

高所での経皮的動脈血酸素飽和度測定の実験

*¹鈴木 尚, 角家 暁, 熊野宏一, *²鈴木 漠, 柳澤昭夫, 藤原 洋

はじめに

経皮的動脈血酸素飽和度 (SpO₂) は、本来「低酸素状態」を観察するために主に麻酔科領域で発展をとげ、その起源は1934年までさかのぼる¹⁾。器機が小型軽量化するにつれ自然の低酸素状態、即ち高所における人体の反応を観察する事に応用され幾多の報告が現在までされている¹⁾²⁾³⁾。

今回の山行でSpO₂を計測する機会を得たが、低酸素が人体にどのような影響を与えるのか特別の仮説をもっていた訳ではない。従って全てRETROGRADEに検討を加えた報告である。

対象および方法

平成7年5月26日より5月30日まで文部省登山研修所で行なわれた雪上技術講習会受講生のうち、同一行動をとった男子1グループ5名と女子1グループ6名の計11名を対象とした。急性高山病 (AMS) の調査用紙 (Fig 1) を点検し「頭痛」に少なくとも①消化器症状、②疲労または脱力、③めまいまたはふらつき、④睡眠障害の1つを伴う例を定義に依り高山病 (AMS) 群とし頭痛を伴わない群をCONTROL群とした⁴⁾。

SpO₂, PR(脈搏数)はNELLCOR社製のN₂O-Pを使用し入山前検査をSTANDARDとし、以後同一器機にて入山日 (Day 0) より経時的に下山日 (Day 4) まで測定した。SpO₂, PR, AMS Scoreを指標としControl群とAMS群間の有意差、ならびにControl群, AMS群夫々の経時的な変化の差意を検討した。検定

A) 主症状に関する質問事項

1) 頭痛:

- 0: 全く無し。
- 1: 軽い頭痛。
- 2: 中等度の頭痛。
- 3: 強い頭痛。
- 4: 嘗て経験したことのない程ひどい。

2) 消化器症状

- 0: 食欲不振
- 1: いつものようには食欲がない。
- 2: むかついて食欲がない。
- 3: 極めてひどく落ちている。
- 4: 強いむかつき、嘔吐。食事不能。

3) 疲労、および/または、脱力:

- 0: 全くない。
- 1: 少し感じる。
- 2: はっきりと感じる。
- 3: 非常に強く感じる。
- 4: 疲労困憊、および/または重度の脱力

4) めまい、および/または、ふらつき

- 0: 全くない。
- 1: 少し感じる。
- 2: はっきりと感じる。
- 3: 非常に強く感じる。
- 4: おそろしく強く感じる。

5) 睡眠障害

- 0: 全く問題なし。快眠。
- 1: 数回目が覚めた。
- 2: 何度も目が覚め、よく眠れなかった。
- 3: 殆ど眠れなかった。
- 4: おそろしいほど全く眠れなかった。

B) その他の質問事項

1) 病態:

- 0: 全くない。
- 1: 少し感じる。
- 2: はっきりと感じる。
- 3: 非常に強く感じる、具合がわるい。
- 4: もう死にそうだ。

2) 活動能力:

- 0: 普段と全く変わらない。
- 1: 少し落ちている。
- 2: はっきりと落ちついている。
- 3: 極めてひどく落ちている。
- 4: 何も出来ず寝たきり。

Fig.1. This AMS scores are taken from the 7th Hypoxia in 1991, Lake Louise, Arbuta, Canada. This was propagandized by Nakashima M. MD in Japanese.

5. 高所登山と低圧環境トレーニング

TABLE 1
Features of 11 cases

Features	Control	AMS*
	n=6	n=5
male	2	3
mean age (y)	31	32
range (y)	30-32	21-40
female	4	2
mean age (y)	20	20
range (y)	20-21	19-21

*AMS=Acute mountain sickness.

TABLE 2
% O₂ Saturation in two groups

	Control	AMS	p [*]
Standard	96.7	97.8	NS**
Day 1	92.0	92.0	NS
Day 2	92.7	89.2	NS
Day 3	94.1	91.1	NS
Day 4	94.5	90.6	NS

*p refers to Cochran and Cox test. **NS=not significant.

