

チベット高地における血中酸素飽和度について

～第2報 高度順応で酸素飽和度が上昇～



長嶺胃腸科内科外科医院 長嶺 信夫

はじめに

高度 0m の平地では気圧は 1013.5 ヘクトパスカル (hPa) であるが、高度 5,000m では気圧は 540.2hPa しかなく、大気中の酸素分圧は 53% である。すなわち、高度 5,000m では、大気中の酸素含有比率は平地と同じ 21% であるが、酸素含有量は平地の半分しかない。

高地在住者は、大気中の酸素分圧が低いため、呼吸回数を増やすとともに、体内では赤血球数を増加させることで環境に対応していると考えられてきた。しかし、赤血球の過剰産生は、血液の粘度を高め、血流を阻害し、酸素供給の障害になることも考えられ、必ずしも高地在住者に有利に働くとはいえない。

このような中、チベット人はどのようにして、4,000m を超す高地に適応してきたのであろうか。

このことに関して、Lorenzo らはアメリカ在住のチベット人を対象にした最近の研究で、チベット民族の 85% の人が特殊な遺伝子の Variant をもち、その遺伝子の作用で低酸素環境に反応した赤血球の過剰産生を抑制していることが判明した。またその作用は酸素濃度の低い時にだけ働くとのことである。一方、チベット人以外ではこのタイプの遺伝子を持っている人はわずかに 0.8% である。(Lorenzo FR et al: A genetic mechanism for Tibetan high-altitude adaptation. Nat Genet.2014 Sep;46 (9),951-6)。

筆者はチベット人の高度順応に興味を持ち、6年前の 2011 年 5 月にチベット高地を訪問した際、日本人旅行者およびチベット在住者の血中酸素飽和度 (以下、酸素飽和度と略す) を

測定し、沖縄県医師会報 (Vol.47 No.10 2011) にて報告した。

筆者は、前回チベット高地に在住している人達は、高地に順応することによって酸素飽和度が高めに出るのではないかと予想したが、測定結果は予想に反し、両者の酸素飽和度の平均値 (あくまでも平均値) に大差はみられなかった。

この報告に対し、広報担当理事から「ヘモグロビン (Hb) と酸素の結合度合いを示す酸素飽和度を決定するのはあくまでも環境の酸素分圧であり、これは観光客も現地人も等しい条件にいる訳だから、各個人の酸素取り込み能力に大差がなければ、赤血球の数とは関係なく同等の数値を示してくるのは当然の結果である」とのコメントをいただいた。

しかし、このコメントに釈然としないものを感じていた。なぜなら、旅行前の健康診断では特に差異を認めなかった旅行者であるが、測定結果をみると個人差が激しく、また同じ年代層においても著しい差が見られたからである。このことから、「酸素飽和度を決定するのは環境の酸素分圧である」という一面的なとらえかたではなく、「同一環境の酸素分圧下においても、個人の行動用式、特に深呼吸など呼吸法や高地の環境に順応することで酸素飽和度に差がでるのではないか」との多面的なとらえかたをして、疑問を持ち続けていた。

この度、2017 年 5 月 13 日から 23 日まで 3 回目のチベット調査旅行を実施した際、あらためてツアー参加者の酸素飽和度を測定し、疑問点を解消しようと試みた (写真 1)。



写真1 ロンボク（標高 4,900m）から見たチョモランマ

今回は、同一環境の酸素分圧下で安静時と深呼吸後の酸素飽和度と脈拍数を測定するとともに、さらに測定日を変え、チベット自治区内での滞在初日（ツアー3日目）と最終滞在地（ツアー10日目）であるラサ（標高 3,650m、気圧 666.2hPa、酸素分圧 64%）で同一人の酸素飽和度を測定した。チベット在住者の被験者は4人の小人数にとどまったので、今回はチベット在住者との比較はせず、日本人ツアー参加者の酸素飽和度について検討した。

