

高峰登山の運動生理

—これまでの歩みと今後の課題—

浅野 勝己

はじめに

1953年にヒラリーとテンジングが酸素吸入によりエベレスト峰登頂に成功した。その後、再び登頂に到達したのは25年後の1978年5月8日であり、メスナーとハーベラーによる画期的な無酸素登頂であった。これは、1924年にノートンらによる約8,580mまでの無酸素での到達から残りわずかに約300mの無酸素登攀に54年の長期を要したことになる。

この5年後の1983年10月8日に山岳同志会の2人とイエティ 同人の3人の計5人が日本人として初のエベレスト峰無酸素登頂に成功した。しかし、このうち2人が下山中滑落死し、無事に生還出来たのは3人のみであった(図1)。

1970年代後半から従来の「極地法」に代る少人数、軽量、無酸素、そして速攻の「アルパインスタイル」が一般化して来ている。しかし、1975年以後10年間に6,000m以上の高峰登山者の約3%が遭難死している事実は、短期速攻登山の危険を物語っている。

また、1952年以後、今日までの47年間にヒマラヤ周辺の6,000m以上の高峰を目指した約1万人のうち252人が死亡し、2,3%の致死率であり「43人の登山者のうち1人が生還できない」という深刻な事実が明らかにされている。しかも、1968年以來、今日まで31年間にわたり毎年遭難死が連続していることも注目すべきことであり、「ストップ・ザ・32」が本年のヒマラヤ登山界のスローガンとなっている。この遭難死の原因には雪崩(49%)、転落死(32%)、高山病(8%)などがあげられるが、多くの場合その根底には低酸素環境による生理心理的な高所障害(広義の高山病)の関与していることが指摘されている。

そこで、1)高山病の機序と予防法。2)一流高峰登山者の体力特性。および3)高所順応トレーニングの有効性と必要性。を中心に、これまでの研究成果の代表的なものについて紹介してみたい。

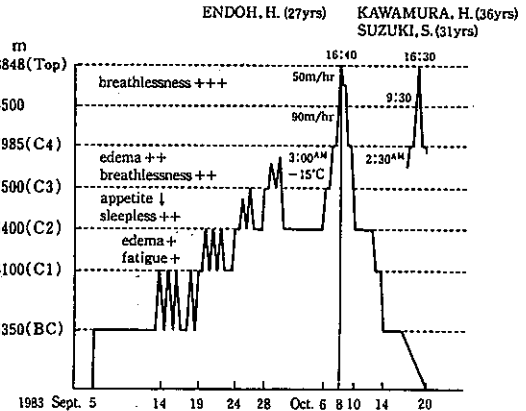


図1 日本人初のエベレスト峰無酸素登頂時の高所順応法と高所障害発症の経過 (浅野, 1984)

2. 登山者の体力とトレーニング (II)

I 高山病の機序と予防法の研究—高所における睡眠, 安静および運動時の生理的応答—

1) アメリカ・エベレスト遠征医学研究 (American Medical Research Expedition to Everest, AMREE, 1981) :

Westらは1981年10月24日にPizzo隊員をエベレスト峰に登頂させ各生理的項目の測定を行っている。すなわち, 当日の大気圧は253mmHg, 肺泡 PO_2 は35mmHg, 動脈血 PO_2 は28mmHg, PCO_2 は7.5mmHgであり, これらは平地の20~30%に相当していた。この状態での呼吸の働きは O_2 摂取と言うよりは CO_2 を出来る限り呼出して O_2 と置換し, O_2 需要の高い心臓や脳への O_2 供給を高めているものと考えられる。

吸気 PO_2 の約40mmHgの頂上での最大 O_2 摂取量は約15ml/kg/分 (平地の約30%) であり, Pughらが, 5 ml/kg/分で基礎代謝量に近似するために O_2 吸入なしには動けないと指摘したのとは大きく異なり, 無酸素登頂の可能であったことを裏づけることになった (図2)。

2) オペレーション・エベレストII (1985) :

Houstonらは8人の健康成人男子について低圧シミュレーター内に40日間滞在させ, 次第に減圧してエベレスト峰8,848mに相当する低圧環境 (240mmHg) に到達し, 最大運動を行う実験を行った (図3)。この結果, $\dot{V}O_{2max}$ は平地の約28%の15.3ml/kg/分を示し, AMREEの実測値とほぼ同等であり, SaO_2 : 35%, 心拍数: 127拍/分, 呼吸数: 63回/分の貴重な成果を報告した。これにより, AMREEと同様に無酸素登頂の可能性を確認することになった (図2)。

3) エベレスト・ターボ (1992) :

Richaletらは5人の高峰登山者について, エベレスト登頂のための高所順応期間を短縮させる方法として, モンブラン峰での1週間滞在と低圧シミュレーター内での4日間暴露とトレーニングを行う方策を試みた。この結果, その直後BCより7,800mまでを5日間の早い速度での登山が可能と

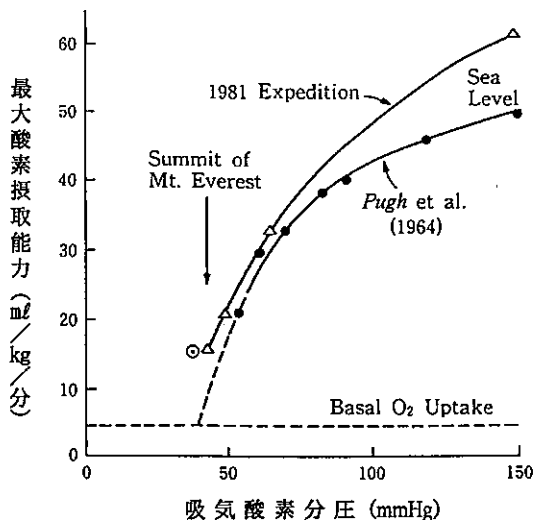


図2 吸気の酸素分圧低下に伴う最大酸素摂取能力の低減 (West, 1983)
(⊙: Cymerman, 1989)

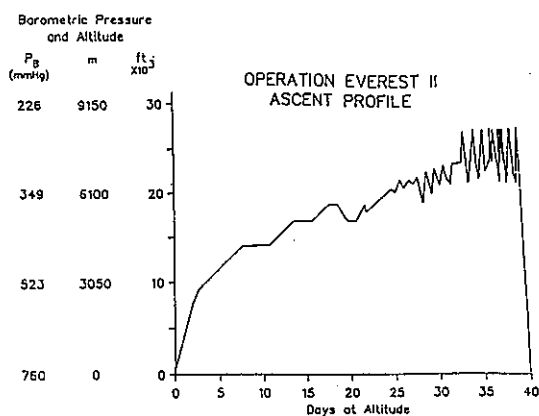


図3 オペレーション・エベレストIIの実験プロフィール (Houstonら, 1985)

2. 登山者の体力とトレーニング (II)

なり、順応期間を3週間短縮出来たと報告し、登山前の低圧シミュレーター内のトレーニングの有効性を指摘している(図4)。

4) 急性高山病 (Acute Mountain Sickness, AMS) の機序と予防法:

AMS-スコア (Lake Louise, LL-Score)

は、1991年、カナダの国際低酸素シンポジウムで提唱された。すなわち、自己評価法として、

1)頭痛。2)消化器症状。3)倦怠感, 脱力感。4)めまい, ふらつき。5)睡眠障害の5項目に各3段階(0~3)の評価がされ、症状の最悪の場合には合計15点となる。AMSの機序の一つとしては、抗利尿ホルモン (ADH) 濃度が高くなり、尿量の減少による体内水分貯留がもたらされ、むくみが生じ、頭蓋内圧の上昇および脳血流の増加により頭痛の起こることが指摘されている。

