

2. 登山者の体力とトレーニング(Ⅱ)

登山研修所の低酸素室を利用して 低酸素室滞在による高所馴化トレーニングとその効果

増 山 茂

背 景

高所登山は最初の関門である4-5,000mの高度への馴化の成否が成功の鍵になる。特に短期間にピークを目指すことになる場合はその早期に馴化を失敗してしまうと登山活動そのものができなくなってしまいます。これに対して有効だと考えられている低圧室滞在トレーニングは費用と人手がかかりすぎて多くの登山者が気軽に利用できる状況にはない。現在のところ登山直前に富士山に繰り返し登ることが日本で可能な唯一現実的な馴化行動であるとされるが、それ以外の可能性はないだろうか。

目 的

文部省登山研修所に平成11年度建設された低酸素室に滞在睡眠し適切な運動を負荷することにより、初期の高所馴化を効率よく獲得させるプロトコル作成を目指す。

対 象

1999年日本山岳会マッキンレー登山隊に参加する予定の5名の隊員。20歳代3名、30歳代1名、60歳代1名。(第2回は第1回に参加した隊員のうち2名のみが参加した。)

日程と方法

- (1) 事前準備：隊員は基礎的な健康診断を済ませ、0 mレベルでの最大運動負荷量・最大酸素摂取量、換気応答などを千葉大学医学部において測定した。
- (2) 滞在：第一段階の滞在は8床部屋にて行い、第二段階は4床部屋にて行った。(写真1) 生活すべてを低酸素室内で行い連続的に滞在することを基本にする。排泄の際には当該レベルの低酸素ガスを吸入しながらトイレにでることとした。(写真2) 運動は主として自転車エル

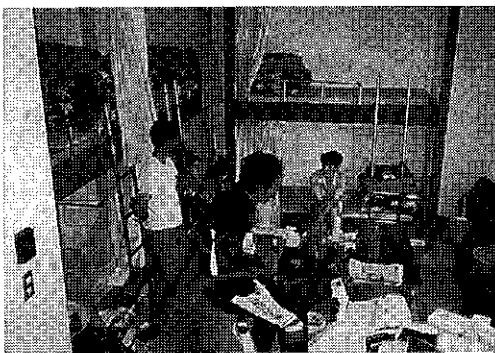


写真1



写真2

2. 登山者の体力とトレーニング (II)

ゴメータ (モナーク社) によった。食事は外部看視者が室内に搬入した。

(3) 安全対策：千葉大学医学部の医師が立ち会い医学的な監視を行った。

(4) 日程

目的とする標高により日程を2回に分けた。1回につき3日間の滞在とした。

第1期 5月23日：2,000m相当高度

5月24日：3,000m相当高度

5月25日：4,000m相当高度

第2期 6月1日：3,500m相当高度 (日中に4,000m相当にした後)

6月2日：4,500m相当高度 (日中に5,000m相当にした後)

6月3日：5,000m相当高度 (日中に6,000m相当にした後)

実施した医学的モニタリングとその結果

ここでは簡単に述べるに留める。

1. 夜間SpO₂：パルスオキシメータ10台 (テイジンPulsox24)。

全員に施行。睡眠中に最大10~15%の低下を認めた。例を示す (図1)。

2. 心電図：心電計・バイオビュー (NEC)

換気応答および運動負荷時全員に施行。1名に頻発する心室性期外収縮を認めたが、運動負荷にて消失した。

3. 動脈血液ガス (安静時)：血液ガス測定装置 (Statpal 2, AVL)

全員に施行。毎朝起床後ただちに採血した。

(表1, 図2)

4. 酸素消費量, 換気量, 心拍出量, 肺拡散能 (安静時, 運動時)：質量分析装置 (ウエストロン) 全員に施行。(写真3)

5. 換気応答：再呼吸回路, 酸素。 全員に施行。(写真4, 写真5)

6. 脳内組織酸素飽和度：近赤外線酸素モニター装置 (浜松ホトニクス) (写真6)

夜間2名に施行。SpO₂と同様, 脳内の組織酸素レベルも大きく変化していた。(図3)

