

3. 論文

ムスターグ・アタ峰登山における 高所順応トレーニングの成果

浅野勝己, 岡崎和伸

I はじめに

高峰登山においては、大気圧の低下による低圧低酸素環境に生体が暴露され、低酸素に起因する急性高山病 (AMS) の発症が認められる。重篤の場合には肺水腫や脳浮腫などをもたらす死に至る場合も報告されている。これらの症状の改善には、低圧低酸素環境に順応することが唯一の方法となる。一方、低圧低酸素環境への順応は人間の定住限界である5,300mが限界とされ、それ以上の高度への長期間の滞在は高所衰退をもたらすことから、近年の高峰登山の多くは酸素吸入器や固定ロープを使用しないアルパインスタイル方式で行われ、短期間での高峰登頂を目指す傾向にある。したがって、AMS発症予防および低圧低酸素環境への事前の順応の重要性が指摘される。我々はこれらを目的とし、高峰登山者に対し低圧シミュレーターを用いて急性低圧低酸素環境下において、最大下運動を週数回の頻度で数週間にわたって継続する「高所順応トレーニング」を試み、多くの成果を挙げてきた¹⁾。今回、ムスターグ・アタ峰への登頂を目指す隊員に対し、同様の高所順応トレーニングを行い、その前後および高峰登山後にその影響の検討を行った。また、当研究室より浅野および岡崎が学術研究班の隊員として同行させていただき、現地において生理的応答とAMS発症との関係について調査を行った。これらの結果、有用な知見が得られたので報告する。

II 高所順応トレーニング前後および登山の身体組成および有気的作業能に及ぼす影響 (研究1)

1. 研究方法

1) 被検者

被検者は栃木県山岳連盟創立50周年記念事業の一環として行われた、ムスターグ・アタ峰 (中国新疆ウイグル自治区, 南峰: 7,546mおよび北峰: 7,184m) 登山隊1998 (TME'98) に参加した健康な成人男性隊員6人であった。被検者の年齢、身体特性および海外登山歴を表1に示した。

2) 高所順応トレーニングの概要

高所順応トレーニングは、筑波大学体育科学系環境制御装置室 (島津製作所製, 61m³) を用いた急性低圧低酸素環境下において運動を行うものとした。室温は20℃, 相対湿度は60%, 減圧および

表1 被検者の年齢、身体特性および海外登山歴

被検者	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	体脂肪率 (%)	海外登山歴
Y.I	46	180.0	73.1	13.9	6,096m, 6,638m, 7,015m, 7,206m
M.K	31	180.0	62.0	12.1	5,445m
S.K	31	168.0	61.5	11.4	
F.S	27	162.5	59.2	14.4	
T.Y	26	177.0	64.8	11.4	
H.S	25	170.0	69.8	13.2	7,029m
平均	31.0	172.9	65.1	12.7	
±標準偏差	7.3	7.2	5.4	1.3	

3. 論文

復圧速度は150～220m相当高度とした。トレーニングは1998年4月から7月までの約3ヶ月間に、週1回の頻度で計11回実施した。トレーニング実施高度は4,000m相当高度(1回), 5,000m(1回), 5,500m(2回), 6,000m(3回), 6,500m(2回)および7,000m(2回)であった。目標高度到達後, 10分程度の安静の後に運動を開始し, 運動終了後直ちに復圧した。運動は自転車エルゴメーター(Monark社製)でのペダリング運動とし, 運動時間は30分間とした。運動強度は回転数を60rpmとし, 負荷を初回の4,000mでは別の日に4,000mで行った漸増負荷最大運動テスト時の換気性閾値(VT)時の負荷とし, その後は主観的運動強度(RPE)が「ややきつい」を示す13から「きつい」を示す15となる負荷とした。

3) 高峰登山の概要

遠征期間は1998年7月28日から8月31日の35日間(M.KおよびF.Sの2人は7月24日から8月31日の39日間)であり, 登山期間は8月2日から8月26日の25日間であった。ベースキャンプ(BC)は4,400mに, キャンプ1(C1), キャンプ2(C2)およびキャンプ3(C3)を北峰で5,150m, 5,900m, および6,400mに, 南峰で5,400m, 6,100mおよび6,950mにそれぞれ設置した。本研究の6人の被検者は, 1人が南峰(7,546m)登頂に, 残りの5人が北峰(7,184m)登頂に成功し, 全員が無事に帰国した。

4) 測定項目および方法

高所順応トレーニング前(pre T: 4月12, 19日), 高所順応トレーニング後(post T: 7月5, 18日)および高峰登山後(post C2: 9月5, 6日)において以下の検討を行った。なお, 形態と血液学成分値の測定は, 帰国直後(post C: 8月31日)にも実施した。

(1) 形態および組織組成

体重, 肩甲骨下部と上腕三頭筋部の皮下脂肪厚および右大腿部50%部位の組織組成(大転子-外側顆間関節間の大転子より遠位50%)の測定を行った。右大腿部の組織組成の測定は, 超伝導NMR装置(1.5T, Signa Advantage, GE社製)を用いた磁気共鳴映像法(MRI)により行い, 大腿部の全横断面積(全横断面積), 各筋の横断積の合計値(筋横断面積)および脂肪断面積を求めた。また, 皮下脂肪厚から体脂肪率を求めた。

(2) 血液学成分値

常圧下の安静座位において肘正中皮静脈より採血を行った。得られた血液試料において血液学成分(赤血球数, ヘモグロビン濃度:Hb, ヘマトクリット:Hct, 平均赤血球容積:MCV, 平均赤血球色素量:MCH, 平均赤血球色素濃度:MCHC)の測定を行った。

(3) 漸増負荷最大運動テスト

漸増負荷最大運動テストは, 4,000m相当高度の急性低圧低酸素環境下(詳細は高所順応トレーニングと同様)において行った。運動は自転車エルゴメーターでの漸増負荷最大ペダリング