富士山頂に1週間滞在時に、運動中の脳血流速度 (CBF) の経日的な個人別変化を測定すると、運動時CBFの高い者にAMSスコアの高い傾向が認められ、脳血流の増大が頭痛などのAMSを誘起している可能性が明らかにされた(図5)。さらに、低圧シミュレーター内の1,500m, 3,000m, および4,000m相当高度での睡眠中の動脈血O₂飽和度(SaO₂)は、とくに4,000mでは60%近くに低下し(図6)、脳波は覚醒波が

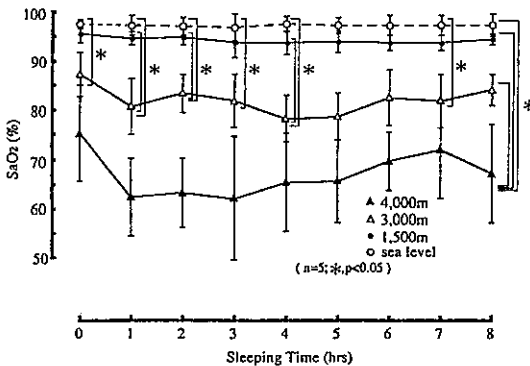


図6 常圧と1,500m, 3,000m, 4,000m相当高度での睡眠中SaO₂の変化 (浅野ら, 1993)

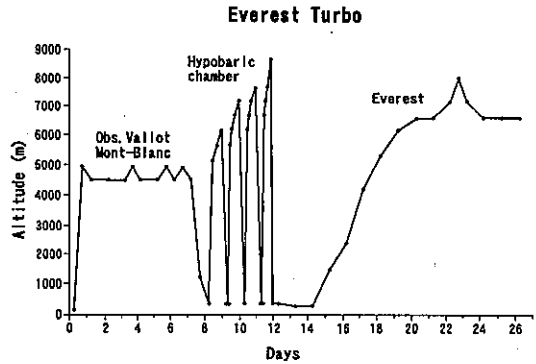


図4 “エベレスト・ターボ” 実験時の高度上昇のプロフィール (Richaletら, 1992)

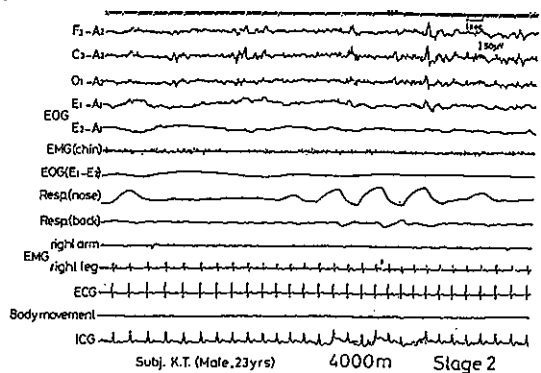
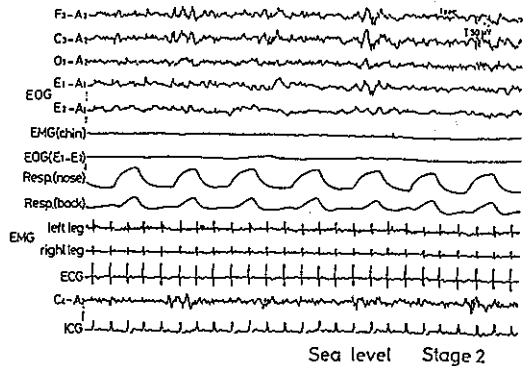


図7 常圧と4,000m相当高度での睡眠中の脳波および呼吸変動 (Resp) などの比較 (浅野ら, 1993)

2. 登山者の体力とトレーニング (II)

頻発し、10秒以上の無呼吸が誘発されている (図7)。これがより一層 SaO_2 を低下させ、AMSを増悪するものと考えられる。

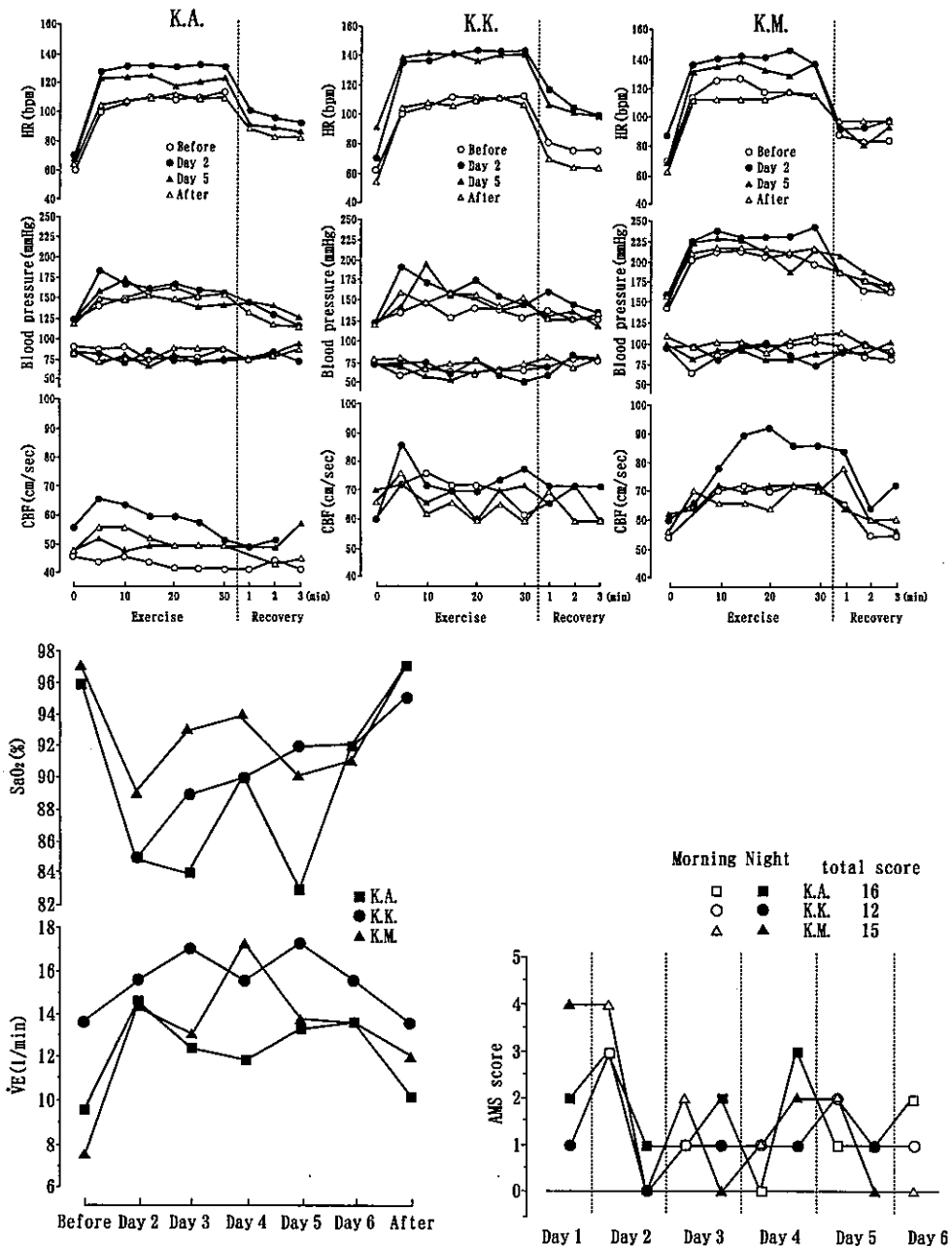


図5 富士山頂に1週間滞在時運動中の心拍数, 血圧および脳血流速度(CBF)(上図), さらに安静時 SaO_2 , 毎分換気量(\dot{V}_E)および急性高山病(AMSスコア)(下図)の経日的, 個人別変化(浅野ら, 1996)