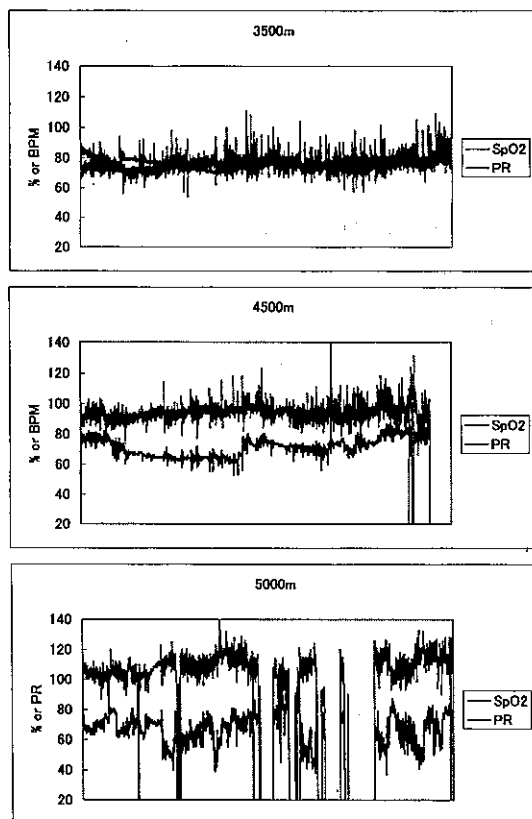


図1 低酸素室における夜間の酸素飽和度および脈拍数の経過

2. 登山者の体力とトレーニング (II)

標高	pH	PaCO ₂	PaO ₂	BE	HCO ₃	SaO ₂	nightSpO ₂	nightPR
3000m	7.404	41.4	57	0.4	25.3	88.1	85.8	80.2
3500m	7.433	37.5	54.4	0.9	25.3	88.9	76.7	76.5
4000m	7.407	39.7	50.9	-0.1	24.4	84.8	75.4	86.6
4500m	7.424	38	42.4	0.5	25.1	79.1	70.2	94.2
5000m	7.449	33.8	36.6	-0.5	23.7	73.3	66.5	103