3. 論文

運動(回転数:60rpm)であり,安静に続き3分間のから漕ぎ後1分ごとに0.25kpずつ負荷を漸増させ疲労困憊に至らしめた。運動中は熱線流量計(RM-300i, ミナト医科学社製)および質量分析器(MGA-1100, PERKIN-ELMER社製)により換気量, 酸素摂取量および二酸化炭素排泄量を連続的に測定し, それぞれの最大値およびV-slope法によるVTを求めた。また, 心拍数(HR, HRモニター, Polar社製)を連続的に測定し, 動脈血酸素飽和度(SpO₂, Pulsox-5, MINOLTA社製)およびRPEを各分毎に記録した。得られた測定値からSpO₂とHRの比(SpO₂/HR)および酸素摂取量をHRで除して得られる酸素脈($\dot{V}O_2$ /HR)を算出した。

2. 結果および考察

体重はpre Tに対しpost Tおよびpost Cで減少傾向にあるものの有意な変化を示さなかった。一方, 皮下脂肪厚の2点合計と肩甲骨下部および体脂肪率は, pre Tに対しpost Cで有意に低下した(表2)。また, MRIによる右大腿部の組織組成の検討の結果, 高所順応トレーニング前後では変化が認められなかったが, 高峰登山後に全横断面積の減少

傾向と, 脂肪横断面積の有意な減少(pre Tに対し約20.9%)が認められた(図1)。当研究室で実施した同様の高所順応トレーニングおよび高峰

登山(7,206m)後におけるMRIによる右大腿部の組織組成の検討の結果から, 高峰登山後に脂肪横断面積に変化が認められないこと, および筋横断面積の減少に伴う全横断面積の減少が認められ, 同時に認められた体重の減少は, 筋量の減少に起因することが示されている²⁾。本研究の結果はこれと相反するものであり, 登山後に認められた体重の減少傾向は, 脂肪量の減少に起因することが示された。したがって, これまで多くの研究で認められてきた高峰登山時の筋萎縮は, 必ずしも低圧低酸素に直接起因する高所衰退によらず, 登山活動による消費エネルギー量増大, および摂食量減少や消化不良などによる摂取エネルギー量

表2 高所順応トレーニング前後および高峰登山後の体重, 皮下脂肪厚および体脂肪率の変化

項目		pre T	post T	post C	post C2
体重	(kg)	65.1±5.4	64.3±4.4	63.8±3.9	64.5±3.8
皮下脂肪厚(2点合計)	(mm)	17.8±2.8	15.3±3.4	13.0±1.4**	17.1±3.2*
(肩甲骨下部)	(mm)	11.0±1.5	9.2±1.0*	7.6±0.7***#	10.9±1.6#***
(上腕三頭筋部)	(mm)	7.0±2.8	6.2±2.6	5.4±1.1	6.2±1.8
体脂肪率	(%)	12.7±1.3	11.5±1.6	10.4±0.7**	12.3±1.5*

pre T: 高所順応トレーニング前(4月12日) *: p < 0.05, **: p < 0.01, ***: p < 0.001, vs pre T
 post T: 高所順応トレーニング後(7月5日) #: p < 0.05, vs post T
 post C: 高峰登山後(8月31日) *: p < 0.05, **: p < 0.001, vs post C
 post C2: 高峰登山後(9月5日)

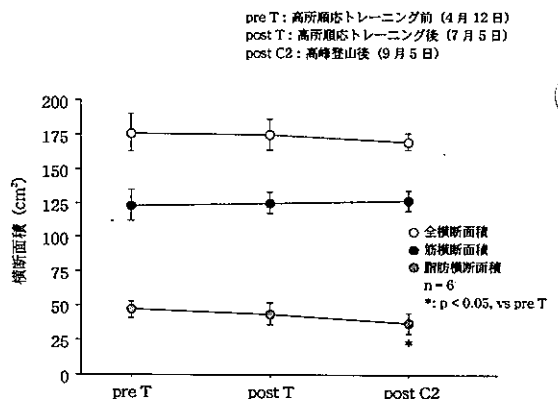


図1 高所順応トレーニング前後および高峰登山後における大腿部50%部位(大転子-外側顆間結節間の大転子より遠位50%)の全, 筋および脂肪横断面積の変化

減少などの要因に大きく影響を受けることが示唆された。したがって、登山期間、スタイル、ルート、摂取食事内容などの改善により、高峰登山時の筋萎縮抑制が可能であることが示唆された。

高所順応トレーニング前後で血液学成分の各項目に有意な変化は認められず、血液の酸素運搬能の改善は認められなかった。一方、post Cではpre Tおよびpost Tに対し赤血球数、Hb、Hctの有意な増加、MCHCの有意な減少が認められた。また、帰国後1週間目であるpost C2では、各項目ともpre Tおよびpost Tに対し有意差は認められず、登山前の値に戻る傾向にあった。特にHctはpost Cからpost C2で有意に減少した(表3)。これらのことから、post Cで観察された血液学成分の変化は、高峰登山による脱水の影響の

表3 高所順応トレーニング前後および高峰登山後の血液学成分値の変化

項目		pre T	post T	post C	post C2
赤血球数	($10^4/mm^3$)	513.0±51.4	505.3±42.1	583.2±56.1*#	545.5±42.8
ヘモグロビン濃度	(g/dl)	15.9±0.8	15.9±0.7	17.4±1.3*#	16.4±1.1
ヘマトクリット	(%)	47.0±2.3	46.6±1.8	53.8±3.0**##	49.1±2.8**
平均赤血球容積	(μ^3)	92.0±5.4	92.6±5.2	92.6±7.0	90.2±5.4
平均赤血球色素量	(Pg)	31.1±1.9	31.6±1.8	30.0±2.3	30.2±2.3
平均赤血球色素濃度	(%)	33.8±0.6	34.2±0.7	32.4±1.0*##	33.4±0.9

pre T: 高所順応トレーニング前 (4月19日) * : p < 0.05, ** : p < 0.01, vs pre T
 post T: 高所順応トレーニング後 (7月18日) # : p < 0.05, ## : p < 0.01, vs post T
 post C: 高峰登山後 (8月31日) ** : p < 0.01, vs post C
 post C2: 高峰登山後 (9月6日)

