング

前後で有意差は認められなかった。この原因として考えられることは, 被検者数が少いことのほかに, 高度にトレーニングされた一流競技選手であることから, わずか4日間の低温・低压トレーニングでは, 有気的作業能の改善のための十分なトレーニング量を確保できなかったものと考えられる。

つぎにLT水準における収縮期血圧(BPs@LT)および拡張期血圧(BPd@LT)についてみると,

Table-2 Effects of cold and altitude training on aerobic work capacity and blood constituents.

| Variables | pre | post |
|-----------------------------------|---------------------|--|
| $\dot{V}O_2$ @LT | 39.2 ± 3.2 | 41.0 ± 1.2 |
| max (ml/kg/min) | 64.4 ± 4.1 | 65.8 ± 2.8 |
| HR@LT | 140.8 ± 11.6 | 145.8 ± 12.0 |
| max(beats/min) | 187.5 ± 12.6 | 185.8 ± 11.6 |
| Exhaustion Time(minutes) | 16.9 ± 0.9 | 17.5 ± 1.0 |
| BPs@LT | 187 ± 10 | $176 \pm 9^*$ |
| max(mmHg) | 212 ± 12 | 202 ± 3 |
| BPd@LT | 85 ± 5 | 69 ± 15 |
| max(mmHg) | 91 ± 2 | 104 ± 13 |
| PRP@LT | 262 ± 16 | 256 ± 25 |
| max($HR \cdot BP_s \cdot 10^2$) | 402 ± 40 | 367 ± 31 |
| RPE@LT | 14 ± 2 | 13 ± 1 |
| max | 19 ± 0 | 18 ± 1 |
| RBC($\cdot 10^4 / mm^3$)before | 510 ± 33 | 513 ± 49 |
| after | 544 ± 35 (6.7%) | 536 ± 41 (4.5%) |
| Hb(g/dl) | before after | 15.7 ± 0.4 16.8 ± 0.3 (6.8%) |
| Hct(%) | before after | 46.5 ± 1.8 51.2 ± 1.9 (10.1%) |
| EPO(mU/ml) | before after | 28 ± 6 27 ± 2 (-3.6%) |
| CPK(IU/l) | before after | 240 ± 133 261 ± 136 (8.6%) |
| LDH(IU/l) | before after | 402 ± 62 438 ± 48 (9.0%) |
| | | 338 ± 41 378 ± 116 (5.8%) |

Values are presented $M \pm SD$

* significantly different from pre ($p < 0.05$)

$BP_s@LT / BP_d@LT$ は、pre で $187 \pm 10 / 85 \pm 5$ 、post で $176 \pm 9 / 69 \pm 15$ mm Hg となり、 $BP_s@LT$ が有意に低下することが認められた。一方、最大運動時の血圧 ($BP_{s\max} / BP_{d\max}$) についてみると、 $BP_{s\max} / BP_{d\max}$ は pre で $212 \pm 12 / 91 \pm 2$ 、post で $202 \pm 3 / 104 \pm 13$ mm Hg となり、有意な変化ではなかった。漸増運動負荷中の血圧をみると、 BP_s については、負荷が 225W の時点でトレーニング後に約 8% 有意に低下した (Fig. 4)。 BP_d については、負荷が 165W で約 12%、180W で約 12%，210W では約 20% の有意な低下を示した (Fig. 4)。

HR と BP_s の積から算出されるダブルプロダクト (PRP) は、心臓の仕事量と高い相関関係があり、心筋酸素消費量の指標として用いられている⁵⁾。 $PRP@LT$ は pre で 262 ± 16 、post で 256 ± 25 ($* 10^2$) b/mm Hg/min となり、また、 PRP_{\max} は pre で 402 ± 40 、post で 367 ± 31 ($* 10^2$) b/mm Hg/min となり、共に低下する傾向にあった。また、漸増運動負荷中の PRP においては、負荷が 225W の時点で約 6% の有意な低下が認められた (Fig. 5)。

このように運動中の血圧や PRP に関しては、最大下同一運動負荷に対して全体的に低下する傾向にあり、一方で各負荷時の酸素摂取量には変化が認められなかった。すなわち、 BP_s の低下は心拍出量の低下というよりはむしろ、交感神経系の抑制および血管収縮の抑制などによる後負荷の減少によるものと推察される。最大下での同一運動負荷に対する BP_s あるいは PRP の低下は、長時間にわたるスキー距離競技での持久性競技力向上に寄与するものと考えられる。

感覚的な運動強度の指標として RPE を測定した。 $RPE@LT$ は pre で 14 ± 2 、post で 13 ± 1 となり、LT に相当する感覚的な運動強度は、約 7% 低下する傾向にあった (Fig. 6)。一方、漸増運動負荷中、負荷が 165W の時の RPE がトレーニング後に有意に低下することが認められた (pre : 13 ± 2 、post : 12 ± 2) (Fig. 7)。すなわち、本トレーニングにより同一運動負荷に対する感覚的な強度が低減し、低酸素や寒冷というストレスに対する心理的耐性の高まったことが推察される。

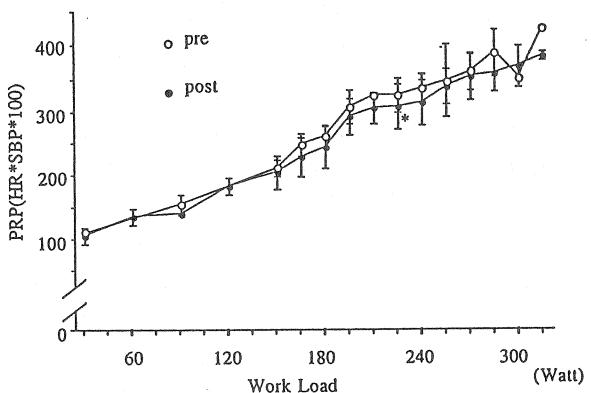


Fig. - 5 Changes in PRP at each WL at pre and post cold and altitude training.

(* : p < 0.05)

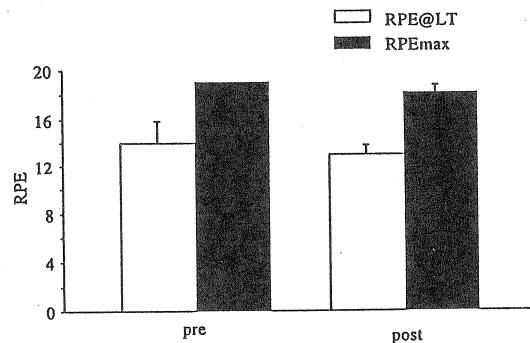


Fig. - 6 Changes in PRE@LT and PREmax at pre and post training.

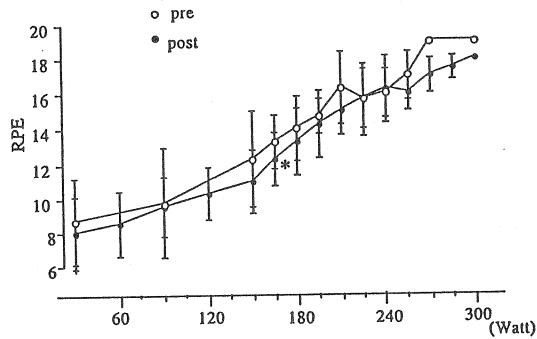


Fig. - 7 Changes in PRE at each WL at pre and post cold and altitude training.

(* : p < 0.05)

2. 血液性状

RBC は pre で運動前の 510 ± 33 から運動後の $544 \pm 35 * 10^4 / \text{mm}^3$ を示し、post で運動前の 513 ± 49 から運動後の $536 \pm 41 * 10^4 \text{mm}^3$ となり、トレーニング前後でほぼ同等であった (Fig. 8). Hb は pre で運動前の 15.7 ± 0.4 から運動後の $16.8 \pm 0.3 \text{g/dl}$ を示し、post で運動前の 16.0 ± 1.0 から運動後の $16.5 \pm 0.6 \text{g/dl}$ となり、ほぼ同等であった (Fig. 8). Hct についても pre および post の運動前後でほぼ同等であった (pre : $46.5 \pm 1.8 \rightarrow 51.2 \pm 1.9\%$, post : $48.3 \pm 3.1 \rightarrow 52.3 \pm 2.1\%$)。したがって、本トレーニングによっては血液の酸素運搬機能は明かな高進を示さなかったものと考えられる。EPO は赤血球の造成を促すことが知られている。従って高所トレーニングでは EPO の増加する可能性が考えられる。本研究では、EPO は pre で運動前の 28 ± 6 から運動後の 27 ± 2 、post で運動前の $24 \pm 10 \text{mU/ml}$ から運動後の $31 \pm 8 \text{ mU/ml}$ となり、安静時の EPO はトレーニング前後ではほぼ同等であったが、トレーニング後に運動時の変化率が -3.6% から 29.2% へ増加する傾向を示した (Fig. 8)。

血清 CPK はエネルギー源となる ATP と CP との間で高エネルギー磷酸の転移を可逆的に触媒する酸素である。CPK の動態は運動が長時間におよぶほど、あるいは筋の発生する張力が大きい場合には骨格筋に対する負担が著しくなり、CPK の上昇が見られるとされている³⁾。一般に、鍛錬者と非鍛錬者では同一負荷における運動後の血清 CRK の上昇は、鍛錬者の方が少ない。本研究ではトレーニング前後の運動負荷試験前後で CPK を測定した (Fig. 9)。Pre においては、運動負荷試験の前後で約 8.6% (約 21IU/l) の上昇を示した。Post においては、約 4.8% (約 12IU/l) の上昇を示した。トレーニング前における CPK の変化量とトレーニング後の CPK の変化量との間には統計的に有意水準に達しなかったものの、平均的には CPK の上昇率がトレーニング後に低下する傾向を示した。すなわち、本トレーニングによって、最大運動というストレスが筋に与える負担を軽減する傾向がもたらされたものと考えられる。

一方、血清 LDH は解糖系のエネルギー生成過程における主要酵素の一つである。本トレーニング

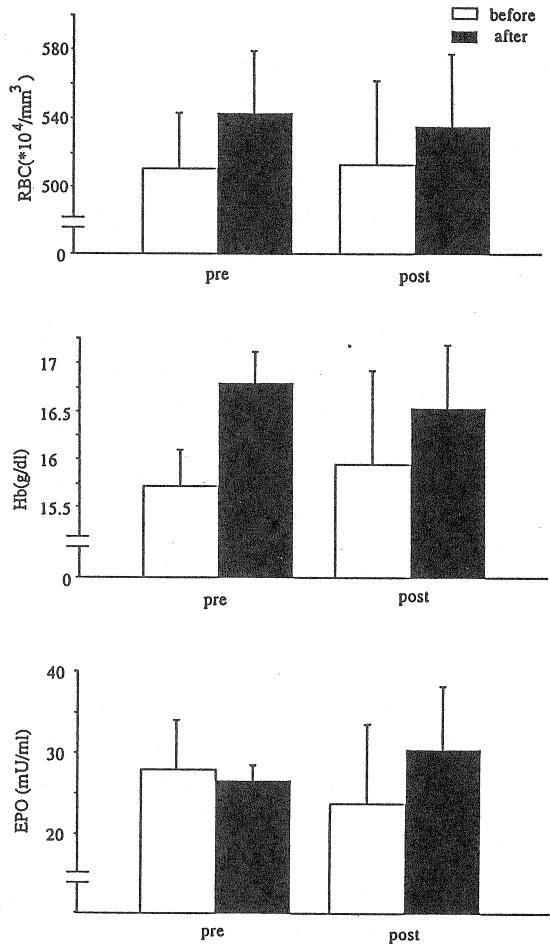


Fig. - 8 Changes in RBC, Hb and EPO before and after exercise at pre and post cold and altitude training.

では pre の運動負荷試験の前後で約 9.0% (約 36IU/l)、post においては約 5.8% (約 40IU/l) 増加した (Fig. 9)。このように、LDH の変化も CPK と同様にトレーニング後では僅かではあるが低下傾向にあることが認められた。すなわち、運動のエネルギー源としての解糖系が抑制される傾向にあることが推察される。

3. 筋内 pH および血中乳酸動態

本低温・低圧順応トレーニング前後について、8 分間の脚拳上運動時および 8 分間の回復時の筋内 pH と血中乳酸動態を個人値と平均値で比較した (Fig. 10~14)。4 選手とも筋内 pH はトレーニ

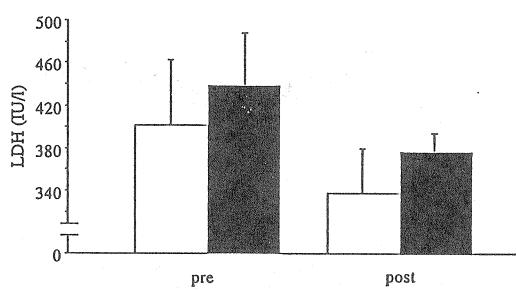
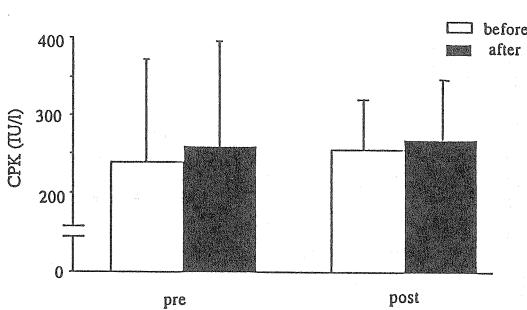


Fig. 9 Changes in serum CPK and LDH before and after exercise at pre and post cold and altitude training.

ング後にその低下度が減少し、また血中乳酸濃度の上昇が抑制される傾向にある。平均値では、とくに運動中および回復時初期の筋内pHの低下度が有意に減少し、血中乳酸も約0.2mMの有意な低下が認められる。

これらの事実から、本トレーニングは筋内解糖系の抑制および重炭酸系によるH⁺の緩衝比率を高進したものと考えられる。

IV 要 約

本低温・低圧順応トレーニングによる有気的作業能および血液性状に及ぼす影響について、5 °C、2,000m相当高度における最大下および最大運動時の生理的応答から次の結果が得られた。

① 最大下および最大運動時のVO₂、HRおよび最大運動時間はトレーニング前後でほぼ同等であった。

② BP_s@LTはトレーニング後に有意に低下し、

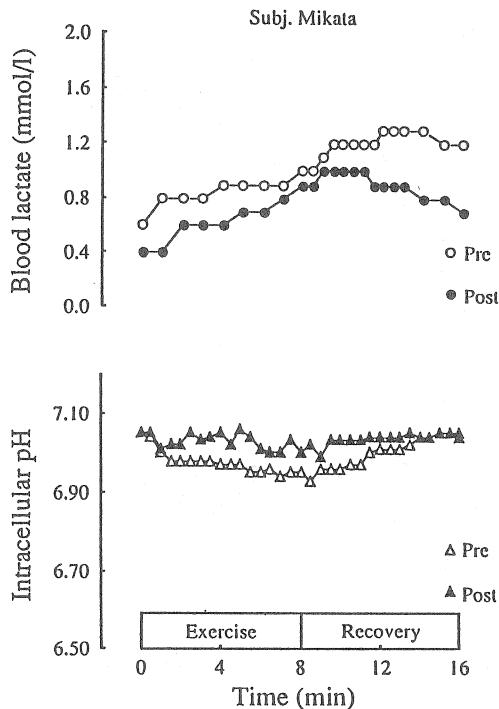


Fig. 10 Comparison of intracellular pH and blood lactate during leg lift exercise and recovery between pre and post cold and altitude training in Mr. Mikata.

最大下同一負荷時のBP_s(225W)とBP_d(160, 180および225W)に有意な低減が認められた。

- ③ PRPはトレーニング後に最大下同一負荷時(225W)において有意に低下した。
- ④ RPEはトレーニング後に最大下同一負荷時(165W)において有意に低下した。
- ⑤ RBC, HbおよびHctはトレーニング前後の運動前後でほぼ同等であった。
- ⑥ 安静時のEPOはトレーニング前後で変化は認められなかつたが、トレーニング後に運動時の変化率が-3.6%から29.2%へ増加する傾向を示した。
- ⑦ CPKはトレーニング後に運動時の増加率がトレーニング前の8.6%からトレーニング後の4.8%へ低減する傾向が認められた。
- ⑧ LDHはトレーニング後に運動時の増加率がトレーニング前の9.0%からトレーニング後の5.8%へ低減する傾向が認められた。

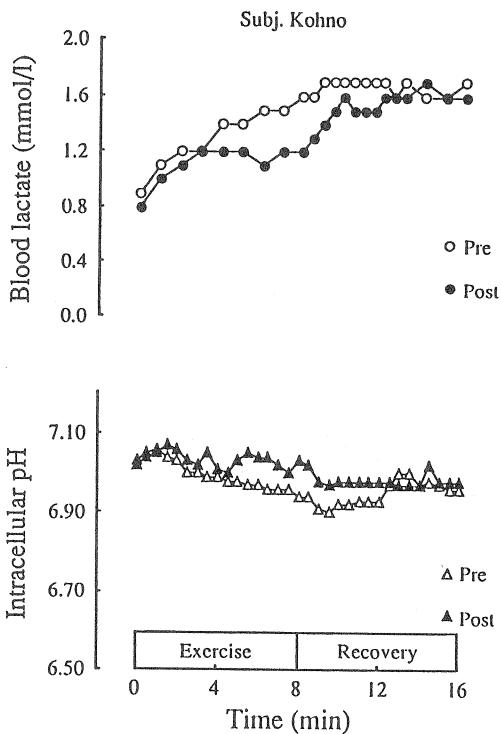


Fig.-11 Comparison of intracellular pH and blood lactate during leg lift exercise and recovery between pre and post cold and altitude training in Mr.Kohno.

⑨ 右足首への1kg重負荷での8分間の脚拳上運動時および回復時の筋内pHは、本トレーニング後に0.05~0.07高値を示し、その低下度が有意に抑制された。一方、血中乳酸は本トレーニング後に0.20~0.25mM低値を示し、有意な減少を示した。

V 結 論

一流スキー複合男子選手4人（平均24歳）について1回30分の乳酸性閾値（LT）水準の運動（心拍数130-140拍／分）を、5℃、2,000m相当高度に1日2回で連続4日間にわたり、計8回の低温・低圧順応トレーニングを実施した結果、次のことことが明らかとなった。すなわち、5℃、2,000m相当高度における最大酸素摂量（ $\dot{V}O_{2\max}$ ）、 $\dot{V}O_2 @ LT$ および最大運動時間には明らかな増加は認められなかつたが、最大下運動時の血圧の低下およびダ

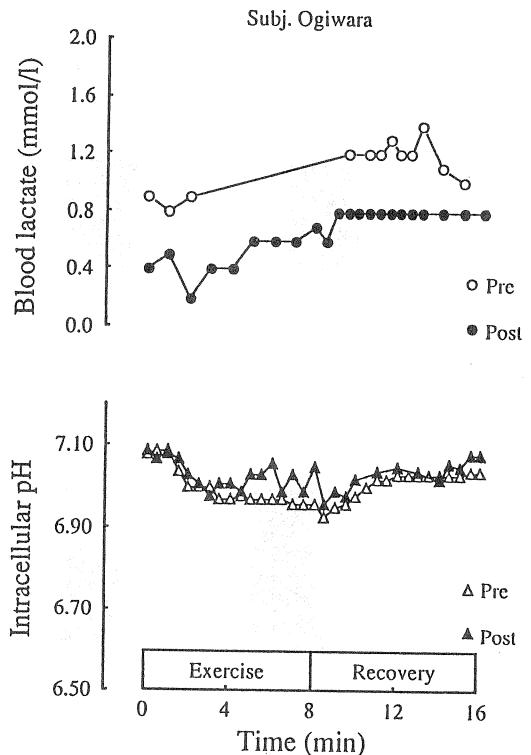


Fig.-12 Comparison of intracellular pH and blood lactate during leg lift exercise and recovery between pre and post cold and altitude training in Mr.Ogiwara.

ブルプロダクト（PRP：心拍数と収縮期血圧の積）が低下し、心筋への酸素供給の効率化が認められた。さらに感覚的運動強度（RPE）も最大下運動時において低下を示し、心理的負担の軽減が示唆された。また、血液性状では、赤血球および血色素には有意な変化は認められなかったが、CPKおよびLDHでは運動時の増加率がトレーニング後に低減傾向を示し、低温および低圧ストレスに対する筋代謝面での耐性の向上が示唆された。

とくに運動および回復時の筋内pH低下の抑制と血中乳酸濃度の減少がトレーニング後に認められたことから、本トレーニングにより筋内解糖系の抑制と緩衝能の高進がもたらされたものと考えられる。

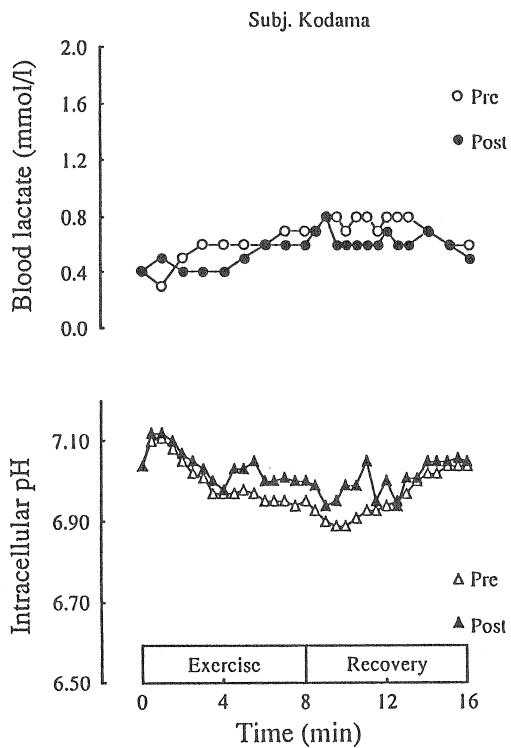


Fig.-13 Comparison of intracellular pH and blood lactate during leg lift exercise and recovery between pre and post cold and altitude training in Mr.Kodama.

