

## 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 登山前の常圧低酸素室での睡眠が 高所順応に及ぼす効果について ——2,500mの高度に対する順応効果——

※<sup>1</sup>大村靖夫, 山本正嘉, ※<sup>2</sup>渡邊雄二, 柳澤昭夫

#### 1. はじめに

高所では体内が酸素不足になり、頭痛や吐き気、虚脱感を感じるなど様々な高山病の症状が現れる。一般に4,000m前後の高度に達すると顕著な高山病が現れ始めるとされるが<sup>1)</sup>、日本人は西洋人と比べ肺拡散能力が低く<sup>2)</sup>、比較的低い高度でも低酸素の影響が出るとされる。実際に中高年者や体力レベルの低い人が高所に行った場合、2,700m程度の高度でも肺水腫の発症例がある<sup>3)</sup>。

人間の身体は低酸素環境にさらされると順応しようとするが、急激に登高すると、低酸素への順応が不十分なために、これらの症状が現れる。このような障害を防止するためには、登山前にあらかじめ順応トレーニングをしておくことが有効であると考えられる。

近年、常圧の低酸素室が開発され、高所に行かなくても低地で、睡眠を含めた順応トレーニングを容易に行うことができるようになった。そこで本研究では、文部省登山研修所(高度500m)に設置された常圧低酸素室を用いて、登山前に低酸素室で2晩の睡眠による順応トレーニングを行い、それが高度2,500m(文部省登山研修所 剣沢前進基地)での順応状況に差をもたらすかどうかを検討した。

#### 2. 方法

##### 実験1：高度2,500m相当での睡眠による順応効果

1999年5月13日から19日まで、剣沢で行われた、文部省登山研修所主催による大学山岳部リーダー春山研修会の参加者44名中、同一行動をとった17名を被験者とした。被験者の身体的特性を表1に示した。低酸素室を高度2,500m相当の酸素分圧に設定し、8名の被験者(実験群)がここで入山前に2晩の睡眠をとり、その後、剣沢(約2,500m)へ入山した。また、この順応トレーニングを行わず、通常の宿泊室で寝た9名の被験者を対照群とした。

被験者は立山駅よりロープウェイにて美女平へ到着後、バスを用い室堂まで移動した。室堂からは徒歩にて別山乗越を通り、剣沢前進基地に入山した。

起床直後の座位安静時および睡眠時に、MINOLTA社製PULSOX-3Si

		年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)
実験1 (春山)	実験群	19.9±0.9	169.0±6.5	64.5±6.3
	対照群	21.5±1.4	170.3±6.4	64.6±7.1
実験2 (夏山)	実験群	20.9±1.4	176.4±4.3	67.8±6.5
	対照群	21.1±1.2	172.8±5.7	61.4±5.6

表1 被験者の身体的特性

## 2. 登山者の体力とトレーニング (II)

を用いて動脈血酸素飽和度 (SpO<sub>2</sub>) と心拍数 (HR) を測定した。そしてこれらの値に実験群と対照群とで差が生じるかを検討した。また、毎日の体調を三段階 (良い・普通・悪い) で記入させ、良いに3、普通に2、悪いに1という点数を与えて比較した。

実験2: 高度3,000m相当での順応トレーニングの効果

1999年8月24日から30日まで、剣沢で行われた、文部省登山研修所主催による大学山岳部リーダー夏山研修会の参加者45名中、同一行動をとった17名を被験者とした。被験者の身体的特性を表1に示した。低酸素室を高度3,000mに設定し、実験1と同じ方法で測定を行った。

さらに、室堂から別山乗越へ、約30kgのザックを背負ってマイペースで登高しているときの血中乳酸濃度とRPEも測定した。

### 3. 結果

#### 実験1

図1には毎日の安静時のSpO<sub>2</sub>とHRの値を示した。

入山前のSpO<sub>2</sub>は対照群に比べ実験群の方が有意 (5%水準: 以下同様) に低い値を示した。しかし、入山中の値には両群間で有意差はみられなかった。HRは、入山前、入山中ともに両群間では有意差はみられなかった。

SpO<sub>2</sub>は入山初日を基準にすると、その後 (入山2, 3, 4日目) は両群ともに高い値を示した。また、実験群では一部で有意差もみられた。HRは実験群では、入山初日と比較し入山2日目では有意に低い値を示した。対照群は入山中ほぼ同様の値を示した。