大きいことが示唆され、高峰登山の血液成分に及ぼす影響を検討する際には、脱水や下山後の採血までの期間の検討が必須であることが推察された。

漸増負荷最大運動テスト

時に得られた最大負荷量、

最大換気量および最大酸素摂取量は、pre Tに対しpost Tおよびpost C2で増大傾向にあり、post Tとpost C2はほぼ同値であった。最大酸素摂取量はpre Tに対しpost Tで約8.3% (2.1%~26.0%)の増大傾向にあり、最大換気量はpre Tに対しpost C2で有意に増大した。VT時負荷量はpre Tに対しpost Tで増大傾向(約9.5%)にあるが、post C2ではpre Tと同等に低下した(表4)。当研究室で実施した

表4 高所順応トレーニング前後および高峰登山後における4,000m相当高度の急性低圧低酸素環境下における漸増負荷最大運動テスト時の各項目の最大値およびVT時の値の変化

項目		pre T	post T	post C2
最大負荷量	(Watt)	205.0±25.5	230.0±18.2	232.5±24.7
最大換気量	(l/min)	135.0±28.6	157.0±9.8	165.7±18.5*
最大酸素摂取量	(l/min)	2.20±2.76	2.35±3.03	2.36±3.80
最大酸素摂取量/体重	(ml/kg·min)	33.9±3.4	36.7±4.6	36.6±5.5
VT時負荷量	(Watt)	105.0±21.2	115.0±18.2	107.5±17.5
VT時の酸素摂取量	(l/min)	1.32±2.28	1.37±2.26	1.29±2.76

pre T: 高所順応トレーニング前 (4月19日) * : p < 0.05, vs pre T
 post T: 高所順応トレーニング後 (7月5日)
 post C2: 高峰登山後 (9月5日)

同様の高所順応トレーニング前後において、最大酸素摂取量(3~13%)およびOBLA- $\dot{V}O_2$ (11~27%)の増大を認めている⁹⁾。一方、最大酸素摂取量やVTの変化しないことも認めている⁹⁾。この要因として被検登山者の有気的作業能の初期値の差異が推察され、特に有気的作業能の低いものに高所順応トレーニングの有効であることが指摘される。しかし、

本研究を含めたいずれの研究においても、トレーニング後と高峰登山後の各値は同等の値を示したことから、高峰登山に必要とされる有気的作業能が、高峰登山出発前に高所順応トレーニングにより十

3. 論文

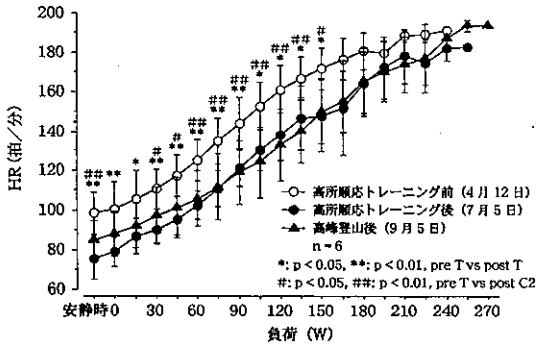


図2 高所順応トレーニング前後および高峰登山後の4,000m相当高度の急性低圧低酸素環境下における漸増負荷最大運動テスト時の心拍数 (HR) の変化

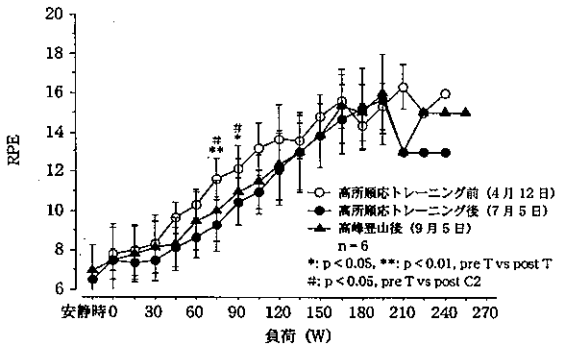


図3 高所順応トレーニング前後および高峰登山後の4,000m相当高度の急性低圧低酸素環境下における漸増負荷最大運動テスト時の主観的運動強度 (RPE) の変化

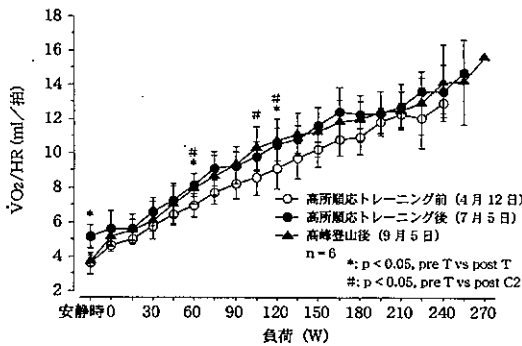


図4 高所順応トレーニング前後および高峰登山後の4,000m相当高度の急性低圧低酸素環境下における漸増負荷最大運動テスト時の酸素脈 (VO₂/HR) の変化

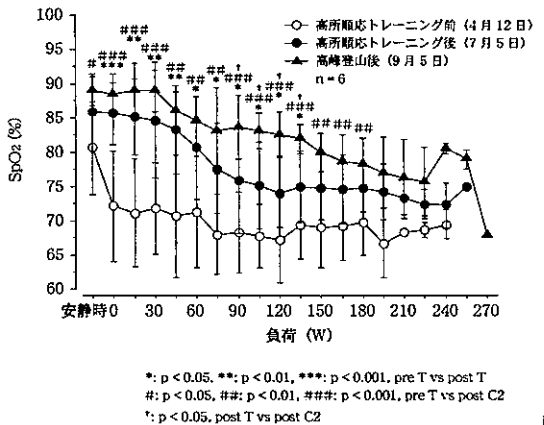


図5 高所順応トレーニング前後および高峰登山後の4,000m相当高度の急性低圧低酸素環境下における漸増負荷最大運動テスト時の動脈血酸素飽和度 (SpO₂) の変化

