

チベット高地における血中酸素飽和度について ～日本人旅行者およびチベット人の興味深い測定結果～



長嶺胃腸科内科外科医院 長嶺 信夫

はじめに

長距離を走るマラソン選手がオリンピック前に高地トレーニングをすることは良く知られている。

大気中の酸素含有比率は高地においても平地と同じ21%であるが、高地では気圧が低く、それに比例して大気中の酸素分圧も低い。高度5,000mでは気圧は540.2ヘクトパスカル(hPa)しかなく、空気中の酸素分圧は53%である。すなわち、海拔0mでの大気中酸素濃度を100%とすると、5,000mの高地では、平地の約半分の酸素濃度でしかない(表1)。

表1. 標高と気温・気圧・酸素分圧
(理科年表平成18年版を改変)

山名・地名	標高	気温(°C)	気圧(hPa)	酸素分圧
エベレスト(8848m)	8800m	-42.2	318.7	33%
ギャチュンカン(7952m)	8000m	-37.0	356.0	36%
キリマンジャロ(5895m)	6000m	-24.0	471.8	47%
ギャツォー・ラ(峠5220m)	5200m	-18.8	525.9	52%
シシャバンマBC(5000m)	5000m	-17.5	540.2	53%
ロンボク(4900m)	4800m	-16.2	554.8	
セチ・ラ(峠4515m)	4400m	-13.5	584.9	57%
シガツェ(3920m)	4000m	-11.0	616.4	60%
富士山(3776m)	3800m	-9.7	632.6	
ラサ(3650m)	3400m	-7.1	666.2	64%
	1000m	8.5	898.7	88%
	0m	16.0	1013.5	100%

筆者はこの度、チベット高地を訪問することができた。その際、旅行日程の9日目に、標高4,900mに位置するロンボク在のホテル(絨布寺賓館)でツアー参加者、ガイド、運転手および現地のホテル従業員(チベット人)、総勢17人の血中酸素飽和度(以後、酸素飽和度と略)、脈拍数を測定し、興味深い結果を得たので若干の考察を加え報告する(写真1)。



写真1. 4,900mの高地に建つロンボクのホテル(絨布寺賓館)。手前の動物は登山者の荷物を運ぶヤク。

測定方法および結果

測定場所：標高4,900mに位置するロンボクのホテル・絨布寺賓館

測定日時：2011年5月24日、午後7時前後、夕食前。

測定機器：パルスオキシメーター 機器製作者・NONIN、型式・Onyx1、モデル9,500。

被験者：日本人7人(ガイド1、ツアー客6)、チベット人9人(ガイド2、運転手1、ホテル従業員6)、漢民族1人(運転手)の17人。

測定項目：酸素飽和度、脈拍数。ほかに喫煙の有無を問診した。

測定結果：測定値は表2のとおりで、症例4、5、6の日本人が酸素飽和度60%代で低値であったが、他の日本人と現地チベット人の酸素飽和度に差はみられなかった。また、喫煙の有無による差もなかった。

表2. チベット高地 (4,900 m) における血中酸素飽和度・脈拍
2011年5月24日 ロンボクのホテル(絨布寺賓館)にて測定

症例	民族・居住地	年齢・性	喫煙	血中酸素飽和度 (%)	脈拍数	自覚症状
1	日本	70 男	(-)	78	89	軽度頭痛
2	日本	65 女	(-)	87	78	軽度頭痛
3	日本	26 男	(-)	78	72	軽度頭痛
4	日本	65 男	(-)	64	90	頭痛・食欲不振
5	日本	67 男	(-)	68	100	(-)
6	日本	67 女	(-)	62	102	(-)
7	日本	65 女	(-)	84	76	(-)
8	チベット・ラサ	26 男	(-)	79	96	
9	チベット・ラサ	23 男	(+)	84	85	
10	チベット・ラサ	42 男	(-)	80	93	
11	漢民族・ラサ	41 男	(-)	84	94	
12	チベット・ロンボク	49 男	(-)	74	77	
13	チベット・ロンボク	29 男	(+)	77	80	
14	チベット・ロンボク	30 男	(+)	80	77	
15	チベット・ロンボク	21 女	(-)	82	93	
16	チベット・ロンボク	21 女	(-)	83	86	
17	チベット・ロンボク	29 女	(-)	83	63	