TABLE 3
Puls Rate(bpm) in two groups

	Control	AMS	p [*]
Standard	86.0	80.8	NS**
Day 1	100.0	106.0	NS
Day 2	94.7	108.4	NS
Day 3	85.8	94.9	NS
Day 4	86.3	101.6	NS

*p refers to Cochran and Cox test. **NS=not significant.

TABLE 4
AMS-A Score in two groups

	Control	AMS	p [*]
Day 0	1.67	1.00	NS**
Day 1	1.33	1.00	NS
Day 2	1.17	2.20	NS
Day 3	1.33	4.40	<0.01
Day 4	0.83	3.40	NS

*p refers to Cochran and Cox test. **NS=not significant.

にはCochran and Cox test, T testを使用し, $p < 0.05$ を有意差ありと判定した。また11名中1名に偶然定型的AMSが認められ, この例については別に考慮を加えた。

結果

11名中5名(男性3名, 女性2名)がAMSと推定された(TABLE 1)。AMS群の平均年齢は27才でありControl群のそれは23才であり有意差はなかった。

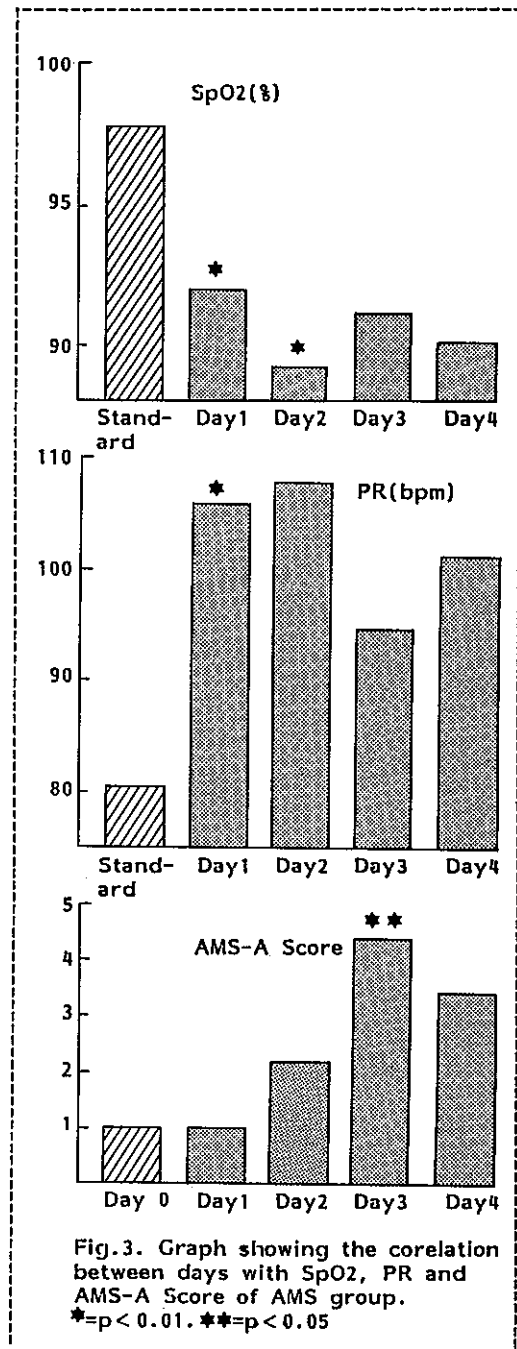
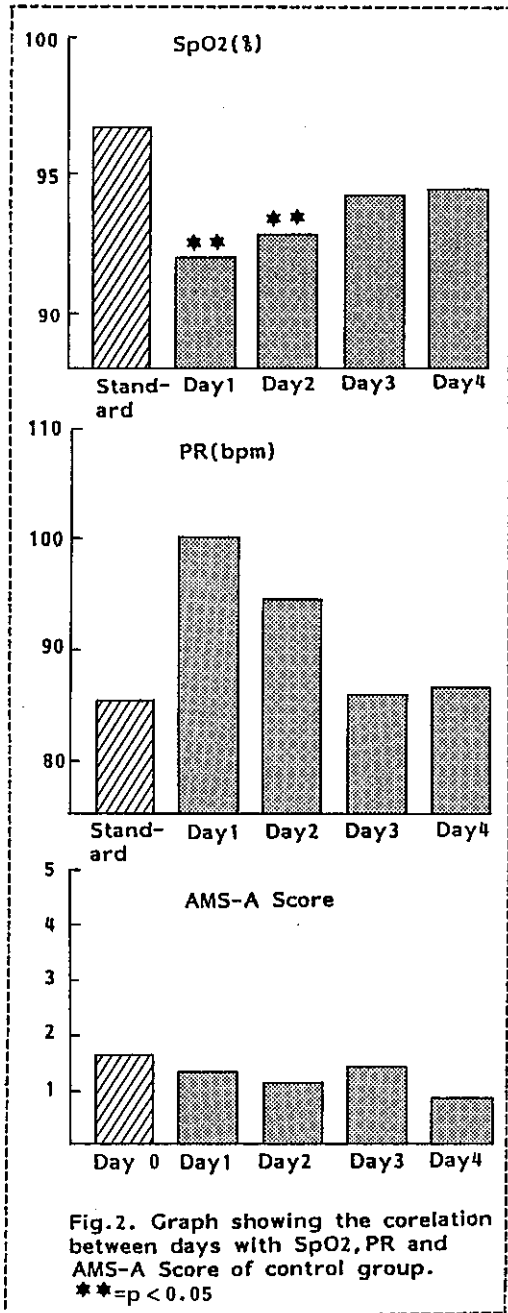
Control群 VS AMS群