表1 N. I. 動脈血液ガスおよび
パルスオキシメトリー結果

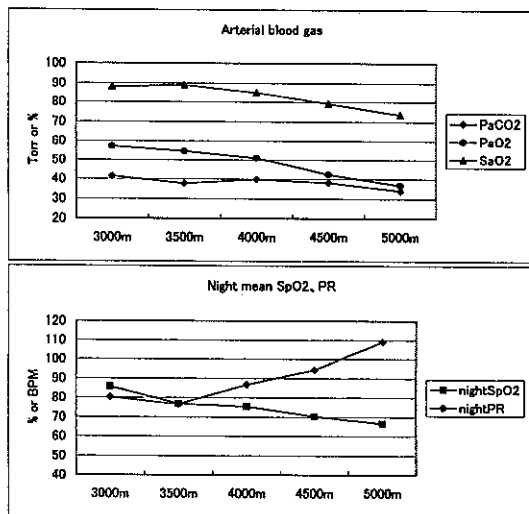


図2 動脈血液ガスおよびパルスオキシメトリー結果

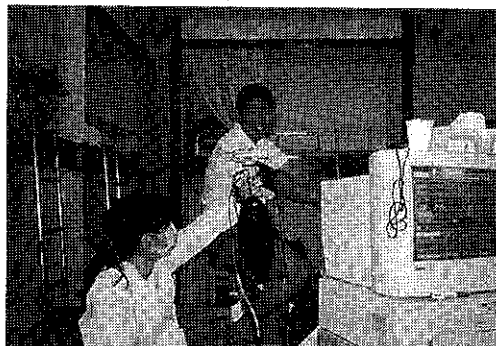


写真3

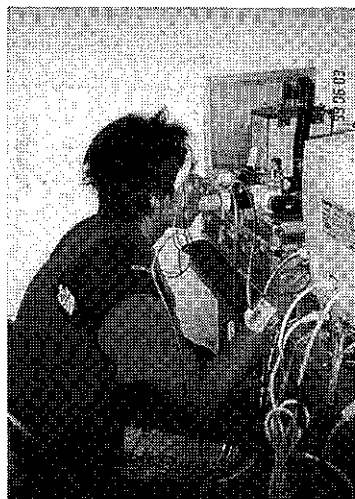


写真4

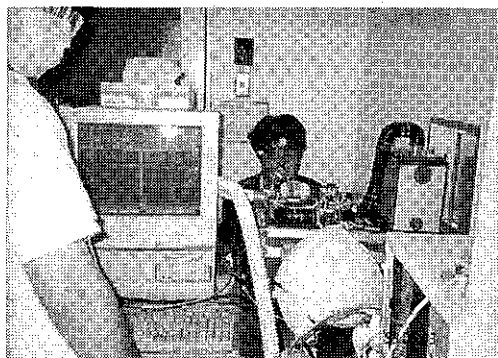


写真5



写真6

2. 登山者の体力とトレーニング (II)

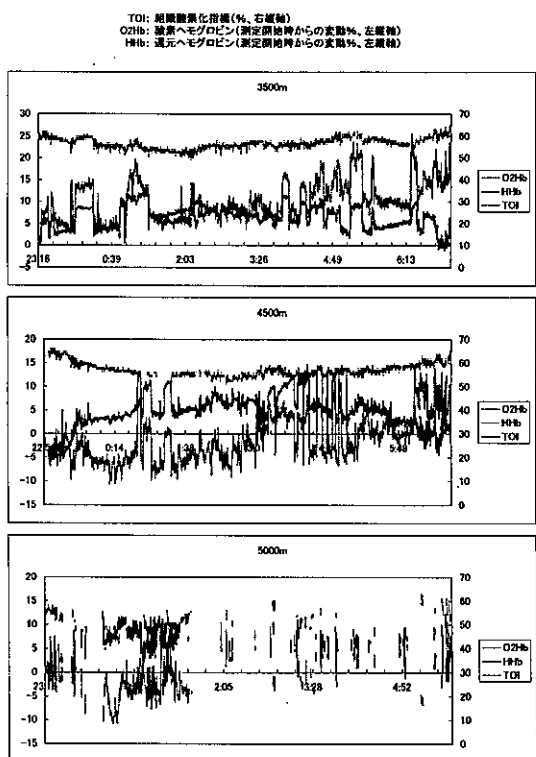


図3 低酸素室における夜間の脳組織酸素化指標の経過

7. 睡眠時呼吸モニター：簡易型ポリソムノグラフィ (フジアールシー) (写真7, 写真8)

1名に施行。夜間低換気の原因の解明に役立った(図4)。

8. AMSスコア

低酸素が進行するにつれAMSスコアは増加するが特に4,000m以上での増加著しく最高値は7であった。

問題点

- ・ 二酸化炭素の吸収装置がないため、多人数在室する場合や運動負荷時に二酸化炭素濃度が上昇する。(今回は2000ppmぐらいまで上昇)
- ・ 低圧室ではないので緊急時の退室は容易だが、洗面・入浴・排泄の設備がないため、連続モニタリング中(馴化中)に室外気を吸入することになる。(今回は室内気をためたダグラスバッグを使用)
- ・ 低酸素室の酸素濃度によっては中へ入る検者に酸素が必要であるが、その設備がない。(今回は在



写真7

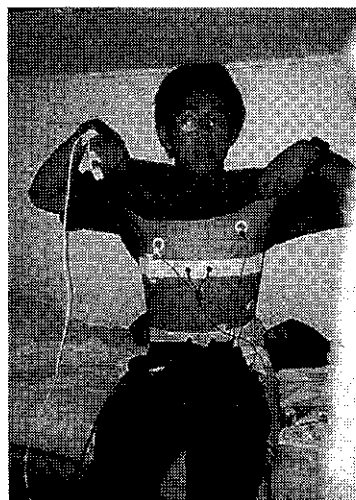


写真8

2. 登山者の体力とトレーニング (II)