2. 登山者の体力とトレーニング (II)

(1) ガモフ・バッグ (Gamow Bag) :

1991年にアメリカのGamow博士により開発された携帯用高圧バッグ (重量は約7kg) で、外部より足踏み式のポンプにより毎分10~20回で速度で外気を送入してバッグ内圧を上昇させるものである。この加圧により約2,000m下山したと同じ気圧が得られるが、約1時間の滞在が必要とされ、頭痛や嘔吐の軽減の効果が報告されている (表1)。

◎37歳 男性

既往歴：なし
登山歴：1976年 カラコルム スキャンカンリ峰登頂
1978年 カラコルム リモ山群踏査
1989年 カラコルム ガンシャブルム1峰

高山病の既往：あり

Gamow Bagの使用状況および効果

症 状	使用前	使用后
頭 痛	+	-
嘔 吐	+	-
食欲不振	+	±
呼吸困難	-	-
浮 腫	-	-
体温(℃)	37.2	36.3
脈 拍	90	60

使用高度：5,500m
使用時間：1時間

◎24歳 男性

既往歴：なし
登山歴：1988年 韓国、雪岳山
高山病の既往：あり

Gamow Bagの使用状況および効果

症 状	使用前	使用后
頭 痛	+	-
嘔 吐	+	-
食欲不振	+	±
呼吸困難	+	-
浮 腫	-	-
咳 嗽	+	±
体温(℃)	37.5	37.0
脈 拍	98	70

使用高度：5,700m
使用時間：1時間

表1 ガモフ・バッグの効果例 (菅沼ら, 1991)

(2) パルス・オキシメーター :

携帯用動脈血酸素飽和度計である。O₂と血色素 (Hb) の結合した酸化ヘモグロビン (HbO₂) と還元ヘモグロビン (Hb) の割合を波長の異なる光の吸光度の違いから求められるもので、1974年に日本人が原理を発見した。これがオキシメーターと呼ばれ、心拍に同期して変動する吸光成分のみを解析して動脈血HbO₂の変化を測定する意味で「パルス・オキシメーター」と命名された。これが1980年代に商品化されアメリカで急速に普及し、高峰登山者の必携品となった。わが国では1986年頃よりヒマラヤ登山隊で使用され始めた。

一般に「3,800m地点で75%以上であれば、登山続行可であるが60%以下を示す場合には即刻下山」を一つの基準としている。しかし測定条件 (起床時の安静椅座位など) を一定にして方法を正確にする必要がある。

II. 一流高峰登山者の体力特性

1986年10月にローツェ峰無酸素登頂を果たし、史上初の「8,000m峰14座無酸素登頂」の偉業を達成した42歳のメスナーは、26歳から毎日1時間のコンディショニング・ランニングトレーニングと指筋

2. 登山者の体力とトレーニング (II)

力を鍛える筋力トレーニングを継続して来ていた。つまり、決して偶然に超人になったわけではなく、長年にわたるトレーニングによる必然的な成果であったとも考えられる。彼の著書「第7級」(Der 7 Grad, 1974)によれば、「毎日、高度差1,000mの路をつま先で休まずに1時間足らずで走った。」「スキーの耐久と山での走行を交互に繰り返した。」「耐久性を要する氷壁を登る人たちに走行トレーニングをすすめたい。」「自然に即したトレーニングによって上半身の筋肉は引き締まり、安静脈拍は1分間に42拍に低下し、手足の血行を改善した。」「トレーニングなしに大きな遠征に参加するとすれば、それは無責任と云わざるを得ないだろう。」という厳しい指摘がされているのである。ここにトレーニングの必要な根拠を明らかにするために、メスナー、ハーベラー、さらに日本の一流高峰登山者の体力特性について考えてみたい。一流登山者が8,000m峰の無酸素登頂に成功できた背景には、表2が示すように登攀技術(skill), 体力(energyの積分されたphysical resources), 動機づけ・意志力(motivation, will) および登攀経験(experience)の4大要素が、相乗積としてうまくかみ合った状況にあったことが考えられる。

この体力特性について、登山者の行動体力と防衛体力(抵抗力)を検討してみたい(表3)。

まず、行動体力の中ではとくに呼吸循環系能力が重要である。すなわち、最大 $\dot{V}O_2$ maxで表わされるもので呼吸循環系への有氣的持久性トレーニングにより高められる。またこの能力の向上は低温、低酸素という異常環境へのストレス耐性の防衛体力の改善にも貢献する。

1) 「クライマー・ハート」の心血管特性:

Oelzらの報告によれば、メスナー、ハーベラーの $\dot{V}O_2$ maxはそれぞれ48.8, 65.9ml/kg/分であったとし、安静時心拍数、53拍/分、血圧、105/75, 110/80mmHgという典型的なトレーニングされた循環系特性を示している。さらに左室内径が5.8cm、大動脈内径、左房内径が各4.0cmという著しいスポーツ肥大心であり、まさに「クライマー・ハート」を示している。また、

大腿外側広筋内のミトコンドリア容積密度も多く、筋組織への酸素供給の優れていることが明らかにされている(表4)。一流登山者の $\dot{V}O_2$ maxは一流マラソン選手と一般人とのほぼ中間値の50~70ml/kg/分を示している(図8, 9)。故山田昇氏の $\dot{V}O_2$ maxは53.2ml/kg/分を示し、努力性肺活量

〔一流高所登山者の体力特性〕

$$\text{Performance} = \text{Skill} \cdot \int (\text{Energy}) \cdot \text{Motivation (Will)} \cdot \text{Experience}$$

(無 O_2 登頂達成)

有 O_2 性作業能 (最大 $\dot{V}O_2$ 摂取能) 低圧、低 O_2 性耐性能 (耐乳酸能)

表2 無酸素登頂達成に必要な4大要素の諸特性(浅野ら, 1984)

体力	行動力	行動を起こす能力—筋力, 瞬発力 行動を持続する能力—持久力 (筋持久力, 呼吸循環の持久力) 行動をコントロールする能力—調整力 (平衡性, 巧緻性, 敏捷性) 柔軟性
	抵抗力	物理化学的ストレスに耐える能力—気温, 気圧, 気湿, 加速度, 化学物質 生物的ストレスに耐える能力—細菌, ビールス, 寄生虫 生理的ストレスに耐える能力, 空腹, 不眠, 口渇, 疲労 精神的ストレスに耐える能力, 緊張, 不快, 苦惱, 悲哀

表3 登山者の体力特性

2. 登山者の体力とトレーニング (II)

	$\dot{V}O_{2max}$ (ml/kg分)	HRmax (bpm)	La max (mM/l)	Type I (%)	Type IIa (%)	Type IIb (%)	Vv(mc.f) (%)	Vv(mt.f) (%)	HRrest (bpm)	BPrest (torr)	AO (cm)	LA (cm)	LV (cm)
Messner, R. (41歳)	48.8	184	15.3	67.0	27.0	6.0	4.61	5.41	53	105/75	4.0	4.0	5.8
Habeler, P. (43歳)	65.9	182	12.8	70.0	17.0	13.0	3.89	4.53	53	110/80	3.2	3.2	5.6
Elite Climber (n=6)	59.5	190	11.9	70.2	22.4	7.4	4.21	4.95	57	113/79	3.8	3.5	5.7
Elite Distance Runner (n=9)	—	—	—	77.9	19.3	2.5	6.57	7.32	—	—	—	—	—
Sedentary (Control) (n=6)	—	—	—	51.3	40.5	7.1	4.25	4.74	—	—	<3.7	<4.0	<6.5