分に獲得されていたことが示唆された。

安静時および運動中の同一強度でのHRおよびRPEは、pre Tに対しpost Tで低減傾向にあり、post Tとpost C2はほぼ同値を示した(図2, 3)。

また、一回拍出量の指標とされる酸素脈は、pre Tに対しpost Tで増加傾向にあり、post Tとpost C2はほぼ同値を示した(図4)。当研究室で実施した同様の高所順応トレーニング前後において、同一強度での運動時の血漿カテコラミン濃度は、トレーニング前に対しトレーニング後および高峰登山後で漸減することが示されており³⁾、本研究の高所順応トレーニングにより運動時の心臓交感神経系、特にβ交感神経支配の緊張抑制および一回拍出能の充進と主観的ストレス反応の軽減が誘起されたものと考えられる。同様にSpO₂はpre Tに対しpost Tで増加傾向にあり、post C2ではさらに上昇する傾

向にあった(図5)。また、高所における体調の指標とされる SpO_2/HR ⁵⁾は、pre Tに対しpost Tで増加傾向にあり、post Tとpost C2はほぼ同値を示した(図6, 表5)。本研究の高所順応トレーニングによる安静時および運動中の SpO_2 および SpO_2/HR の増加は、急性高山病(AMS)発症の最大の原因である低圧低酸素に対する耐性を高め、登山中のAMS発症予防に貢献するものと推察された。また、 SpO_2 および SpO_2/HR が特に30~90Wの低強度運動時に著しい改善を示したことは、実際の高峰登山時に相当する運動強度との関連から、本トレーニングの有効性を示唆するものと考えら

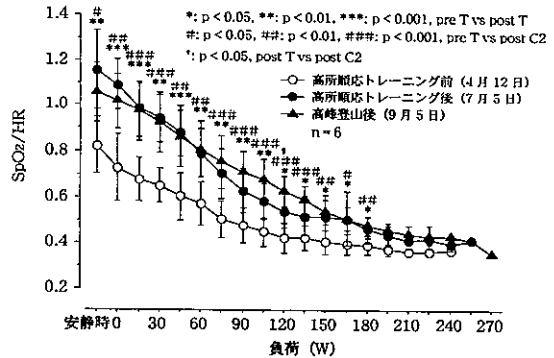


図6 高所順応トレーニング前後および高峰登山後の4,000m相当高度の急性低圧低酸素環境下における漸増負荷最大運動テスト時の動脈血酸素飽和度と心拍数の比(SpO_2/HR)の変化

れる(研究3参照)。

表5 高所順応トレーニング前後および高峰登山後の4,000m相当高度の急性低圧低酸素環境下における安静時の心拍数(HR)、動脈血酸素飽和度(SpO_2)および動脈血酸素飽和度と心拍数の比(SpO_2/HR)の個人値

Ⅲ ムスターグ・アタ峰登山時の生理的応答(研究2)

1. 研究方法

1) 被検者および高峰登山の概要

研究1と同様の6人である(表1)。高峰登山の

概要は研究1を参照。

2) 測定項目および方法

測定項目は動脈血酸素飽和度(SpO_2 , Pulsox-5, MINOLTA社製), 心拍数(HR, 自動血圧計HEM-704C, オムロン社製), SpO_2 とHR比(SpO_2/HR), ヘモグロビン濃度(Hb, Hemocue, AB社製), 急性高山病重症度スコア(AMS-score)であった。測定は、Hbは隔日に、それ以外の項目は遠征期間中毎日行った。測定時刻は起床後の活動前安静時とした。また、研究1におけるpre T, post Tおよびpost C2での、低圧シミュレーターによる低圧低酸素環境下への急性暴露時の安静時HR, SpO_2 および SpO_2/HR と、登山期間中の生理的応答の関係の検討も行った。

2. 結果および考察

被検者6人の遠征期間中の各測定項目の経日的変化、測定時の高度および登頂日を図7~12に示した。 SpO_2 および SpO_2/HR は、全被検者とも高度の変化に対し鏡像的に変化し、登山期間の経過とともに

被検者	HR (拍/分)			SpO_2 (%)			SpO_2/HR		
	pre T	post T	post C2	pre T	post T	post C2	pre T	post T	post C2
Y.I	88	65	71	92	95	90	1.05	1.46	1.27
M.K	96	68	79	78	84	88	0.81	1.24	1.11
S.K	96	77	90	74	87	92	0.77	1.13	1.02
F.S	89	75	83	75	82	90	0.84	1.09	1.08
T.Y	107	94	88	85	88	86	0.79	0.94	0.98
H.S	116	74	100	80	79	88	0.69	1.07	0.88
平均	98.7	75.5**	85.2**	80.7	85.8	89.0*	0.82	1.16**	1.06*
±標準偏差	10.9	10.1	9.9	6.8	5.6	2.1	0.12	0.18	0.13

pre T: 高所順応トレーニング前(4月12日) *: p < 0.05, **: p < 0.01, ***: p < 0.001, vs pre T
 post T: 高所順応トレーニング後(7月5日)
 post C2: 高峰登山後(9月5日)