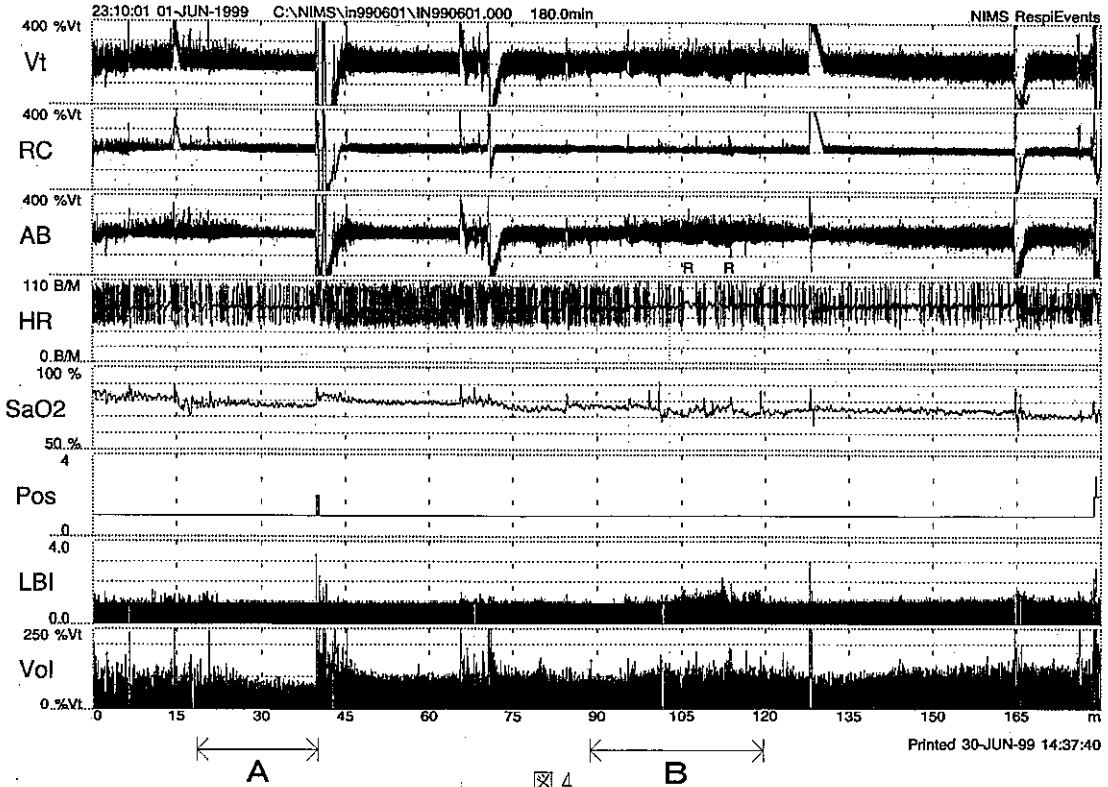


図 4

宅酸素療法用のボンベを使用)

- ・ 隣室からのぞき窓を通して低酸素室の中を観察できるが、その部屋にはインターホンがなく、酸素濃度を調節する端末もない。(階下の事務室へ行かなくてはならない)

マッキンレー登山

- ・ 全員大きな高度障害もなく順調に6月23日に登頂成功。
- ・ 1998年4,200mで肺水腫を呈し以後の行動を断念した隊員も今回は快調に登山活動を継続することができた。この隊員の登山中のデータを以下に示す。登頂後に厳しい低酸素状態を示しているが最終キャンプにいたるまではすばらしいデータである (図5, 図6)。

月日	標高 (m)	SpO2	PR	night mean SpO2	night mean PR	
6月8日	2000	94	70			
6月9日	2350	94	70			
6月10日	3100	88	86			
6月11日	3300	93	81			
6月12日	3300	90	81			4200まで往復
6月13日	4200	83	90	77.9	76.9	
6月14日	4200	81	87			
6月15日	4200	84	80			5300まで往復
6月16日	4200	86	88			
6月17日	4200	84	93			
6月18日	4200	85	88			
6月19日	4200	86	84			
6月20日	4200	84	83			
6月21日	5300	70	104			疲労
6月22日	5300	65	99	60.6	100.2	登頂、疲労
6月23日	5300	59	106			朝6-9時の睡眠記録
6月24日	3300	-	-	47	103.1	
6月25日	2000	-	-			