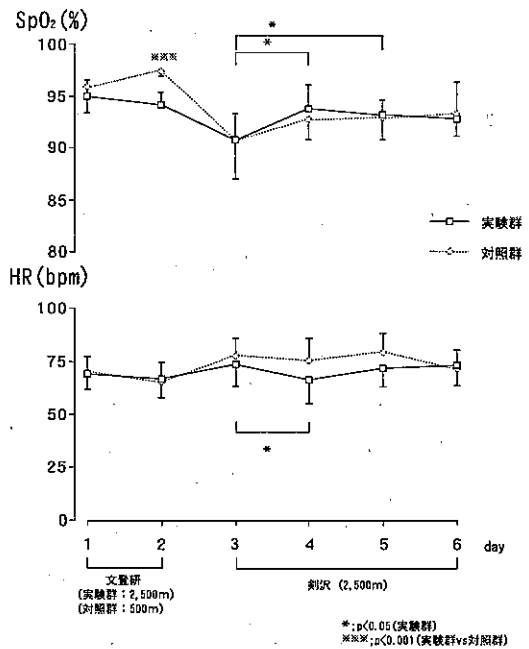


図1 安静時の生理応答の比較 (春山)

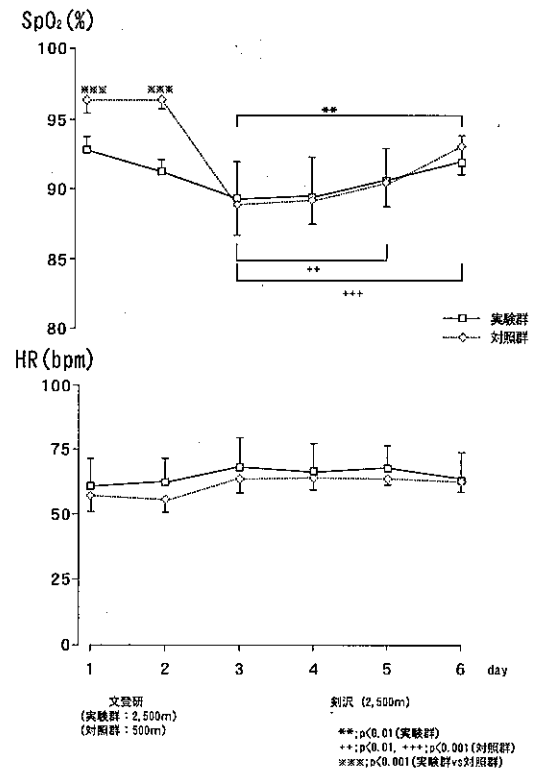


図2 睡眠中の生理応答の比較 (春山)

## 2. 登山者の体力とトレーニング（Ⅱ）

図 2 には毎日の睡眠中のSpO<sub>2</sub>とHRの平均値を示した。

入山前のSpO<sub>2</sub>は実験群の方が有意に低い値を示した。しかし、入山中は両群間で差は認められなかった。入山前、入山中を通してHRは実験群の方がやや高い値を示したが、有意差はみられなかった。

SpO<sub>2</sub>は入山初日を基準とすると、その後は両群ともに次第に高くなる傾向を示し、一部で有意差も認められた。HRは両群ともに入山中は、ほぼ同様の値で推移した。

表 2 には剣沢での体調を示した。両群間で有意差はみられなかった。

		文登研	文登研	剣沢	剣沢	剣沢	剣沢
実験 1 (春山)		5月14日	5月15日	5月16日	5月17日	5月18日	5月19日
	実験群	1.9±0.3	1.9±0.3	2.0±0.0	2.0±0.0	2.0±0.0	1.6±0.5
	対照群	2.0±0.4	2.1±0.4	2.0±0.0	2.0±0.0	2.0±0.0	2.1±0.4
実験 2 (夏山)		8月25日	8月26日	8月27日	8月28日	8月29日	8月30日
	実験群	2.1±0.6	1.8±0.7	2.1±0.4	2.3±0.5	2.0±0.5	2.1±0.4
	対照群	1.9±0.6	2.1±0.3	2.1±0.3	2.1±0.3	2.3±0.5	1.9±0.3