3. 論文

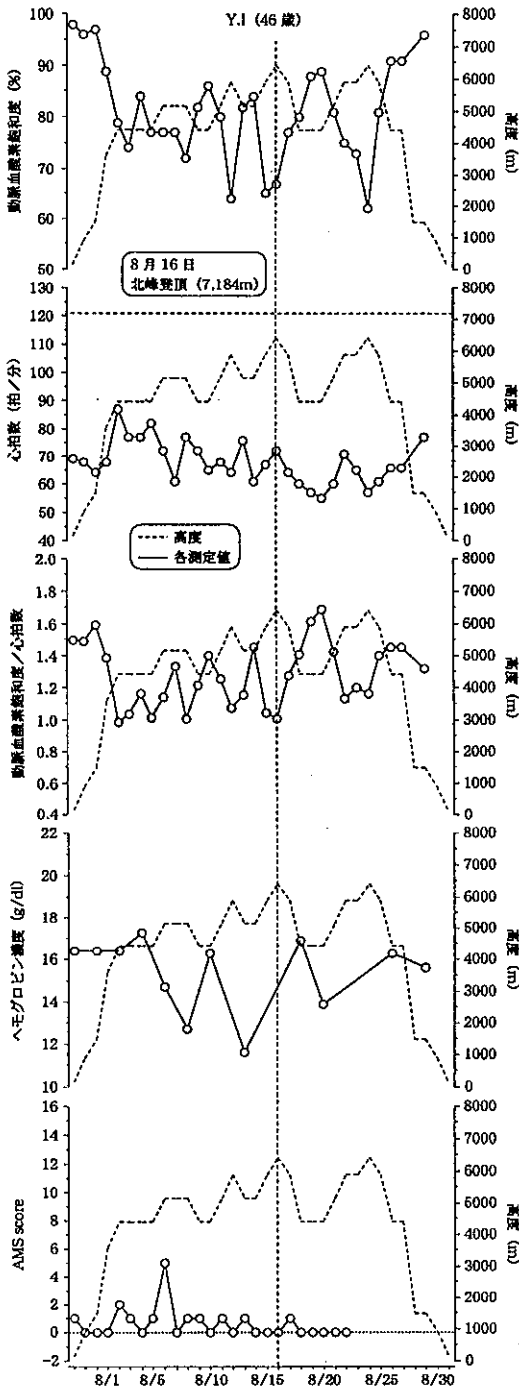


図7 遠征期間中の動脈血酸素飽和度，心拍数，動脈血酸素飽和度/心拍比，ヘモグロビン濃度およびAMSスコア(Y.I)

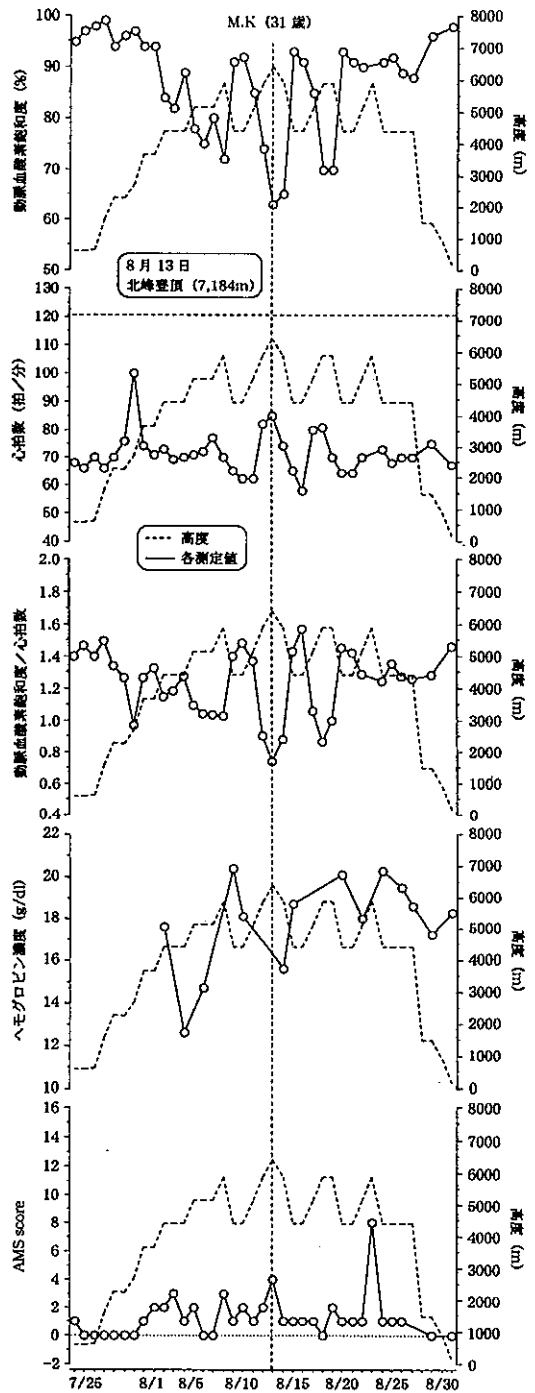


図8 遠征期間中の動脈血酸素飽和度，心拍数，動脈血酸素飽和度/心拍比，ヘモグロビン濃度およびAMSスコア(M.K)