(謝辞)：本研究のNMR測定に際しては、筑波大学臨床医学系、板井悠二教授および大学院生、久野譜也君の協力を得た。ここに謝意を表する。

また当教室の大学院生、竹田正樹、水野 康、鎌田泰志君らの協力に感謝する。

参考文献

- 1) 浅野勝己：寒冷と高所のためのトレーニング. *J. J. Sports. Sci.*, 9 : 759-766, 1990.
- 2) Blatteis, C. and L. Lutherer. : Effects of altitude exposure on thermoregulatory response of man to cold. *J. Appl. Physiol.*, 41 : 848-858, 1976.
- 3) 伊藤 朗：「図説・運動生化学入門」, pp.132-146, 1988.
- 4) LeBlanc, J. : Cold and altitude, cold and exercise. In : *Man in the cold*. Charles C. Thomas

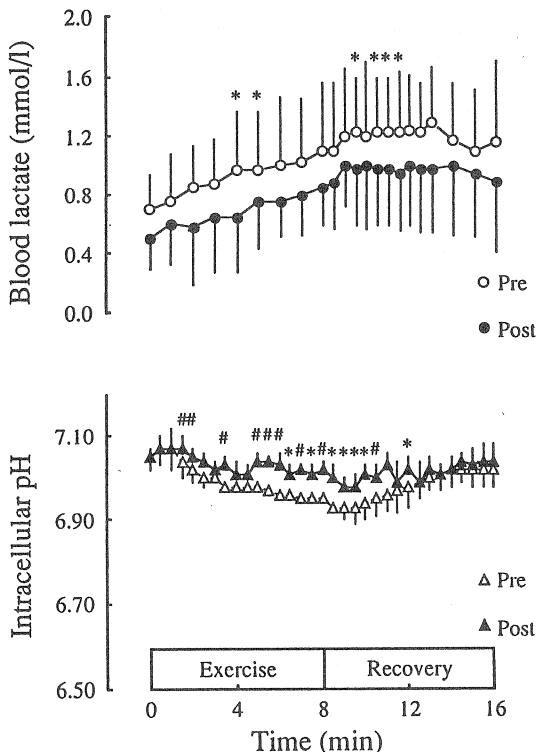


Fig.-14 Comparison of intracellular pH and blood lactate during leg lift exercise and recovery between pre and post cold and altitude training in four combined skiers.

- Pub., 1975, pp.146-160.
- 5) Nelson, R.R., Fredarick, L.G., Jorgensen, C.R., Wang, K., Mang, Y., and Taylor, H.L. : Hemodynamic predictors of myocardial oxygen consumption during static and dynamic exercise. *Circulation*, 50 : 1179-1189, 1974.
 - 6) Robinson, K.A. and E.M. Haymes. : Metabolic effects of exposure to hypoxia plus cold at rest and during exercise in humans. *J. Appl. Physiol.*, 68 : 720-725, 1990.
 - 7) Taylor, D.J., Bore, P.J., Styles, P., Gadian, D.G., and Radda, G.K. : Bioenergetics of intact human muscle. $A^{31}P$ nuclear magnetic resonance study. *Mol. Biol. Med.*, 1 : 77-94, 1983.

1-2) 中等高所に於ける持久力トレーニングと体調調整に関する －全日本スキー連盟ノルディック・コンバインド・ ナショナルチーム(A)の実践研究から－

川初 清典¹⁾ 中川 功哉²⁾ 晴山紫恵子³⁾

池上 三紀⁴⁾ 上杉 尹宏⁴⁾

早坂毅代司⁴⁾ 斎藤 智治⁴⁾

緒 言

高地トレーニングとは元来、高地で開催される競技会でも優れた記録を得るために持久性の「その場対応」型トレーニングとして取り組まれた。以来、これからむしろ派生した効果、つまり低地でも更に優れた記録が得られる点に着目され、高地トレーニングは高度な持久力獲得に既に不可欠な手段となって定着し、全日本スキー連盟ノルディック・コンバインド部門のナショナルチームでもこの手法を既に組織的に実践している^{1,2)}。この部門では競技シーズンに先かけた早期雪上活動として数年来、オーストリアーアルプスの中等高所(標高はトレーニング場が約2300m、滞在地が1800m)にて秋期にスキー走行の実践トレーニングをしている。1990年9月にも例年どうり10日間、総計約300kmのスキー走行を実施し、その前後でトレッドミル水平走行テストによる血中乳酸濃度の測定を行い、乳酸値2および3mmolにおけるトレーニング心拍数の個人値を得た²⁾。この高地トレーニングも含めて、以来1年間、とりわけ競技シーズンを終え、選手がシーズン後の休息期を過ぎた夏・秋季の陸上でのトレーニングではこのトレーニング

心拍数を目標においた負荷強度下のコーチングを助言し、同様に競技シーズンに入る前に従来実践してきた高地トレーニングを2度に増やした「専門的持久力」の向上計画を提言し(図1)¹⁾、コーチング現場はこれら2点の実践に努めた。トレーニング心拍数は9月の高所合宿後のトレッドミル走行テストで見直しを行い、11月には提言順守の形で低温低圧制御下(5°C、高度2000m)トレーニングの合宿計画を実施して競技シーズンを迎えた。この報告は、1) トレーニング心拍数決定の経緯、2) 低温低圧制御下トレーニングの経緯、3) アルペールビルオリンピック大会時の高地における調整、の3点に関してトレーニングおよび競技現場の資料を呈示しコーチングの実践に供せんとするものである。

1. トレーニング心拍数決定の経緯

全日本スキー連盟ノルディック・コンバインド部門では持久性の評価指標の基本を血中乳酸に置き、その2mmol、3mmol、4mmolの各水準に対応するトレッドミル走行速度と心拍数を測定し、ナショナルチーム(A)の全選手5名については上述テスト時にそれらの値を表1のように設定した。血中乳酸値の各水準は以下のように評価・指導した。

¹⁾北海道大学体育指導センター

²⁾北海道大学教育学部

³⁾北海道女子短期大学 初等教育学部

⁴⁾全日本スキー連盟ノルディック・コンバインド部門

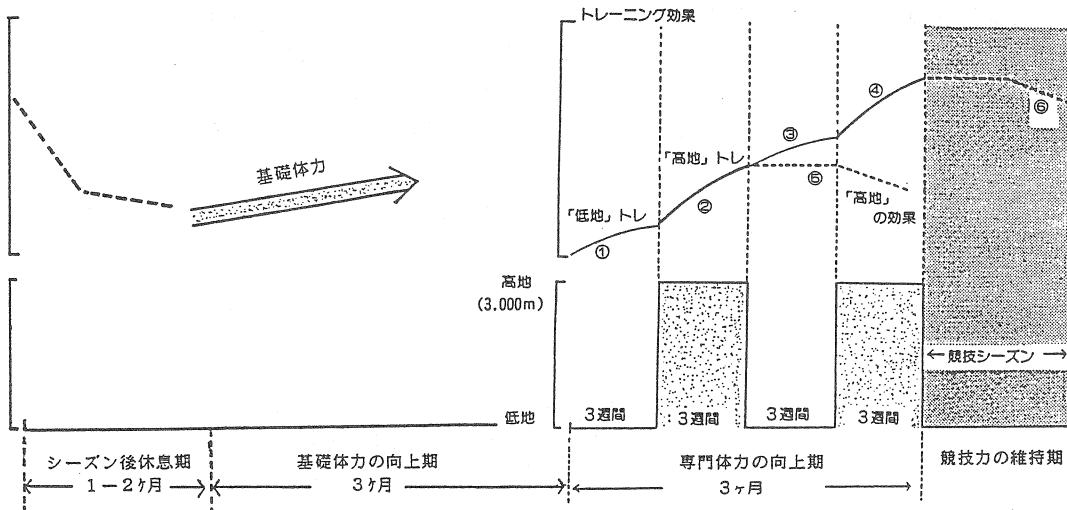


図1 全日本スキー連盟ノルディック・コンバインド、ナショナルチーム（A）の年間トレーニングモデル

表1 全日本スキー連盟ノルディック・コンバインド
ナショナルチーム(A)選手の持久力トレーニング心拍数

| 選手 | 血中乳酸濃度 | | | | | |
|----|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
| | 4 mmol | | 3 mmol | | 2 mmol | |
| | 速度 m/sec | 心拍数 bpm | 速度 m/sec | 心拍数 bpm | 速度 m/sec | 心拍数 bpm |
| A | 4.58 | 198 | 4.29 | 192 | 3.70 | 175 |
| B | 4.76 | 188 | 4.50 | 181 | 3.89 | 174 |
| C | 4.47 | 177 | 4.13 | 161 | 3.67 | 142 |
| D | 4.78 | 168 | 4.50 | 156 | 3.80 | 139 |
| E | 4.23 | 173 | 3.82 | 169 | 3.13 | 127 |

*速度はトレッドミル水平走行による

1) 2 mmol : A TあるいはLSDなどと通称される負荷基準の基本になる指標として、この強度を当チーム各選手の持久力トレーニングの基礎強度とし、この場合の所要時間を2時間に定した³⁾。

2) ? mol : 上記2 mmolの準用指標、トレーニング所要時間は1時間。

3) 4 mmol : Performanceを低下させない有酸素性運動の限界強度であり、その能力指標。

表1のトレーニング心拍数によって1年間のトレーニングを経過し、1991年の所謂オリンピックの年のシーズン前高所トレーニングが9月に9日間実施された。10月中旬に北海道大学体育指導センターで前年と同じプロトコルによるトレッドミルテストを行い、トレーニング心拍数を見直し、表2の値を指示した。

表2 全日本スキー連盟ノルディック・コンバインド、ナショナルチーム（A）各選手の1991年度シーズンのトレーニング心拍数*

| 選手 | 2 mmol | 3 mmol |
|----|--------|--------|
| A | 175拍/分 | 190拍/分 |
| B | 165 | 180 |
| C | 155 | 160 |
| D | 150 | 170 |
| E | 145 | 160 |

2. 低温低圧制御下トレーニングの経緯

[方法]

オリンピック年のシーズン前高所トレーニングに引き続いでの補完トレーニング合宿が筑波大学で11月5日～10日の期間で実施された。そのトレーニングと測定の経過は図2のとおりである。

初日および最終日の生理学的諸測定結果は別報で報告される。ここではトレーニング心拍数の測定・管理について結果を述べる。このトレーニングには表1の選手Dを除くチーム成員4名が参加した。心拍数はデジタル仕様メモリータイプの簡易無線心拍計(フィンランド、ポーラ社製、PE3000型)

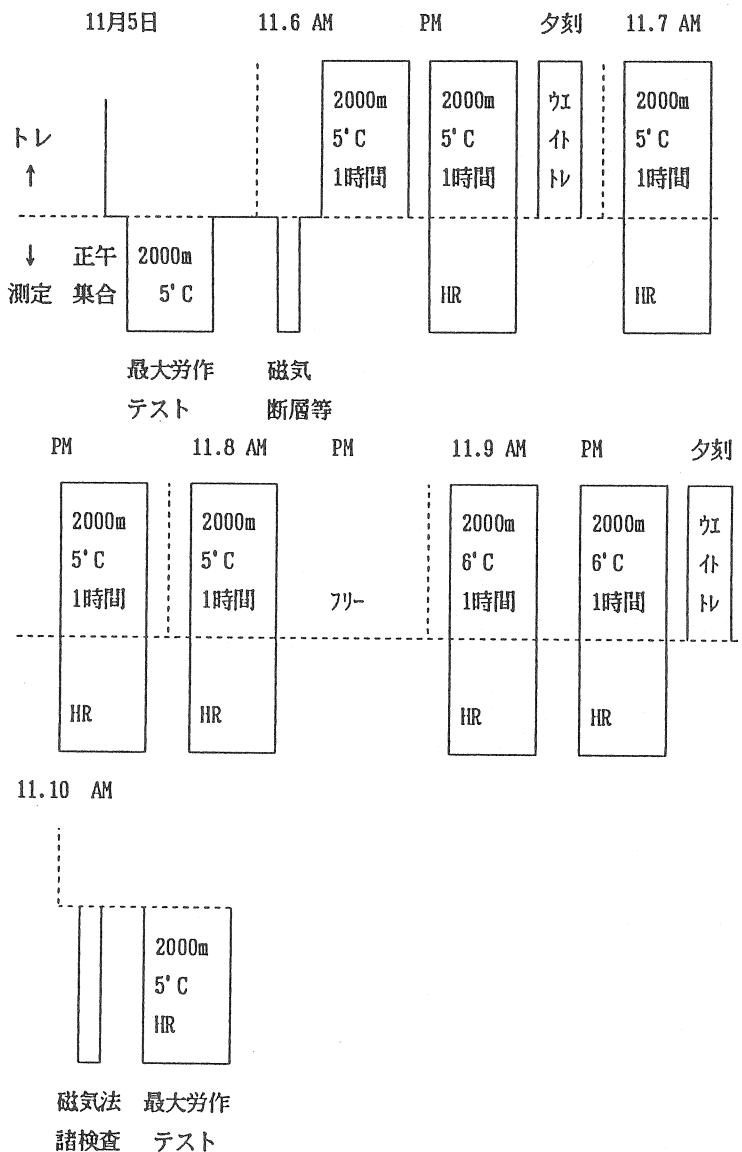


図2 全日本スキー連盟メルディック・コンバインド、ナショナルチーム(A)
1991年秋期強化合宿、低圧・低温下トレーニングと測定の実施経過

によって導出しパーソナルコンピュータ(PC-9801 NV型, NEC社製)を通して心拍数を統計処理した。トレーニングは減圧減温および昇圧昇温の過程も含めて制御室内に1回2時間滞室し自転車エルゴメータ(モナーク社製)運動およびトレッドミル水平走行を合わせて1時間行った。

[結果と考察]

上述制御環境下におけるトレーニングでは処方心拍数の強度が得られなかった。アルプスの高所トレーニングではこれが容易に達成されていた点を踏まえて自転車エルゴメータという負荷様式に原因が考えられた。しかし負荷増加は、選手全員で膝あるいは腰に愁訴があらわれて実行できなか

った。従って室内に設備されるトレッドミルによって1被検者15分間の無傾斜下の走行を自覚的運動強度を指標とした任意の強度で自転車トレーニングに間入した。このトレーニングは合宿期間の後半で3回実施され、重ね合わせた心拍数トレンドグラム1例(選手A, トレーニング心拍数: 175)を図3に示した。この図から、1) 自転車エルゴメータ負荷では心拍数が軽運動の範囲に停っている、2) ランニング負荷では中等度の強度で運動が持続されている、3) 上記2種類の負荷ともトレーニング心拍数に達していない、等の点が明かである。これらの結果は、1例(選手B)で自転車エルゴメータ負荷で中等度の強度が達成された

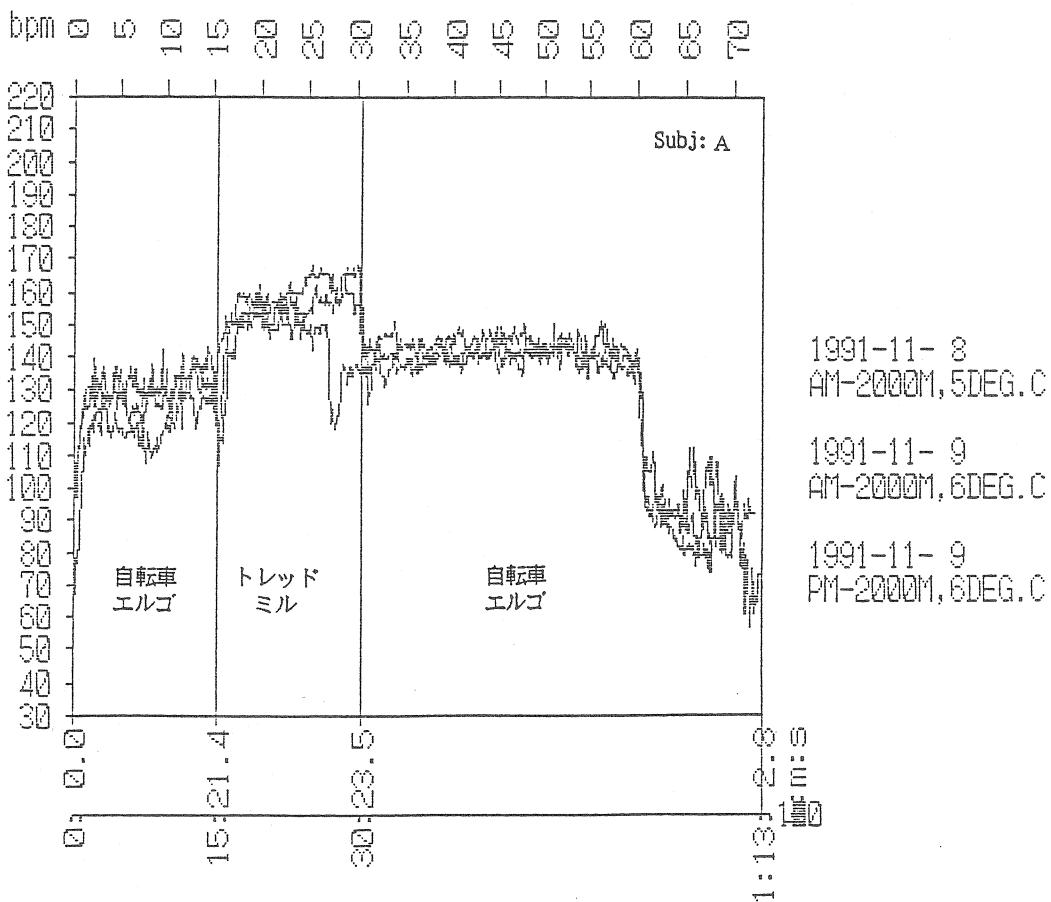


図3 全日本スキー連盟ノルディック・コンバインド、ナショナルチーム(A)選手における1991年秋季低温低圧制御下トレーニング時の心拍数トレンドグラム。被検者は表1のAの選手

点を除けば上記3点とも全選手に共通した明確な現象であった。上記3)の原因としては従って専門スポーツの動作との様式の差を考えることになる。結果的に一日2時間もしくは1時間のトレーニングを負荷したが負荷強度自体には幾分の不足

表3 アルペールビルオリンピック'92、ノルディック・コンバインド日本チーム選手の事前および大会中の高所調整*と心拍測定の概要

| 1992年 | 心拍数測定 選 手 A B C D | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-------------------------|---------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | スイス・サンモリッツ着 (標高1,800m) | | | | | | | | | |
| 1月29日- 日本発 | | ○○○○ | | | | | | | | | |
| スイス・サンモリッツ着 | | | | | | | | | | | |
| (標高1,800m) | | | | | | | | | | | |
| 30日- スキ-走 60分 | ○○○○ | | | | | | | | | | |
| 30日- スキ-走 90分 | | | | | | | | | | | |
| 2月 1日- スキ-走 80分 | | | | | | | | | | | |
| 2日- スキ-スピード走 70秒×5 | ○ | | | | | | | | | | |
| 3日- 休養日 | | | | | | | | | | | |
| 4日- スキ-スピード走 12分~12分30秒 | ○○○○ | | | | | | | | | | |
| 5日- スキ-走 90分 | ○ | | | | | | | | | | |
| 6日- アルペールビル移動 | | | | | | | | | | | |
| 7日- | | | | | | | | | | | |
| 8日- | ○ | | | | | | | | | | |
| 9日- スキ-スピード走 | | | | | | | | | | | |
| 10日- | | | | | | | | | | | |
| 11~12日- 競技 | | | | | | | | | | | |
| 13日- 休養日 | | | | | | | | | | | |
| 14日- スキ-走 60分 | | | | | | | | | | | |
| 15日- Time Trial (約5Km) | ○○○○ | | | | | | | | | | |
| 16日- | | | | | | | | | | | |
| 17~18日- 競技 | | | | | | | | | | | |

*極く軽度なスキ-走及びスキ-ジャンプの練習は表に含まない

を伴ったとして考えられよう。

3. 五輪遠征時の高地における調整

[方法]

オリンピック大会には表1の選手Eを除く成員4名が派遣され表3の日程で高所滞在し事前調整のうえ大会に臨んだ。表にはこのときの心拍数測定実施日を併示した。測定法は前記同様である。また大会場における調整に関しても測定値を得たので測定日を併せて表に示した。

[結果と考察]

事前調整では体操系の補助運動を除けば専らスキージャンプとスキー走行がプログラムであり、後者は持久走とスピード走を明確に区別して実施した。高地到着の翌日に行われた60分走時の各選手の心拍数トレンドグラムとそのヒストグラムは図4のとおりである。表3に示されるスキ-60分走とスピード走について図4の分析も加えてトレーニング時の強度を判定し、オリンピック大会個人戦の距離の順位と共に表4に併示した。クロスカントリースキーではワックシングの適否と雪質の問題が要因として更に加わり、後者ではオリンピック競技時の折りからの暖気の下、ザラメ状の湿雪となり除雪抵抗に対して相対的に軽量な我が国選手に不利な条件が加わった。結果的に選手Bで順当な走行になった以外は各選手とも今期ワールドカップ戦績よりも順位を落とし、その傾向は

表4 ノルディック・コンバインド選手のオリンピック遠征時調整トレーニングの強度*とオリンピックの距離の競技の順位

| 選手 | スキ-60分走 | スキ-スピード走 | 五輪距離順位 |
|----|---------|----------|--------|
| A | 2 mmol | 4 mmol | 16位 |
| B | 3 | 超4 | 18位 |
| C | 超4 | 超4 | 42位 |
| D | 2 | 超4 | 30位 |

