

4 スキー競技ノルディック複合

川初 清典

1. 標高・スキー場

「ガイドライン」には高地トレーニング実施場所を標高2,000～3,000mの雪上クロスカン트리ースキーコースと記しました。この項目はノルディック複合の場合、付随する他の項目の条件に依存して決まります。その1つは実施目的です。それはスキー走の持久力向上です。そのためには「高地」であること、そして「雪上スキーコース」があることです。また、この種目はシーズンスポーツであり、効果期間と競技日程の関係や、シーズン中の体力調整日程の手狭さなども要考慮になります。これらを表1に整理します。したがって、秋期に高地で雪上コースが敷設される所まで登ると「ガイドライン」に記したような標高になります。スポットの実施の場合、例えばW杯やインタコンチネンタル杯の競技日程の移行期間に行う欧州アルプスや米国高地や、春期強化で国内の高地の残雪コースで、あるいはそれを幾分の低地で短期的に実施する場合、組織的・総合的実施の期待は無理であり、調整型のトレーニングを志します。

表1

ノルディック複合の高地トレーニング：標高とスキー場	
項目	摘要
標高	1,500m以上で持久力向上に有効 通常3,000m以上は不適
スキーコース	雪上コースは欧州アルプスの夏・秋期には 2,000m以上で敷設を見る
実施時期	競技シーズン開始（11月下旬）前1～2ヶ月

2. 目的～持久力だけでは勝てない、しかし持久力がなければ勝てない～

高地トレーニングの目的は表2にまとめました。一般的には有酸素性運動能力の向上を目指しますが、近年、一部の研究者によって無酸素性運動能力にも有効であると主張されています。ノルディック複合ではクロスカントリースキーイングとスキージャンピングを競います。その特性として、表2の双方の能力向上を追究します。しかし、この支援を開始した1990年当時は、持久力向上だけを目指す高地トレーニングが世界で一般的でした。そのために、このチームの高地トレーニング医・科学支援はその観点でだけ遂行されています。表中の瞬発力向上を目指す場合には、幾分短期的なスプリント系のトレーニング内容とします。その場合、蓄積乳酸の早期除去を必須とします。この手法は提唱間もないので専門的知識に基づいた実施を計画します。

表2

ノルディック複合の高地トレーニング：目的	
持久力向上：	低圧または低酸素環境に順応して酸素の運搬・消費系能力を高め、クロスカントリースキーの競技力の向上を図る
瞬発力向上（近年の主張）：	低圧または低酸素環境の順応効果として乳酸緩衝能を高め、クロスカントリーのスパート能力向上を図る
スキー技術向上：	オフ期に得られる数少ない雪上環境の有効利用の必要性

高地トレーニング本来の目的ではありませんが、表に示したようにノルディック複合では雪上スキー技術の向上が必須不可欠であり、高地活動では高地馴化に勝るとも劣らない目的に位置づけられます。

また、ノルディック複合では他の多くのスポーツ種目とは異って、競技自体が高地で開催される場合が多くあります。したがって、高地で発揮される競技力の向上も等しく重要視しなくてはなりません。