Vv(mc.f): 大腿外側広筋線維内ミトコンドリア容積密度
 Vv(mt.f): " " " 総ミトコンドリア "
 AO: 大動脈内径
 LA: 左房内径
 LV: 左室内径

表4 MessnerおよびHabelerの有氣的作業能・筋組織特性および心血管機能 (Oelzら, 1986より浅野作表)

と一回換気量が極めて多く、柔軟性に優れ、脚伸展力および垂直跳のパワーに抜群の能力を示していた(表5)。またポーランドの一流登山者の $\dot{V}O_{2max}$ は56~63ml/kg/分を示し、上腕部の索引力と索押力では、日本人登山者の値を大きく上回っていた(表6)。

2) 低酸素換気応答 (HVR) の高値特性:

HVRでは、故山田 昇氏は極めて高値であり、一流クライマーの特性を示した(図11)。また、AMREE (1981) でHVRの高値のクライマーほど到達高度の高い傾向にあったことが明らかにされている(図10) ことから、高いHVRの指標が一流登山者の一つの特性を示すものと考えられる。

3) 運動時血中乳酸生成の抑制特性:

1983年のエベレスト峰無酸素登頂者3人について、常圧および4,000m相当高度での運動時血中乳酸濃度を測定すると、一般登山者と比較して明らかに低値を示した(図12)。さらに8,000m峰登山者と一般人との比較についても、4,000mでの同一相対運動強度に対する血中乳酸は低値を示し

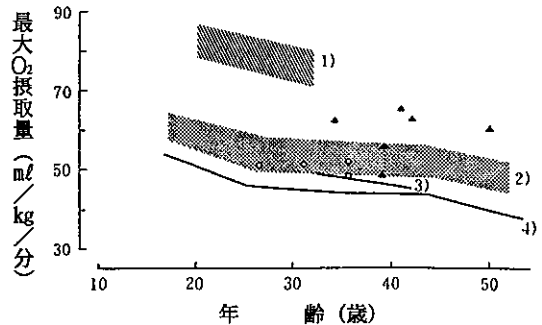


図8 一流登山家の最大 O_2 摂取量 (Oelzら, 1986より浅野作図)

○: 日本人一流登山家
 ▲: ヨーロッパ一流登山家
 1): 一流マラソン選手, 2): 一般マラソン選手,
 3): 登山ガイド, 4): 一般人

2. 登山者の体力とトレーニング (II)

た(図13)。これらの結果から、一流高峰登山者では筋への酸素供給が優れ乳酸の消却能が高く、運動時の乳酸生成の抑制されていると考えられる。

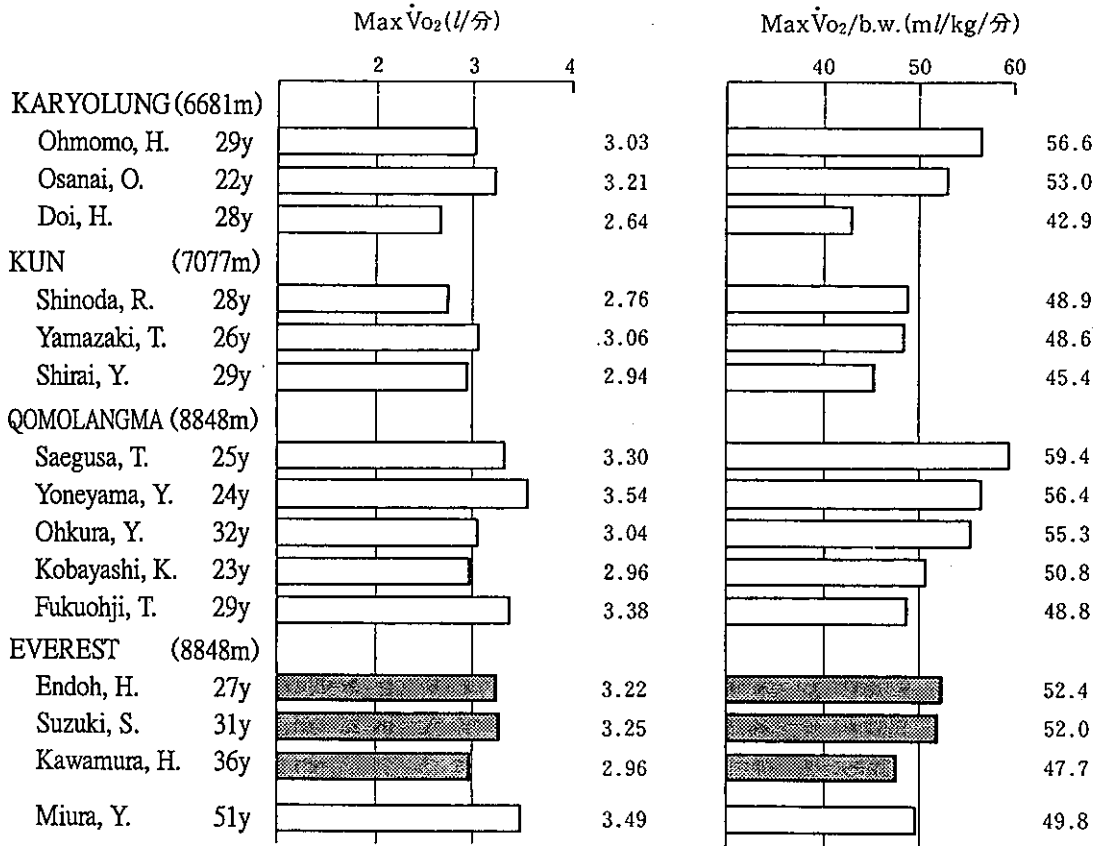


図9 日本人一流登山家の最大酸素摂取量〈絶対値(左)と体重当たり値(右)〉(浅野, 1984)

登山家氏名 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	$\dot{V}O_2 \max$ (ml/kg/分)	$\dot{V}_E \max$ (l/分)	$\dot{V}_T \max$ (ml)	FVC (ml)	最大無気 パワー (rpm/秒)	垂直跳 (cm)	立位体 前屈 (cm)	握力 (kg)	筋牽引力 (kg) 筋断力	脚伸展力(kg)	
												180°/秒	300°/秒
山田 昇 (36)	170.9	62.2	53.2	136.5	4,140	5,480	66.9	60.6	17.5	62.0	35/38	30.9	27.2
大蔵喜福 (35)	162.3	56.5	45.3	137.7	2,540	4,100	55.7	45.5	11.6	45.0	-/21	22.9	11.4
尾形好雄 (38)	176.3	77.6	51.1	148.8	2,800	4,880	75.6	44.3	10.5	66.0	30/74	25.0	12.3
飛田和夫 (40)	158.6	59.2	51.7	115.2	2,530	4,020	54.3	35.5	14.5	59.2	20/22	14.0	7.0

表5 日本人一流登山家の体力特性(浅野ら, 1986)

2. 登山者の体力とトレーニング (II)