表 2 起床直後の体調

体調を三段階（良い・普通・悪い）で記入させ、  
良いに 3、普通に 2、悪いに 1 という点数を与えた。

### 実験 2

図 3 には毎日の安静時のSpO<sub>2</sub>とHRの値を示した。

入山前のSpO<sub>2</sub>は実験群の方が有意に低い値を示した。また、入山初日から入山 3 日目までは実験群の方が低く、一部で有意差がみられた。HRは入山前は、有意ではないものの、実験群の方が高い値を示した。また入山中は両群間で有意差はみられなかった。

SpO<sub>2</sub>は入山初日を基準とすると、入山 3 日目までは両群ともに高い値を示した。また、実験群では一部で有意差もみられた。HRは両群ともに、入山初日と比較し入山 3 日目までは低い値を示し、一部では有意差もみられた。

図 4 には毎日の睡眠中のSpO<sub>2</sub>とHRの平均値を示した。

入山前の値をみると、実験群の方がSpO<sub>2</sub>は低い値を示し、HRは高い値を示した。また、有意差もみられた。しかし入山中のSpO<sub>2</sub>、HRは両群間で有意差はみられなかった。

SpO<sub>2</sub>は入山初日を基準とするとその後は両群ともに高い値を示し、一部では有意差もみられた。HRは入山初日と比較し、その後は両群とも低い値を示し、一部では有意差もみられた。

表 3 には剣沢での体調を示した。研修期間を通しての体調は、実験群と対照群では有意差はみられなかった。

## 2. 登山者の体力とトレーニング (II)

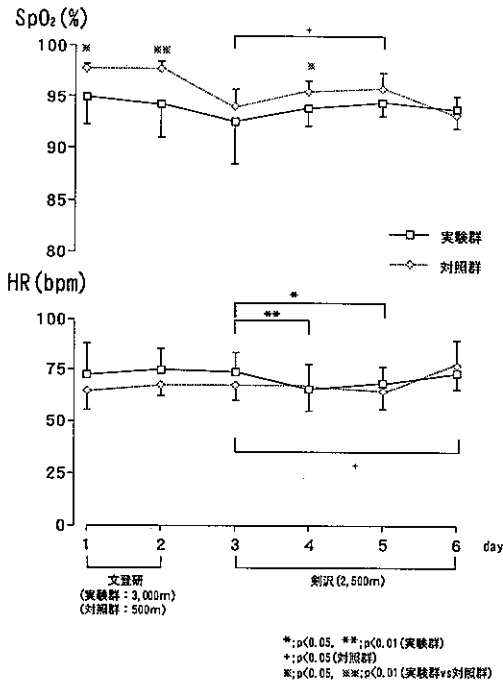


図3 安静時の生理応答の比較 (夏山)

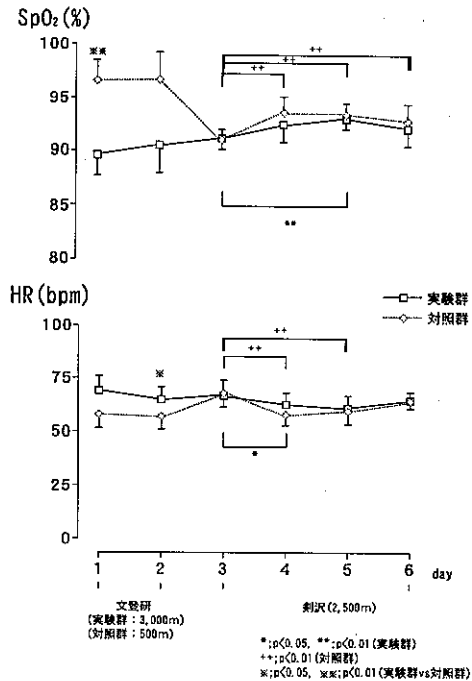


図4 睡眠時の生理応答の比較 (夏山)

登山中のLaは実験群 ( $1.6 \pm 0.7 \text{ mmol}$ ) と対照群 ( $1.2 \pm 0.7 \text{ mmol}$ ) で有意差が認められなかった。またRPEも実験群 ( $11.3 \pm 2.4$ ) と対照群 ( $10.6 \pm 1.7$ ) で有意差が認められなかった。

### 4. 考察

低地から高所へ行った場合、順応が不十分なときにはSpO<sub>2</sub>は減少し、それを代償するためにHRは増加する。だが、順応してくるとSpO<sub>2</sub>は増加し、HRは減少するという現象がみられる<sup>9)10)</sup>。したがって本研究において、入山時に実験群が対照群と比べてSpO<sub>2</sub>は高値を、HRは低値を示す傾向がみられれば、登山前の低酸素室での順応トレーニングが、効果をもたらしたといえることになる。