3. 期間～初回は長めに、次は短めでも有効～

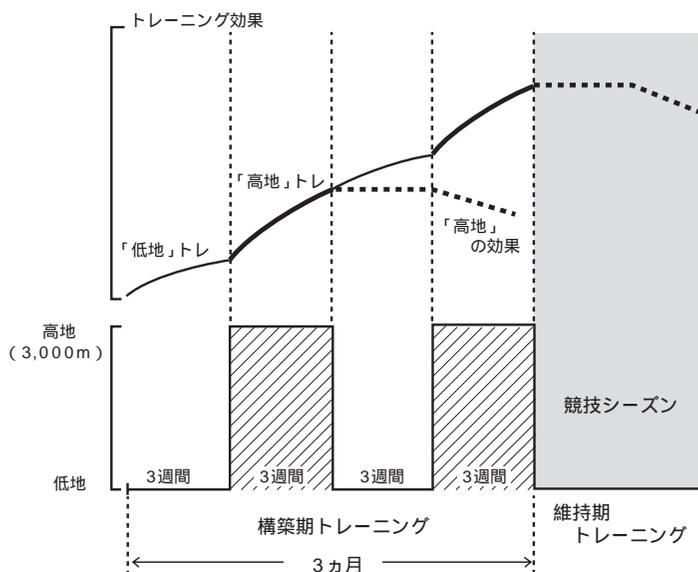
「ガイドライン」では、高地トレーニング期間を1～3週間と記しました。適切な管理・指導下ではこの範囲で長期間ほど高い効果を期待できます。アフリカ高地の住民から優れたランナーが多く輩出されているのはこのことをよく示唆しています。したがって、将来的にチベットや南米の高地民族にスポーツが普及すると、今では思いもつかないレース展開がくり広げられる可能性もあります。では、高地トレーニングが3週間以上続くと、効果はもっと高まるかが問題になります。しかし、低地居住者の場合には心身総合的にその連続期間が3週間を限度と考える研究報告が共通に見られます。その根拠は、高地で受ける心身のストレスの症状出現にあります。したがって、指導者は期間が2週間を経過する頃から選手にその徴候がないかを管理します。徴候が認められると当該の選手を、あるいはチーム全選手を一旦低地へ移動させます。そこでは選手の体調を観察しながら低地トレーニングを行います。一般的に3～4日間の低地トレーニング期間で、先のストレスと不調は回復されます。この回復が得られれば高地へ移動してトレーニングを再開します。我が国にはこの手法で、3ヶ月間も高地トレーニングを繰り返して、高成績を挙

げている陸上競技の長距離チームもあります。

さて、高地トレーニングも、他の筋力トレーニングなどと同様に新規に能力を開発するには長い期間を要します。つまり、高地トレーニングが初体験の選手では一定の効果を身につけるのに時間を要します。また、高地トレーニングを終えて長い期間が過ぎると身につけていた効果が薄れてきます。しかし、以前に高地トレーニングで効果を獲得した体験があれば、初体験のときよりも短時間で以前の効果の水準に辿り着けます。したがって、競技シーズン入りの後も機会があればスポットで高地トレーニングを行っておくと競技力にとって相当の効果が期待できます。高地トレーニングの体験選手では1週間で生理学的各指標に相当の効果が報告されています。「ガイドライン」では競技シーズン前に2度の実施を勧めました。この第2回目も上記原則が相当します。しかし、さらに効果を確固とした競技シーズン・インを目指して、我が国ノルディック複合の地理的・日程的条件にも基づいて3週間を提言します。この強化原理の根拠の堅固さは一貫してスポーツ研究先進国で共通に理解されています。この事業初期にも報告した原理を図1に示します。近年は、低酸素・低圧室で行われるシミュレーションや、別報で紹介したような「高地の高酸素トレーニング」など、そのバリエーション型が多く行われています。それらをも考慮した「第2回目」が望まれるところです。

図1 ヨーロッパの多くのチームが競技シーズン前に実施する3ヶ月間トレーニングプログラムの模式図

太い実線は、高地での、細線は低地でのトレーニング効果を示す。太破線は低地滞在における「高地」トレーニング効果の維持・減少。



1回のトレーニング時間はその強度に依存します。強度は血中乳酸濃度またはその推定値を基準とします。乳酸値3mMならば約1時間、2mMならば約2時間を基本におきます。この高地クロスカンリースキーイングを午前と午後の両方で実施する手法も考慮されるべきと考えます。クロスカンリースキーチームでは1日2回がノルマ化されていること、そして何よりも我が国ノルディック複合が世界で初メダルを獲得でき、以後に黄金期につながるその始まりとなった1990年のAチーム5選手の高地トレーニング、それが休養のプログラムを除けば滞在全日程で午前と午後の2回実施であったこと、を考えるものです。