考察

今回のチベット旅行ではニンティ (林芝・標高2,980m) から最高5,220mのギャツォー・ラ (峠) に至る高地を12日間の行程で旅行し、チベット自治区内のニンティ (2,980m)、ラサ (3,650m)、オールドティンリー (4,390m)、シェーカル (4,300m)、ロンボク (4,900m)、シガツェ (3,920m) に宿泊した。

旅行日程の9日目に今回のツアーにおける最高高度の宿泊地であるチョモランマ・ベースキャンプ (5,150m) に近い標高4,900mに位置するロンボクのホテル (絨布寺賓館) で夕食前に17人の酸素飽和度及び脈拍数を測定した。また喫煙の有無が測定結果に影響する可能性があるため、喫煙の有無もあわせて調査した。被験者の既往歴に関しては調査せず、機器の関係から末梢血の赤血球数の測定も実施しなかった。

高地において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、体内では血中の赤血球数を増加させることで対応しているといわれている。すなわち、高地で常時生活している人達は、末梢血中の赤血球数が多く、その分、血中酸素濃度が高いと考えられている。今回は被験者の末梢血中の赤血球数の測定はできなかったが、酸素飽和度の測定結果は意外な数値を示した。

まず、興味深いのは、一部を除いて、ツアーに参加した日本人と現地のガイドやホテル従業員間で測定結果にほとんど差がみられなかったことである。

旅行社はツアー客に事前に医師による診断書の提出を義務付けるとともに、現地において、健康管理上、毎日パルスオキシメーター (血中酸素飽和度測定器) で脈拍数や酸素飽和度を測定し、客観的に高山病の症状を判断している。今回ツアーを企画した旅行社では、

1. 酸素飽和度が69%以下の数値になった場合一酸素の供給を開始。
2. 酸素飽和度が64%以下の数値になった場合一即座に最寄の病院にて入院治療、酸素吸入。ということになっていた。

今回のツアー客は旅行開始時7人であったが、バスに乗り込んでニンティ (標高2,980m) からセチ・ラ (峠、4,515m)、ミラ・ラ (峠、5,020m) をへてラサ (3,650m) に到着した日から、60代の女性客1人が、食欲不振、不眠、疲労感を訴え、翌日 (日程5日目) の観光日程を中止した。日程6日目には旅行を継続することができず、ラサから成都、北京経由で日本に帰還した。ラサ到着時点での女性の酸素飽和度は80%、脈拍数は84回で、測定結果自体はそれほど悪い数値ではなかったが、当日までの強行日程や睡眠不足で体調をこわしたものと思われる。

残りの6人のツアー客は旅行を続行したのであるが、症例4 (65歳、男性) はラサ (3,650m) からカンパ・ラ (峠、4,749m)、カロ・ラ (峠、5,045m)、ツォー・ラ (峠、4,500m)、ギャツォー・ラ (峠、5,220m) を経由してオールドティンリー (4,390m) へ向かう途中から、頭痛を訴えた。酸素飽和度は67%を示し、移動中の4輪駆動車の中で、酸素吸入を実施した。同症例は日程9日目のロンボクでも酸素飽和度は64%の低値を示し、脈拍数90回で激しい頭痛 (ガンガン) および食欲不振を訴え、酸素吸入を実施している。

症例6 (67歳、女性) は5月24日のロンボ

ク（高度4,900m）での夕食前の測定では酸素飽和度62%、脈拍数102回で無症状であったが、翌朝25日午前7時には酸素飽和度は57%に低下し、脈拍数103回の数値で食欲不振と不眠を訴えていた。

症例2（65歳、女性）はロンボクで軽度の頭痛を訴え、就寝時に横になると、激しい咳を訴えた。上半身を高くした状態で寝かせると症状は軽減した。同症例は軽度の睡眠時無呼吸症候群の疾患があるため、高山病予防を兼ね、日程4日目のラサ滞在中から、炭酸脱水酵素抑制剤のダイアモックス（250mg）1錠を毎日服用させた。5月24日朝の酸素飽和度は90%、脈拍数は98回、午後7時の酸素飽和度87%、脈拍数78回で、客観的データは全症例中で最も良好であった。薬剤の効果で換気量が増大し、血中酸素量が増加したことが考えられた。症例2以外にダイアモックスを服用したものはいない。

症例3（26歳）は日本人登山ガイドで6,000m級の登山経験者である。

ところで、高山病初期の症状として、頭痛（頭重感）、不眠、食欲不振、吐き気、放屁、手足のむくみ、胸部圧迫感などがあり、中期の症状として、頭痛（鉄の輪をはめて締め付けられるような痛み—症例4）、発熱、下痢、尿量減少、足の浮腫、嘔吐、咳（夜、横になると咳がとまらない—症例2）、脈拍増加、意欲減退などがある。