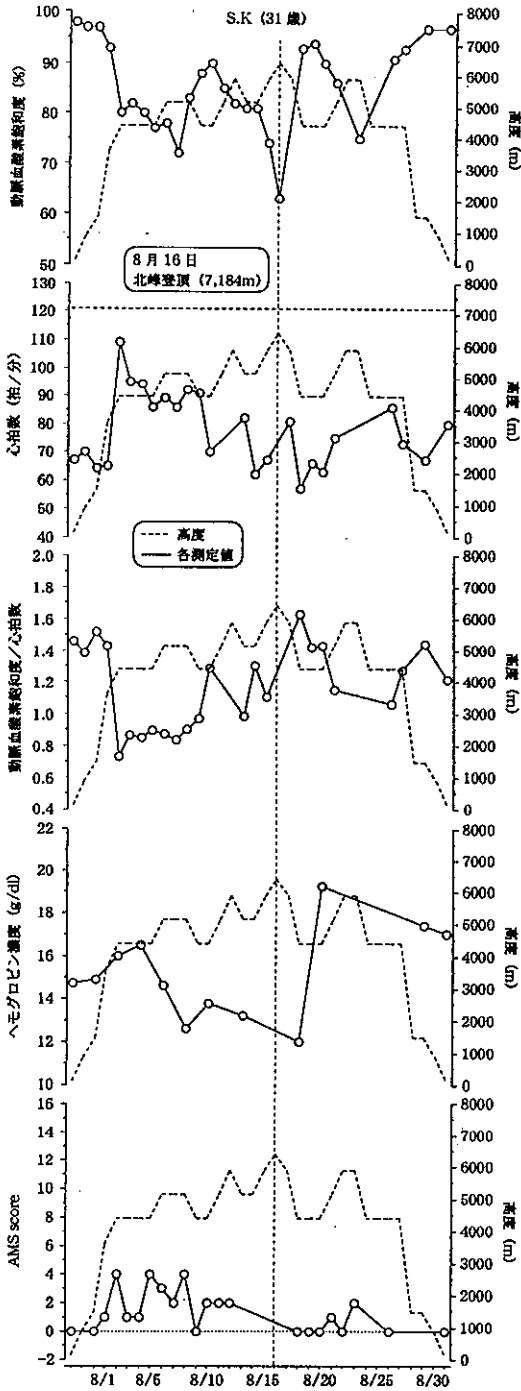


図9 遠征期間中の動脈血酸素飽和度, 心拍数, 動脈血酸素飽和度/心拍比, ヘモグロビン濃度およびAMSスコア(S.K)

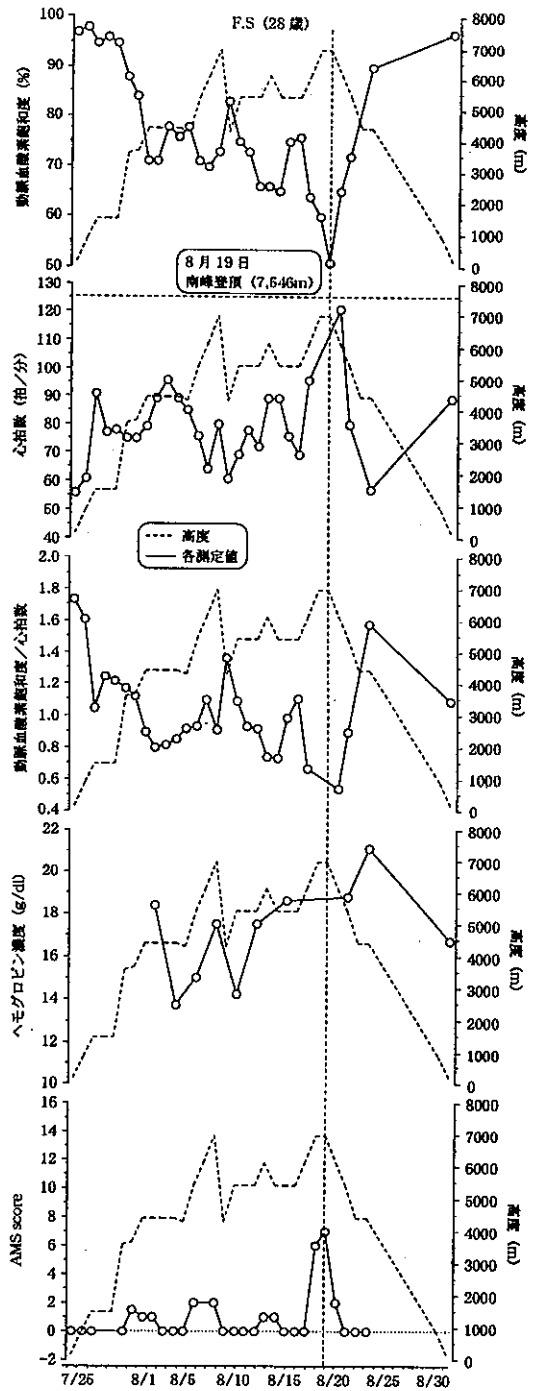


図10 遠征期間中の動脈血酸素飽和度, 心拍数, 動脈血酸素飽和度/心拍比, ヘモグロビン濃度およびAMSスコア(F.S)