SpO₂, PR (TABLE 2, 3), AMS-B ScoreについてはDay 1からDay 4までは有意差は認めなかった。AMS-A Score (TABLE 4)についてはDay 3でAMS群が有意に高値を呈した。

SpO₂

Control群では (Fig 2) Day 1で92.0%, Day 2で92.7%と基準値96.7%に比し有意に低下していた ($p < 0.05$)。AMS群では (Fig 3) Day 1, Day 2が92.0%, 89.2%で基準値97.8%に対しやはり有意に低下していた ($p < 0.01$)。AMS群はControl群に比しより低下する傾向にあったが両者間では有意差は認められなかった。またDay 3, Day 4では両者間に有意差はなかった。

5. 高所登山と低圧環境トレーニング



Puls Rate (PR)

Control群ではDay 1 からDay 4 まで有意差がなかったのに対し、AMS群ではDay 1 が106.0bpmと基準値80.8bpmに比し有意に高値を示した (p < 0.01)。Day 2 からDay 4 では有意差は認めなかった。

5. 高所登山と低圧環境トレーニング

AMS Score

AMS-A ScoreはControl群ではDay 1からDay 4で有意差はなかったが、AMS群ではDay 3で有意に高値を示した ($p < 0.05$)。AMS-B ScoreはControl, AMS群とも有意差を認めなかった。

考察

今回の山行は535mの研修所よりバスで1時間の2,400mの室堂に到着後、徒歩にて2,715mを通過し2,450mのBase Campに入った。入山日の高度差は約2,200mであった。以後約4日間このBase Campを中心に登山活動を展開した。2,450mのSpO₂は約91%といわれているが、この4日間のControl群の平均SpO₂は91.4%, PRは92.5bpmでありAMS群は85.1%, 108.1bpm

であった (TABLE 5)。Specialistは文部省専門職員であり参考の為数値を併記している。

このような低酸素状態に人体が暴露されると過呼吸と心拍数の増加が外観上観察される。この過呼吸の結果肺泡Pco₂が低下し血液pHはアルカリに傾き酸素解離曲線は左方へ移動する。このアルカロージスは2,3-DPGを増量させ酸素解離曲線を再び右方へシフトさせるといわれている。この2,3-DPGによる右方シフトは一つには組織に酸素を供給しやすくなるが、一方、同一大気圧下ではSpO₂の低下として現われる二面性を持っている。

2,3-DPGは運動負荷により60分以内に増量し、その半減期は6時間とされている。またよくトレーニングを積んだ人には2,3-DPGは増量しない事も知られている。今回の対象例ではないが別のグループ6名について、約20分の雪上訓練前後のSpO₂, PRを測定した。運動負荷前のSpO₂は93.2%, 後は88.4%, またPRは95.8bpm, 後は123.6bpmでありいずれも $p < 0.05$ で有意差を示した (TABLE 6, 7)。専任講師も同時に測定した。1名である為有意差検定は施行していないが運動負

TABLE 5
Characteristics of the study groups
at 2450m

	Control	AMS	Specialist
Subjects (n)	6	5	1
Age(y)	23(20-32)	27(19-40)	55
SpO ₂ (%)	91.4	85.1	92.8
PR*(bpm)	92.5	108.1	67.7
AMS-A Score**	1.17	2.40	0
AMS-B Score	0.23	0.80	0

*PR= Puls rate. **=AMS Scores are taken from 7th Hypoxia in 1990.