*心拍数から血中乳酸濃度に概略換算して

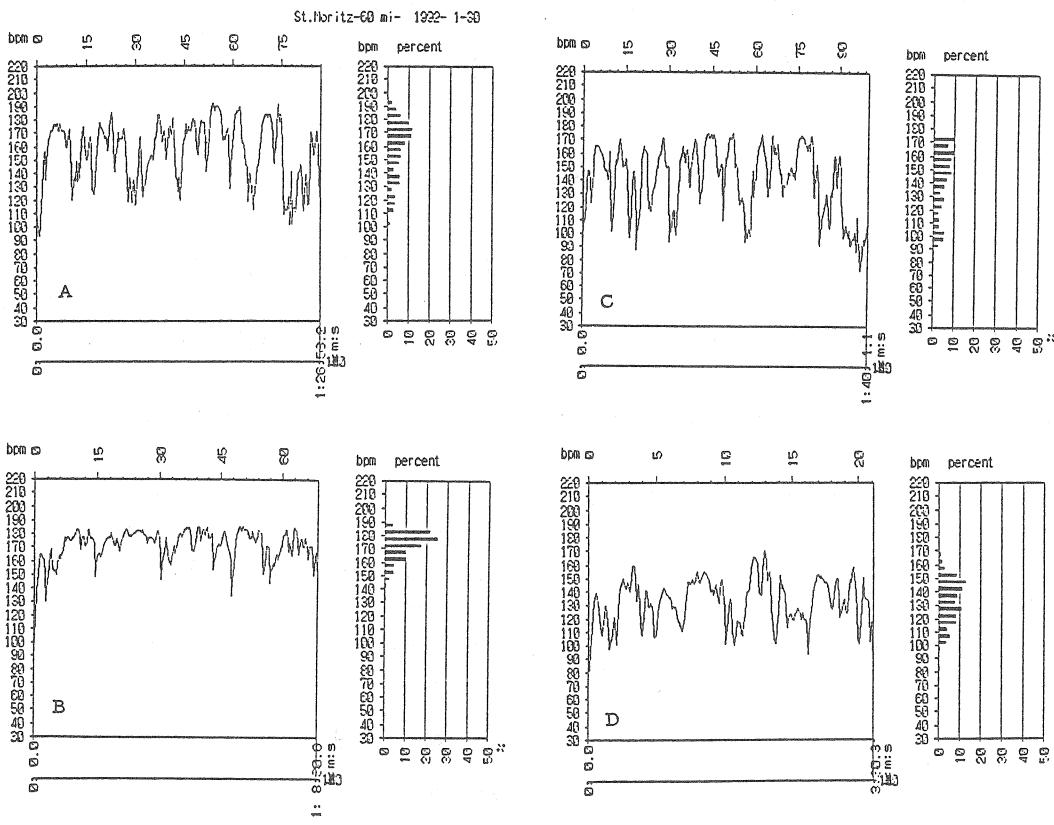


図4 アルベールビル'92、スキーノルディック・コンバインド日本チーム選手の高所における直前調整（スキーアルペン走）時の心拍数トレンドグラムとそのヒストグラム

選手Cで顕著となった。この後、更に入念なスキーアルペン走調整を経てA, B, Cの3選手が5日後の団体戦に出場しチーム優勝に漕ぎつけた。結果的には本研究で示したトレッドミル血中乳酸テストによるトレーニング指針以来、このノルディック・コンバインド、ナショナルチーム（A）の全選手が世界選手権もしくはオリンピック大会のメダル保持者となった。

引用文献

- 1) 川初清典, 中川功哉: (財) 全日本スキー連盟ノルディック・コンバインド、ナショナルチーム(A) 1991年春期体力測定報告, 全日本スキー連盟競技本部報告, 1991
- 2) 川初清典, 中川功哉, 晴山紫恵子, 北村辰夫: 高地トレーニングの医学—全日本スキー連盟での取り組み, 臨床スポーツ医学8, 616-620, 1991
- 3) Schürch P.: Leistungsdiagnostik, pp64 perimed Fachbuch-Verlagsgesellschaft mbH, Erlangen, 1987

1-3) 血液、尿、および心拍数からみたクロスカントリースキー選手の高所トレーニング中のコンディション

小林 規¹⁾ 中川 功哉²⁾

I. 目的

一流選手の競技力向上を目的とした高所トレーニングは低圧低酸素環境への馴化である「受動的効果」と、身体運動を行うことによる「積極的効果」の相乗効果を期待して行われる。宮下ら(1982)¹⁸⁾は高所トレーニングの効果を左右する要素として高度、期間、トレーニング内容の3つをあげこれらを組合せた至適総合トレーニングが必要としている。高所トレーニングの高度、期間について分析した研究はみられるが¹⁸⁾¹⁹⁾、高所トレーニングの量、および質の詳しい記述はほとんど見られない。

近年世界的な暖冬雪不足により、クロスカントリースキー競技においてはその競技場が雪の確保しやすい高所に移行する傾向にある。実際、1991-1992年度ワールド・カップでは12月の初戦(SILVER STAR,CANADA)から1600m以上の標高で始まり、1月に入り第4戦(COGNE,ITALY)、そして第5戦にあたる2月のフランス、アルペールビル・オリンピックの距離競技会場(LES SAISIES)も1600m以上の高所にある。このようにシーズン初めから月に1回の割合で1600m以上の高所で競技が行われ、さらに各チームではその試合の対して高所トレーニングを行うため、数多くの高所合宿が間欠的に行われる。このような現状ではそれぞれの高所合宿においてそれぞれの目的を達成するための合理的な高所馴化の方法が求められるようになっている。

本研究では、標高1600mにあるアルペールビル・オリンピック・クロスカントリースキー競技会場ラ・セジーで行われた合宿に参加したオリンピック候補選手を対象に高所トレーニング中の練習量、速度、心拍数からみた強度別練習量を分析し、あわせて血液、および尿の生化学面から高所滞在中のコンディションを把握し間欠的高所馴化の様子を調べることを目的とした。

II. 方 法

標 高

研究場所ラ・セジー(フランス)の標高は滞在地で1600m、トレーニング地で1600m~1900m、研究期間は1991年12月17日~12月27日である。トレーニングコースのプロフィールを図1に示した。

被験者

被験者は全日本スキー連盟ナショナルチームに所属する男子クロスカントリースキー選手1名で、アルペールビルオリンピック代表である。体力特性を表1に示した。

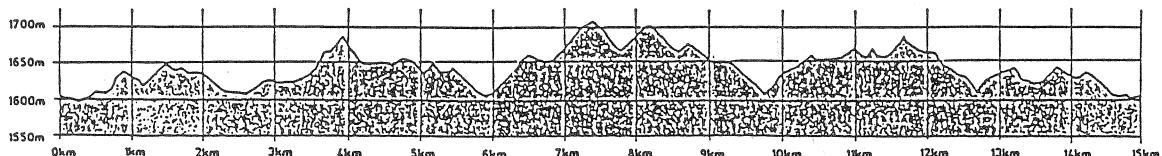


図1 ラ・セジーのオリンピックコース・プロフィール(15kmフリー)

1) 健スポーツ医・科学研究所 2) 北海道大学教育学部

表1 体力特性 (SK 選手)

| | | |
|--------|-----------|-------|
| AGE | year | 29 |
| HIGHT | cm | 164.4 |
| WEIGHT | kg | 63.6 |
| %FAT | % | 8.3 |
| VO2MAX | ml/kg/min | 82.6 |

スケジュール

トレーニング・スケジュールを図2に示した。冬期トレーニングは1991年11月9日よりスウェーデンのキルナにて始まり、11月28日までの20日間低所での走り込みを行った。1度目の高所トレーニングは11月30日より12月11日までの12日間カナダのシルバースターにてワールドカップ出場に合わせて行われた。その後、同じくカナダのサンダーベイでのワールドカップ出場を含めた6日間の低所滞在を経て、今回のトレーニングに入った。したがって、ラ・セジー合宿は冬期トレーニングにおける2度目の高所トレーニングにあたる。

本高所トレーニングはオリンピックまでの4度にわたる間欠的高所トレーニングの2度目にあたるもので、長期的高所馴化スケジュールの一部として位置づけられるだけでなく、1月13日に1600mの高所で行われるワールドカップに向けてのコンディション作りという意味も持つ。

練習量および強度

練習量（距離および時間）はクラシカル、フリーの走法別に選手自身が記録したものを複写した。これらより平均のトレーニング速度を算出した。12月20日より25日までのすべてのトレーニング中の心拍数をSPORT TESTER (POLAR ELECTRO OY, FINLAND 製)により60秒ごとに連続測定した。得られた心拍数は10拍ごとに集計し強度別トレーニング量とした。また、トレッドミル上のランニングにより事前に低所で決定した血中乳酸-心拍数関係より血中乳酸濃度2 mmol/l, 4 mmol/lに相当する心拍数を境に運動強度を3相に分けて時間割合を算出した。

| | | | |
|---------|----|--------|---------------------------|
| 1991/11 | 1 | | |
| SUN | 2 | | |
| MON | 3 | | |
| TUE | 4 | | |
| WED | 5 | 移動 | |
| THU | 6 | 移動 | |
| FRI | 7 | 移動 | |
| SAT | 8 | | 低所トレーニング① キルナ(SWE) |
| SUN | 9 | | |
| MON | 10 | | |
| TUE | 11 | | |
| WED | 12 | | |
| THU | 13 | | |
| FRI | 14 | | |
| SAT | 15 | | |
| SUN | 16 | | |
| MON | 17 | | |
| TUE | 18 | | |
| WED | 19 | | |
| THU | 20 | | |
| FRI | 21 | | |
| SAT | 22 | | |
| SUN | 23 | | |
| MON | 24 | | |
| TUE | 25 | | |
| WED | 26 | | |
| THU | 27 | | |
| FRI | 28 | | |
| SAT | 29 | 移動 | |
| SUN | 30 | | 高所トレーニング① シルバースター(CAN) |
| 1991/12 | 1 | | |
| MON | 2 | | |
| TUE | 3 | | |
| WED | 4 | | |
| THU | 5 | | |
| FRI | 6 | | |
| SAT | 7 | 10kmCL | |
| SUN | 8 | 15kmPR | |
| MON | 9 | | |
| TUE | 10 | | |
| WED | 11 | 移動 | |
| THU | 12 | | |
| FRI | 13 | | |
| SAT | 14 | 30kmPR | |
| SUN | 15 | 試合中止 | |
| MON | 16 | 移動 | |
| TUE | 17 | 移動 | 高所トレーニング② ラ・セジー(FRA) |
| WED | 18 | 1日目 | *血液検査 |
| THU | 19 | 2日目 | |
| FRI | 20 | 3日目 | |
| SAT | 21 | 4日目 | |
| SUN | 22 | 5日目 | |
| MON | 23 | 6日目 | |
| TUE | 24 | 7日目 | |
| WED | 25 | 8日目 | |
| THU | 26 | 9日目 | |
| FRI | 27 | 10日目 | *血液検査 |
| SAT | 28 | 移動 | |
| SUN | 29 | 移動 | |
| MON | 30 | | 低所トレーニング③ 札幌(JAP) |
| TUE | 31 | | |

図2 トレーニング・スケジュール

血液検査

血液検査はラ・セジ合宿中12月18日、および12月27日の2回、アルペールビル(LABORATOIRE D'ANALYSES DE BIOLOGIE MEDICALE)にて実施した。検査項目は酸素運搬系の増減の指標として、貧血および造血作用に関与する赤血球、網状赤血球、ヘモグロビン、ヘマトクリット、血清鉄、鉄飽和率、フェリチンを、またオーバートレーニングの指標として筋の分解量をあらわすCPKを選んだ。

尿検査

尿検査は12月18日～12月25日の8日間、トレーニング終了直後に採尿し直ちに検査した。検査項目はオーバートレーニングの指標とされる蛋白質の他、pH、潜血、ブドウ糖、ケトン体、比重、ウロビリノーゲンとした。

本研究の期間が実際の競技シーズン中であることから検査、測定は、選手のトレーニングに支障のないように十分配慮しておこなった。

III. 結 果

環 境

滞在地の環境を表2に示した。2日目より5日目まで大雪に見舞われたが、後半は好天に恵まれた。滞在地の気圧は828～852mbで海拔0mにおける気圧(1013.25mb)の81.7%から84.1%であった(図3)。午前9時の気温、湿度はそれぞれ一

滞在中の気圧

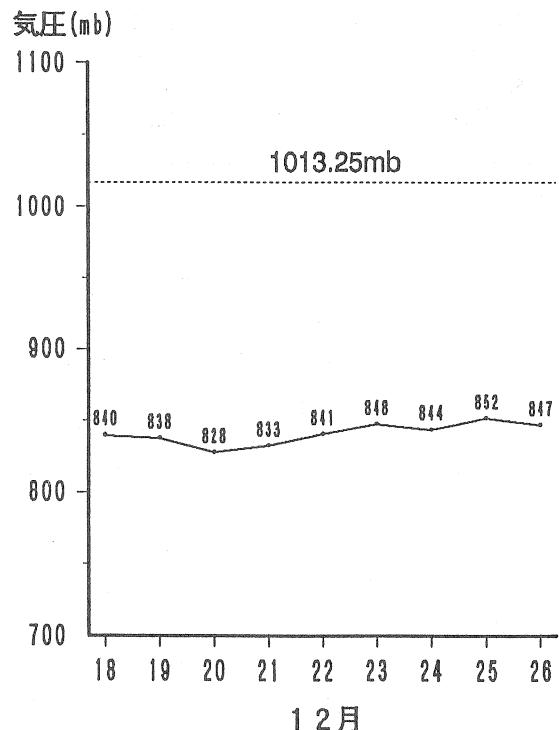


図3 滞在中の気圧

4.2～2.2℃、15.2～90.0%の範囲にあり、暖冬を反映して全体的に気温が高く、同時に天候の変化によって気温、湿度の変化量が大きかった。

表2 測定日と気象条件

| 測定日 | | 気圧(mbar) | 気温(℃) | 湿度(%) | 天気 |
|--------|-----|----------|-------|-------|---------------|
| | | 最高 | 9:00 | 9:00 | |
| WED 18 | 1日目 | 840 | 1.4 | 57.2 | 曇り |
| THU 19 | 2日目 | 838 | -0.4 | 78.6 | 雪のち曇り |
| FRI 20 | 3日目 | 828 | -1.9 | 79.0 | 雪、吹雪 |
| SAT 21 | 4日目 | 833 | -4.2 | 75.2 | 雪、大雪 |
| SUN 22 | 5日目 | 841 | 0.9 | 90.9 | 雪、大雪、午後から雨、曇り |
| MON 23 | 6日目 | 848 | 2.2 | 78.0 | 晴れ |
| TUE 24 | 7日目 | 844 | 4.2 | 55.5 | 晴れ |
| WED 25 | 8日目 | 852 | -0.1 | 33.8 | 晴れ |
| THU 26 | 9日目 | 847 | 2.9 | 15.2 | 晴れ |

表3 トレーニング量

| W | 1991/11 | | | | | | 1991/12 | | | | | |
|----|---------|----|----|-------|-----|----|---------|-----|----|-------|----|----|
| | フリー | | | クラシカル | | | フリー | | | クラシカル | | |
| | 時間 | 分 | Km | 時間 | 分 | Km | 時間 | 分 | Km | 時間 | 分 | Km |
| 1 | | | | SUN | | | 1 | 10 | 20 | | | |
| 2 | | | | MON | 1 | 50 | 28 | 1 | 50 | 28 | | |
| 3 | | | | TUE | 2 | | 30 | | 20 | 5 | | |
| 4 | | | | WED | | | 1 | 30 | 22 | | | |
| 5 | | | | THU | 1 | | 17 | 1 | | 20 | | |
| 6 | | | | FRI | | | | 40 | 10 | | | |
| 7 | | | | SAT | | | | | 15 | | | |
| 8 | | | | SUN | 1 | 30 | 25 | 1 | | | | |
| 9 | SAT | 1 | 35 | 23 | 2 | 30 | 31 | MON | 1 | 5 | 10 | |
| 10 | SUN | | | | 3 | 10 | 43 | TUE | | | | 26 |
| 11 | MON | | | | 5 | 50 | 73 | WED | | | | |
| 12 | TUE | 3 | 30 | 50 | 2 | 30 | 30 | THU | 1 | 25 | 25 | |
| 13 | WED | | | | 3 | 30 | 45 | FRI | 40 | 14 | | |
| 14 | THU | 3 | 15 | 54 | 3 | 5 | 40 | SAT | 2 | 0 | 38 | |
| 15 | FRI | 3 | 25 | 51 | 3 | 10 | 43 | SUN | | | | |
| 16 | SAT | 4 | 5 | 53 | | | | MON | | | | |
| 17 | SUN | 2 | 10 | 30 | 3 | 50 | 50 | TUE | | | | |
| 18 | MON | 40 | 10 | | | | | WED | 1 | 20 | 20 | |
| 19 | TUE | 3 | | 50 | 3 | 45 | 53 | THU | | | | |
| 20 | WED | 3 | 20 | 50 | 2 | 55 | 40 | FRI | 2 | 0 | 28 | |
| 21 | THU | | | | 3 | 20 | 46 | SAT | 4 | | 10 | 28 |
| 22 | FRI | 1 | 40 | 30 | | | | SUN | 2 | 5 | 28 | |
| 23 | SAT | 3 | 20 | 45 | 3 | 20 | 55 | MON | 3 | 5 | 42 | |
| 24 | SUN | 5 | 25 | 91 | | | | TUE | | | | |
| 25 | MON | | | | 1 | 10 | 20 | WED | | | | |
| 26 | TUE | 2 | | 27 | 3 | | 40 | THU | | | | |
| 27 | WED | 3 | 10 | 54 | 1 | 50 | 30 | FRI | | | | |
| 28 | THU | 1 | 20 | 25 | 3 | 10 | 44 | SAT | | | | |
| 29 | FRI | | | | SUN | | | | | | | |
| 30 | SAT | | | | 1 | 10 | 20 | MON | | | | |
| | | | | TUE | | | | | | | | |

スケジュール

第1日目、5日目、7日目に半日休養、第2日目に全日休養がとられている。

表4 高度別にみたSK選手の滑走量、滑走距離、および平均

| 高所① | 距離(km) | FR | CL | TOTAL | |
|-----|--------|------------|------|-------|------|
| | | 時間(h:m) | 131 | 166 | 297 |
| | | 平均速度(km/h) | 15.6 | 15.8 | 15.7 |
| | | | | | |

| 高所② | 距離(km) | FR | CL | TOTAL | |
|-----|--------|------------|------|-------|------|
| | | 時間(h:m) | 118 | 156 | 274 |
| | | 平均速度(km/h) | 13.8 | 12.8 | 13.3 |
| | | | | | |

| 高所合計 | 距離(km) | FR | CL | TOTAL | |
|------|--------|------------|------|-------|------|
| | | 時間(h:m) | 249 | 322 | 571 |
| | | 平均速度(km/h) | 14.7 | 14.2 | 14.4 |
| | | | | | |

| 低所① | 距離(km) | FR | CL | TOTAL | |
|-----|--------|------------|------|-------|------|
| | | 時間(h:m) | 643 | 683 | 1326 |
| | | 平均速度(km/h) | 15.3 | 13.6 | 14.4 |
| | | | | | |

| 低所② | 距離(km) | FR | CL | TOTAL | |
|-----|--------|------------|------|-------|------|
| | | 時間(h:m) | 77 | 0 | 77 |
| | | 平均速度(km/h) | 18.9 | | 18.9 |
| | | | | | |

| 低所合計 | 距離(km) | FR | CL | TOTAL | |
|------|--------|------------|------|-------|------|
| | | 時間(h:m) | 720 | 683 | 1403 |
| | | 平均速度(km/h) | 15.6 | 13.6 | 14.6 |
| | | | | | |

| 12月合計 | 距離(km) | FR | CL | TOTAL | |
|-------|--------|------------|------|-------|------|
| | | 時間(h:m) | 305 | 302 | 607 |
| | | 平均速度(km/h) | 15.3 | 14.0 | 14.6 |
| | | | | | |

| 11,12月合計 | 距離(km) | FR | CL | TOTAL | |
|----------|--------|------------|------|-------|------|
| | | 時間(h:m) | 969 | 1005 | 1974 |
| | | 平均速度(km/h) | 15.4 | 13.8 | 14.6 |
| | | | | | |

FR フリー(スケーティング)走法
CL クラシカル(交互滑走)走法

トレーニング量

表3にトレーニング量を示した。SK選手の11,12月の総トレーニング量は135時間40分, 1974km, その内高所トレーニングは39時間35分, 571kmで総トレーニング量の29.2%, 28.9%であった。

SK選手の12月18日から25日までの8日間(高所②)のトレーニング量は20時間40分, 274km, 1日あたり2.6時間, 34.3kmであった。これは11,12月の総トレーニング量のそれぞれ15.2%, 13.9%にあたり、また1日あたりのトレーニング量でみると低所トレーニング(低所①)での1日あたり4.6時間, 66.3kmに対しそれぞれ56.5%, 51.7%であった。

走法別に見るとクラシカル走法のトレーニングが時間割合で全体の58.9%(フリー走法は41.1%)に達し、11,12月の総トレーニング量におけるクラシカル走法の時間割合52.9%を上回った。

トレーニング中の平均速度

トレーニング時の平均速度を表4に示した。本高所トレーニング時の平均速度はクラシカル走法12.8km/h, フリー走法13.8km/hであった。低所トレーニング(低所合計)時の平均速度、クラシカル走法13.6km/h, フリー走法15.6km/hに対しそれぞれ94.1%, 88.5%と下回った。

トレーニング強度

図4に高所トレーニング中のSK選手の心拍数を示した。

図5に高所トレーニング中のSK選手の心拍数ヒストグラムを示した。

冬期トレーニング直前に測定したSK選手の低所でのランニングにより得られた心拍数-血中乳酸関係を図6に示した。2mmol/l時、および4mmol/l時的心拍数はそれぞれ133, 155拍/分にあたり、この2点を境に運動強度を3相に分け時間割合を算出し表5に示した。SK選手の高所トレーニングでは2mmol/l以下に相当する運動強度が65.7%を占め、4mmol/l以上に相当する運動強度は1.7%であった。