4. 時期

主たる高地トレーニングは「第1回目」に実施し、例えば3週間程度の十分な低地トレーニングを挟んで「第2回目」によって補完・強化します。12月がシーズン・インであれば、低地トレーニング、「第2回目」、再び低地トレーニング、に各々3週間、1週間、1週間と予定すれば、その総期間以前の10月初旬が主たる「第1回目」の開始になります。低地トレーニングは、高地で不利なスピード系の強化であり、ジャンプ系の実践トレーニングになります。

しかし、この高地トレーニングをさらに重視して、ゆとりある日程でシーズン・インに臨むならば、「第1回目」を9月に実施する方が、後の調整に多くの可能性を含むことが出来ます。「ガイドライン」にはそれを訴えました。

5. 宿泊滞在地

宿泊滞在地は広義の高地トレーニングそれ自体としての重要性をもちます。その訳は、高地トレーニングの最大の目的が高地馴化であり、居住（Living）の条件自体がトレーニングと共に高地馴化を決定する2大要素だからです。滞在地を選定する基本的な考慮要件を表3に示します。

表3

ノルディック複合の高地トレーニング：宿泊滞在地	
選定要件	摘 要
高地馴化効果	トレーニングが高地的なため準高地滞在地で高地馴化と負荷（疲労）回復の両方を狙う。
移動の利便	高地への移動、低地で間入するスピードトレーニングへの移動の利便性によって、時間的負荷を軽減する。
快適環境	疲労回復のためのリゾート性など。

6. トレーニング強度

本項は次項7の「指導管理と評価基準」とともに当ガイドラインの最重要項目をなします。前述したように、高地トレーニングの効果は滞在・居住という長期的な高地環境負荷への馴化と、高地における運動という短期的反復的な負荷への馴化の双方から成ります。スポーツトレーニングではこれら双方の効果をもって競技力向上の期待を高められます。後者、つまり本項のトレーニング強度の重要度をまず優先的に理解します。

我が国ノルディック複合では、高地トレーニングの強度指標を血中乳酸濃度に置きます。血中乳酸濃度は直接の測定値を最良としますが、手馴れてくれば心拍数や動脈血酸素飽和度からの推定値で強度評価がなされます。ただし、これらの生理学的指標の間には、トレーニング期間の推移に伴う項目間の関連性の移動が存在することが解りました。これらの移動性はそのまま高地トレーニング効果の評価・判定に応用されることも解りました。本項では以上について医学的背景を述べます。

(1) AT、VT、LT値を踏まえる強度

運動生理学的には、呼吸代謝上の数値であるAT(Anaerobic Threshold: 無酸素性作業閾値)時の運動遂行が持久力自体の向上に最適と説明されます。AT値自体は運動能力テストを実施して決定されます。これはアスリートにも一般健常人や虚弱者にも共通の基準であり、主観的運動強度では「ややきつい」と感じる運動に相当します。このときの心拍数はおおむね130拍/分とされています。そして、血中乳酸濃度は一般的に2mMになります(LT)。換気量では急上昇が始まります(VT)。

(2) 2mM法と3mM法

2mM水準の場合には1回のトレーニング時間を約2時間とします。2時間以下であれば負荷量が不十分であり、2時間を越えると負荷過重になってしまいます。このAT値には幾分の範囲があって、トレーニングの分野では血中乳酸濃度は2～4mMの滞域で考えるのが实际的です。4mMは有酸素性運動の限界値であり、これを超えると運動能力は一気に低下し、間もなく運動が不能になります。したがって、一般的な持久力依存の競技では4mMが持続可能な最高強度です。競技は原則的に選手個人のこの数値水準で競われています。陸上競技のマラソン先頭集団から抜け出したり脱落する境界がこの水準で決まります。持久力向上のトレーニングのためには4mMの強度で行う意味がありません。得られる効果が2mMと同じであり、4mMで疲労が多く蓄積するからです。ただし、3mMの強度でのトレーニングは効果的です。まず、第1に効果が2mMと同じように得られ、基本スケジュールとなる2mM強度の2時間トレーニングにパリエーション効果を与えられます。また、第2にこの強度ではトレーニング時間を1時間とするので、時間の節約になります。スキー選手は服装や用具量が多く、ワックス・ワークが必要であり、さらに高地トレーニングではゆとりある回復時間があって効果がさらに高まります。一般的にはスキー選手は強化合宿では時間不足になります。したがって、「3mM・1時間トレーニング」は有意義であり、「2mM・2時間」