以下興味ある測定結果を得たので報告する。

測定方法および結果

測定場所：①標高 4,900m に位置するロンボクの招待所の食堂

②標高 3,650m に位置するラサのホテルおよび空港

測定日時：ロンボク：2017年5月20日、昼食時
ラサ：2017年5月15日夕刻および2017年5月22日15時

測定機器：村中医療器株式会社製 MMI パルスオキシメーター フィンガー SB100

被験者：日本人15人、チベット人3人、チベット在住漢民族1人

既往歴：症例1（筆者）は軽度の気管支喘息があるが、他の日本人ツアー参加者に呼吸器疾患の既往歴を有する者はいない。

喫煙歴：被験者19名中2名の喫煙者がいる。

測定項目：安静時と深呼吸（10回）実施後の酸素飽和度、脈拍数、症例1～6の日本人6人に関しては旅行前に実施した末梢血の赤血球数、Hbの検査値も参考にし、酸素飽和度、自覚症状との関係を調べた。

測定結果

測定結果は表1（測定地：ロンボク）、および表2（測定地：ラサ）の通りである。表に示した通り、同一環境下においても、安静時と深呼吸後

表1. ロンボク（標高 4,900m）における血中酸素飽和度（%）・脈拍数

症例	民族居住地	年齢性	喫煙	血中酸素飽和度% (脈拍)	深呼吸後酸素飽和度% (脈拍)
1	日本	76 男	(-)	89 (86)	88 (69)
2	日本	47 女	(-)	79 (93)	88 (93)
3	日本	76 男	(-)	60 (84)	87 (80)
4	日本	73 女	(-)	41 (103)	74 (103)
5	日本	75 男	(-)	53 (112)	36 (94)
6	日本	70 女	(-)	76 (86)	84 (83)
7	日本	74 男	(+)	78 (89)	91 (89)
8	日本	72 男	(-)	67 (101)	81 (102)
9	日本	69 女	(-)	87 (110)	89 (84)
10	日本	70 男	(-)	89 (95)	89 (83)
11	日本	66 男	(-)	74 (87)	74 (84)
12	日本	71 男	(-)	51 (99)	83 (91)
13	日本	67 女	(-)	73 (84)	73 (77)
14	日本	66 女	(-)	72 (113)	84 (101)
15	日本	76 女	(-)	43 (111)	60 (106)
16	チベット	39 女	(-)	68 (105)	90 (94)
17	チベット	56 男	(+)	77 (96)	92 (90)
18	漢民族・チベット	40 男	(-)	89 (79)	93 (73)
19	チベット	46 男	(-)	89 (101)	94 (84)

表 2. ラサ (標高 3,650m) における安静時血中酸素飽和度 (%)・脈拍数

症例	民族 居住地	年齢 性	喫煙	血中酸素飽和 度(滞在初日)	酸素飽和度/ 脈拍(最終日)
1	日本	76 男	(-)	85	88 (84)
2	日本	47 女	(-)	74	93 (80)
3	日本	76 男	(-)	85	90 (74)
4	日本	73 女	(-)	76	80 (87)
5	日本	75 男	(-)	44	68 (100)
6	日本	70 女	(-)	82	92 (88)
7	日本	74 男	(+)	90	89 (71)
8	日本	72 男	(-)	82	88 (73)
9	日本	69 女	(-)	80	92 (65)
10	日本	70 男	(-)	74	86 (109)
11	日本	66 男	(-)	77	89 (74)
12	日本	71 男	(-)	76	83 (72)
13	日本	67 女	(-)	78	89 (71)
14	日本	66 女	(-)	85	86 (70)
15	日本	76 女	(-)	57	87 (85)

の酸素飽和度に著しい差がみられた。また、同一環境下 (ラサ) においても、ツアー開始時と高度順応後における酸素飽和度に大きな差がみられ、高度順応後に著しい改善がみられた (表 1, 2)。

症例 1 (筆者) は気管支喘息の疾患があるが、血中酸素飽和度は高値を示した。6 年前ロンボクで測定した酸素飽和度は 78% であったが、今回は 88% に上昇していた。喫煙者 2 人も差を認めなかった。

考察

今回のツアー参加者は日本各地から空路上海で合流し、その後飛行機で西寧に飛び、西寧で一泊後、青蔵鉄道でチベット自治区の首都ラサ (3,650m) に入り、ラサで高度順応のため 2 泊した後、専用バスでカンパ・ラ (峠: 4,749m)、カロ・ラ (峠: 5,045m) を通り、ギャンチェ (標高 3,900m) で一泊、その後ツォー・ラ (峠: 4,500m)、ギャツォー・ラ (峠: 5,220m)、シガチェ (標高 3,920m) を経由、オールドティンリー (標高 4,390m) で一泊、トン・ラ (峠: 5,050m) を通り、さらにシェーカル (標高 4,300m) で 2 泊、ギャウ・ラ (峠: 5,100m)、ロンボク (標高 4,900m) 経由でチョモランマ・ベースキャンプ (標高 5,200m)