図7は走法別にみたSK選手の心拍数ヒストグラムである。クラシカル走法ではフリー走法に比べ

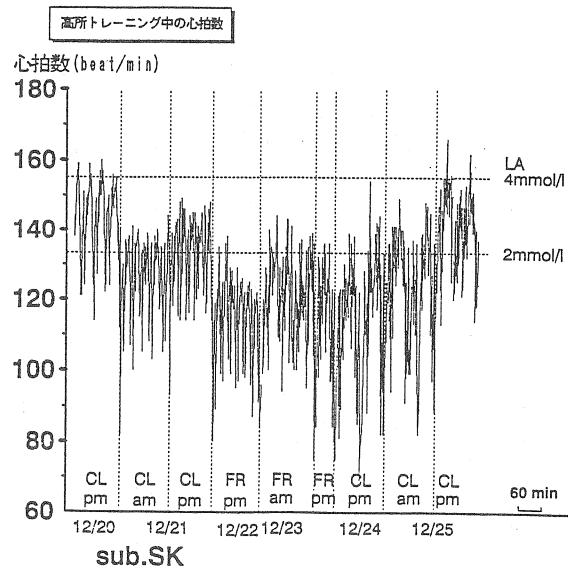


図4 高所トレーニング中の心拍数

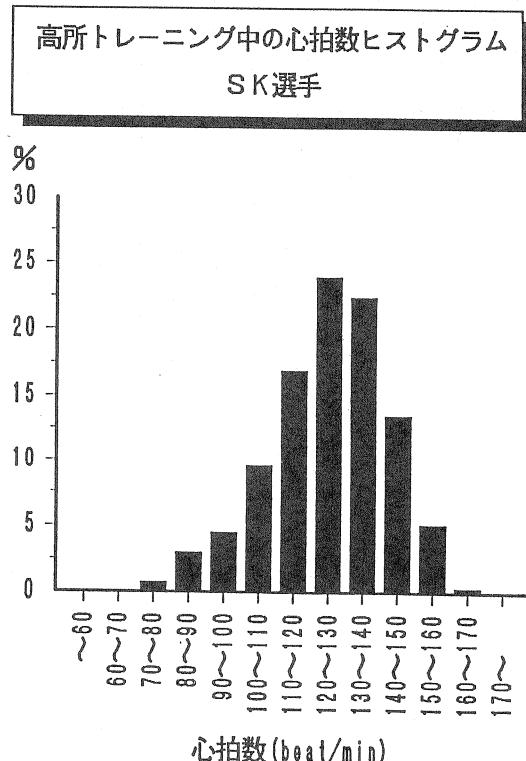


図5 高所トレーニング中の心拍数ヒストグラム
SK選手

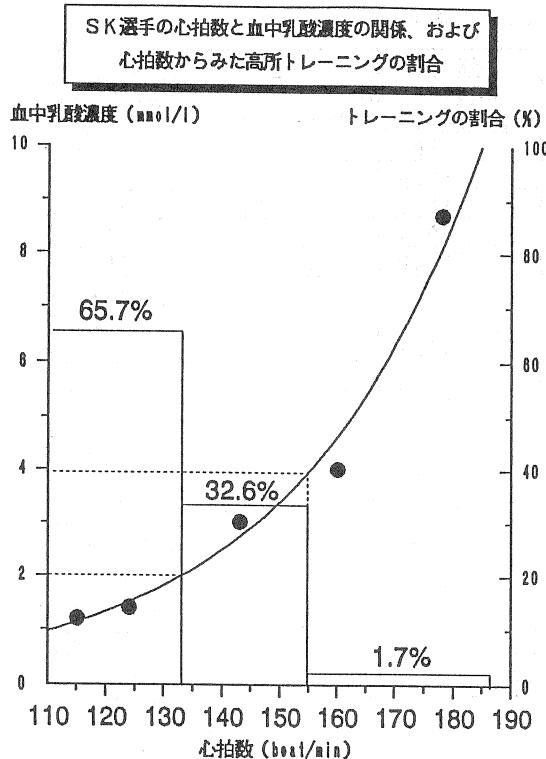


図 6 SK選手の心拍数と血中乳酸濃度の関係、および心拍数からみた高所トレーニングの割合

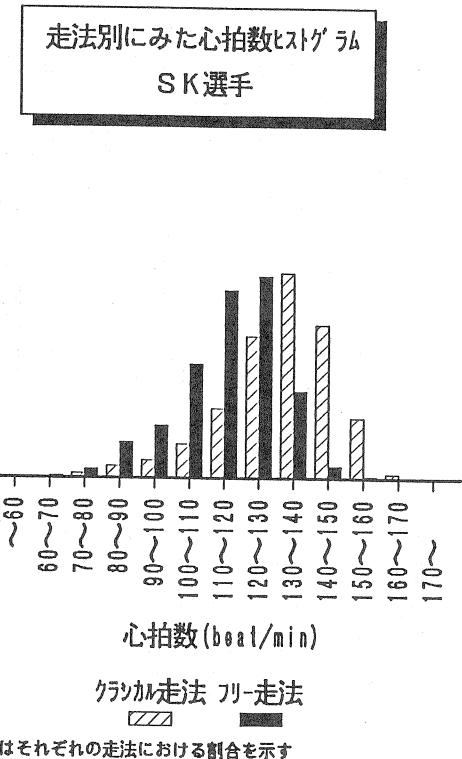


図 7 走法別にみた心拍数ヒストグラム SK選手

表 5 高所トレーニング中の運動強度

| 血中乳酸濃度 | 時間割合 |
|-----------------|-------|
| ~2mmol/l | 65.7% |
| 2mmol/l~4mmol/l | 32.6% |
| 4mmol/l~ | 1.7% |

表 6 走法別にみた高所トレーニング中の運動強度

| 血中乳酸濃度 | クラシカル走法 | フリー走法 |
|-----------------|---------|-------|
| ~2mmol/l | 48.5% | 90.1% |
| 2mmol/l~4mmol/l | 48.6% | 9.9% |
| 4mmol/l~ | 2.9% | 0.0% |

て心拍数分布のピークが10拍以上上方にあり、フリー走法時にはほとんど見られない心拍数150拍/分以上の強度もクラシカル走法時には全体の9.1%見られた。これを血中乳酸濃度からみた強度（表

6）で比較するとフリー走法では90.1%までが2mmol/l以下の強度で行われているのに対し、クラシカル走法では2mmol/l~4mmol/lに相当する運動強度が48.6%も存在し、クラシカル走法でのトレーニング強度が高かった。

血液成分の変化

表7にSK選手の血液性状の変化を示した。海外遠征出発前の値と比較すると赤血球数で3.4%、ヘマトクリットで4.3%の増加が認められたが、ヘモグロビンにはほとんど増加が見られなかった。また、網状赤血球数、血清鉄は上回ったが、フェリチン、CPKでは下回った。

ラ・セジーでの8日間の高所トレーニング中に赤血球数には変化が見られなかったが、ヘモグロビン、ヘマトクリットは若干の低下が見られた。一方、網状赤血球数は絶対数で9.8%、赤血球数に対する割合で0.1ポイントの増加がみられた。血清

表7 高所トレーニング中の血液成分の変化 (SK選手)

| | UNIT | NORMAL RANGE | SK | SK | SK |
|------------|-----------------------|--------------|----------|-------------|-------------|
| LAB. | | | AGUI | ALBERTVILLE | ALBERTVILLE |
| DATE | | | 91/10/01 | 91/12/19 | 91/12/27 |
| RBC | 10000/mm ³ | 400 ~ 550 | 501 | 518 | 518 |
| HGB | g/mm ³ | 14 ~ 18 | 15.6 | 15.7 | 15.5 |
| HEMATOCRIT | % | 40 ~ 50 | 46.8 | 48.8 | 48.3 |
| RET | % | 0.2 ~ 2.5 | 0.7 | 1.0 | 1.1 |
| | /mm ³ | 20 ~ 80000 | 35000 | 51000 | 56000 |
| FE | microg/100ml | 60 ~ 140 | 125 | 121 | 120 |
| coo-sat. | % | 30 ~ 45 | | 36.0 | 37.7 |
| FERRITINE | ng/ml | 25 ~ 150 | 47.9 | 32 | 39 |
| CPK | UI/l | 36 ~ 188 | 91 | 92 | 122 |

表8 高所トレーニング中の尿成分の変化 (SK選手)

| | SK |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 検査日 | 91/12/18 | 91/12/19 | 91/12/20 | 91/12/21 | 91/12/22 | 91/12/23 | 91/12/24 | 91/12/25 |
| クロロリノーケン | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| 蛋白質 | ± | - | ± | - | - | ± | - | ± |
| PH | 6.5 | 7.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 5.0 | 5.0 |
| 潜血 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 比重 | 1.020 | 1.015 | 1.030 | 1.025 | 1.023 | 1.030 | 1.030 | 1.030 |
| ケトン体 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| アツトウ糖 | - | - | - | - | - | - | - | - |

鉄濃度には変化が見られなかったが、トランスフェリンとの結合率、およびフェリチンはそれぞれ4.7%，21.9%増加した。CPK値は92UI/Lから122UI/Lへ増加した。

尿成分の変化

表8に尿検査の結果を示した。ほぼ1日おきに蛋白質が微量に検出された。PHは次第に減少した。比重は次第に増加傾向にあった。その他の項目には変化は見られなかった。

IV. 考 察

環境

標高1600mにおける理論上の最大酸素摂取量の予測低下率は1%に満たない³⁾が、標高3000m以下では最大酸素摂取量の低下率は実測値が計算値を上回る⁶⁾。Squires & Buskirk (1982)¹⁵⁾によれば標高1524mで最大酸素摂取量は6.9%低下するので、ラ・セジーにおける最大酸素摂取量の低下率は7%から10%と考えられる。また、高所移動直後にはそれ以上に低下するとと思われる^{5,9)}。標高2240

mのメキシコ市ほどではないが有酸素性能力の低下の免れない標高である。

トレーニング量

高所での1日あたりのトレーニング量は低所を下回った。Rusko¹³⁾たちは最近一流クロスカントリースキー選手の18日間におよぶ高所トレーニングの結果、最大酸素摂取量および無酸素性作業閾値の向上を報告しているが、この時トレーニング量は10時間／週(試合を除く)、2試合／週で低地での2/3程度であった。これは本研究でのトレーニング量に近く、比率ではやや高い。本研究のSK選手では11月の低所トレーニングがシーズンはじめの走り込み期間にあたりトレーニング量が多かったことが比率に影響している。

高所トレーニングではオーバートレーニングを防止し疲労の蓄積を最小限に迎えることが重要であるが、クロスカントリースキーではトレーニング量からみると高所では低所50%～70%の範囲が目安になるようだ。このような高所でのトレーニング量の不足は低所で補う必要がある。また、同

じ理由でシーズン初期の走り込み期に高所トレーニングは行うべきではない。

走法別にみると本高所トレーニングではクラシカル走法の比率が高かった。Pekka¹⁰⁾はフィンランドチームではフリー走法のスペシャリストに比べクラシカルのスペシャリストの方が最大酸素摂取量が高いことを指摘し、特に高所ではフリー走法を増やすと有酸素性代謝機能に影響がでると警告している。本研究でも心拍数からみた負荷においてクラシカル走法の方がフリー走法より高く、より大きな負荷が心肺系にかかっている。高所ではトレーニング量に占めるクラシカル走法の割合を落とさないことが心肺機能維持のために重要であろう。

平均速度からみた強度

高所でのトレーニング速度は低所での速度を下回った。心拍数によるトレーニング処方を利用すれば、高所滞在による心拍数上昇の影響により負荷は低下する。11月のスウェーデンに比べラ・セジーのコースのアップダウントラップがきついことも平均速度を下げた要因の1つとして考えられる。今回の高所滞在によるスキー滑走速度の低下が8%程度であり、同様の標高での高所トレーニングにおける1つの目安になろう。

心拍数からみた強度

クロスカントリースキーでは12月より試合期に入り週末にワールドカップの試合を転戦する。週末の試合出場による高負荷に対して試合の間は低負荷で調整する方法が多く用いられる。SK選手でも本高所トレーニングは試合後の低負荷調整期にあたる。本高所トレーニングでは乳酸値2 mmol/L以下に相当する運動強度の割合が65.7%と多く、低い強度のトレーニングが行われた。これにより解糖系代謝を抑制したトレーニングが多く行われ低負荷調整期としての目的に合致していたことになる。

クロスカントリースキートレーニング中の心拍数は周期型を示す。連続するアップダウントラップに対し、登行中にその時点での最高心拍数に達するまでの移行期、および下りコース滑降中に

その時点の最低心拍数に達するまでの移行期が存在する。2 mmol/Lから4 mmol/Lに相当する運動強度の割合32.6%はこの立ち上がりとりカバーを含むであろう。したがって、心拍数ヒストグラムは必ずしも運動強度を直接は反映していない。SK選手では最大酸素摂取量測定後の回復期における心拍数は最高心拍数186拍/分より1分毎に159, 115, 92と低下し、159拍/分からでも2分間の回復で92になる。したがって、12月20日のように心拍数の低下に数分を要するところでは下りの滑降時にもストックの押しを利用して負荷をかけ続けていると考えられる。また、周期的に変化する心拍数のピークがこの範囲にあるものは2 mmol/Lから4 mmol/Lに相当する強度の負荷が確実にかかっていたと考えてよい。

4 mmol/L以上の運動強度が1.7%と少ないが、これは時間にして18分になり1分間のインターバルにして18回分に相当する。低負荷調整期としては呼吸、循環系への負荷という点で決して少くない割合であろう。また、本研究では心拍数を1分単位で測定しているため、コースプロフィール等により心拍数の高い状態が1分以内しか持続されない場合には心拍数を過小評価するのでこの強度の運動が1.7%より多い可能性がある。

心拍数からみたトレーニング強度ではSK選手では総トレーニング量の98%が血中乳酸濃度4 mmol/L以下に相当するレベルで行われていた。血中乳酸濃度4 mmol/Lに相当する強度でのトレーニングは選手のためのトレーニング強度として提案され⁸⁾、乳酸値の減少¹⁶⁾や酵素活性の変化¹⁴⁾が報告されるなど筋レベルでの有酸素性代謝能力の改善に効果があると考えられている。これらのAT, LT, OBLAに相当する強度でのトレーニング実験ではそのトレーニング時間は1日あたり15分から20分がほとんどであるが、SK選手では血中乳酸濃度2 mmol/L以下すなわちLT付近でのトレーニングを1日あたり117分、また血中乳酸濃度2 mmol/Lから4 mmol/LすなわちOBLA付近でのトレーニングを1日あたり58分行っていることになり、一流クロスカントリースキー選手におけるトレーニング量が実験研究での運動量よりはるかに多い。低所ではこの2倍のトレーニング量が

こなされると、有酸素性代謝能力に優れる一流選手のトレーニングの質と量について実際面からの研究が必要であろう。

走法による心拍数の違い

本高所トレーニングでは心拍数からみた運動強度において、平均速度の低いクラシカル走法が平均速度の高いフリー走法をかなり上回った。Pekka¹⁰⁾によればスキー滑走による最大酸素摂取量測定時の最高心拍数に走法による差異は認められない。吉本たち¹⁷⁾も試合中の心拍数に走法の違いは認められないことを報告している。クラシカル走法ではシュタイグワックスによる滑走抵抗で平地や下り滑走でも滑走性が低下するためストックの押しによる運動を続ける必要があり、高い負荷の運動の持続が要求される。一方、フリー走法では平地や下り滑走でスキーの滑りがよく、登りにたいして負荷が極端に小さくなるインターバル的負荷パターンが強まる。フリー走法は最大酸素摂取量に代表される呼吸循環系より脚の筋肉レベルでの有酸素性代謝能力を要求する¹⁰⁾といわれる。そのため本研究のように低負荷中心のトレーニング時にはフリー走法の心拍数が低くなると思われる。測定あるいは試合のように最大努力時の心拍数には走法による差異が認められなくなるのであろう。長時間低負荷トレーニング中の脚筋の疲労を防ぐためには、フリー走法時にはクラシカルより低い心拍数を用いる必要があろう。本研究の約10拍あたりが目安になろう。

心拍数処方の問題点

持久的運動において血中乳酸濃度をトレーニング強度の指標する事が合理的と考えられているが⁸⁾、本研究のように乳酸値を常にモニターできない場合の対策が必要である。

高所でのトレーニング効果として、同等の負荷に対する血中乳酸濃度の低下が知られている。速度ー血中乳酸濃度関係は大幅に改善されることが多く、速度による固定的な処方は、せっかく下がった血中乳酸濃度の恩恵に浴することなくむざむざと持続可能な運動速度を下げてしまうことになる。したがって、血中乳酸濃度を常に測定できな

い場合は心拍数処方によらざるを得ない。しかし、心拍数ー血中乳酸濃度関係が高所馴化過程でも大きく変化するとすれば心拍数処方には問題がある。Erlend⁵⁾は間欠的高所トレーニング中のノルウェー一流クロスカントリースキー選手において、数人の選手において高所と低所で心拍数が同じ場合乳酸値も同じであったが、一方で心拍数が15拍も低い選手もいたことを報告しており、クロスカントリースキー選手の高所トレーニングでは一般に低地トレーニングに対して5拍下げることをすすめている。SK選手では低地での心拍数ー血中乳酸関係を利用しているが、高所では目標心拍数を5拍下げているという。実際には心拍数からみた運動強度は低地における血中乳酸4 mmol/lに相当する強度以下に抑えられ、トレーニング速度の低下につながっている。今後、心拍数による処方を利用していく場合には、選手個人個人の高度馴化過程での血中乳酸ー心拍数関係の把握が必要であろう。

血液成分

SK選手では今回の高所滞在中に赤血球数には変化が見られず高原状態を示した。これは前週のカナダでの12日間の高所トレーニングすでに高所馴化が完成し第1回目の検査時に赤血球数が増加していたためであろう。2週間以上の高所滞在後半では赤血球数が漸増するか高原状態になる¹⁾²⁾¹⁸⁾¹⁹⁾報告が多い。同様に高所滞在後半のヘモグロビン、ヘマトクリットの低下はこれら先行研究にも見られる。高所滞在後期のヘモグロビンの低下に関して、朝比奈¹¹⁾は血液造成とヘモグロビン造成過程が独立していること、ヘモグロビン造成は食事内容が重大な影響力を持つことを指摘している。

本研究中SK選手の血液性状は安定していたが、赤血球数、ヘモグロビンでは本人の過去履歴最高値5,510,000/mm³, 17.1 g/mm³にはおよばなかった。滞在地の標高が1600mであること、トレーニング強度が血中乳酸2 mmol/l中心と低いことなどが理由として考えられる。朝比奈¹¹⁾は年齢が高い者程血液馴化はおそらく低い程度で進むことを指摘しているが、SK選手でも年齢(29歳)の影響がでている可能性も否定できない。

一方、網状赤血球は赤芽球から赤血球に変わる直前の赤血球でありその数は骨髄での赤血球産生能力の指標とされる。SK選手ではラ・セジー滞在後半においても網状赤血球に増加が見られ脊髄の造血機能の亢進状態が持続されている。先行研究においても高所滞在後期には赤血球数、ヘモグロビン濃度とも高原状態にありながら網状赤血球数の増加する例が見られる¹⁾²⁾。このことは高所での馴化が進み赤血球数の増加とともに運動中の赤血球の崩壊も進み、造血と崩壊のバランスが保たれている状態とも考えられる。高所から低所への移動後には赤血球数のさらなる増加が認められることが多いが、網状赤血球の増加が認められる状態でトレーニング量、強度が低下すれば一時的に赤血球の増加につながる可能性がある。

また高強度のスプリントトレーニング後24時間で網状赤血球の有意な増加が観察され¹⁾、網状赤血球の増加に高強度の運動が有効である可能性もある。実際、SK選手は今回の高所トレーニング直前にサンダーベイで試合に出場して高強度の運動を経験しており、高所移動直後の値が高まっていた可能性もある。Ruskoら¹³⁾の場合も18日間の高所トレーニング中に1週間あたり2試合高強度の運動を含んでいる。

組織の低酸素状態に反応した赤血球数の調整はエリスロポイエチンによる。エリスロポイエチンは赤血球に分化する能力をもつ細胞の数を増加させ、赤血球の発達の割合を増加させ、網状赤血球を循環系へ早期に解放する。エリスロポイエチンの解離はヘモグロビン濃度の減少、腎あるいは肺における酸素不足、直接のアドレナリンの作用という3つの異なる反応によって誘発されるが、高所トレーニング後期の赤血球の新生がヘモグロビン濃度の減少という高所移動直後には見られない減少によって誘発されている可能性もある。

高所トレーニング研究における血液成分の観察では高所移動前と高所滞在後期、あるいは低所下山後との値を問題にするのがほとんどで²⁾¹³⁾¹⁸⁾¹⁹⁾、高所滞在中、あるいは滞在後期における変化を問題にしたもののは少ない。高所滞在期間の決定や間欠的高所トレーニングのプロフィールの決定にとってこの点の究明が必要であろう。

CPKは骨格筋に多く含まれクレアチニンとクレアチニンリン酸の可逆的反応を触媒する。運動後にみられるCPKの増加は運動性の筋の分解によるもので、特に高強度の瞬発的な運動直後には1000UI/Lを超え、オーバートレーニング監視の指標として有効である。SK選手でCPKが増加したのは高所トレーニング後半にかけてトレーニング強度が増したことによると思われる。本研究の値は通常の範囲内にあり、血中乳酸濃度4mmol/l以下に相当する強度のトレーニングでの筋の損傷程度は高所においても低所と変わらないことがわかった。

尿成分

尿検査の結果からSK選手では高比重尿の傾向があるが、本研究以前の履歴によれば普段から高比重尿の傾向があり、トレーニング直後の発汗あるいは蛋白尿の影響とは考えられない。蛋白の検出は軽微な運動性の蛋白尿と考えられる。SK選手は8検査日のうち4日が土と認められたが、この結果について翌朝まで知らせていないにもかかわらず4日のうち3日まで次の日の午前中を自発的に休養にしており、疲労に関する自己認識が優れているといえる。これによりSK選手にとっては尿蛋白による疲労の識別が有効であることが示された。

高所トレーニングの方法

高所トレーニングの弱点と言われるトレーニングの量および質の低下の防止には、高所トレーニングの間に低所トレーニングを組み込むことが有効と言われ⁹⁾、近年間欠的な高所トレーニングが多く用いられてきている。間欠的高所トレーニングは高所トレーニングだけでは質の足りない種目においてトレーニング内容の要求によって行われることが多い。低圧低酸素環境で改善される要素以外の要素を必要とする場合である。Daniels⁴⁾の場合も対象はスピードを要求する中距離選手であった。しかし、筋中の呼吸能力⁷⁾や酸素活性¹²⁾を増すといわれる長時間低負荷のトレーニングが、短時間高負荷での呼吸循環機能、あるいは高速度筋収縮のトレーニングより時間的比率で優位に立つ種目では3週間程度の単発的高所トレーニングでも充分

な効果が期待できると思われる。また、滞在地の標高に対しスピードトレーニングの負荷が高くなれば低所に移動する必要もないかもしれない¹³⁾。

クロスカントリースキーは時間的には30分から120分の持久的運動であるが、マラソン競技のように一定に近い負荷でなく、コースの起伏にしたがってインターバル的負荷がかかる。このような負荷パターンを考えるとクロスカントリースキーのコンディショニングにおいては間欠的高所トレーニングの方が適しているといえよう。また、間欠的高所トレーニングにより高所移動初期の酸素摂取量の落ち込みが改善されることから、試合直前まで低所滞在が可能になり転戦のスケジュールに自由度が増すと思われる。

数多くの高所トレーニングが行われるようになると、水分、炭水化物の補給を中心とした栄養の問題、抑揚のないトレーニングに対する動機づけや人里離れた高所での生活など精神的な問題も忘れてはならない。

高所トレーニングの成果にいまだ大きな個人差があることを考えると、個人の体力特性にあった最適な方法をつくりだすことこそ高所トレーニング開発の目的であろう。

V. まとめ

一流クロスカントリースキー選手の間欠的高所トレーニングの2度目にあたる合宿が標高1600mから1900mにおける高所において行われた。トレーニングの98%が心拍数—血中乳酸濃度関係からみて4 mmol/l以下に相当する運動強度で行なわれ、筋の代謝能力向上を主眼としたトレーニングが行なわれた。酸素運搬系の血液成分を高値に保ったまま、血液、尿からみた疲労を蓄積せずに、低地の約1/2のトレーニング量がこなされた。本人の疲労の認識は尿蛋白検査の結果と概ね一致した。SK選手にとって今回の高所トレーニングではコンディションが良好に維持できたと考えられる。

SK選手は本高所トレーニングの後、休養を兼ねた7日間の低地トレーニングを行った。その後、3度目の高所であるCOGNE (ITALY) に登り、当地で開催されたワールドカップ (15kmフリー) で8位に入賞した。

本研究の遂行にあたっては(財)全日本スキー連盟競技本部競技本部長八木祐四郎氏、クロスカントリ一部長小林泰二氏のご理解をとご支援をいただいた。また現場では男子コーチ佐藤志郎氏、女子コーチ村田健一氏の全面的な御協力をいただいた。検査、測定に快く応じてくださった選手の方々と併せてここに深謝の意を表する次第である。

引用文献

- 1) 朝比奈一男：メキシコ医学調査報告、メキシコ対策研究報告書、日本体育協会、1966.
- 2) 朝比奈一男：乗鞍高所トレーニング研究報告書、日本体育協会、1966.
- 3) Buskirk, E. R., et al. Physiology and performance of track athlete at barious altitude in the United States and Peru. In International Symposium on the Effects of Altitude on Physical Performance. Chicago. 1967.
- 4) Daniels, J.: The effects of alternate exposure to altitude and sea level on world class middle distance runners. Med. Sci. Sports, 2: 107–112, 1970.
- 5) Erlend Hem. High altitude training. A study of the Norwegian cross-country team 1989–90. at international cross country seminar. 1991.
- 6) Haymes, E. M., & Wells, C.L., Environment and human performance, Human Kinetics Publishers, 1986.
- 7) Ivy, J. L., et al. muscle Respiratory capacity and fiber type as determinants of the lactate threshold. J. Appl. Physiol. : Respirat. environ. Exercise Physiol. 48: 523–527, 1980.
- 8) Kinderman, W. et al., The significance of the aerobic–anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. Eur. J. Appl. Physiol. 42: 25–35, 1979.
- 9) メキシコ医学調査報告、メキシコ対策研究報告書、日本体育協会、1966
- 10) Pekka Vahasoyrinki. Free technic compared with classical technic among Finnish skiers. at international cross country seminar. 1991.
- 11) Roberts D., et al. Erythropoiesis in elite swimmers training at moderate altitude. Int. J. Sports Med., 13: 92, 1992.