3. 論文

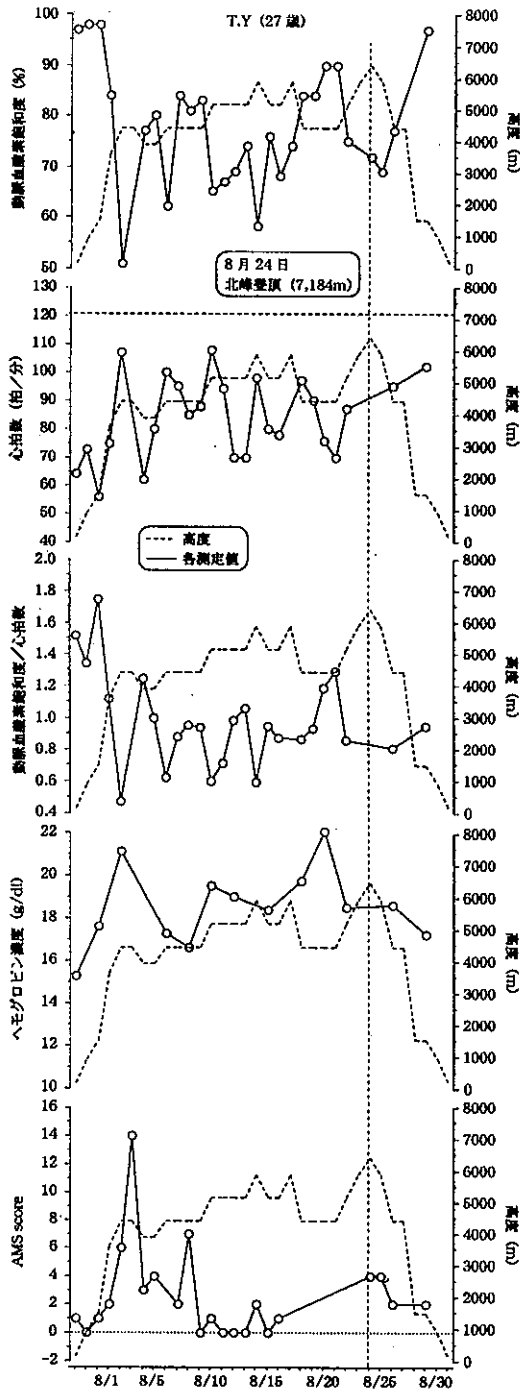


図11 遠征期間中の動脈血酸素飽和度，心拍数，動脈血酸素飽和度/心拍比，ヘモグロビン濃度およびAMSスコア(T.Y)

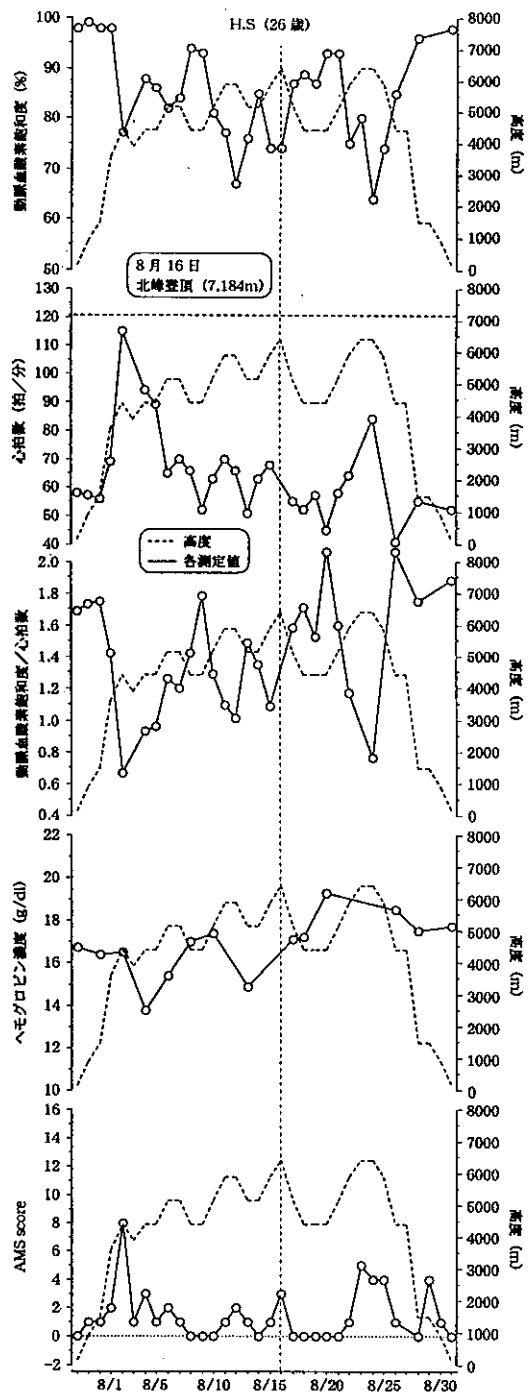


図12 遠征期間中の動脈血酸素飽和度，心拍数，動脈血酸素飽和度/心拍比，ヘモグロビン濃度およびAMSスコア(H.S)

に同一高度における値の増加することが認められた。SpO₂/HRに顕著な低下が認められるときには、AMS scoreの高値を示す傾向が認められた (F.S, T.Y, H.S)。HRは高度上昇時に増加する傾向にあった。海外登山歴を有する3人 (Y.I, M.K, H.S) においては、登山期間の経過に伴うHRの漸減傾向およびSpO₂/HRの漸増傾向が認められた。また、初めての海外登山にもかかわらず、順調に北峰登頂を果たしたS.Kにも同様の傾向が認められた。一方、AMSによる体調不良が著しく登頂の遅れたT.Yは、登山期間の経過に伴うHRの漸増傾向およびSpO₂/HRの漸減傾向を示した。Hbは登山期間の経過とともに漸増する傾向が認められた。

研究1での低圧低酸素環境下への急性暴露時の安静時HR, SpO₂およびSpO₂/HRを表5に示した。高所順応トレーニング後にSpO₂/HRの有意な上昇が認められるが、AMSによる体調不良が著しかったT.Yは、トレーニング後の改善率が明らかな低値を示した。一方、多くの海外登山歴を有し、今回の登山でも順調に北峰登頂を果たしたI.Yは、高所順応トレーニング前に他の被検者より明らかに高値を示した。これらから、高峰登山時の体調予測あるいは高所順応トレーニングのトレーナビリティ評価の指標としてのSpO₂/HRの有用性が示唆された。

IV ムスターグ・アタ峰登頂アタック時の心拍応答 (研究3)

1. 研究方法

北峰登頂に成功したY.Iおよび南峰登頂に成功したF.Sを対象とした。登頂アタック当日の朝から翌朝までの約24時間の心電図および心拍数 (HR) を、ホルター心電計 (フクダ電子社製) により連続測定した。

2. 結果および考察

両被検者とも登山中および睡眠中に心電図上に異常波は認められなかった。登高中のHRはY.IおよびF.Sでそれぞれ、110~120拍/分および100~125拍/分であり、下山中のHRはそれぞれ、90~110拍/分および100~125拍/分であった。C2における睡眠時のHRはそれぞれ、60~70拍/分および90~110拍/分であり、特にF.Sに頻脈傾向が認められた (図13)。