登山家氏名 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	$\dot{V}O_2$ max (ml/kg/分)	握力 (kg)	腕牽引力 (kg)	腕牽押力 (kg)
Wielicki, K. (36)	166.5	60.0	63.3	48.0	34	63
Cicky, L. (34)	188.0	71.5	—	46.0	50	49
Wilczynski, L. (38)	171.6	66.0	60.6	50.0	47	60
Dasal, M. (33)	181.4	68.5	56.0	50.0	66	63

$\dot{V}O_2$ max : 最大 O_2 摂取量
 $\dot{V}E$ max : 最大換気量
 $\dot{V}T$ max : 最大一回換気量
 FVC : 努力性肺活量

表6 ポーランド人一流登山家の体力特性 (浅野ら, 1986)

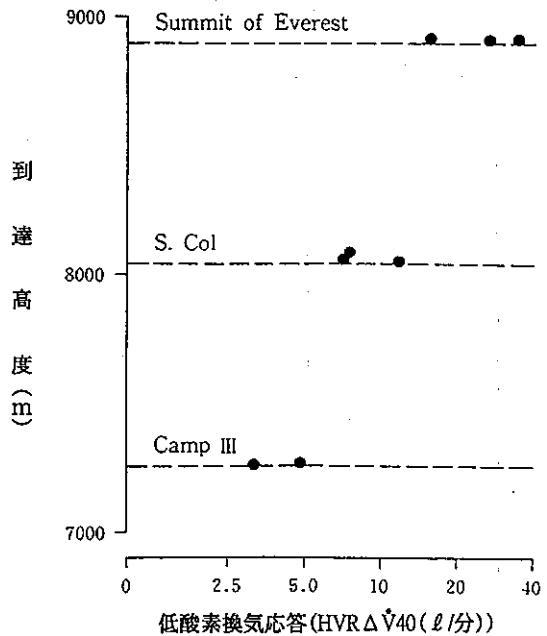
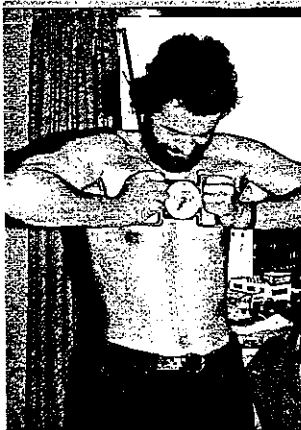


図10 1981年AMREE隊員8人の低酸素換気応答と到達高度との関係 (Schoeneら, 1984)

ポーランド人一流登山家の腕牽押力
および低酸素換気応答の測定風景
(浅野ら, 1986)

2. 登山者の体力とトレーニング (II)

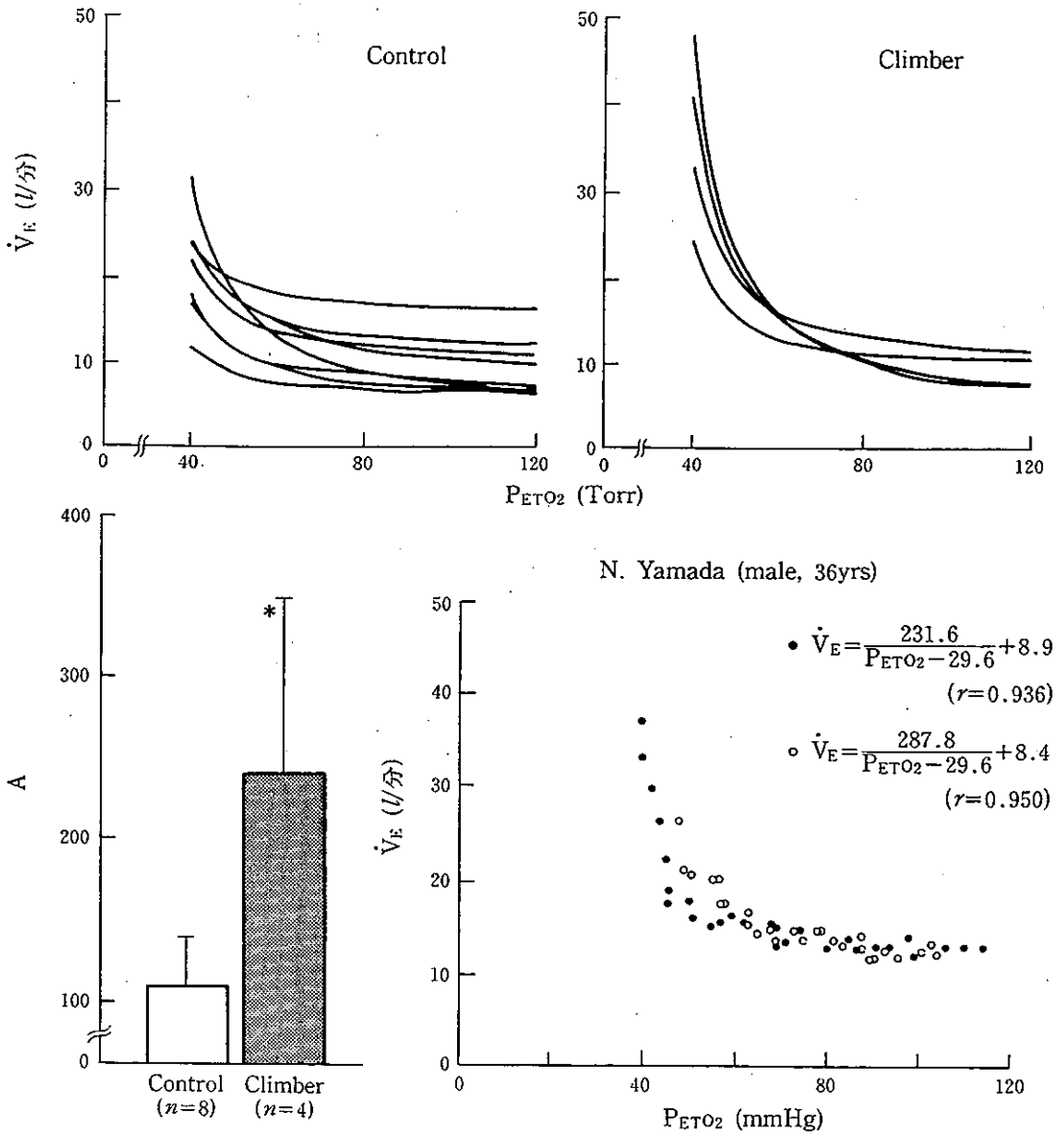


図11 日本人一流登山家の低酸素換気応答特性 (高橋ら, 1990)

{上図: 低酸素換気応答曲線の登山家と一般人の比較

{下図: 低酸素換気応答の双曲線の勾配 (A) の比較と山田昇氏の低酸素換気応答曲線

4) 全血流動性の優秀性:

高峰登山時の血色素 (Hb) 濃度と急性高山病 (AMS) の関係をみると, 4,400mのBC滞在18日間の経日的変化の測定から, Hb濃度の減少に伴い全血通過時間の減少 (全血流動性の改善) が認められ, これに伴ってAMSの減少が明らかにされた (図14)。また全血通過時間と流量の関係では, 滞在日数の延長による高所順化に伴い, 次第に常圧下に近似し (図15), さらに順化によってHbの減

2. 登山者の体力とトレーニング (II)