- 12) Rusko H., et al. anaerobic threshold, skeletal muscle enzymes and fiber composition in young female cross-country skiers. *Acta Physiol. Scand.* 108 : 263–268, 1980.
- 13) Rusko H. et. al. : Maximal oxygen uptake before and after altitude training in elite male cross-country skiers. *Int. J. Sports.*
- 14) Sjodin, B., et al. Changes in onset of blood lactate accumulation (OBLA) and muscle enzyme after training at OBLA. *Eur. J. Appl. Physiol.* 49 : 45–57, 1982.
- 15) Squires, R. W., Buskirk, E. R. Aerobic capacity during acute exposure to simulated altitude, 914 to 2, 286 meters. *Med. Sci. Sports.*
- 16) Yosida, T., et al. Endurance training regimen based upon arterial blood lactate : effect on anaerobic threshold. *Eur. J. Appl. Physiol.* 49 : 223–230, 1982.
- 17) 吉本俊明, 北村辰夫 : 心拍数からみたクラシカルテクニックとフリーテクニックの特徴について日本体育協会スポーツ医・科学的研究報告, pp186–189, 1988.
- 18) 勘日本水泳連盟水泳科学研究班 : 水泳選手の高所トレーニング, 日本体育協会スポーツ科学的研究報告書, 1982.
- 19) 勘日本水泳連盟水泳科学研究班 : 水泳選手の高所トレーニング(第2報), 日本体育協会スポーツ科学的研究報告書, 1983.

2 バイアスロン選手の高所トレーニングによる 生理的機能、体調への影響と効果

研究報告者 桜間 幸次¹⁾

研究協力者 木村 靖夫²⁾

桂田 光彦³⁾

I. はじめに

日本近代五種・バイアスロン連合では、第16回オリンピック冬季競技大会のバイアスロン競技の開催地「アルペールビルのレ・セジー」が標高1600mの高地であるところから、競技力を発揮するためには低酸素環境への順応・馴化が必要であると考え、これまで国内外の高地のトレーニング環境を利用して強化合宿を実施してきた。これに対処して、JOCでは、アルペールビル・オリンピックに向けての強化活動の一環として、高所トレーニングに関する研究を新規事業として計画した。この計画を受けて、日本近代五種・バイアスロン連合スポーツ医・科学委員会は、今般実施されたオリンピック日本代表選手によるイタリアでの高所トレーニングに同行し、高所トレーニング時の生理的応答、健康管理、コンディションおよび体調チェックなど医・科学的サポートを行ったので、その結果について報告する。

II. 参加選手とスケジュール

選手は、オリンピックの派遣選手で、いづれも陸上自衛隊冬季戦技教育隊に所属する小館 操（30歳、カリガリー・オリンピック日本代表）、風間 淳（27歳、世界選手権・ワールドカップ日本代表）、三上佳子（25歳、1991年世界選手権第5位入賞）の3名で、ほかに監督1名、コーチ1名が同行した。スポーツ医・科学委員は、合宿の前半期と後半期の2回にわたり現地・イタリアで選手団と合流した。

前半期の高所トレーニングは、1991年12月25日から1992年1月12日までの約3週間、3000mを超す山々に囲まれ、ドロミチ山塊に近いイタリア北部に位置する標高1440mのSt.Jakobをベースにして行なわれた。医・科学的サポートは中間の時期にあたる1992年1月1日～1月12日の12日間実施された。後半期は、1月23日～2月3日までの間の8日間、最終的な仕上げの時期を選んでスポーツドクターによる生理機能の測定ならびに健康管理を行った。

III. 調査結果

1. 前半期における競技力向上の医・科学サポート

(1) トレーニング状況

St.Jakob滞在時のトレーニングは、1周が10km、標高が1388m～1480mの起伏のある常設のラングラウフコース（図2-1）を利用して、原則として午前と午後の2回、冬選手がワールドカップ、オリンピックを目指したそれぞれのスケジュールに従って行なわれた。午前のトレーニングは、主に雪上における軽負荷（滑走時心拍数が170拍／分前後）から重負荷（滑走時心拍数が180拍／分以上）のスキーウォークトレーニングと射撃訓練で、午後のトレーニングは、軽～中負荷（滑走時心拍数170～180拍／分）のスキーウォーク、パワーハイドロ・トレーニング（腕押し、スケーティング）、陸上ランニング、筋力トレーニング、ストレッチングなどであった。各選手は3～4日に1回のペースで実戦に即したタイム・レースを取り入れて調子を探り、また、5～6回に1回のペースで休息日を入

1) 徳島文理大学 2) 早稲田大学 3) 防衛庁札幌地区病院

れてリラックスを計っていた。

St.Jakob では幸いにもナショナル・チームとしては日本チームだけが合宿を行っていたので、3選手とも十分な走り込みと射撃訓練が出来たようであった。また、雪の状態も良く、心配された積雪も十分にあり、滑走に支障をきたすようなことはなかった。コースも適宜整備され良好な状態であった。天候は、時には日中で気温が -23°C 、雪温 -22°C の時もあったが、総体的に見てトレーニング環境・状況は大変恵まれていたものと思われる。

(2)調査・測定の方法

高所のトレーニング時の体調の推移を客観的に把握する指標として、起床時的心拍数、体温、および体重を毎日測定した。表 2-1 に示されるような調査表を、予め各選手に配布し毎日記入して貰う方法を用いて、睡眠状態などからコンディション調査を行った。また、トレーニング日誌（表

2-2）を毎日記入して貰い、各人のトレーニング内容（質と量）の把握、トレーニング中の気分などを調べた。次に、フィールド・テストとしてタイム・レースを行った時の記録と心拍数の変化、および射撃時の心拍数の低下度合などから各選手の身体的・心理的状態を観察した。また、3~4日毎に1kmのスキー滑走をリラックスして行ない、その時の記録と心拍数からコンディショニングの状態をチェックした。尚、運動時の心拍数は、ハートレイトモニター PE-3000 S (キャノン) を用いて計測した。メモリーされたデータを解析し、インターフェイス (キャノン) により数値リスト表およびトレンドグラフにプリントアウトし、毎日各選手に報告した。

(3)前半期調査・測定の結果

身体的コンディションの変化を把握するため、朝目覚めた時の1分間の心拍数と体温、および体重を測定した。図 2-2 に示される通り、心拍数

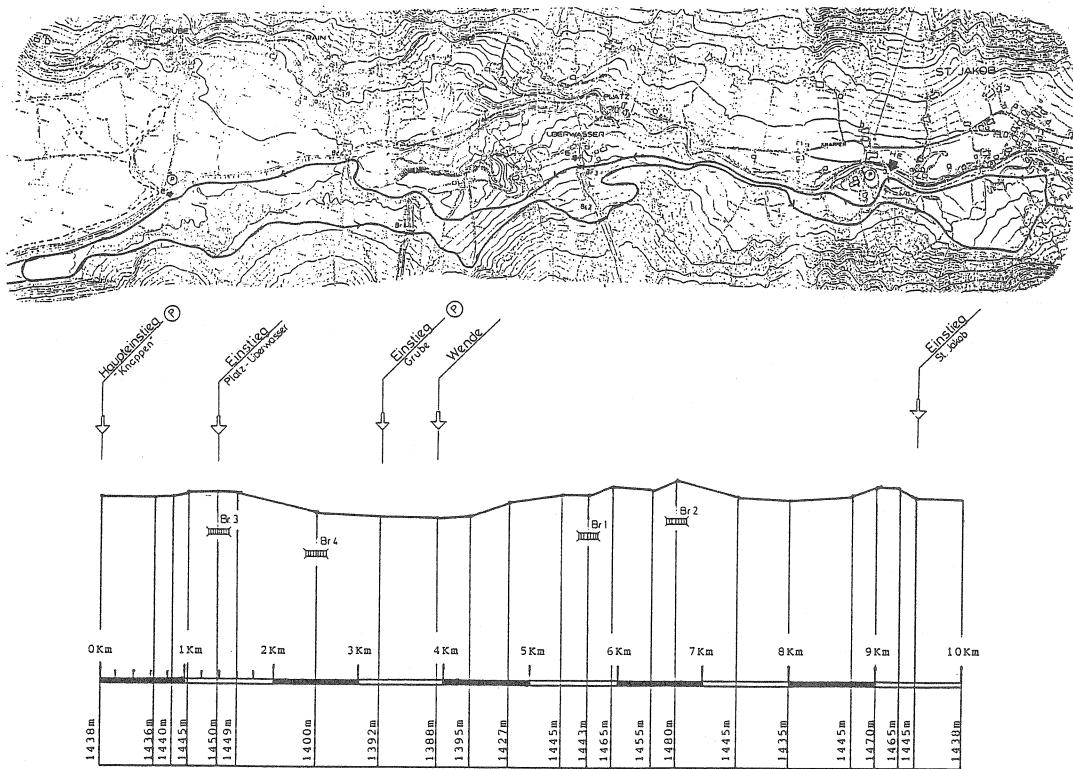


図 2-1 St.Jakob ラングラウフ・コース (10km)

表2-1 身体的コンディション調査用紙

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|----|----|----|----|----|----------------------|--|--|--|--|
| 月 日 | 氏名 _____ | | | | | | | | | | |
| 場所 _____ | | | | | | | | | | | |
| 起床時心拍数 _____ | 四 / 分 (注: 瞬目覚めたとき、床に入ったまま、1分間計って下さい) | | | | | | | | | | |
| 起床時の気分(記号を○で囲んで下さい) | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <td>A.</td> <td>B.</td> <td>C.</td> <td>D.</td> <td>E.</td> </tr> <tr> <td colspan="5">非常に良い、良い、普通、悪い、非常に悪い</td> </tr> </table> | | A. | B. | C. | D. | E. | 非常に良い、良い、普通、悪い、非常に悪い | | | | |
| A. | B. | C. | D. | E. | | | | | | | |
| 非常に良い、良い、普通、悪い、非常に悪い | | | | | | | | | | | |
| 睡眠状況検査(記号を○で囲んで下さい) | | | | | | | | | | | |
| 就眠時のねつき | A. 良い、B. 普通、C. 悪い | | | | | | | | | | |
| 眠りの深さ | A. 深い、B. 普通、C. 浅い | | | | | | | | | | |
| 夢を | A. みた、B. みない | | | | | | | | | | |
| 夜中目が | A. さめた(時)、B. さめない | | | | | | | | | | |
| 昼間ねむ気が | A. あつた、B. なかつた | | | | | | | | | | |
| コンディションの自己診断(○印で囲んで下さい) | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <td>A.</td> <td>B.</td> <td>C.</td> <td>D.</td> <td>E.</td> </tr> <tr> <td colspan="5">非常に良い、良い、普通、悪い、非常に悪い</td> </tr> </table> | | A. | B. | C. | D. | E. | 非常に良い、良い、普通、悪い、非常に悪い | | | | |
| A. | B. | C. | D. | E. | | | | | | | |
| 非常に良い、良い、普通、悪い、非常に悪い | | | | | | | | | | | |
| 一級メモ(特に体に変調がある場合) | | | | | | | | | | | |

記入上の注意

- 体温の計測は、試合・練習後及び食後1時間をさけ、出来るだけ2時間おきに計測し、口中舌下に入れ3~5分の値を記入して下さい。一日最低5回の計測が必要です。
- 3食の食事及び便通時刻は、分時を入れ、その状況を印で示して下さい。
- 睡眠時刻の分時を記し、その間を秒で示して下さい。

| 現地 場 地 時 間 | 体 温 | | 睡眼時刻 最も 記して 下さい | | 食事時刻 ある---○ ない---△ ある---△ ない---× | | 便通時刻 便が かたい---○ 普通---△ 下痢---× | |
|------------------------|-----|---|--------------------------|---|--|---|---|---|
| | 分 | 值 | 分 | 印 | 分 | 印 | 分 | 印 |
| 0 | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | |

体重 _____ (kg)

表2-2 トレーニング日誌

トレーニング日誌

トレーニングについて

1. 練習時間

| | | | |
|-----|-----|---|-----|
| 午前: | 時 分 | ~ | 時 分 |
| 午後: | 時 分 | ~ | 時 分 |

2. 練習の内容

- 持久力滑走:

- スピード滑走:

- 筋 力:

- 射 撃:

- ストレッチング:

- コンディショニング:

- そ の 他:

3. トレーニング中の気分

| | | | | |
|--------|-------|----|------|----|
| 熱 中 度 | 非常に良い | 良い | 普通 | 悪い |
| 意 欲 | ある | 普通 | ない | |
| 集 中 度 | ある | 普通 | ない | |
| プレーの調子 | 非常に良い | 良い | 普通 | 悪い |
| 樂 し さ | あった | 普通 | なかった | |

トレーニングの目標および反省点

1. トレーニング上の成果について

2. 特に変わったやり方または新しく感じたこと

3. その他、トレーニング上の問題点や気づいた事項

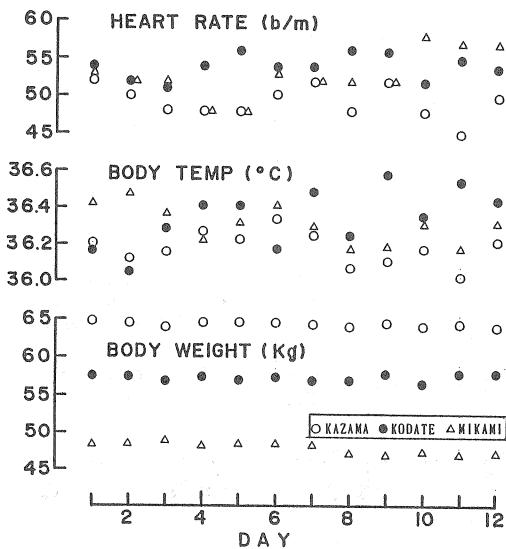


図2-2 心拍数・体温・体重の経日の変化

の全般的な傾向は日によって多少の増減は認められるものの、安定しており彼らの正常範囲を維持していたことが解る。選手個人別に見ると、三上選手が10~12日に軽度の心拍数上昇を示しているが、これは同選手が風邪気味であったためと考えられる。体温の変化を見ると、全体的傾向としてはほぼ36.2°C前後の値を上下し、特に大きな変動は認められなかった。これは各選手が、平常範囲を保持していたことを示している。選手個人別に見ると、風間選手がいく分低い値を示していた。体重の変化を全体的に見ると、あまり変化はなく合宿間において、一定レベルを保持していた。選手個人別に見ても、現地における食生活や環境の変化の中で、特に問題となるような体重の変動は見当らなかった。

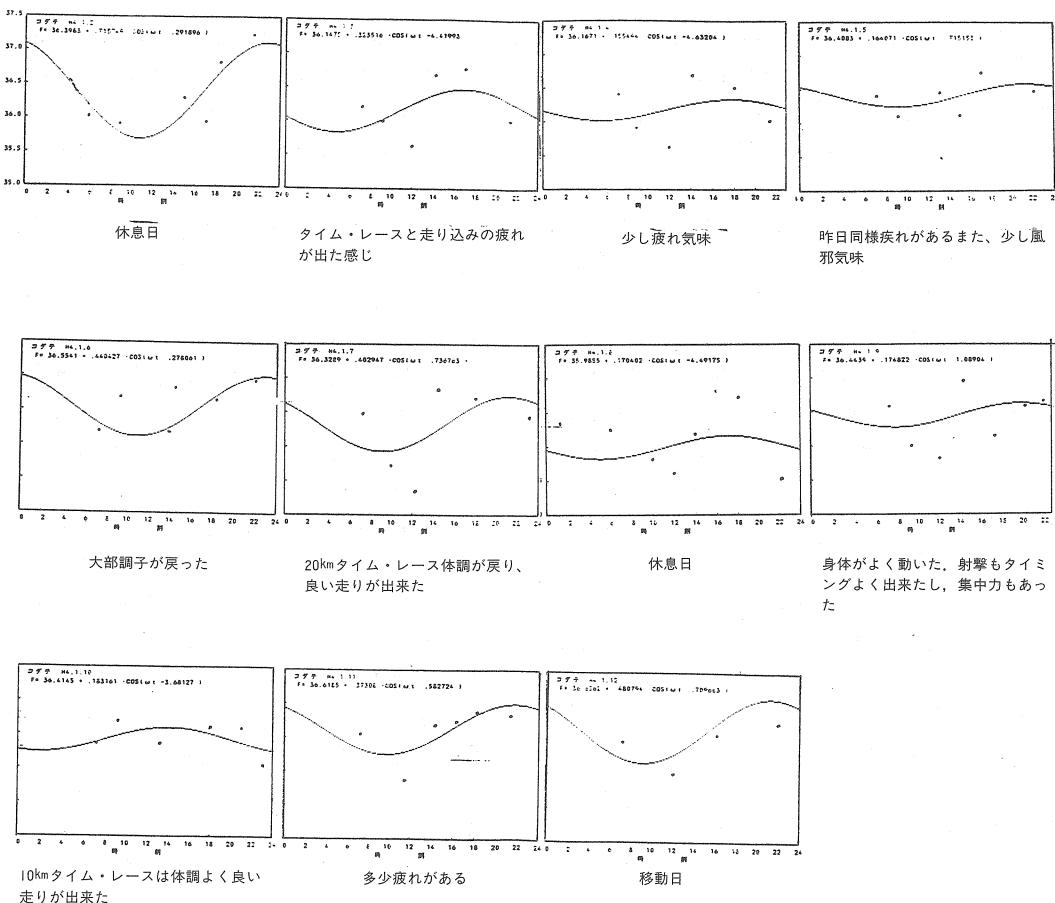


図2-3 サーカディアン・リズムとコンディション（小館選手）

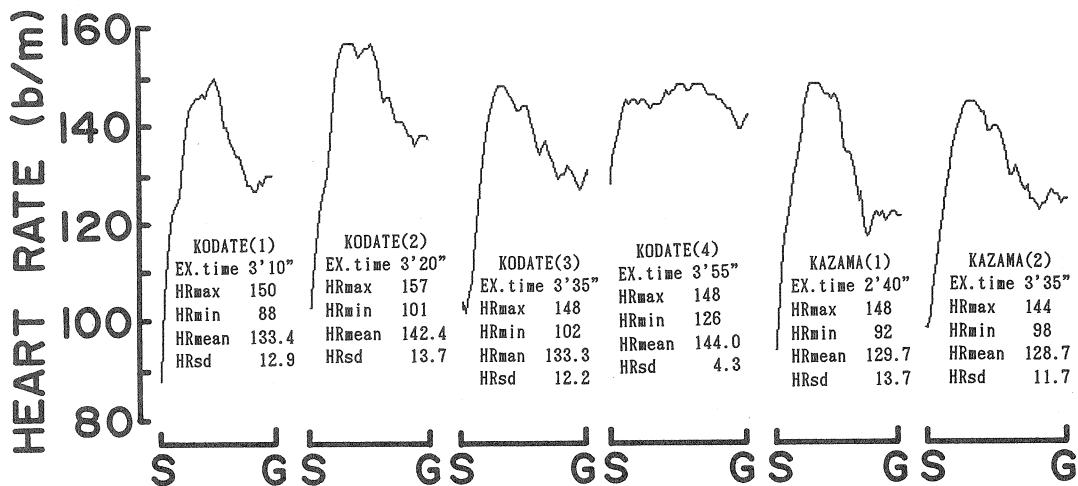


図 2-4 リラックス走 (1 km) 時の心拍数の変化

一般的に、ヒトの多くの生理的機能はサーカディアン・リズムを示し、その大部分は昼間の活動期に活発になり、夜間の休息期に鎮静し、これが交互にくり返されている。体温のサーカディアン・リズムは、ヒトの場合、午前 4 ~ 6 時に最低値を示し、午後 4 ~ 8 時に最高値を示し、日常活動における活動性の変動とほぼ一致している。図 2-3 は、小館選手の体温を COSINOR 法を用いて解析したサーカディアン・リズムと体調の関係を示したものである。全般的に 4 時間から 6 時間くらい、位相のずれが認められる。しかし、現地入りして約 10 日間程日数が経過しているので、移動日、あるいは激しいトレーニングなどの影響があるが、生体の日内リズムは、うまく環境に同期化し、生理的機能も安定化しているものと思われる。