また、高所順応トレーニング後の4,000mでの運動時にSpO₂およびSpO₂/HRの著しい改善を示した30~90Wの運動時のHRと登山活動中のHRに対応関係が認められた。したがって、本研究で行った高所順応トレーニング後におけるこれらの強度での各種パラメーターの改善が、高所での登山活動時に有効であることが推察された。

V まとめ

1. 体重は高峰登山後にも有意な低下は示さなかった。磁気共鳴映像法 (MRI) による大腿部組織組成の測定から、高峰登山による脂肪量の有意な減少と筋量の変化しないことが認められた。
2. 高峰登山により赤血球数、ヘモグロビン濃度およびヘマトクリットに有意な増加が認められたが、脱水の影響が大きく関与することが示唆された。

3. 論文

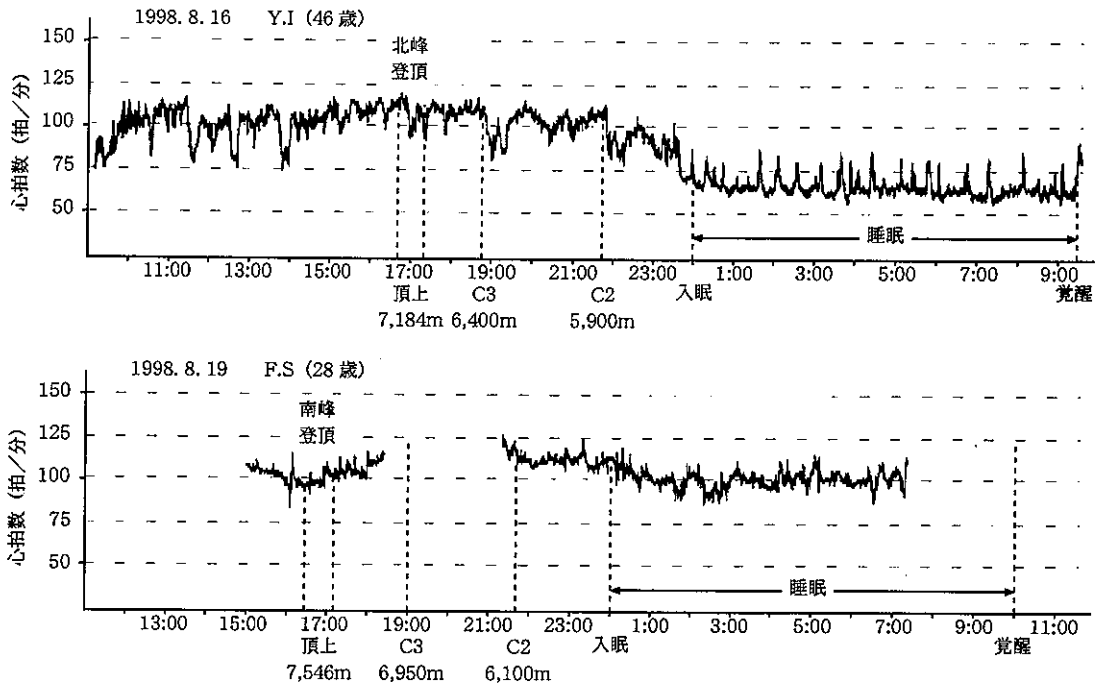


図13 Y.IおよびF.S.の登頂アタック日の登山活動中およびC2での睡眠時の心拍数の変化

3. 本高所順応トレーニングにより、有氣的作業能の増大傾向、安静時および運動時の心拍数の低下、酸素脈、動脈血酸素飽和度および動脈血酸素飽和度/心拍数比の増加が認められ、いずれも登山後と同等レベルに改善することが認められた。
4. 登山活動中のAMS発症と生理的応答の関係では、動脈血酸素飽和度/心拍数比の低下とAMS発症に対応関係が認められた。
5. 2人のマスターグ・アタ峰登頂者の心電図および心拍数をホルター心電計により連続測定した結果、心電図上に異常波は認められなかった。また、登攀中の平均心拍数は90~120拍/分および100~125拍/分を示した。

謝辞

本研究の実施にさいし献身的なご協力を戴いた栃木県山岳連盟創立50周年記念マスターグ・アタ登山隊員の石澤好文、小松原政彦、北村誠一、佐藤文則、吉田 剛、佐々木穂高の各氏に心からの謝意を表したい。また本体育科学系運動生理学研究室の高橋英幸、高橋早苗、高瀬和子、佐伯大輔の諸氏の協力に感謝したい。

文献

- 1) 浅野勝己：高所順応トレーニングと安全登山 臨床スポーツ医学13(6)：655-663, 1996.
- 2) 浅野勝己：ニンテンカンサ峰登頂への高山病予防の為の高所順応トレーニングおよび登山中・

3. 論文

後の生理的応答に関する高所生理学的研究 登山研修11：97-109, 1996.

- 3) 浅野勝己, 熊崎泰仁, 水野 康, 李 基哲, 竹田正樹, 早川洋子, 三村達也, 競 達也:
インドヒマラヤ・ストックカンリ峰登山隊員への高所順応トレーニングの有氣的作業能に及ぼす影響 登山医学13：107-114, 1993.
- 4) 浅野勝己, 熊崎泰仁, 水野 康, 正岡俊文, 李 基哲, 鮮于 攝, 竹田正樹：中国崑崙ムージュ・ムズターグ峰登山隊員への高所順応トレーニングの有氣的作業能に及ぼす影響
登山医学11：41-48, 1991.
- 5) 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・デマバン山 (5,671m) 登山における検討——登山医学13：99-106, 1994.

(筑波大学体育科学系 運動生理学研究室)