に置き替えて時折、計画的に実行します。これらの乳酸値を基準としたトレーニングがLTトレーニングです。2mM・2時間や3mM・1時間のトレーニングによって、運動持続の限界濃度である4mMで出来る運動強度が高まります。つまり、心拍数や酸素摂取量をもっと高い値になっても乳酸値が4mMを超えないのでより強い運動が続けられます。それでも、4mMを超えればやはり運動不能に至ります。

(3) 乳酸測定・推定法

さて、乳酸値は必ず血液を採取・分析して求めなくてはなりません。したがって、その手技や設備等の手数は多大になり、毎回の測定実施には困難が伴います。また、農耕民族の我が国選手・コーチには血液が親しい概念でない点も事実です。したがって、個々の選手について、必ず体力・運動能力テストを実施しておき、その項目にはトレッドミルもしくは自転車エルゴメータ法による最大運動(通称オールアウト)テストを必須とします。このテストによってVT値もしくはLT値で考えるいわゆるAT値を心拍数によって得ておきます。高地トレーニングでは今日この心拍数を簡便に計れるのでこれによって管理・指導します。その方法や評価基準を次項に記述します。

7. 指導管理と評価基準

高地トレーニングで優れた効果を目指す上では科学的観点をないがしろにしては目的を達成できません。その大きな原則は、まず高地トレーニング自体で、そしてさらに、これで細分される諸計画で「何を実行したか、できなかったか」の観点です。いわゆる定性的観点です。大きな原則のもう1つは、「どのようにどれだけ実行したか、できなかったか」の、いわゆる定量的観点です。前者の観点は、我が国チームでも諸外国チームでも必ず考慮されている課題です。例えば、我が国チームでは、高地のスキー氷河コースの走行日程、時間数、疲労管理等の立案・実践がなされています。この点は本報告3.~5.の項目に詳説されているところでもあります。高地トレーニングに対してその意味が倍増するのは第2の原則「どのように、どれだけ」の考慮の仕方です。本報告ではこの第2原則に重点を置いて以下に詳説します。

(1) 高地トレーニング開始時に当って

高地トレーニング開始から2~3日以内で各選手ごとに表4の基準で評価判定を行います。この表の理論的な把握には「ガイドライン」の表中の開始期における測定値が根拠になります。

(2) 高地トレーニング維持・向上期・終了期では

このトレーニングの維持・向上期さらに終了期は、開始期に続く期間であり、終りまで連続する期間です。この期間も「ガイドライン」の表の当該項にしたがって各選手ごとに適応状況を評価判定します。上記(1)とこの(2)の基準はいずれも本サポート事業の長期的実践で積み上げられた我が国ノルディック複合チーム独自の設定であり、また成績です。その実験的根拠を以下に記します。

表4

クロスカントリースキーイングによる高地トレーニングの個人の適合性	
A. 初期適応が速やか：適応群	
a.	開始期に心拍数に対する酸素運搬系およびエネルギー代謝系指標が経時的な改善を示す
b.	開始後、数日間に不安定愁訴を呈しない 《トレーニングの展望・指針》 効果獲得順調、ATトレーニング内で負荷強度の増加
B. 初期適応が不順：要改善群	
a.	開始期に心拍数に対する酸素運搬系およびエネルギー代謝系指標値が経時的に不整または負荷的に上昇を示す
b.	開始後、数日間に不安定愁訴を表す 《トレーニングの展望・指針》 効果獲得遅延の不安、負荷強度軽減処置、トレーニング時間の延長が見られてから負荷の再増強