高所トレーニングの実施により、低酸素環境下での影響から体内の酸素運搬能力が高まるため、結果として低地での試合においては競技能力が向上するとされている。しかし、その反面この低酸素環境の中では、頭痛、めまい、疲れやすい、全身のだるさ、睡眠の障害、消化器系症状の異状、記憶力や判断力の低下などの症状があらわれることもあり、トレーニングの実施にあたり十分に注意する必要がある。この点に留意して、選手たちに毎日書いて貰った日誌および選手達との日常の

対話から体調を概観した。その結果、トレーニング期間の初期において上記の高地による影響と思われる症状、すなわち、疲れやすい、気分がのらない、昼間にねむ気があったなどの訴えが見られたが、その後 3 ~ 4 日後には、この症状は消失した。従って、合宿の中・後半では寝つきの程度、夢、夜中のめざめ、睡眠の深さ、といった睡眠の状態は良好で、それらが反映した起床時の気分もまた良好な状態になったことが示された。このことは、今回参加した 3 選手はともに高所トレーニングが初めてではなかったことから、高地のそのもののへの馴化がはやく、心理的、精神的にも余裕があったものと考えられる。

コンディションを客観的に見ることを目的に、1 km のリラックス走を実施した (図 2-4)。“気持ち良く走る”ことに主眼を置いた。同じコースを利用して走っているので、平均心拍数、走行時間、心拍数の変化から、選手のその時の調子を判断する場合には、有効な方法と思われる。小館選手の場合、(2)で最も高い心拍数を示し、平均心拍数も高かった。(1)から(3)までは、走り始めの心拍数は低く、走行中の心拍数レベルの維持が比較的短時間であるのに対して、(4)では高いレベルの心拍数を維持していた。本人のコンディション自己診断では、(4) “疲労気味、(1)~(3)は普通” もしく

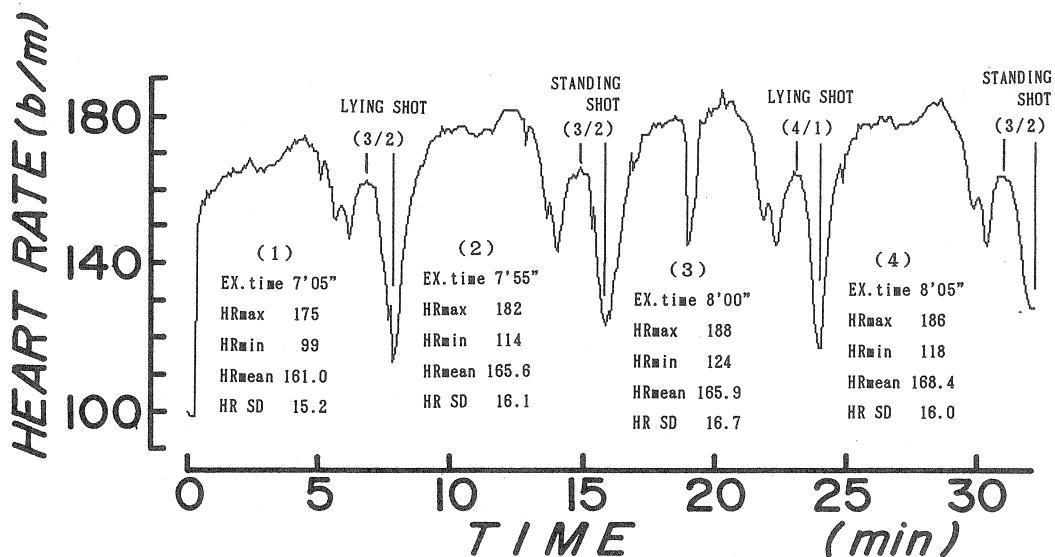


図 2-5 12km タイム・レース時の心拍数の変化（風間選手）

は“良い”，という評価があった。一方、風間の場合、心拍数の変化傾向は(1), (2)ともにはほぼ同じ様であるが、(1)で心拍数がやや高く、走行時間は短かった。コンディショニングの自己診断では(1), (2)ともに“普通”であった。

図 2-5 は、風間選手の銃を背負った重負荷による 12km (3 km コース 3 周) のスピードトレーニング時の心拍数の変化を示したものである。1 周目から 4 周目へと走行時間および心拍数の漸増傾向が見られた。

2. 後半期におけるコンディショニングのための医・科学サポート

(1) 後半期の調査・測定方法ならびに結果

ア 期間および方法

バイアスロン選手の高所トレーニングを利用して、練習中の選手の生理機能の基礎状態を知るために、安静時、負荷時、射撃時の心拍数および酸素飽和度を測定した。

測定器具は東機貿のパルス・オキシメーター、504P を使用し、全て 5 秒間隔で記録した。センサーは指先に着装した。

被検者はバイアスロンオリンピック選手の風間、小館、三上の 3 選手。コントロールとして、コ-

チの出口、佐藤、一般人として、桂田を被検者とした。測定場所：1 月 23 日は標高 1600 米のアンテルセルバ、1 月 28・29・30 日は 2000 米のアルペンガストフで行った。

イ 各種環境条件下、安静時における心拍数と酸素飽和度の状態

先ず、安静時における心拍数および酸素飽和度を表 2-3 に示す。酸素飽和度は桂田以外は 92% 以上を示し、95, 96, 97, 98% の安定した数値を示した。心拍数についても、桂田以外は比較的安定し、器具装着時のふれや緊張が多少数値を左右したが 50, 60, 70 台が安静時の心拍数と考えられた。

次に、身体的負荷をかけた時の心拍数、酸素飽和度を測定した。標高 2000 米以上のバイアスロンコースの中の最も急な登り坂の頂点で 1 時間走行後と 2 時間走行後に測定した。桂田は、測定地点までの器具運搬走と、その付近の坂を少し走った後、測定した。佐藤選手については、負荷前をとらなかったが、自主トレの後、測定した。

ウ 結果と考察

表 2-4, 表 2-5, 表 2-6 によって、約 1 時間走った後の心拍数をみると、一部センサーの不良の時があったが、心拍数は、140 から 170 / 分

表2-3 環境諸条件下における安静時的心拍数ならびに酸素飽和度の状態

注：桂田はコントロール

| 1-1 測定場所：標高1,600mのアンテルセルバ (2月23日)桂田(夕方) | | | | 1-3 測定場所：標高2,000mのアルペンガスト(測定日：2月29日) | | | | | | | |
|--|---------|-------|-------|--------------------------------------|---------------|--------------|--------------|---------|-------|---------|-------|
| 時間(秒) | HR(拍/分) | SP02% | 時間(秒) | 桂田(am8:54) | 風間選手(am9:15) | 小館選手(am9:38) | 三上選手(am9:13) | HR(拍/分) | SP02% | HR(拍/分) | SP02% |
| 5 | 128 | 95 | 69 | 95 | 5 | 87 | 88 | 74 | 96 | 91 | 97 |
| 10 | 107 | 93 | 70 | 95 | 10 | 102 | 89 | 71 | 94 | 81 | 97 |
| 15 | 93 | 87 | 72 | 95 | 15 | 101 | 90 | 64 | 93 | 77 | 96 |
| 20 | 83 | 88 | 73 | 95 | 20 | 98 | 93 | 62 | 92 | 62 | 96 |
| 25 | 91 | 89 | 72 | 95 | 25 | 102 | 92 | 62 | 92 | 62 | 96 |
| 30 | 87 | 95 | 73 | 95 | 30 | 108 | 90 | 59 | 92 | 61 | 96 |
| 1-2 測定場所：標高2,000mのアルペンガスト (2月28日)桂田(午前8:30) | | | | 35 | 108 | 90 | 55 | 94 | 66 | 95 | 58 |
| 桂田(午後) | | | | 40 | 103 | 90 | 52 | 95 | 71 | 95 | 56 |
| 1-4 測定場所：標高1,600mのアンテルセルバ(測定日：2月30日・屋内) | | | | | | | | | | | |
| 時間(秒) | HR(拍/分) | SP02% | 時間(秒) | 桂田(am10:05) | 風間選手(am10:12) | 小館選手(朝) | 三上選手 | HR(拍/分) | SP02% | HR(拍/分) | SP02% |
| 5 | 79 | 93 | 95 | 90 | 5 | 110 | 80 | 96 | 94 | 66 | 97 |
| 10 | 80 | 95 | 100 | 89 | 10 | 103 | 90 | 94 | 94 | 67 | 97 |
| 15 | 77 | 95 | 100 | 90 | 15 | 98 | 92 | 104 | 95 | 69 | 97 |
| 20 | 82 | 95 | 94 | 91 | 20 | 98 | 89 | 101 | 95 | 69 | 97 |
| 25 | 83 | 94 | 93 | 92 | 25 | 104 | 89 | 97 | 95 | 71 | 98 |
| 30 | 80 | 94 | 97 | 93 | 30 | 105 | 91 | 89 | 95 | 70 | 98 |
| 35 | 79 | 94 | 99 | 92 | 35 | 105 | 91 | 91 | 96 | 70 | 97 |

表2-4 高所環境下、1時間のスキーパス走後における心拍数ならびに酸素飽和度の回復状態

(測定場所：標高2,000mのアルペンガスト 測定日：2月29日)

| 被検者 | 佐藤コーチ | | 風間選手 | | 小館選手 | | 三上選手 | |
|-------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 測定時 | 午前9:30 | 午前10:15 | 午前10:28 | 午前10:10 | 午前10:28 | 午前10:10 | 午前10:10 |
| 時間(秒) | HR(拍/分) | SP02% | HR(拍/分) | SP02% | HR(拍/分) | SP02% | HR(拍/分) | SP02% |
| 5 | 115 | 97 | 166 | - | 149 | 96 | 144 | - |
| 10 | 107 | 97 | 140 | 98 | 144 | 92 | - | - |
| 15 | 99 | 94 | 140 | 98 | 138 | 91 | - | - |
| 20 | 98 | 94 | 142 | 98 | 138 | 87 | 124 | 96 |
| 25 | 94 | 95 | 127 | 98 | 127 | 88 | 128 | 95 |
| 30 | 92 | 95 | 132 | 98 | 119 | 91 | 118 | 95 |
| 35 | 89 | 96 | 132 | 98 | 117 | 91 | 109 | 94 |
| 40 | 89 | 96 | 132 | 98 | 112 | 92 | 95 | 94 |
| 45 | 89 | 96 | 124 | 98 | 112 | 92 | 86 | 95 |
| 50 | 89 | 95 | 116 | 97 | 102 | 94 | 83 | 96 |
| 55 | 88 | 95 | 115 | 97 | 94 | 96 | 82 | 96 |
| 60 | 89 | 96 | 115 | 97 | 89 | 96 | 84 | 96 |
| 65 | 90 | 94 | 103 | 97 | 91 | 95 | 84 | 96 |
| 70 | 90 | 94 | 104 | 97 | 91 | 95 | 77 | 96 |
| 75 | 87 | 94 | 98 | 97 | 92 | 94 | 79 | 96 |
| 80 | 84 | 94 | 99 | 97 | 92 | 92 | 85 | 96 |
| 85 | 84 | 93 | | | 93 | 93 | 85 | 96 |
| 90 | 87 | 92 | | | | | 78 | 97 |
| 95 | 88 | 91 | | | | | | |

表2-5 2回目のスキー滑走後における心拍数ならびに酸素飽和度の回復状態
 (測定場所: 標高2,000mのアルペンガスト 測定日: 2月29日)

| 被検者 測定時 時間(秒) | 風間選手 | | 小館選手 | | 三上選手 | | 三上選手(2月30日) | |
|---------------------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-------------|-------|
| | 午前11:04 | | 午前11:30 | | 午前11:10 | | 午後16:00 | |
| | H R (拍/分) | SPO2% | H R (拍/分) | SPO2% | H R (拍/分) | SPO2% | H R (拍/分) | SPO2% |
| 5 | 112 | 95 | 149 | 92 | 138 | 96 | 129 | 90 |
| 10 | 134 | 96 | 144 | 92 | 130 | 93 | 123 | 85 |
| 15 | 155 | 96 | 134 | 91 | 117 | 92 | 111 | 85 |
| 20 | 162 | 96 | 126 | 93 | 112 | 92 | 98 | 87 |
| 25 | 159 | 96 | 122 | 92 | 110 | 92 | 82 | 90 |
| 30 | 152 | 95 | 116 | 87 | 101 | 92 | 80 | 90 |
| 35 | 141 | 96 | 112 | 86 | 96 | 93 | 82 | 91 |
| 40 | 141 | 97 | 105 | 94 | 89 | 94 | 78 | 91 |
| 45 | 136 | 97 | 96 | 95 | 77 | 94 | 76 | 92 |
| 50 | 129 | 97 | 93 | 95 | 77 | 95 | 69 | 93 |
| 55 | 127 | 97 | 89 | 94 | 74 | 94 | 69 | 93 |
| 60 | 124 | 97 | 89 | 94 | 74 | 94 | 65 | 93 |
| 65 | 115 | 97 | 90 | 93 | 75 | 95 | 63 | 92 |
| 70 | 114 | 97 | 92 | 93 | 85 | 94 | 65 | 92 |
| 75 | 114 | 97 | 93 | 93 | 85 | 93 | | |
| 80 | 117 | 98 | 92 | 93 | 88 | 94 | | |
| 85 | 118 | 97 | 90 | 97 | | | | |
| 90 | 118 | 97 | 92 | 97 | | | | |
| 95 | 114 | 96 | 90 | 97 | | | | |
| 100 | 109 | 96 | 92 | 96 | | | | |
| 105 | | | 94 | 96 | | | | |
| 110 | | | 90 | 96 | | | | |
| 115 | | | 88 | 96 | | | | |
| 120 | | | 85 | 96 | | | | |

表2-6 高所環境下、非鍛練者のスキー滑走軽負荷運動後における心拍数ならびに酸素飽和度の回復状態
(測定場所：標高2,000mのアルペングラスト 測定日：2月29日、午前09:30)

| 被検者 経過時間 時間(秒) | 桂田(コントロール) | | | | | | | |
|----------------------|------------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
| | 0～1分経過 | | 1～2分経過 | | 2～3分経過 | | 3分経過～ | |
| | H R (拍/分) | SP02% | H R (拍/分) | SP02% | H R (拍/分) | SP02% | H R (拍/分) | SP02% |
| 5 | 156 | 76 | 131 | 84 | 118 | 94 | 110 | 92 |
| 10 | 155 | 75 | 131 | 83 | 122 | 92 | 113 | 92 |
| 15 | 154 | 75 | 128 | 83 | 122 | 90 | 114 | 92 |
| 20 | 147 | 79 | 129 | 82 | 119 | 90 | 運動8分後 | |
| 25 | 147 | 79 | 127 | 81 | 118 | 91 | | |
| 30 | 136 | 80 | 129 | 83 | 116 | 91 | 111 | 87 |
| 35 | 132 | 82 | 126 | 82 | 116 | 92 | 106 | 90 |
| 40 | 136 | 80 | 117 | 82 | 109 | 92 | 110 | 86 |
| 45 | 133 | 84 | 108 | 88 | 101 | 95 | 106 | 93 |
| 50 | 132 | 84 | 105 | 91 | 102 | 96 | 106 | 92 |
| 55 | 132 | 84 | 109 | 93 | 105 | 93 | 99 | 89 |
| 60 | 132 | 84 | 115 | 95 | 107 | 92 | 93 | 88 |

を直後に示した。選手それぞれのスキー滑走の負荷の強度が個人個人で異なるので、他の選手間で比較することは危険であるが、約1時間走った後のデータをみると、酸素飽和度は心拍数に関係なく高値を示した。心拍数は約1分間ぐらいで安静時の値に近づく傾向がみられた。三上選手については酸素飽和度も安定し、心拍数の減少もとくに早かった。風間選手については、酸素飽和度は高値で安定していたが、心拍数の減少がやや遅い傾向が見受けられた。小館選手については心拍数の減少は著明であったが、酸素飽和度は心拍数の減少しあらじめ一時80台に低下していた。この事は、他の生化学的データの検索も必要であるが、バイアスロン特有の激運動の直後の射撃に対応する生理的呼吸性の心拍数調整による筋肉酸素消費の結果等によるものではないかと思われる。

さらに、2回目に一時間程走った後のデータをみると心拍数の動きは前回と殆んど変化がないが

酸素飽和度については若干、低い傾向があるが、風間選手をはじめ安定していた。

一時間走行後の心拍数および酸素飽和度の経時的变化を表2-6に示したコントロールとして桂田のデータを加え比較すると、先に述べた様に風間選手の酸素飽和度の安定さと、小館選手の心拍数の復帰の早さが顕著であることがわかる。三上選手の場合は、2日間の約一時間走行後のそれぞれ脈搏数および酸素飽和度を示している。

表2-7は、バイアスロン競技中の射撃時の脈搏数および酸素飽和度の測定値である。結果を述べる前に、使用したパルスオキシメーターの器具、センサーの特徴を述べる。表の中には、風間選手のマッサージ中のデータも示したが、酸素飽和度の動きはないが、心拍数はいろいろな振動を拾い不安定でシールドなどの点が問題点であった。射撃時にどの部位にセンサーを装着するかが測定上考慮すべきことであり、一応、耳たぶにセンサ

表2-7 バイアスロンの射撃中と終了後における心拍数の変化
(測定場所: 標高2,000mのアルペンガスト 測定日: 2月29日)

| 被検者 | 風間選手 | | | | | | | | |
|------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-------------|-------|----|
| | 第1回立射 | | 第2回射 | | 終了後 | | マサージ中(23日夜) | | |
| 経過時間 | H R (拍/分) | SP02% | H R (拍/分) | SP02% | H R (拍/分) | SP02% | H R (拍/分) | SP02% | |
| 5 | 105 | 92 | 88 | 93 | 90 | 93 | 80 | 95 | |
| 10 | 103 | 92 | 82 | 96 | 76 | 91 | 84 | 95 | |
| 15 | 105 | 94 | 99 | 94 | 78 | 95 | 89 | 95 | |
| 20 | | | 109 | 94 | 81 | 97 | 126 | 95 | |
| 25 | | | 116 | 94 | 96 | 96 | 125 | 95 | |
| 30 | | | | | 100 | 96 | 120 | 95 | |
| 35 | | | | | 103 | 95 | 88 | 95 | |
| 40 | | | | | 103 | 94 | 123 | 94 | |
| 45 | | | | | 96 | 95 | 101 | 94 | |
| 50 | | | | | 102 | 96 | 95 | 94 | |
| 55 | | | | | 95 | 96 | 60 | 94 | |
| 60 | | | | | | | 62 | 91 | |
| | 小館選手 | | | | | | | | |
| | 伏射 | | 終了後 | | | | 65 | 66 | 92 |
| | H R (拍/分) | SP02% | H R (拍/分) | SP02% | | | 70 | 68 | 93 |
| 5 | 107 | - | 93 | 98 | | | | | |
| 10 | 79 | 98 | 87 | 98 | | | | | |
| 15 | 79 | 98 | 83 | 98 | | | | | |
| 20 | 79 | 98 | 80 | 96 | | | | | |
| 25 | | | 76 | 95 | | | | | |
| 30 | | | 79 | 94 | | | | | |
| 35 | | | 77 | 94 | | | | | |
| 40 | | | 75 | 94 | | | | | |
| 45 | | | 73 | | | | | | |

一をセットし、リード線を垂らして走ってもらつたが、センサーの感度が思わしくなかった。このため、射撃時に使用しない指にセンサーをその都度セットした。しかし、伏射、立射、共にセットしてから微妙に位置のずれが起こり、風間選手、小館選手の3回しかデータがとれなかつた。

これらのデータの成績は、いずれも心拍数の変動が安定した命中もまづまづであり、競技力の今後の期待を大きくした。

IV. まとめ

1. 一般に、低地から高地に上ると、初めの数日間は体調が乱れ、その後徐々に体調は回復して、1週間から10日後には高地におけるコンディションが良くなる傾向を示す。今回の2回に亘る医・科学的サポートは、高所トレーニング期間の中・後半期に実施されたが、各選手の全体的なコンディションも良好であったと考えられる。これは、高所環境への適応状態、トレーニングの内容などもがうまく現われた結果とみることが出来る。競技力の向上には多くの要因が関与していくが、今回の結果から判断して、高所トレーニングは、中間期の適応・順化と競技力の強化に効果的であることが選手の現状と諸測定の成績で裏付けられ、後半期における合宿でも体調を整え、生理的な測定でも異常はなかった。このような医・科学サポートは、少くとも現状選手の競技力の向上とオリンピックでの実力発揮の要因の1つとして貢献したものと考えられる。

2. 参加選手は3名と少数であったが、外国における約2ヶ月という長い合宿期間であったため、全員になんらかの疾病・傷害が発生した。主に筋肉痛、風邪および下痢などであったが、特に重篤な状態ではなく、いづれも軽度のもので大事には至らなかつた。大会前に三上選手が風邪を引いたが1日の投与薬で練習もいつものコンディションで行い、大会に出場出来た。出口監督もいろいろな心労と合わせ、風邪を引き頭痛を訴えたが大事

に至らず治ゆした。

V. 今後の話題

今回の測定の中では、パルスオキシメーターを持参し、酸素飽和度の測定を行つたが、バイアスロン競技の特徴として、動から静への移行が如何に行なわれるかをこの様な方法で調べ、ある程度の基礎的な資料が得られた。さらに詳細に調べるに当り、器具と方法の改善が必要であると思われた。また、バイアスロン競技では、いろいろな仕事を2名のコーチが分担して行っている。試合当日ともなると大変忙しく、任務外ではあったがスキーの滑り測定（ワックス・テスト）の荷物の管理などの手伝いもした。このように世界で活躍する選手たちの中で、貴重な体験を競技力向上に果たすわれわれの問題点もいくつか見い出すことができた。バイアスロン競技で一番知りたい所、動から静—滑走から射撃—への生理的な現象をもつと詳しく測定・研究するためには、様々な測定機器の導入、血液の生化学的測定、さらには貧血や心理的側面の検査などが必要であり、今後の課題となろう。そして、2年後にせまったリハーメル・オリンピックおよび1998年の長野オリンピックをねらいとして、現場の中で競技力向上に貢献できる医・科学的サポートは、ふだんからもっともっと選手に密着して考える必要があり、また選手たちも測定等に慣れておくことが肝要であると考える。今後もより合理的なバイアスロン競技のトレーニング（含む高所トレーニング）を目指し、選手・コーチ・医科学者が協力し、各種トレーニングの特性を理解し、その成果を一つずつ積み上げていくことが重要であると思われる。