少に伴う全血通過時間の短縮化が確認された (図16)。これらの事実から、鉄分補給などによる赤血球増多はかえってAMSを増悪し逆効果になる危険性が指摘される。

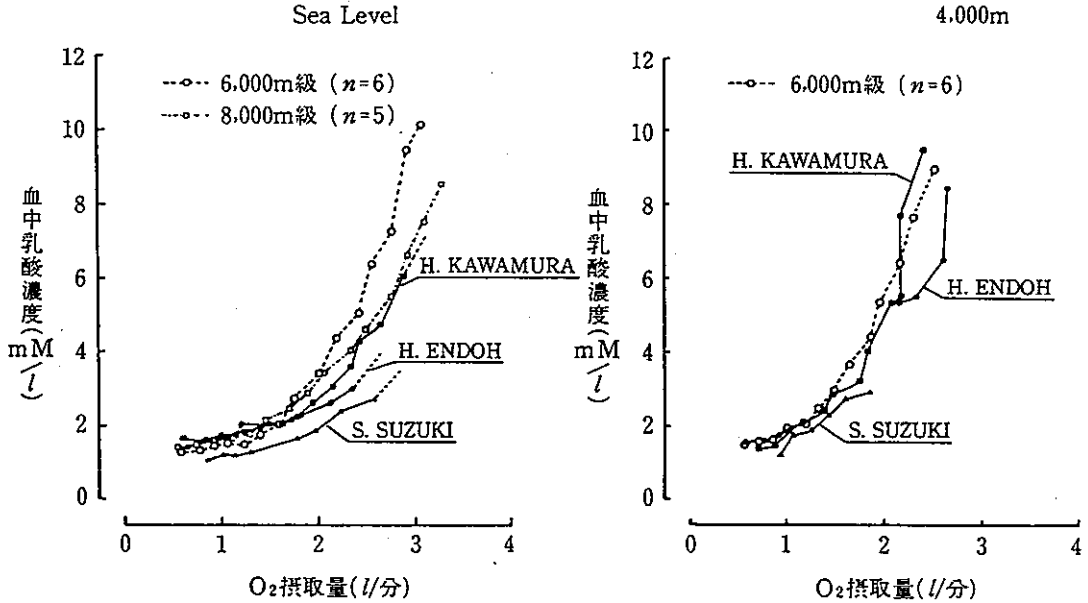


図12 エベレスト無酸素登頂者3人の運動時摂取量と血中乳酸濃度応答の6,000m級および8,000m級登山者との比較

(浅野ら, 1984)

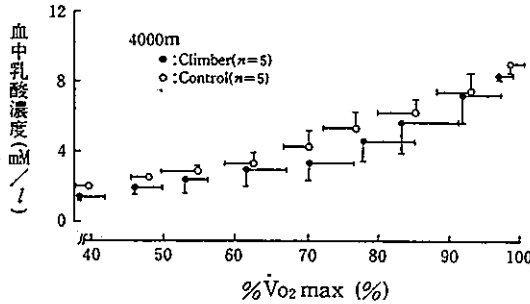


図13 8,000m峰登頂者と一般人の%VO₂maxと血中乳酸応答の比較 (菊地ら, 1989)

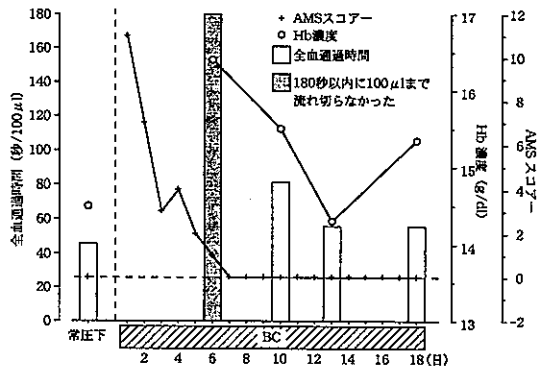


図14 常圧下およびベースキャンプ (BC, 4,400m) 滞在中の100 μ lの全血通過時間, Hb濃度およびAMSスコアの変化 (岡崎・浅野, 1999)

2. 登山者の体力とトレーニング (II)

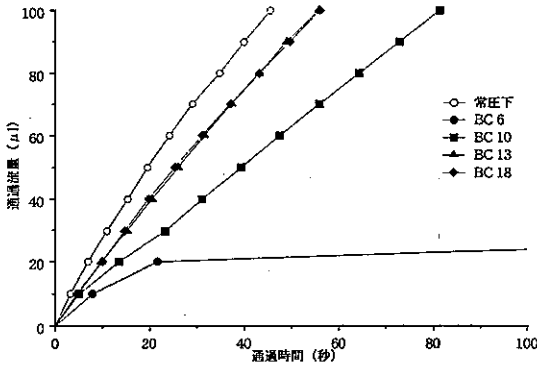


図15 常圧下およびベースキャンプ (BC, 4,400m) 滞在中の全血試料の流量曲線

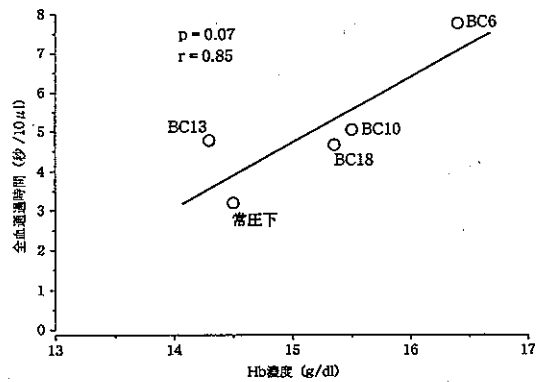


図16 常圧下およびベースキャンプ (BC, 4,400m) 滞在中の10 μ lの全血通過時間, Hb濃度との関係 (岡崎・浅野, 1999)

III. 高所順応トレーニングの有効性と必要性

低圧シミュレーターにより, 4,000m~7,000m相当高度での各30分の運動トレーニングを週1回で計11回継続して行い, トレーニング前後と登山後について4,000mでの運動時生理的応答を比較した (図17)。

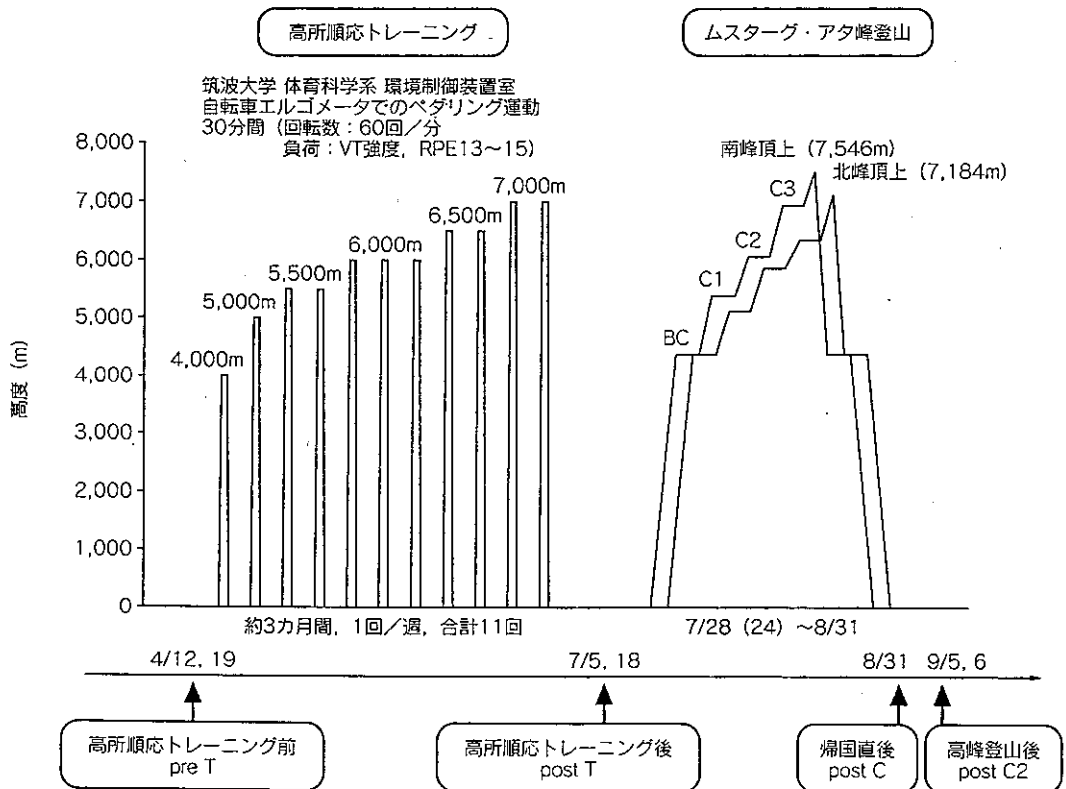


図17 高所順応トレーニング前後および高峰登山後の測定の概要 (浅野ら, 1999)