(3) 評価判定基準の根拠

ノルディック複合ナショナルチームが12年間に11シーズン実施した高地トレーニング医・科学サポート対象選手は表5のとおりです。選手をクロスカントリースキー能と持久力の観点から3群に分類しました。1995年以後のサポートでは実施地とスキー走コース、さらに心拍数（HR）、血中乳酸濃度（LA）、97年以後の動脈血酸素飽和度（SpO₂）等の測定項目が共通です。選手をスキー走に強いA群（延25名）とチーム内では弱いC群（延20名）の心拍数と血中乳酸濃度を両群間で比較しました。そして、1回のトレーニングで10km走行毎の測定値の変化を調べ、2週間余の高地トレーニングが開始期、中間期、終了期と経過した順に平均値で表とグラフで一覧にしました（図2）。また同様に、心拍数と動脈血酸素飽和度については図3に示しました。

高地トレーニングを行うにつれて心拍数にも適応効果が得られ、同値の心拍数でもより強いスキー走がなされていると予測されます。しかし、本評価判定では、なおその心拍数を基準にして乳酸値と酸素飽和度を検討する手法とします。

図2では、A群の場合C群よりも大略、乳酸値が低い、走行距離に伴って心拍数は増加するが乳酸値は低下する、前述の乳酸値低下が明白、です。本評価判定では、A群が示したような測定結果の傾向をもってノルディック複合の高地トレーニングが目指す生理学的効果とします。さらなる裏付けとして、1994年にナショナルチーム国内残留選手5名の測定値を得ているので、同様の測定結果を図4に示しました。図から、同様に先のA群の傾向とは反対に、高地トレーニングの経過に伴って乳酸値が上昇し

表5 全日本スキー連盟ノルディック複合ナショナルチームにおける日本体育協会・日本オリンピック委員会
高地トレーニング医・科学サポート事業対象選手および測定項目一覧

1990	'91	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01
n = 5	4	5	8	8	10	11	14	13	8	8
トレッドミル、心拍 ECG	HR	血液性状 CPK, LA	HR, LA	HR, LA	HR, LA, CPK	HR, SpO ₂ , LA	HR, SpO ₂ , LA	HR, SpO ₂ , LA, StO ₂	HR, SpO ₂ , LA	HR, SpO ₂ , LA, CPK, U
A群										
荻原健司	荻原健司	阿部雅司	荻原貴則	富井 彦	森 敏	荻原健司	荻原健司	(荻原健司)	萩原貴則	萩原貴則
河野孝典	河野孝典	荻原健司			山田和由	荻原次晴	森 敏	(森 敏)	正木 誠	正木 誠
阿部雅司	阿部雅司	河野孝典			(荻原健司)	坂大 徹	富井 彦	(富井 彦)	北村 隆	佐藤 純
児玉和興					(荻原次晴)	富井 彦	北村 隆	正木栄二		正木栄二
						森 敏	正木 誠	正木 誠		
							正木 誠	北村 隆		
							荻原次晴	萩原貴則		
B群										
			小泉 仁	大竹太志	大竹太志	大竹太志	大竹太志	大竹太志	大竹太志	竹田 元
			藤原和行	目時慎一	富井正樹	富井正樹	富井正樹	高橋大斗	目時慎一	目時慎一
				富井正樹			目時慎一	目時慎一	竹田 元	竹田 元
				石田大輔				畠山陽輔	畠山陽輔	畠山陽輔
C群										
三ヶ田	三ヶ田	三ヶ田	加藤裕次	中村幸志	古川純一	古川純一	高沢公治	高沢公治	一戸 剛	高沢公治
礼一	礼一	礼一	安沢 豊	上野隆志	高沢公治	高沢公治	上野隆志	一戸 剛		一戸 剛
		古川純一	富井竜也	鈴木幸保	上野隆志	鈴木幸保	鈴木幸保	鈴木幸保		竹本和也
			太田武和		鈴木幸保	上野隆志	一戸 剛			
			黒沢 貢							

印：ナショナルチームA、()は本研究の当該測定値なし

略号：ECG, 心電図；CPK, クレアチンキナーゼ；LA, 血中乳酸濃度；HR, 心拍数；SpO₂, 動脈血酸素飽和度；StO₂, 組織酸素飽和度；U, 血中尿素
選手群の分類はSAJ・ノルディック複合、前ヘッドコーチ・部長の上杉尹宏氏による