今回のような、医・科学委員やスポーツドクターの合宿への派遣・サポートという事業・企画は、的を得ており大変良かったし、また成果があったものと考えられた。このような機会に恵まれ、JOC・体協ほか関係者のご理解・ご支援を感謝します。

3. 日本水泳連盟の高所トレーニング研究報告

報告者 健日本水泳連盟・医科学研究班

研究責任者 宮下 充正¹⁾

研究班員 園田 昌毅²⁾, 片山 直樹³⁾, 武藤 芳照¹⁾

はじめに

日本水泳連盟では、1982年から本格的に高地トレーニングに取り組みはじめ、着実に成果をあげつつある¹⁾。これに対し、日本オリンピック委員会（JOC）では、バルセロナオリンピックに向けての強化活動の一環として、高地トレーニングに関する研究を、平成3年度新規事業として計画した。この計画を受けて、日本水泳連盟医・科学委員会は、秋季アリゾナ高地トレーニングの医・科学的サポートをおこなったので報告する。

参加選手とスケジュール

参加選手は、空岡京太(20才, 背泳), 渡部信吾(19才, バタフライ), 長崎大之(17才, 背泳), 倉沢利彰(15才, 個人メドレー)の男子4選手であり、ほかにコーチ2名、メディカルスタッフとして筆者ら1-3名が當時同行した。トレーニングは、標高2150mのアメリカ合衆国アリゾナ州フラッグスタッフにある北アリゾナ大学(Northern Arizona University=略称 NAU)内プールで、1991年10月28日から11月17日までの約3週間おこなわれた。また選手は、下山4-7日後の11月21-24日に開催された東京スイミングクラブ招待記録会に参加した。

トレーニング状況

トレーニングは、朝夕2回の水中トレーニング

と夕練習前に筋力トレーニングまたはサーキットトレーニングを加えておこなった。原則として2-3日に1回のペースで休息をとり、合宿後半ほど休息の割合を多くした。現地到着翌日から4日間、順応期間として、比較的負荷の軽いトレーニングをおこなった後、鍛錬期間には、1日10000-12000mの水中トレーニングをおこなった。合宿後半は、記録会出場の日程にあわせて、ペースワークおよびスピードトレーニングが主体となった。

食事はほとんど外食であったが、バランスに留意しながら摂取した。また、記録会直前まで、1日にビタミンC 1000mg, ビタミンE(トコフェロール300mg), 鉄12mgを食事とは別に経口摂取した。

体調の変化

高地トレーニングでは、低酸素下でのトレーニングにより、酸素運搬能力が高まるため、競技能力が向上するとされている。しかし、その反面、頭痛、めまい、疲れやすい、全身のだるさ、睡眠の障害(いつも眠い、ぐっすり眠れないなど)、消化器症状(食欲不振、吐き気など)、記憶力や判断力の低下などがあらわれることがあるとされている。

今回のトレーニングにおいては、前例にならい、選手は日誌を毎日書くように指示された。その内容および選手との日常の対話から、選手達の体調の変化を概観にした。その結果、上記の高地(低酸素)によると思われた症状は、疲れやすいとい

¹⁾東京大学教育学部

²⁾千葉大学医学部整形外科

³⁾東京厚生年金病院整形外科

うことと軽い睡眠の障害だけであった。しかし、この症状も4-5日で消失した。

ここで興味深いことは、今回参加の4選手は、高地トレーニングがはじめてではないということと、前回参加の時には、高地による症状が今回よりもかなり強く出現していたことである。これは、高地そのものに馴れたからだの適応の結果であるか、はじめてではないという精神的余裕のためか、コーチのトレーニング計画が綿密であったためか、判断はむずかしいものの、今後検討するべき重要な問題であると考えられた。

検査結果

高地トレーニングによっておこる選手個人の身体内の変化を知る目的で、血液検査をおこなった。国内の病院で合宿前2回、合宿後2回、北アリゾナ大学内診療所で合宿中3回の計7回、約1週間にごとに検査した。今回の検査項目は、血算、鉄代謝、肝機能、筋肉内酵素(CPK)などであった。

まず酸素運搬能力を反映するとされている血算のうちの赤血球数、ヘマトクリット、ヘモグロビンと、疲労度を反映するとされているCPKの経時的变化を示す(図3-1)。赤血球数、ヘマトクリット、ヘモグロビンの3項目ともにトレーニングにより上昇し、帰国後にピークに達したのは、空岡、渡部、倉澤の3名であった。長崎は、3項目ともほとんど上昇しなかった。CPKに注目すると、4名ともに高地トレーニング中に増加し、記録会前には正常値(140以下)にもどっている。このことは、高地トレーニングにより蓄積した疲労が、記録会前にはほとんど残っていなかったことをあらわしている。

また、図には示さなかつたが、食事とは別に1日12mgの鉄を摂取しはじめると、4名ともに鉄代謝のうちの血清鉄とフェリチンが上昇した。しかし、高地トレーニング後半から記録会前にかけて、赤血球数、ヘマトクリット、ヘモグロビンが、有意に上昇する時点で、血清鉄とフェリチンがともに次第に低下していった。

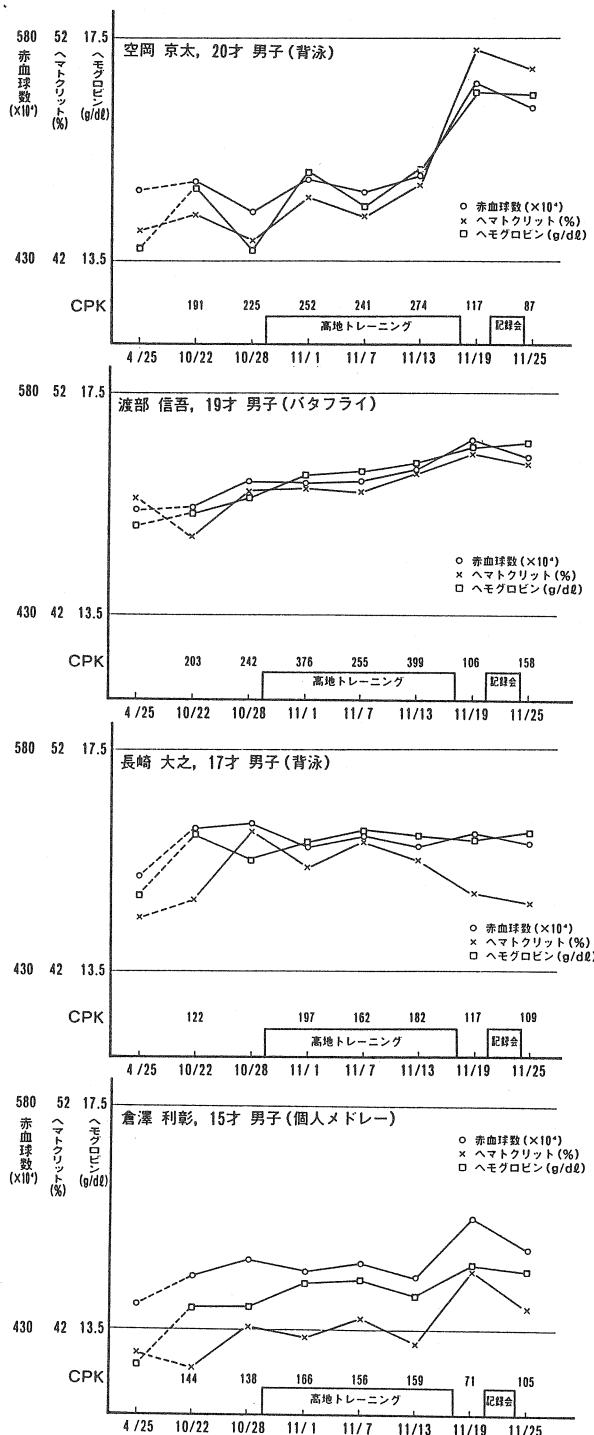
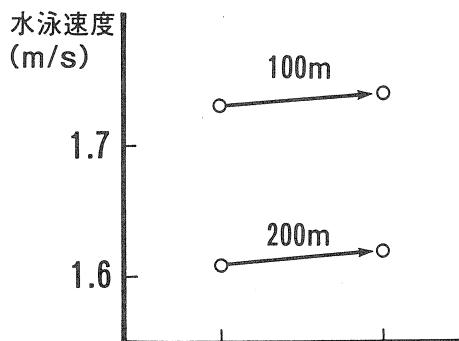
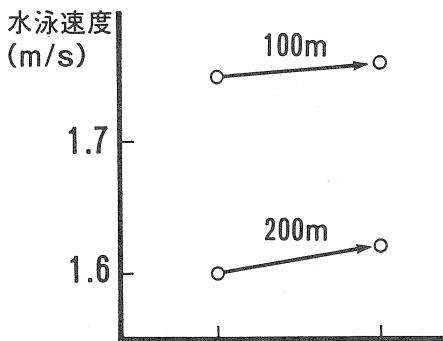


図3-1 血液成分の経時的变化

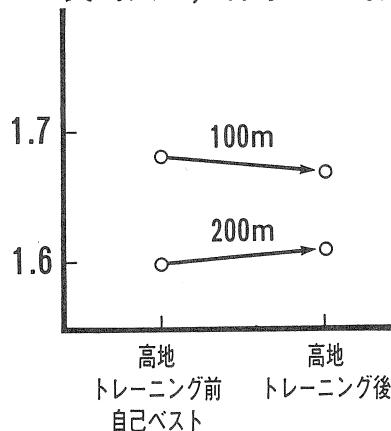
空岡京太, 20才男子(背泳)



渡部信吾, 19才男子(バタフライ)



長崎大之, 17才男子(背泳)



倉澤利彰, 15才男子(個人メドレー)

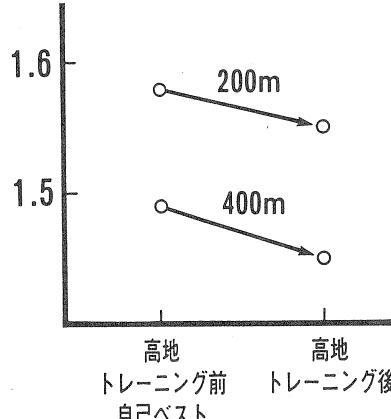


図3-2 水泳速度 (m/s) の変化

水泳記録の変化

今回の高地トレーニング前後の水泳記録の変化について検討した(図3-2)。空岡、渡部は、100m, 200mともに自己ベストを更新した。長崎は200mのみ自己ベストを更新した。この結果と、血液検査の結果を対比してみると、赤血球数、ヘマトクリット、ヘモグロビンの3項目ともに上昇し、帰国後にピークに達していた3名のうち2名が、好成績をおさめたことになる。競技力の向上には多くの要因が関与していることはもちろんであるが、今回の結果から、競技力の向上の要因の1つとして高地トレーニングが関与していたとわれわれは考えている。しかし、倉澤のように赤血球数、

ヘマトクリット、ヘモグロビンの3項目ともに、上昇したにもかかわらず、競技力の向上に結びつかなかった選手もあり、他の要因を含めた詳細な検討が、今後とも必要であると考えられた。

疾病・傷害の発生状況

参加選手は4名と少数であったが、約3週間という長い期間であったため、全員になんらかの疾病・傷害が発生した。特に、長期のトレーニングによる筋肉痛の発生が多く、湿布薬、塗布薬、アイシング用品の需要が高かった。そのほかでは(重複あり)、肩関節痛3名、腰痛2名、頸部痛2名、下痢2名、腹痛1名、上気道炎1名、ものもらい1名であった。特に、重篤な疾病・傷害の発生は

なく、選手達と充分にコンタクトをとる時間にめぐまれていたことは、医・科学的サポートをする立場としては有意義であった。

高地トレーニングの評価について

現在までの日本水泳連盟医・科学委員会での見解として、身体の健康状態が良く保たれ、平地での泳ぎのテンポに合わせた練習がうまくおこなわれた場合には、中・長距離種目専門の若手伸び盛りの、特に女子選手に高地トレーニングの効果が著しいとされている¹⁾²⁾。水泳記録の変化の項でも述べたが、高地トレーニング後の競技力の向上には、多くの要因が複雑にからみあっており、慎重な判断が必要であると考えられるが、今回の高地トレーニングでは20才と19才の年長者2名が良好

な結果をおさめたといえる。この判断の適否も含め、今後もより合理的な高地トレーニングを目指し、選手・コーチ・医科学者が協力し、高地トレーニングの特性を理解し、高地トレーニングのノウハウを積み上げていくことが重要であると思われた。

参考文献

- 1) 武藤芳照、宮下充正、渡部厚一：高地トレーニング 水連での取り組み、臨床スポーツ医学, 8: 610-615, 1991.
- 2) (財)日本水泳連盟医科学研究班（研究責任者：宮下充正）：水泳選手の高地トレーニング、平成2年度日本体育協会スポーツ医科学研究報告、No.II. 競技種目別競技力向上に関する研究：44-50, 1991.

4. 中華全国体育総会多巴高原訓練基地の視察と 高所トレーニングに関する日共同研究の協議報告

報 告 者 塚 越 克 己 (財, 日本体育協会)

中 森 康 弘 (財, 日本オリンピック委員会)

はじめに

昭和60年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告No.IX「青少年の体力に関する日共同研究—パロットスタディー」及び、昭和61年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告No.IV「青少年の体力に関する日共同研究—第1報一」に記載されているように、日本体育協会と中華全国体育総会とは、1983年よりスポーツ医・科学面についても交流を開始するようになり、両国相互の文献交換・スポーツ医・科学者の交流はもとより、具体的に両国科学者が協議しつつ一つの研究課題に取り組む共同研究も実施している。

1986年～1987年かけては「青少年の体力に関する日共同研究」を、1989年～1990年にかけては「陸上競技ジュニア選手の体力に関する日共同研究」を手がけてきているが、前記「パイラットスタディー」の報告書に記載されているように、これら共同研究の課題は設定に当たって、中国側は、当初より高所トレーニングに関する研究課題を取り組むことを要望していた。日本側も、この研究課題には必ずしも反対ではなく、この研究課題に取り組むに必須の環境条件等が整えばと、中国側が提案する昆明の高原訓練基地を視察するとともに、両者の協議を重ねたが、この研究課題を取り上げるに至らず、両者が意見の一一致をみた上記二つの共同研究を実施してきた。この二つの共同研究については、両者にて、それぞれ研究報告書を完成させるとともに、1990年の北京アジア大会科学会議にその成果を発表している。

以上が、財)日本体育協会を窓口とする中華全国体育総会とのスポーツ医・科学に関する交流の経緯概要である。その後、表4-1に示す中国側

よりの連絡文書を1991年7月にFAX受信した。

表4-1 中華全国体育総会よりのFAX(邦文訳)

| |
|--|
| 高所トレーニングの共同研究に関するお誘い 塚越 克己先生 |
| 中日双方の高所トレーニングの共同研究に関し、さらに進んだ話し合いをすると共に、当青海省多巴高原訓練基地視察のために、貴協会から4名の先生方が本年10月に10日間の日程で訪問されるよう、ここにご招待申し上げます。準備のため、お手数ではございますが書面で、この件に同意いただけるか否かのご返事をいただきたく存じます。 |
| 中華全国体育総会 科教部 武 福全 1991年7月7日 |

表4-1に見るように、中国側は、次期共同研究の課題として、高所トレーニングに関する課題を取り上げたい意向を連絡してきた。

本報告は、この中国側の申し出に対応した結果を報告するものである。

上記の通り、これまでの日中スポーツ医・科学交流は、財)日本体育協会と中華全国体育総会とが相互の窓口になって展開されてきたが、1989年に入り、日本オリンピック委員会(JOC)が独立法人化され、このJOCの1991年度選手強化本部スポーツ医・科学研究事業の一つとして本研究事業が

表4-2 中華全国体育総会宛ての回答文書

| | |
|---|--|
| 平成3年体協科研発第10号 | |
| 中華全国体育総会 | |
| 科教部 武 福全 殿 | |
| 1991年8月 | |
| 財団法人 日本体育協会 | |
| スポーツ科学専門委員会 | |
| 委員長 長沼 健 | |
| 高地トレーニングの共同研究に関するご連絡の返信 | |
| 1991年7月7日付、武先生より本会スポーツ科学研究所所長（塚越）宛ての文書を確かに受信しました。同文書における武先生の提案につき、下記の通りご回答申し上げます。 | |
| 記 | |
| 1：本年10月、本件に関し、本会より4名の関係者を貴国に派遣することは不可能ですが、2名の派遣でよければ可能です。 | |
| 2：本会の2名派遣の提案につき、貴会のご同意が得られれば、さっそく派遣者の人選に入りたいと存じますので貴会の文書によるご返事をお待ち申し上げます。 | |

企画され、その具体的な研究事業の実施方が財）日本体育協会に委託されてくる経緯があり、中国側の申し出が高所トレーニングに関する問題であるため、その対応を、このJOCから委託されてきた「高所トレーニングに関する研究」事業との関連で対応することにし、表4-2に示す連絡文を発信した。

表4-2の日本側提案に中国側が同意し、本報告者の塚越と中森の両名が派遣されることになり、本報告は、両名による中華全国体育総会多巴高原訓練基地（青海省）の視察と、高所トレーニングに関する日共同研究の可能性についての意見交換を行った結果を報告するものである。

1. 多巴高原訓練基地等の観察に伴う出張日程

塚越・中森両名の訪中の日程、訪問場所、主な内容、主な面会者等を表4-3に示した。

2. 多巴高原訓練基地の観察報告

(1) 多巴高原訓練基地資料より

以下に紹介する内容は、報告者が同基地を訪問した際にいただいた資料であり、同基地の関係者が、我々に同基地の全貌を紹介するために、予め邦文にて準備されたものと推察される。ただし、原文のままでは、我々に理解しがたい箇所もある

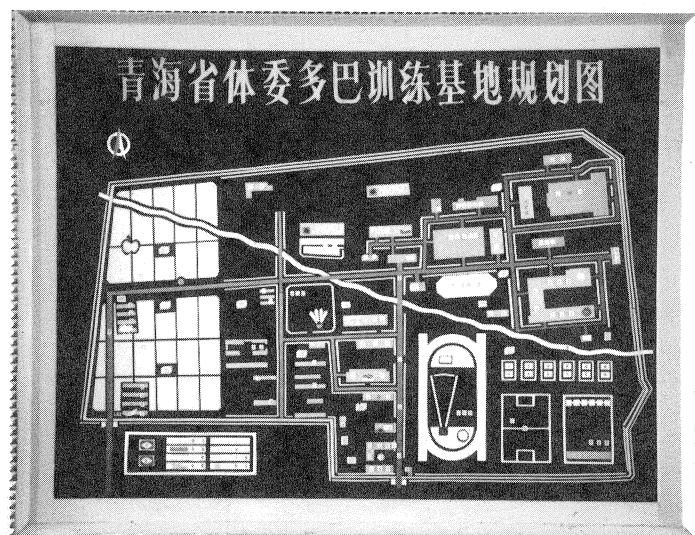


写真4-1 多巴高原訓練基地の模式図

表4-3 中華人民共和国・青海省多巴高原スポーツトレーニングセンター等の視察に伴う出張日程

1991年10月4日(金)～13日(日)、10日間

| 月日・時間 | 訪問場所 | 内 容 | 主な面会者 |
|-------------|--------------------------------------|--|---|
| 10月4日(金) | ・移動 | 宿泊:百榮酒店 NH905 10:30(成田)～13:40(北京) | ・陳時中(中華全國體育總會科教部) ・陳榮華(通訊) |
| 10月5日(土) | 9:00～11:30 ・北京体育学院 | 宿泊:百榮酒店 ・総合体育館(2,000名収容可能)・体育科学研究所・室内陸上競技場・図書館・視聴覚センターなどを見学。 | ・李元珠(北京体育学院外事部) ・潘志珠(北京体育学院外事部) ・陳紹中(国家体委体育科学研究所長) ・曾文元(国家体委体育科学研究所) ・周廷國(国家体育運動委員会) |
| 14:00～16:00 | ・国家体育運動委員会 体育科学研究所 | ・10分野の研究室があり370名が勤務している 競技スポーツに60%取り組み、オリンピック に向けて25競技の研究を実施中。 | ・張敏先(国家体育運動委員会情報研究所) ・その他研究所研究員 |
| 10月6日(日) | 9:30～11:00 ・中国体育博物館 ・移動 | 宿泊:青海賓館 ・中国古代より最近のオリンピックまでの歴史的変遷を紹介。民族スポーツの展示もある。 ・WH2146 14:15(北京)～16:45(蘭州) 蘭州の空港より西寧市・青海賓館まで自動車で4時間で到着 16:50～20:50 | ・陳時中(中華全國體育總會科教部) ・陳榮華(北京通訊) ・王鈞(青海省体育運動委員会副主任) ・趙學主(青海省体育運動委員会訓練部) ・李堪桐(青海省通訊) |
| 10月7日(月) | 9:15～13:20 ・青海省多巴高原スポーツトレーニングセンター | 宿泊:青海賓館 ・西寧市の西約20km、車で約30分の所に位置し 室内外14の施設、400名収容可能な宿泊所、 600収容可能なレストランを完備している。 | ・陳時中(中華全國體育總會科教部) ・李堪桐(青海省通訊) ・王志德(青海省体育運動委員会主任) ・王鈞(青海省体育運動委員会副主任) ・趙學主(青海省体育運動委員会訓練部) |
| 10月8日(火) | 9:45～10:45 ・青海高原医学研究所 | 宿泊:青海賓館 ・中国ただ1つの高原医学に関する研究所で、 病院を併設し、研究機材も電子顕微鏡をはじめ諸分析機器等、多数完備している。 | ・陳時中(中華全國體育總會科教部) ・李堪桐(青海省通訊) ・吳天一(青海高原医学科学研究所副所長) ・王鈞(青海省体育運動委員会副主任) |
| 14:30～15:15 | ・青海省体育科学研究所 (ミーティング) | ・高所トレーニングでの研究を行っている。 | ・その他研究所研究員 |
| 15:15～17:30 | | ・高所トレーニングに関して、高原医学研究所、 体育科学研究所の研究員をまじえて会談。 | |
| 18:30～20:30 | (歓迎会) | ・青海賓館にて。 | |

| 月日・時間 | 訪問場所 | 内 容 | 主な面会者 |
|---|---|--|---|
| 10月9日(水) 9:00~16:30 20:00~22:00 | ・日月山、青海湖 ・西寧体育馆 | <p>宿泊：青海賓館</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高さ3,520mの日月山まで登り、青海湖まで行く。青海湖は夏のリゾート地であり宿泊施設も整っている。 ・中日武術演技発表会を見学。日本は山形県より5名の選手が招かれていた。 | <ul style="list-style-type: none"> ・陳時中（中華全国体育總会科教部） ・李堪楓（青海省通訊） ・王灼（青海省運動委員会副主任） ・吳延又（青海省登山協会） ・植松秀之（山形海外交説協会） |
| 10月10日(木) 8:30~ 9:00 12:15~16:15 16:15~17:30 | ・青海賓館 (ミィーティング) ・移動 ・甘肅省スポーツセンター | <p>宿泊：蘭州友誼賓館</p> <ul style="list-style-type: none"> ・青海省副省長を迎えて、青海省体育運動委員会とスポーツ事情について歓談。 ・西寧市より蘭州市に（車で4時間）。 ・400m全天候型トラック、室内トレーニング場（118m室内走路6コース）、球技体育馆を見学。 | <ul style="list-style-type: none"> ・陳時中（中華全国体育總会科教部） ・李堪楓（青海省通訊） ・班馬丹增（青海省副省長） ・王灼（青海省運動委員会副主任） ・甘肃省担当者他 |
| 10月11日(金) 8:00~ 9:30 10:10~14:40 18:00~20:00 | ・移動 | <p>宿泊：百楽酒店</p> <ul style="list-style-type: none"> ・蘭州友誼賓館より蘭州空港へ ・WH2143 10:10(蘭州)~10:25(太原) 12:35(太原)~14:40(北京) ・(蘭州から太原を経由して北京へ到着) ・百楽酒店にて。 | <ul style="list-style-type: none"> ・陳時中（中華全国体育總会科教部） ・李堪楓（青海省通訊） ・王灼（青海省運動委員会副主任） |
| 10月12日(土) 15:00~16:30 | ・国家体育運動委員会 体育科学研究所 | <p>宿泊：百楽酒店</p> <ul style="list-style-type: none"> ・青海省多巴高原スポーツトレーニングセンターを視察しての感想と、今後の高所トレーニングにおける中日共同研究について検討した。中国側は、武福全氏が責任者。 | <ul style="list-style-type: none"> ・武福全（国家体育運動委員会副司長） ・周正（国家体委体育科学研究所）通訊 ・周延國（国家体育運動委員会科教司） ・陳時中（中華全国体育總会科教部） ・その他国家体委体育科学研究所員 |
| 10月13日(日) | ・移動(帰国) | ・NH906 15:30(北京)~20:15(成田) | ・陳時中（中華全国体育總会科教部） |