本研究では安静時(起床時)と睡眠時のSpO<sub>2</sub>、HRを測定した。睡眠時は安静時に比べより安定した値を得られることから<sup>9)</sup>、測定したものである。

#### ① SpO<sub>2</sub>およびHR

実験1、実験2ともに入山前には、実験群の方がSpO<sub>2</sub>は有意に低い値を示し、HRは高い値を示した。これは実験群が低酸素環境に滞在していたためである。

しかし、実験1、実験2ともに、入山中の4日間を通して、SpO<sub>2</sub>およびHRは両群間でほとんど差はみられなかった。このことから、高度2,500m及び3,000m相当の低酸素室での2晩の睡眠では、2,500mの高度に対する順応の効果は得られないと考えられる。

入山初日を基準とすると、その後は両群ともに、SpO<sub>2</sub>は上昇し、HRは減少する傾向を示した。こ

## 2. 登山者の体力とトレーニング (II)

これは両群ともに次第に高所に順応し、体内への酸素取り込みの能力が改善し、その結果としてHRが減少したものと思われる。

なお、実験1の実験群の睡眠時において、低酸素室と剣沢はほぼ同じ高度(2,500m)にも関わらず、剣沢の方が $SpO_2$ は低い値を示した。これは常圧よりも低圧の低酸素環境の方が生体により大きな負荷がかかっていることを示している。また、実験1と2の入山後の値を比較してみると、同じ場所(高度)にも関わらず、 $SpO_2$ は実験1の方がやや低い値を示した。これは実験1の研修会の方が行動量が多く、それによる疲労が $SpO_2$ に反映されたものと考えられる<sup>6)</sup>。

### ② La及びRPE

実験2では行動中のLa及びRPEを測定したが、いずれも両群間に差はなかった。このことから、低酸素室での2晩の睡眠は、高度2,500mでの行動中において有利な効果はもたらさないといえる。ただし、両群ともLaの平均値は2mmol未満であることから、運動強度が低いために両群間で目立った差が出なかった可能性も考えられる。

以上のように、実験1、実験2ともに実験群と対照群との間で $SpO_2$ 、HR、の値に差はみられなかった。また、自覚的な体調にも、両群間で差はみられなかった。したがって、高度2,500m及び3,000m相当の低酸素室での2晩の睡眠では、2,500mの高度に対する有効な順応は得られないと考えられる。

ただし、今回の被験者は20歳前後の大学山岳部の学生であった。彼らは2,500m~3,000mの山での登山を定期的に行っている。したがって、この高度に対してすでにある程度の順応を身につけていたために、順応の効果がはっきりと出なかった可能性も考えられる。今後は中高年者や初心者を対象として、さらに同様の検討する必要もあると考えられる。

### 参考文献

- 1) 山本正嘉：富士山を利用した高所順応のトレーニング，登山医学17：5-7，1997
- 2) 安河内朗：日本人の呼吸機能，21-41，日本人の生理，朝倉書店，1988
- 3) 鈴木尚ら：高所での経皮的動脈血酸素飽和度測定の経験(3)－Mild hypoxiaに対する $SpO_2$ /PR比の検討－，登山研修13：101-104，1998
- 4) マイケル・ウォード：心臓の血液拍出量，176-182，高所医学，1976
- 5) 菊池和夫：高所身体特性を予測する試み，デサントスポーツ科学20：1999
- 6) 野口いづみ：動脈血酸素飽和度／脈拍比の体調予測の指標としての可能性－イラン・デマバンド山(5,671m)登山における検討－，登山医学13：99-106，1993
- 7) 吉村一彦ら：高地肺水腫の胸部X線像の検討，登山医学2：78-85，1982
- 8) 松沢幸範ら：高地肺水腫既往者の持続低酸素負荷時における換気応答の検討，登山医学16：39-42，1996
- 9) 山本正嘉：8,000m峰無酸素登山の運動生理；体力，順応，運動能力，

## 2. 登山者の体力とトレーニング (Ⅱ)

登山医学16：73-84, 1996

- 10) 河合峰雄ら：高所における動脈血酸素飽和度の変化について，登山医学10：91-98, 1990

(※1 鹿屋体育大学)

(※2 文部省登山研修所)