TABLE 6
Relationship between SpO₂(%)
before exercise and after exercise

Case. No	Before exercise	After exercise	p*
6	93.2	88.4	< 0.05
1☆	95	96	ND**

*p refers to T test. **ND=T test was not done.
☆=Teacher for this institute.

TABLE 7
Relationship between PR(bpm)
before exercise and after exercise

Case. No	Before exercise	After exercise	p*
6	95.8	123.6	< 0.05
1☆	88	99	ND**

*p refers to T test. **ND=T test was not done.
☆=Teacher for this institute.

5. 高所登山と低圧環境トレーニング

荷前後で数値に差異はないように思われる。この現象は野口⁵が低圧タンクにおける研究よりも実際の登山活動においてSpO₂の数値が低く検出されており、これは登山の疲労がSpO₂に反映されている為と述べているが、今回の我々の測定値もこの現象を説明していると考えられる。

さて定型的AMSを呈した症例を検討する。症例は21才男性。大学山岳部に属し一年前に3,000m級の山行時に頭痛を経験している。入山日、Day 1, Day 2に特に訴えはなかった。Day 3に頭痛、悪感、咽頭痛、咳を主訴とし受診した。体温は37.5℃でありカゼ症候群と判断し感冒薬を投与しその日の行動中止を指示した。受診後テントに帰る途中息切れとズキンズキンとする側頭部痛を自覚している。この時のSpO₂は80.0%, PRは108.5bpmであった。翌5月30日 (Day 4) 出発時のSpO₂は77%, PRは135bpmであった。自分の荷物を担ぎ約3時間かけて2,715mに到着した。自覚的に歩行時に割れそうな頭痛を訴えており、他覚的にはフラツキ走行で平衡機能障害を呈していると思われた。この時点でのSpO₂は57%であり、PRは150bpmであった。HACEに近いAMSと判断し空身とし直ちに雷鳥沢を下降した。約10分経過後頭痛の改善を認めた。雷鳥沢最下端部の2,240m到着時は頭痛も消失し、SpO₂は69%, PRは110bpmであった。2,410mの室堂まで雪上車で搬送したが室堂ではSpO₂は63%, PRは116bpmと運動負荷が無いにもかかわらず数値は一過性に悪化した。その後車で下降したがFig 4に示すごとく高度に反比例しSpO₂, PRも正常化し研修所到着時には正常範囲内になっていた。この症例の基準値ならびにDay 1 からDay 4 までのSpO₂, PR, SpO₂/PRならびにAMS ScoreをTABLE 8に示す。野口⁵によるとSpO₂/PRが小さい程後の登山活動に影響を及ぼすと示唆している。

今回の定型的AMS症例でもDay 2 でSpO₂/PRが0.7と低下しているが自覚症状はDay 3 からDay 4 で出現している。同様の傾向はAMS群のDay 1 でSpO₂の有意の下降とPRの有意の上昇、即ちSpO₂/PRの低値を示したがAMS ScoreはDay 3 ではじめて有意差が出現しており、自覚的にAMSの症状を感じる以前にSpO₂, PRの異常値が測定されたことは興味あるところであった。

TABLE 8
Characteristics of typical AMS case

	Standard	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4
SpO ₂ (%)	98	92.7	84.5	80.0	77
PR(bpm)	61	99.3	120.0	108.5	135
SpO ₂ /PR	1.44	0.93	0.70	0.74	0.57
AMS-A Score		0	1	6	9
AMS-B Score		0	0	2	4