2. 登山者の体力とトレーニング (II)

1) 酸素運搬系の改善による高所での安静および運動時酸素飽和度 (SpO₂) の上昇:

安静および運動時のSpO₂はトレーニング後に明らかに増加し、登山後の値にはほぼ近似している (図18)。これは一回拍出量の増大による運動時の心拍数の低減と、それに伴うO₂供給の増大によりもたらされたことが明らかとなった (図19, 20)

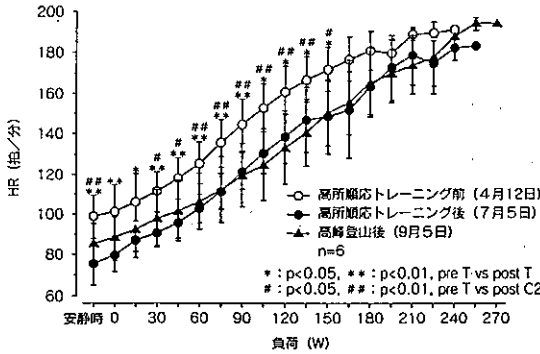


図19 高所順応トレーニング前後および高峰登山後の4,000m相当高度の急性低圧低酸素環境下における漸増負荷最大運動テスト時の心拍数 (HR) の変化 (浅野ら, 1999)

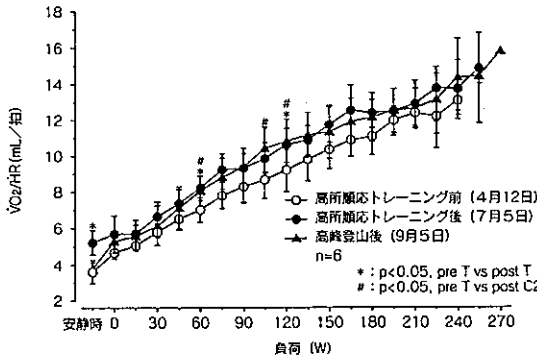


図20 高所順応トレーニング前後および高峰登山後の4,000m相当高度の急性低圧低酸素環境下における漸増負荷最大運動テスト時の酸素脈 (VO₂/HR) の変化 (浅野ら, 1999)

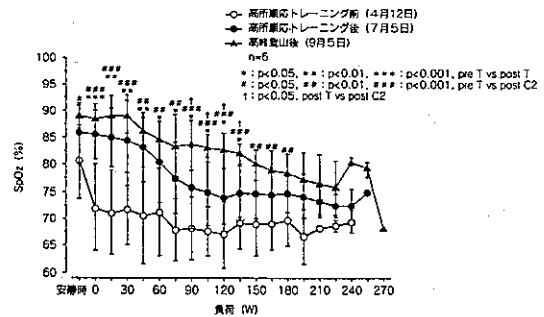


図18 高所順応トレーニング前後および高峰登山後の4,000m相当高度の急性低圧低酸素環境下における漸増負荷最大運動テスト時の動脈血酸素飽和度 (SpO₂) の変化 (浅野ら, 1999)

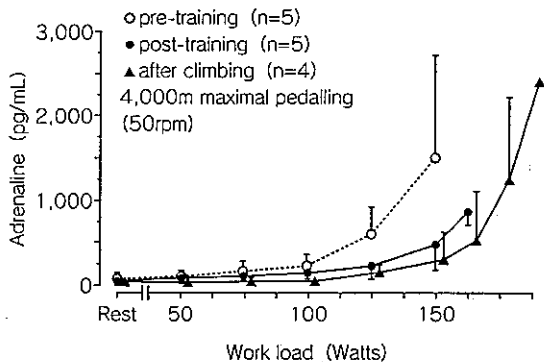
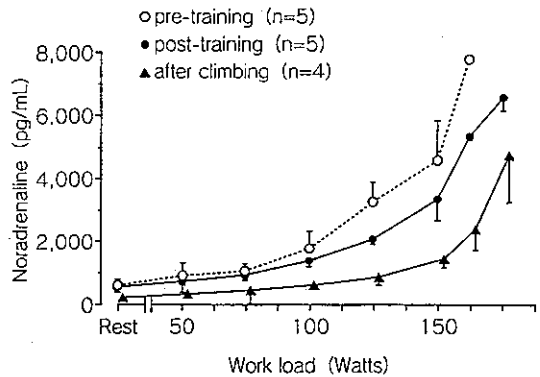


図21 4,000mにおける最大運動時血漿カテコラミン分泌応答のトレーニング前後および下山後の比較 (浅野ら, 1993)

2. 登山者の体力とトレーニング (II)

2) 交感神経系亢進の低減による内分泌応答の減弱と抗利尿ホルモン (ADH) 分泌の抑制:

このような高所順応トレーニングにより、運動時カテコラミン (ノルアドレナリンおよびアドレナリン) 濃度の低減が明らかとなり、低酸素環境ストレスによる交感神経系亢進の低減が示唆された (図21)。さらに6,000mでの約4ヶ月間にわたるトレーニングにより同一運動強度におけるACTH (副腎皮質刺激ホルモン) とADHの濃度が減弱化することが認められた (図22)。これらの結果から、表7に示される4項目について、高山病予防への有効性が確認された。

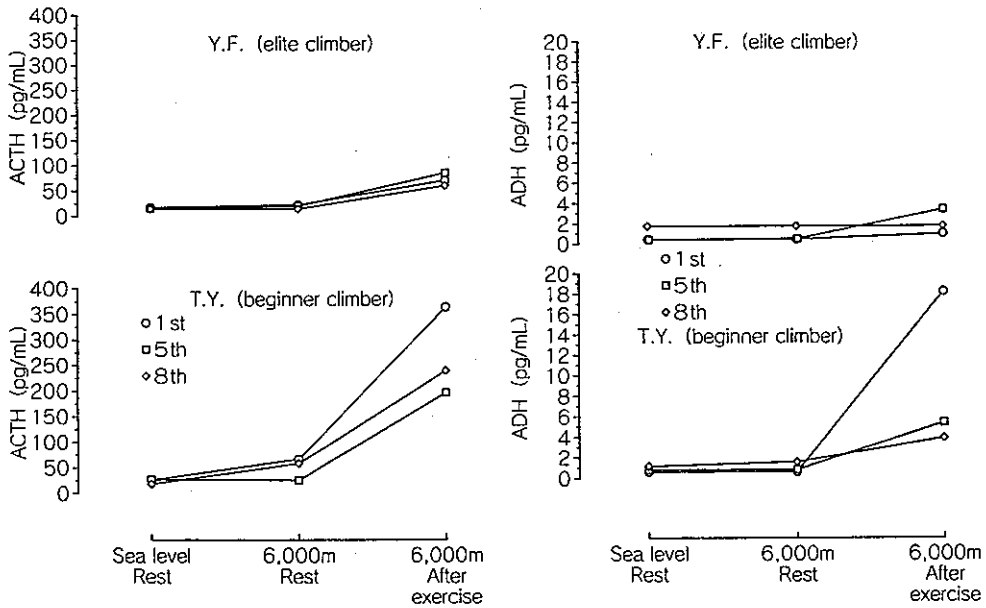


図22 6,000m相当高度での一流登山者と一般登山者の1回30分間の最大下ペダリング時の3.5ヵ月にわたる1,5および8回目の高所順応トレーニングによるACTHとADHの分泌応答の変化 (浅野ら, 1993)