ので割合箇所や我々の視察に基づく加筆箇所も若干ある。

青海省多巴高原訓練基地は、西寧市の西の郊外、青蔵公路（青海省とチベットを結ぶ国道）添い26.5kmのところに位置しています。

1986年6月27日、青海省人民政府発第090号文書にて、正式に「青海省多巴高原訓練基地」が成立了。この訓練基地は、工場跡地に建設されたもので、青海省内外の選手が行うトレーニングト試合を支援することが主たる目的の施設です。

①自然環境

多巴高原訓練基地は、東経103度31分、北緯36度40分に位置し、海拔2,366m、総面積396畝（26.6ha）です。地形は大変ゆるやかで、北は大墩嶺、南は湟水川、東西が峡谷の地帶です。

海拔世界最高位にある補装自動車道路・青蔵公路が基地の前を延々と通ります。基地の平均気圧は765.2mbで、海面より酸素が22%希薄です。夏は緑豊かで涼しく快適です。6月から9月までの平均風力は1～2級です。最も暑い月の平均気温は摂氏15.6度で、最高気温は31.0度です。冬季もあまり寒くなく、最も寒い月の平均気温は零下9.5度、最低気温は零下28.8度です。年間の主たる風向は、東に傾いています。

多巴基地の飲用地下水は豊かで質も良く、低沃素低鉄素重炭酸マグネシウム型の水です。鉱化度は0.5g/l以下で、年間平均総硬度は16度以下です。基地の前を流れる水（湟水川の支流）の年間平均総硬度は12度以下です。また、飲用水中のフェノール、窒素化合物等の汚染物質の含有量も国家飲用水基準以下です。

多巴基地の大気は、可視度も高く、大気汚染も少ないようです。一酸化炭素濃度も国家基準値以下で、多巴基地は市内から離れ騒音もほとんどありませんし、国家規定の40～50デシベルの静かさに適合しています。その他、人為的な悪条件もなく、トレーニングに適した所です。真夏でも蚊がないなく、種々の悩みが回避でき、この点は、国内の訓練基地と比較しえない利点です。

多巴基地の前の青蔵公路には、北線と南線とがあり、交通に便利で、自転車競技のトレーニングに適していると思われます。

②トレーニング施設

多巴基地には現在、室内外合わせて14の施設があります。陸上競技、レスリング、柔道、射撃、バスケットボール、サッカーなどのトレーニングが可能です。室内には色々な器具と冬期の暖房装置を備え、冬期のトレーニングも可能です。基地の裏側には幅5m、深さ4mの「団結水路」と呼



写真4-2 多巴高原訓練基地の400mトラック
(背景は大墩嶺)



写真 4-3 多巴高原訓練基地の室内200mトラック

ばれる水路が流れており、両サイドに長さ8kmの並木道があるので、持久走トレーニングの理想的な場所と言えます。水路を越えるとすぐ大墩嶺の裾野で、延々たる山道に添って登山の練習ができます。この嶺の相対高度は206m、最大斜度50度ですので、脚力や心肺機能のトレーニングに適した天然の場所です。

③宿泊施設

基地全体が造園状に構成され、トレーニング施設と宿泊施設は、樹木と花壇の間に設置されています。

1：基地には三つの宿泊施設があり、同時に400人の宿泊が可能です。

2：基地の食堂面積は1,146m²で、装飾も珍しく、設備も高級です。大レストランの他に、小規模のレストランが二つあり、一つはイスラム・レストランです。レストランの最大収容人数は600人で、料理は安価で清潔、サービスも良好です。

3：基地の浴室は男性用と女性用が一つずつで、シャワー、バス、サウナもあり、毎日使用可能です。また、トレーニング・スケジュールに合わせて、いつでも給水します。

4：基地には閲覧室と娯楽室があり、選手の勉強と休養を支援します。

5：基地には売店があり、日用品と食料品が買え

ます。

6：基地には医務室があり、選手の医療支援を行います。

7：基地には電話室があり、全国の各都市との長距離電話が可能です。

8：基地は、選手団用ガイドのお世話をします。また、選手団の帰りの汽車のキップをお世話します。

④多巴基地の利点とトレーニングの効果

本基地の利点は三つあります。

第1は、海拔2,366mで、中国及びアジアで最も高所のトレーニング・センターであり、実践的に、この高度は高所トレーニングの理想的な高さです。

第2、基地は青蔵高原の東にあり、夏の平均気温が15.6度で、沿海地方が蒸暑い時期でも、本基地はとても涼しく、選手の体力消耗も少なく、6～9月は基地の「ゴールデン・シーズン」と呼ばれています。

第3、本基地は市内から離れ、静かな環境で、選手団の管理に便利な合宿練習に適した施設です。従って、本基地にて練習した選手のほとんどが、平地に帰っての試合で、良い成績を残しています。

統計によれば、1983年7月から1989年12月までに、本基地で練習または試合をした青海省内外の選手は、2,300人以上です。この内、重要な競技大

会前に強化トレーニングを行った青海省の選手は636人で、省外の選手は416人、全国規模の大会に出場した選手は865人です。このうち、84%の選手が8位以上の優秀な成績を残しています。

例えば、遼寧省の女子競歩選手団は、1987年、本基地で20間練習してから、河南省鶴壁市で行われた第6回運動会決勝にて世界記録一つを樹立する素晴らしい成績を残しました。

1989年、国家女子競歩選手団は、40日間本基地で練習した後、5月、スペインのバルセロナで行われたワールドカップに出場し、銀メダルを獲得しました。この競歩選手団の王コーチは、中央人民放送局の取材に、以下のように答えています。

「私は前後3回、多巴高原訓練基地で異なる階段のトレーニングを行い、国際的にも、国内的にも良い成績を残すことができました、ですから、高原訓練を行えば、競歩は良い成績を残せます」、また「主な原因は二つあります。一つは、高原の希薄な酸素が選手の自然の増血機能を促進し、平地で $13\text{mg}/\text{d l}$ のヘモグロビンを $15\sim17\text{mg}/\text{d l}$ に高めます。二つ目は、平地と同じ練習をしても、高地では血中乳酸が平地の二倍になります。このことは、選手の耐乳酸性能力を向上させますし、平地に戻ると、選手の酸素摂取能を向上させます。試合中、呼吸が楽になり、スピードも高まり、疲労感も少なくなり、成績が向上します」と述べています。

⑤多巴基地の発展

1980年代に入ると、世界のスポーツ強国は益々高所トレーニングを重視するようになりました。そこで、高所トレーニングの最適高度、運動強度、高所滞在時間、高所における生理学などが世界のスポーツ界で関心を持たれているテーマとなっています。これに対して、本基地は、高所トレーニングの実施に際して、青海省体育科学研究所、甘肃省体育科学研究所、遼寧省体育科学研究所、などと密接な協力体制をとり高所トレーニングに関する支援と研究を組み合わせて対応します。

青海省体育科学研究所は十年近くの努力により、多巴訓練基地を自らの「高原訓練実験観察所」としての条件を整えました。すなわち、国際的にも

先進的レベルの科学的計測機器を設置しております。例えば、運動中の心肺機能を測定するシステム、テレメータによる心拍測定システム、血中乳酸、血球、などの生化学的分析装置や尿の自動分析器を使用する科学的な支援を行います。また、本研究所は近年独自の努力により、運動医学、運動生理学、バイオメカニクス、運動栄養学、リハビリテーション、スポーツ情報学などの科学分野も充実させ、各分野の人材育成も行っています。

各方面よりの、高原訓練に対する要望が益々高まり、多巴基地は更に発展させなければなりません。私たちは、我国の「85」プランにより、更に以下の施設が増設されるものと予定しています。

1：3,000m²・6階建ての選手宿泊施設

2：リハビリテーション専用建物

3：8,000m²の池（釣り用）

4：900m²の室内プール

5：通信施設の改善

6：小講堂の改築と文化・娯楽施設の増設

本基地の発展促進のため、香港、台湾、澳門の同胞と友好国よりの投資の賛助を心から歓迎します。必ず、本基地は青蔵高原の国際的なトレーニング・センターになるでしょう。

(2)多巴高原訓練基地への交通路

報告者等が、今回、多巴高原訓練基地を訪問した際に使用した交通機関や、径路、所要時間等を記すと、北京空港発・14時45分→空路→蘭州空港着・16時45分、蘭州空港発・16時55分→自動車→西寧市・青海賓館着・20時45分、西寧市・青海賓館より自動車にて約30分で多巴高原訓練基地に到着した。すなわち、北京より空路約2時間、陸路約4時間30分の計6時間30分の所要時間であった。

上記のように、今回われわれは蘭州空港より陸路（自動車）多巴高原訓練基地に移動したが、すでに、西寧市街より約20km、自動車で約30分の所に西寧空港が完成しているので、1992よりは、北京より空路2時間、陸路1時間の計3時間の所要時間で基地に到着することができるであろうとの説明受けたし、西寧市より蘭州市に自動車移動する際に、西寧新空港を遠望することができた。

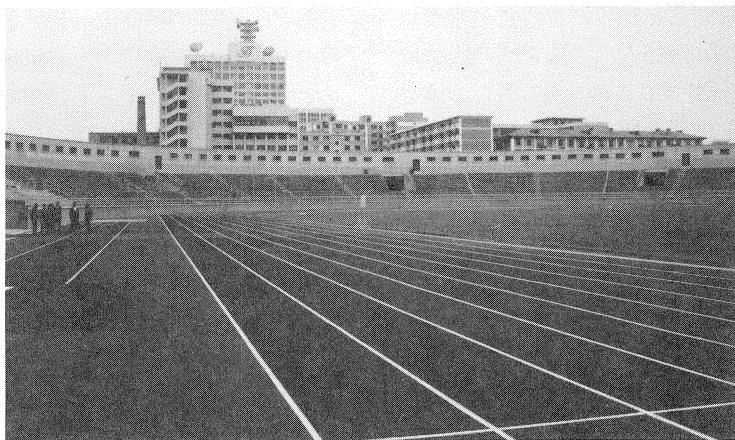


写真4-4 蘭州市の陸上競技場

(3)高所インターバル・トレーニングに適した多巴高原訓練基地

本基地は、上記に紹介するように海拔2,366mの地に設置されているが、同基地より青藏公路を自動車にてラサに向かえば、約1時間50分にて海拔3,520mの日月山に移動でき、蘭州方面に下れば、約4時間にて、海拔1,100mに位置する400mタタン・トラックの蘭州市陸上競技場に移動可能である。すなわち、高所でのトレーニングと平地でのトレーニングを計画的に繰り返す高所インターバル・トレーニングに比較的適した立地条件を本基地を有していると言えるであろう。この好条件は、他の高所トレーニング場には無い条件かも知れない。

(4)高所トレーニングに関する日共同研究についての協議

多巴高原訓練基地を視察後、再び北京に戻り、北京の国家体委体育科学研究所において、中国側は中華全国体育総会・科教部の武福全部長、陳時中氏、周延国氏、それに通訳の周正氏が加わり、日本側は本報告者の塚越、中森の両名にて、高所トレーニングに関する日共同研究についての協議を行った。

協議と言っても、両者とも、個人的な立場での自由な意見交換であるとの前提で、両者の話し合いが行われた。従って、以下に記す事項は、両者

を特に拘束するものではなく、両者で交換した意見の主なものであると理解して欲しい。

中国側の主な意見

- 1) 中国側は、多巴高原訓練基地が高所トレーニングに関する日共同研究を行う場所として適地だと思うが、日本側は現地を視察して、どのように思うか。
- 2) 中国側は、科学者の交流はもとより、選手やコーチの交流を含めた高所トレーニングに関する日共同研究を希望する。
- 3) 中国側としては、陸上競技の長距離・マラソンを研究対象の競技種目として希望してようであったが、特に、この種目でなくてはならないことのこだわりもないようである。
- 4) 以後も、この日共同研究についての話し合いを継続したい。
- 5) これまでの日共同研究の慣例に従い、次回は日本にて、この話し合いを行いたい。

日本側の主な意見

- 1) 多巴高原訓練基地は、高所トレーニングに関する日共同研究を行う適地だと思う。特に高所インターバル・トレーニングに関する研究に適していると思う。
- 2) 高所トレーニングに関する日共同研究が可能であるとしても、それはバルセロナ大会以降であろう。

3) 研究対象とする競技種目については、両国の希望種目を出し合い、今後、十分なる話し合いが必要であろう。

4) 次回話し合いを日本で行うことは、これまでの慣例からしても当然のことであるが、経費的な裏づけも必要なので、日本に帰って相談し、できるだけ早く中国側に連絡したい。

(5) 多巴高原訓練基地の観察に伴う尿中エリスロポイエチン (EPO) の変化

本報告者の塚越(男子、54歳、身長178cm、体重80kg)と中森(男子、30歳、身長178cm、体重72kg)は、北京に到着した翌朝(10月6日am7:00)より、多巴高原訓練基地を観察し、再び北京に戻り、北京を離れて東京に向かう10月13日の朝まで、毎日、am7:00~7:30の間に一番尿を採取した。多巴高原訓練基地の観察に当たっては、事前に海拔2,000mを越える低酸素環境下に曝されることが判っていたので、この観察に際して、我々の尿中EPOがどのように変化するかに興味を抱き、この間の

尿検体を採取したのである。

検体は、あらかじめ用意したフェノール50μlをたらし込んだ約30ccのビンに保存して持ち帰り、IOCの認定ドーピング分析機関・株)三菱油化ビーチェルにて分析した。

図4-1は、10月6日より10月13日の間、被験者が滞在した標高と尿中EPOの変化を図示したものである。僅か2例のデータであるが、標高2,300mに移動した際の増加、高所より平地に戻った際のリバウンドエフェクトも観察できる興味深い結果であった。

骨髄前芽系前駆細胞(CFU-E)に作用し、赤血球への分化・増殖を促進するEPOは、スポーツ界においては、IOCのドーピング指定薬物にリストアップされていることで知られているが、図4-1に見る通り、低酸素環境下に曝すことにより、尿中EPOは明瞭に生理的変化を示すので、高所トレーニングに関する生理的変化の指標としても、またドーピング判定基準の検討の為にも、系統的な研究の必要性を感じた。

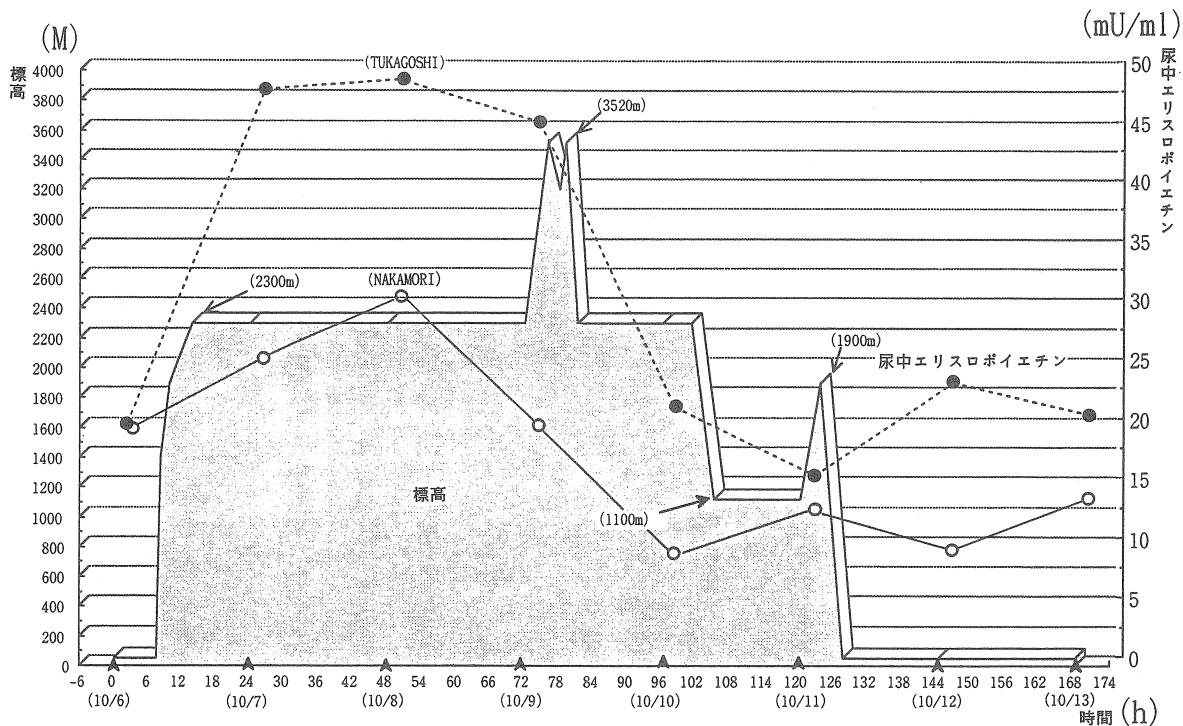


図4-1 多巴高原訓練基地の観察に伴う尿中エリスロポイエチンの変化

平成3年度 日本オリンピック委員会スポーツ医・科学研究報告

No.IV JOC 高所トレーニング医・科学サポート— 第1報 —

◎発行日：平成4年3月31日

◎編集者：青木純一郎（財団法人日本体育協会・高所トレーニング
に関する研究プロジェクトチーム・班長、順天堂大学）

◎発行者：財団法人日本オリンピック委員会

(〒150 東京都渋谷区神南1-1-1)

◎印 刷：ホクエツ印刷株式会社

(東京都中央区日本橋兜町16-1)

本研究事業は、(財)日本オリンピック委員会が(財)日本体育協会に委託
して実施したものである。

平成3年度 財団法人日本体育協会
スポーツ科学専門委員会

委員長 長沼 健 (東海大学)
委員 青木純一郎 (順天堂大学)
〃 浅見 俊雄 (東京大学)
〃 石井 喜八 (日本体育大学)
〃 猪俣 公宏 (上越教育大学)
〃 大山 喬史 (東京医科歯科大学)
〃 加賀 秀夫 (お茶の水女子大学)
〃 加賀谷淳子 (日本女子体育大学)
〃 勝田 茂 (筑波大学)
〃 嘉戸 僥 (東京学芸大学)
〃 加藤 大豊 (中部圏開発)
〃 川原 貴 (東京大学)
〃 北田 韶彦 (日本体育大学)
〃 小林 修平 (国立健康・栄養研究所)
〃 杉原鏘一郎 (日米富士自動車)
〃 高沢 晴夫 (横浜市立港湾病院)
〃 高橋 敏 (宮城県体育協会)
〃 武安 義光 (資源協会)
〃 立川 晴一 (立川総合病院)
〃 中嶋 寛之 (東京大学)
〃 本宿 尚 (藤田総合病院)
〃 真野 高一 (日本大学)
〃 村田 光範 (東京女子医科大学)

財団法人日本体育協会 スポーツ科学研究所

塚越 克己 金子 敬二
雨宮 輝也 加藤 守
伊藤 静夫 原 孝子

平成3年度 財団法人 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告集

編集代表者 長沼 健 笹原 正三
発行者 戸村 敏雄 向井 正剛
平成4年3月31日 発行

平成3年度 財団法人日本オリンピック委員会
選手強化本部 科学・情報専門委員会

委員長 笹原 正三 (体力つくり指導協会)
委員 青山 昌二 (東京大学)
〃 浅見 俊雄 (東京大学)
〃 川原 貴 (東京大学)
〃 杉田 秀男 (TBS)
〃 滝沢 康二 (日本体育大学)
〃 中村 良三 (筑波大学)
〃 服部 光男 (稻城市立病院)
〃 松林 肇 (日本大学)
〃 安田 矩明 (中京大学)
〃 山田 重雄 (日立製作所)
〃 帖佐 寛章 (日本エアロビクスセンター)

財団法人日本オリンピック委員会選手強化部

土屋 和平 木暮 徳明
平 真 川上 潤
中森 康弘 河手 雅弥
伊藤 弘一 加藤 仁美

発行所 財団法人日本体育協会
東京都渋谷区神南1-1-1
TEL (03) 3481-2240