重症の高山病になると、肺水腫や脳浮腫を生じ生命の危険がある。ちなみに、今年も私たちがチベットに入国する直前の5月12日、第1回植村直己冒険賞を受賞した登山家の尾崎隆さん（58歳）がエベレスト頂上直下で高山病のため遭難死している。

ロンボクにおける測定時にホテルのチベット人従業員（症例13）に1回目の測定後ホテルの周りを小走り（これ以上の運動は無理）したあと、再度測定したところ、酸素飽和度が77%から65%に落ち、脈拍数が80から130に増加した。チベット人でも現地での行動は息苦しいとのことであった。

ホテルは3階建てで、ツアー客の寝室は1階にあり、食堂やテラス、トイレは2階にあったので、宿泊人は階段を上がる時、ゆっくり、休みながら上がっていた。また、2階のテラスから見るチョモランマ（エベレスト）の眺望は格別であったので、シャッターチャンス逃がさないため、急いでカメラの望遠レンズや三脚を部屋に取りに行く際、息せき切って階段の上り下りをしたものである（写真2）。



写真2. ロンボクのホテルから見たチョモランマ（エベレスト）。

現地チベット人従業員の酸素飽和度を測定する時、予想したのは「チベット人の酸素飽和度が平地で生活してきた日本人ツアー客の酸素飽和度よりかなり高く、少なくとも80%代後半では」ということであった。しかし予想に反して、チベット人で酸素飽和度が85%を越す人はなく、一部の症例を除いて両者に差がみられなかったことに驚いている。

また、同じ環境下で酸素飽和度を測定した日本人で、症例1（70歳、筆者、酸素飽和度78%）や症例2（65歳、同87%）、症例7（65歳、同78%）が高値を示したのに対し、特記すべき疾患を有していない同年代の症例4（65歳、同64%）、症例5（67歳、同68%）、症例6（67歳、同62%）が低値を示した。同じ年代層でありながら、血中酸素飽和度にこのような差がでたことに驚いている。この数値をどう解釈すべきかわからない。今回は測定結果を公表することに徹し、読者に今後の研究資料を提供することにしたい。

おわりに

チベット高地を旅行し、標高4,900mのホテルで現地ホテル従業員を含む17人の血中酸素

飽和度および脈拍数を測定した。予想に反して、日本人ツアー客と現地チベット人では測定値に大きな差はみられなかった。



広報委員会からのコメント

沖縄県立南部医療センター・こども医療センター 當銘 正彦

長嶺信夫先生には度々、本誌へ興味尽きない投稿を頂き、感謝に堪えません。今回もチベットへの訪問を単なる旅行記としてではなく、山岳地に居住する人体の低酸素症に対する医学的興味を追求されています。日本人観光客7人とチベット在住10人において、年齢、性別、喫煙の有無、血中酸素飽和度、脈拍数、そして自覚症等々で丁寧な比較検討をされています。そして酸素飽和度の低下と自覚症状の有無が必ずしも相関しないこと、また日本人観光客とチベット住人との間に、さ程の酸素飽和度の違いが見られないことに気づかれ、素朴な驚きを示されています。

臨床家としての長嶺先生の着眼点の鋭さに感服するところです。ところが酸素飽和度に関しては、“両者間で相当に違うだろう”という問題設定には疑問を感じました。酸素密度の低い高地に居住するヒトの環境適応は、赤血球の数を増やして単位血液当たりの酸素含有量を増大させる方向で発揮されるものであり、それ自体は酸素飽和度には反映されない数値だからです。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ですから、各固体の有する酸素取り込み能力(A-aDO₂)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筈です。従って、長嶺先生の調査された結果は当然の帰結であり、特に驚くことではないものと考え、コメントさせていただきました。とは言え、実際に日本人観光客の酸素飽和度の平均値を算出すると74.4%で、現地住民の平均値80.6%と比較すると明らかな低め傾向を示しています。しかしこれについては、ヒトの正常動脈血酸素分圧は経年的に約0.3 torr/年ずつ低下して行きますので、日本人観光客の平均年齢が60.7才で、現地住人は31.1才であることを加味しますと、十分に納得できる結果であると考えます。

以上、長嶺先生の貴重なフィールドワークを拝見して、呼吸生理学的な観点より、コメントを書かせて頂きました。