高所順応トレーニングの有効性

1. 高所における運動時の心血管系機能と有気的作業能の向上
 - 1) 運動時の心拍数および収縮期血圧の低下→心筋予備力の増大
 - 2) 運動時の肺動脈圧上昇の抑制→肺水腫の予防
 - 3) 無気的作業閾値および最大酸素摂取量の増加→動脈血酸素飽和度の増加
2. 高所における運動時の交感神経系緊張の抑制

ノルアドレナリン, アドレナリン分泌抑制→血圧低下
3. 高所における運動時の内分泌系亢進の抑制: ストレス性ホルモン (抗利尿ホルモンなど) の分泌抑制→肺水腫, 脳浮腫の予防

2. 登山者の体力とトレーニング (II)

高所における運動時の生理的応答

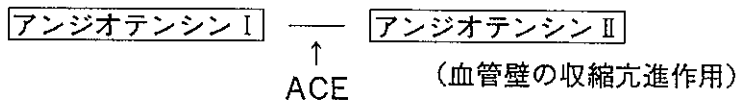
<急性高山病発症誘因> <高所順応トレーニング効果>

1. <u>心血管系</u>	・心拍数	↑	↓
	・収縮期血圧	↑	↓
	・肺動脈圧	↑	↓
	・心筋予備力	↓	↑
2. <u>酸素運搬系</u>	・動脈血酸素飽和度	↓	↑
	・無氣的作業閾値	↓	↑
	・最大酸素摂取量	↓	↑
3. <u>自律神経系</u>	・交感神経系緊張	↑	↓
	・アドレナリン・ノルアドレナリン	↑	↓
4. <u>内分泌系</u>	・下垂体副腎系亢進	↑	↓
	・ACTH (副腎皮質刺激ホルモン)	↑	↓
	・ADH (抗利尿ホルモン)	↑	↓

「高所順応トレーニング」は高山病予防に有効である。

表7 高所順応トレーニングの有効性 (浅野, 1997)

レニン・アンジオテンシン系



(アンジオテンシン変換酵素)

遺伝子：I (挿入型)，D (欠失型)

I はD よりも作用が強力

II型：ACE活性，高い

ID型：ACE活性，中程度

DD型：ACE活性，低い

英国高峰登山者のACE遺伝子タイプ特性

7,000m峰以上無酸素登頂者25人中II型，ID型が多く，DD型が少ない。

8,000m峰以上無酸素登頂者15人中II型6人，ID型9人，DD型0人

一般成人1,906人

ID：II：DD = 2：1：1

表8 高峰登山者の遺伝子タイプ特性 (Montgomeryら, 1998)

2. 登山者の体力とトレーニング (II)

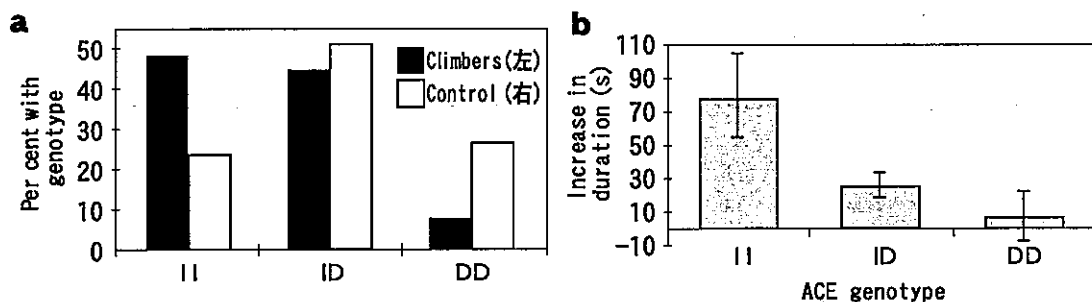


図23 a 英国の7,000m峰無酸素登頂者25人のACE遺伝子 (II型, ID型, DD型) の分布 (左) と英国人の一般健康常男性1,906人の遺伝子分布 (右) との比較
 b 英国軍人78人の10週間の身体トレーニング継続後のACE遺伝子保有者別筋持久性能力の改善効果の比較
 II型遺伝子保有者はDD型保有者に比べ11倍の増大を示した。

(Montgomeryら, 1998)

IV. 今後の課題と展望

1) 高峰登山者の高所適性判定法とくに遺伝子タイプ特性の検討。

1998年5月にイギリスのMontgomeryらは, Nature誌において, レニン・アンジオテンシン系におけるACE (アンジオテンシン変換酵素) のうち活性の高いII型およびID型を有する者の方が, 活性の低いDD型の者よりも高所適性の高いことを報告している (表8) (図23)。また, とくにII型は他の型の者に比べ, 持久性トレーニングによる効果の大きいことが示唆される。従って, 遺伝子タイプから高所適性を判定する方策が21世紀に検討される可能性がある。

2) 高山病の機序解明と予防法, 抗酸化対策の確立。特に低圧, 低酸素シミュレーターによる高所順応トレーニングの重要性が高まろう。

3) Only One Life, Stop the Accident in Mountain!

V 文献

- 1) 浅野勝己 (1987) : 高峰登山家の体力. ヒマラヤ No.187 : 10-20.
- 2) 浅野勝己 (1987) : 無酸素登山と高所順応. Jpn. J. Sports Sci. 6 : 119-125.
- 3) 浅野勝己 (1990) : 著名クライマーの強さの秘密. 岳人7 : 95-98.
- 4) 浅野勝己 (1991) : 高地と運動. 呼吸10 : 1609-1618.
- 5) 浅野勝己 (1991) : 一流登山家の体力特性. Jpn. J. Sports Sci. 10 : 101-110.
- 6) 浅野勝己 (1996) : 高所トレーニングと安全登山. 臨床スポーツ医学13 : 655-663.
- 7) 浅野勝己 (1997) : 高所順応トレーニングの有効性と必要性. 登山医学17 : 18-22.
- 8) 浅野勝己 (1999) : 高い山に登るためのトレーニング. 保健の科学41 : 884-890.
- 9) 浅野勝己, 岡崎和伸 (1999) : ムスターグ・アタ峰登頂における高所順応トレーニングの成果. 登山研修14 : 142-153.

2.. 登山者の体力とトレーニング(Ⅱ)

- 10) Asano K et al (1998) Effects of simulated altitude training on aerobic work capacity in the Himalayan climbers. Progress in Mountain Medicine and High Altitude Physiology. H. Ohno et al (Eds), Matsumoto , pp258-263.
- 11) Montgomery, H. E et al (1998) : Human gene for physical performance. Nature.393, 21 May : 221-222.

(筑波大学名誉教授)