ているのが分かります。

次に図3から、心拍数と動脈血酸素飽和度の値を同様に2群間で比較します。A群ではC群に較べて、動脈血酸素飽和度は大略、値が高値である、疲労が訴えられる中間期にもC群に観察されるような低値を認めない、等が注目されます。病弱者が安静時にこの値で75%以下に下がれば窒息死となります。

(4) ヘモグロビン量の増加

ソルトレークシティオリンピックでダーベポエチンという薬物が話題となりましたが、ヘモグロビン量の異常高値が問題とされています。国際スキー連盟が規定するその上限値が17.5 g/dlであって、臨床的正常範囲18.0 g/dlまでよりも低く設定されています。しかしながら、規定の上限値に対しては例えば本年度の高地トレーニング中にこれを超えた選手が2名、17.0 g/dlを超えた選手がさらに2名存在しました。選手の水分摂取との関連性も考慮すべきですが、高地トレーニングはヘモグロビン量について、ドーピングに劣らない有効性を示していると考えられます。

(5) 選手の自己評価の調査

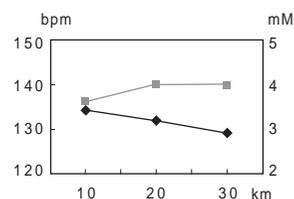
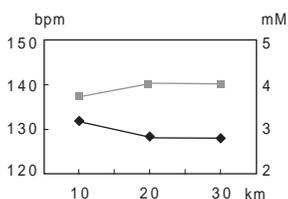
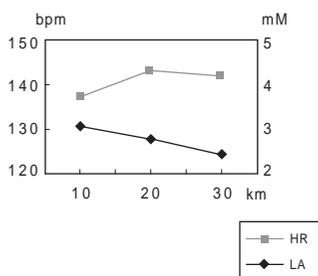
2001年度の高地トレーニングでは、その開始前、開始時、中間時、終了時および終了後に選手の自己評価調査を実施しました。調査項目は、生活状況、トレーニング遂行感、疲労の部位と回復感、滑走状況の内省、運動強度の自覚状況、コーチングポイントへの対応感等について状況変化や効果を中心に問い、回答は選択技法によりました。これらはトレーニングに対する選手の自覚や認識の確認とそれらの高度化に有効であり、同時にコーチングデータにも資すると考えられます。

A群

開始期			
距離	N	HR (bpm)	LA (mM)
10	23	137±18	3.05±1.57
20	23	143±13	2.74±1.20
30	15	141±13	2.39±0.94

中間期			
距離	N	HR	LA
10	23	137±18	3.21±0.09
20	24	140±15	2.95±1.42
30	17	140±15	2.95±1.16

終了期			
距離	N	HR	LA
10	23	135±15	3.36±1.55
20	25	140±12	3.18±1.69
30	23	140±10	2.93±1.37