を往復し、シガチェ (標高 3,920m) 1 泊後、最後にラサ空港から上海に戻り、各自帰路につく 11 日間の日程であった。

青蔵鉄道は、西寧からラサ間、最高高度 5,072m の高地を走る列車で、高度順応ができていない人にとっては最初の試練の場所である。列車内では夜間酸素が放出されていたが、症例 5 (76 歳、男) は翌日列車内で、目を閉じ、朦朧として、顔面に浮腫を認めたため、酸素飽和度を測定したところ、44% まで低下していたため、急遽深呼吸を繰り返させたところ、数分後 98% まで上昇した。旅行前の医学検査では末梢血および医化学検査、心電図、胸部レントゲン検査はいずれも異常はなかった。その後極力寝ないで話をするよう指導し、深呼吸を繰り返させ、炭酸脱水酵素抑制剤ダイアモックスを使用した。同症例は過去にスイス・アルプス、カナディアン・ロッキー、屋久島の縄文杉も踏破し、高地旅行に自信をもっていたが、旅行前の 3 月末から脊柱管狭窄症のため腰痛があり、旅行中も鎮痛剤を服用していた。その副作用で眠気を生じ、呼吸抑制につながった可能性がある。本人は旅行前、ほとんど歩行していなかったため、筋力と心肺機能が低下したのが原因ではないかと述べている。このように、被験者の酸素飽和度には環境

の酸素分圧以外に種々の要因が大きく関与していることがわかる。

また症例 15 (76 歳、女) は列車内で閉眼したまま苦しそうにしていたため、酸素飽和度を測定したところ、酸素飽和度 37%、脈拍数 123 回であった。緊急を要する事態に、10 回ほど深呼吸させた後、再度測定したが、相変わらず酸素飽和度 36%、脈拍数 108 回の低値であった。その後も続けて深呼吸を繰り返させたところ、酸素飽和度 88%。脈拍数 113 回まで回復した。

同症例はロンボク (標高 4,900m) においても安静時と深呼吸後の酸素飽和度を測定したが、深呼吸後の酸素飽和度に著しい改善 (43% → 60%) がみられた。この数値を見た結果、同じ環境の酸素分圧下においても呼吸法によって酸素飽和度の測定結果に著しい差が生じることが改めて確認できた。深呼吸によって酸素飽和度が上昇するのは日常診療においてもよく見られる現象である。

症例 4 (72 歳、女) はツアー日程途中から、顔面浮腫と乏尿を訴えたので、ダイアモックスを使用したところ、排尿増加を認め、顔面浮腫の軽減がみられた。旅行前の検査所見に異常は認められなかった。

症例 6 (70 歳、女) はラサ到着時から予防的にダイアモックスを使用したのが、最終日程まで異状なく経過した。以上の 3 人以外ダイアモックスを使用した人はいない。

次に同じ環境下における同一人の測定結果であるが、ツアー開始時と比較し、高度順応後の測定結果に著しい改善がみられた。特に症例 5 (ツアー開始時のラサ 44% → 68%)、症例 15 (ツアー開始時ラサ 57% → 87%) の改善は驚異的である。症例 15 は当初緘黙 (かんもく) であったが、酸素飽和度が改善したころは饒舌 (じょうぜつ) になった。このことは、被験者の酸素飽和度が環境の酸素分圧だけでなく、高度順応によって著しく改善することを示している。この測定結果こそ筆者が最も期待していた結果であった。

おわりに

チベット高地で日本人ツアー参加者および現地チベット人および漢民族の酸素飽和度を測定した。被験者の酸素飽和度は環境の酸素分圧の影響をうけることは当然であるが、被験者の日常行動や呼吸法によって大きな差を生じ、また高度順応によって著しい改善がみられることが判明した。



ギャウ・ラ (峠 5,100 m) より望むチョモランマ 手前の旗はチベットの祈りの旗「タルチョ」