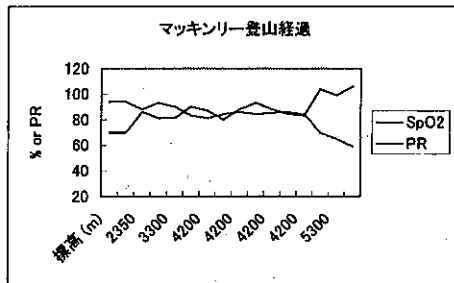


図 5 N. I. マッキンレー経過

2. 登山者の体力とトレーニング (II)

- ・ 高所は初めてとなる60歳女性も女性で第2番目の高年齢登頂記録を達成した。

まとめ

登山直前の低酸素室滞在と運動は、登山初期の高所馴化をスムーズにさせ、マッキンレー登山に有益なものがあった。

“急性の低酸素環境でトレーニングをしても sealevelでの運動能力を高めるかどうかについては必ずしも統一した見解は得られておらず最近では否定的な論調が多い”。 “Sleeping High, Exercise Low” 説によれば²⁾、高地(低酸素状態)の滞在こそが有利さをもたらすのである、という。

しかし、低酸素下での運動がその高度での運動対応能を高めることは多くの登山者が経験することであるし、長距離運動選手で科学的に確かめられている³⁾。今回の実験でも確認されたように、こと目標を高所(低酸素環境)での運動能力の改善におくのであれば、“Sleeping High, Exercise High” がもっとも望ましいことになる。

今回のプロトコールが最善なものかどうかはこれからの更なる試みによって検証される必要がある。対象を拡大して滞在实际を続ける必要があるが、そのための物質的基盤の整備が望まれる。

謝 辞

この滞在实际を行うに際し、大蔵喜福隊長以下の日本山岳会マッキンレー登山隊の隊員・千葉大学医学部呼吸器内科の堀江、浜岡、新井諸先生に随分お世話になった。御礼申し上げます。

文 献

- 1) Emonson DL. Aminuddin AH. Wight RL. Scroop GC. Gore CJ. Training-induced increases in sea level VO_2 max and endurance are not enhanced by acute hypobaric exposure. *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology*. 76(1) : 8-12, 1997
- 2) Levine BD. Stray-Gundersen J. “Living high-training low” : effect of moderate-altitude acclimatization with low-altitude training on performance. *Journal of Applied Physiology*. 83(1) : 102-12, 1997 Jul.

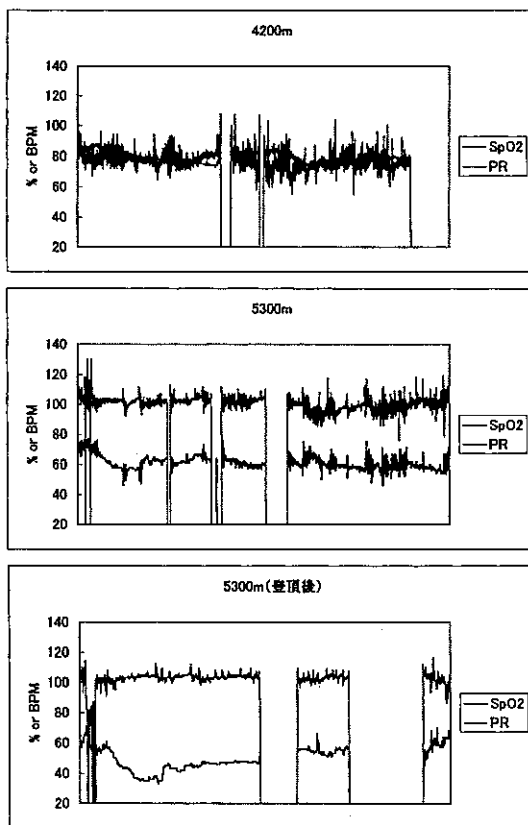


図6 マッキンリーにおける夜間の酸素飽和度および脈拍数の経過

- 3) Vallier JM. Chateau P. Guezennec CY. Effects of physical training in a hypobaric chamber on the physical performance of competitive triathletes. *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology*. 73(5) : 471-8, 1996

(協力 日本山岳会医療委員会・マッキンレー登山隊・千葉大学医学部)

(文部省登山研修所低酸素室に関する小委員会)