今回のRETROGRADEの考察で、「分子」即ちSpO₂の低下の原因を考えると、いうまでもなく低酸素という環境である。定型的AMS症例で示したごとく、SpO₂の改善は高度にきわめてよく反比例している。また登山活動に伴なう過呼吸や運動負荷、あるいは入山前のトレーニング不足、または発熱等による過呼吸が2, 3-DPGを増量させる結果がSpO₂の低下につながるものと推測された。AMSを予測する意味でも今後SpO₂, PRの計測の果たす役割は大きいと思われる。

5. 高所登山と低圧環境トレーニング

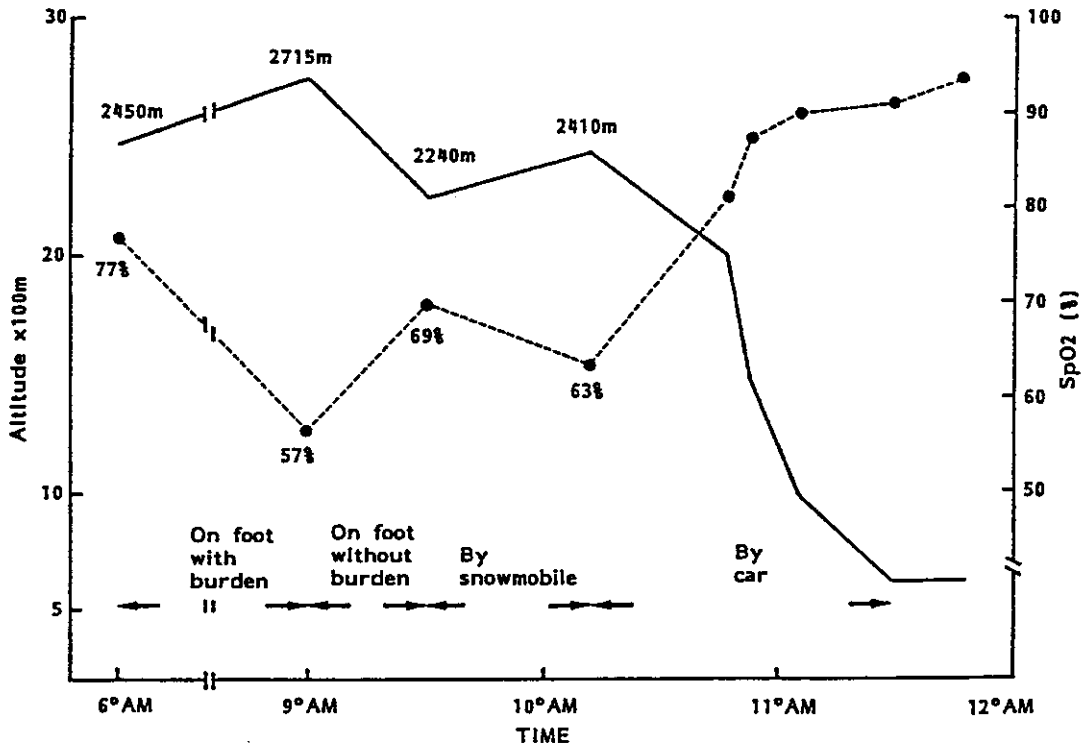


Fig.4. Graph showing the correlation between SpO2 with altitude of one typical acute mountain sickness case. SpO2 is in inverse proportion to altitude.

文献

- 1) 土井孝志, 佐々木巖, 内藤広郎ほか: 1990年学習院西藏登山隊医学研究報告書 (高所登山時に Coenzyme Q 10が肺機能に及ぼす効果について), 登山医学11: 85-89, 1991
- 2) 河合峰雄, 田中義弘ほか: 高所における動脈血酸素飽和度について, 登山医学10(1): 91-98, 1990.
- 3) 中島道郎, 出水明, 遠藤克明ほか: 高所滞在と, 指尖脈波酸素飽和度 (SpO₂) の低下, ならびに息遣え時間 (BHT) の短縮について, 登山医学12(1): 123-136, 1992
- 4) 中島道郎: 環境異常によるもの 高山病, 治療17(2): 561-566, 1995
- 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・デマバンド山 (5,671m) 登山における検討-, 登山医学13: 99-106, 1993
- 6) William New, JR: 動脈血酸素の悲観血的持続的測定, 日本臨床麻酔学会誌 6(6): 28-35, 1986

(※1 金沢医科大学付属病院医師)

(※2 文部省登山研修所)