C群

距離	N	HR	LA
10	17	134±30	3.63±1.77
20	17	139±20	3.58±1.37
30	15	141±20	3.41±1.18

距離	N	HR	LA
10	15	138±10	4.00±1.42
20	15	140±10	4.01±2.05
30	12	144±10	3.71±1.69

距離	N	HR	LA
10	20	141±10	3.91±1.69
20	20	142±20	4.63±2.50
30	18	146±20	4.08±1.74

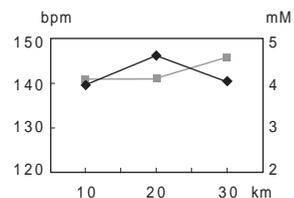
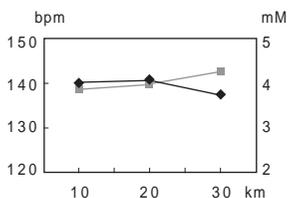
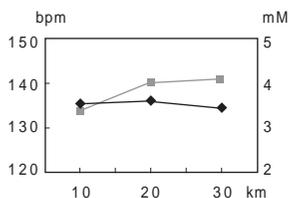
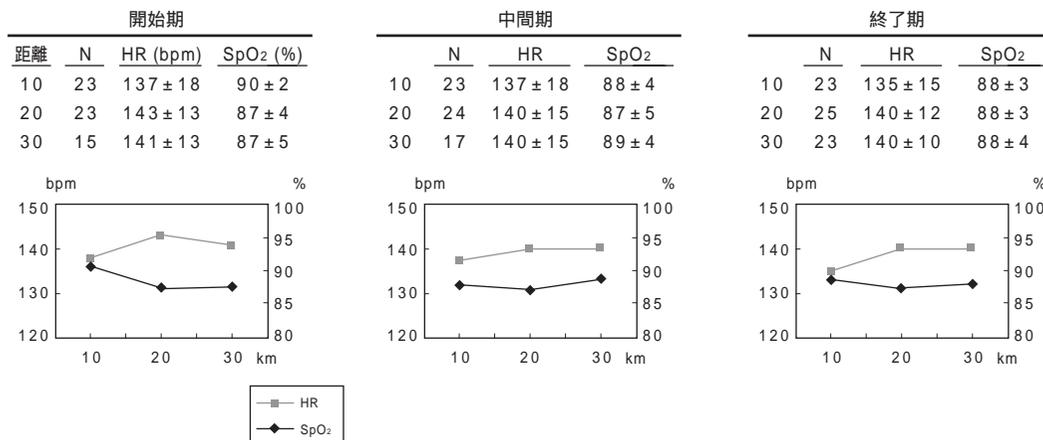


図2 高地トレーニング中の心拍数と血中乳酸濃度の変化

A群



C群

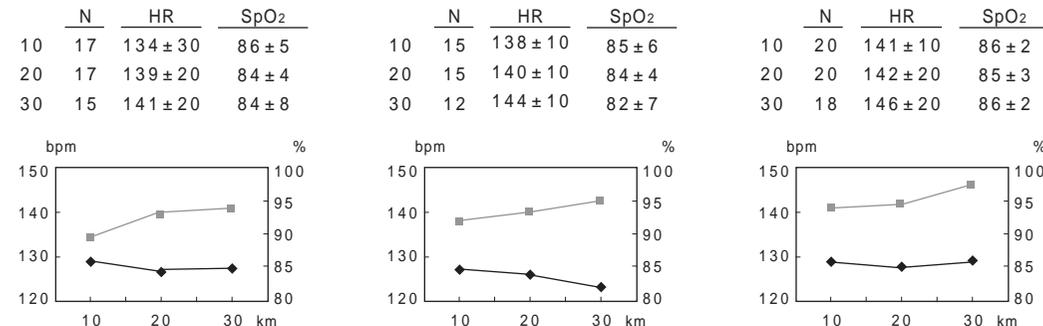


図3 高地トレーニング中の心拍数と動脈血酸素飽和度の変化

距離	開始期		中間期		終了期	
	HR	LA	HR	LA	HR	LA
7.5	160 ± 10	2.75 ± 1.51	-	3.86 ± 1.19	160 ± 9	5.40 ± 2.82
12.5	164 ± 7	3.40 ± 1.69	-	3.92 ± 1.59	160 ± 10	5.82 ± 2.78
15.0	163 ± 10	2.63 ± 1.65	-	3.37 ± 0.95	163 ± 3	5.28 ± 2.31

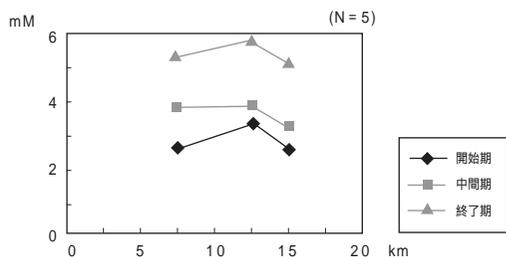


図4 1994年に海外高地トレーニングに選ばれなかったナショナルチーム選手の国内高地トレーニング時の心拍数(表)と血中乳酸濃度の変化