

□原著論文□

赴任先の標高が血圧、血中酸素飽和度、急性高山病自覚症状へ及ぼす影響
—ボリビアの高地都市滞在中の青年海外協力隊員に対する
簡易身体調査より—

志村 圭太¹ 久保 晃²

抄 録

目的：ボリビアで活動する JICA 青年海外協力隊員が活動報告会参加のため標高 3,400 m の高地に滞在した際、普段滞在中の任地の標高との違いによって身体にどのような影響が認められるかを血圧、動脈血酸素飽和度 (SpO₂)、高山病自覚症状の有無から明らかにすること。

対象：活動報告会に参加した隊員 38 名を対象とした。

方法：血圧と SpO₂ を測定し、自覚症状の有無を調査した。データ解析では各隊員の任地の標高を 500 m 以下、2,500 m 前後、3,000 m 以上の 3 群に分類し、一元配置分散分析で検討した。

結果：血圧、SpO₂ ともに有意な主効果が認められなかったが、高山病自覚症状を認めた 4 名はいずれも低地群で、SpO₂ は著しく低かった。

結論：SpO₂ は高山病症状の 1 つの指標となるが、症状の出現には個人差が存在していた。隊員の健康管理には任地の標高を考慮する必要があると考えられた。

キーワード：ボリビア、急性高山病、動脈血酸素飽和度

**Influence of the altitude of their location of work on blood pressure,
arterial oxygen saturation and symptoms of acute high-altitude illnesses
— A simplified physical checkup for Japan Overseas Cooperation volunteers
in Bolivia during their stay in a highland city —**

SHIMURA Keita and KUBO Akira

Abstract

Purpose: To clarify the influence of the altitude of work location on blood pressure, arterial oxygen saturation (SpO₂) and symptoms of acute high-altitude illnesses in Japan Overseas Cooperation volunteers working in a highland city at an altitude of 3,400 m in Bolivia.

Participants: Thirty-eight Japan Overseas Cooperation volunteers who participated in periodical activity report meetings were included.

Methods: At each interview, blood pressure and SpO₂ were measured, and participants were questioned about experiencing symptoms of high-altitude illness. For the data analysis, we classified participants into three groups depending on the altitude of their work location (less than 500 m; 2,500-2,750 m; more than 3,000 m) and implemented one-way analysis of variance.

Results: No significant effect was observed on either blood pressure or SpO₂ values among the three groups. However, all participants who experienced symptoms of high-altitude illness were in the low-altitude group and had lower SpO₂ values.

Conclusion: SpO₂ could be an indicator of high-altitude illness. However, there is inter-individual variation in the presentation of symptoms. The results indicate that we need to consider the altitude of their work location when managing the health of volunteers.

Keywords : Bolivia, acute high-altitude illnesses, arterial oxygen saturation

受付日：2015年12月2日 受理日：2016年2月18日

¹国際医療福祉大学大学院 医療福祉学研究科 保健医療学専攻 理学療法学分野 博士課程

Division of Physical Therapy, Doctoral Program in Health Sciences, Graduate School of Health and Welfare Sciences, International University of Health and Welfare

²国際医療福祉大学 保健医療学部 理学療法学科

Department of Physical Therapy, School of Health Sciences, International University of Health and Welfare

akubo@iuhw.ac.jp

I. はじめに

南米の内陸国であるボリビア多民族国（以下、ボリビア）は、ペルー、ブラジル、アルゼンチン、パラグアイ、チリの5カ国に囲まれており、日本の約3倍の国土面積（1,098,581 km²）を有する。日本からみると地球の真裏に位置し13時間の時差があるボリビアは、国土の大部分を山岳地帯が占めるが、標高によって高地高原地帯（標高3,500 m以上）、渓谷地帯（3,000～1,000 m）、平原地帯（1,000 m以下）に分けられ、気候も多様である。2012年の国勢調査¹⁾によれば、総人口は10,027,254人である。天然ガスをはじめとした豊かな天然資源をもつにもかかわらず貧しい経済状態が続いており、現在も南米大陸で最貧国である²⁾。本邦とは約100年前に国交が開始されて以来、戦後の移民政策で多くの日本人が移住した歴史をもつほか、政府開発援助（ODA）による日本からの支援が続けられており、その分野はインフラ整備、農業をはじめとした地域開発、教育、保健医療、福祉、スポーツなど多岐にわたる。

筆者は、2014年7月より独立行政法人国際協力機構（Japan International Cooperation Agency; 以下、JICA）の青年海外協力隊員としてボリビアに赴任し、リハビリテーション分野での技術移転を目的としたボランティア活動を、現地の公的医療機関で行っている。現在ボリビアには約60名の青年およびシニア海外協力隊が赴任しており、各地で様々な分野の技術支援活動を行っている。その活動の一環として、2015年7月に首都ラパス市で活動報告会が行われた。ラパス市は、標高3,400～3,650 mの高地で酸素濃度が低く、身体に様々な影響が生じると推測される。

酸素は、標高3,000 mで平地の70%、標高4,000 mで60%と減少する³⁾。多くの日本人のように低所で生活する者が高所に上がると、酸素が欠乏して頭痛、食欲不振、吐き気、嘔吐、体力低下、疲労感、呼吸困難、めまい、睡眠障害が起こる。これらの症状を呈する状態を急性高山病といい、重症化すると生命を脅かす重度の脳浮腫や肺水腫に発展するおそれがある⁴⁾。先行研究では、625 m以上の急激な高度上昇で標高2,000 m

以上の地点に到達することは、急性高山病の発症リスクを高めることが報告されており⁵⁾、ボリビア国内でも低地帯で活動する隊員にとっては、ラパス市に上がることで急性高山病を発症し活動に影響を及ぼす可能性がある。

隊員の健康管理に関しては、在外健康管理員1名が事務所に常駐し、赴任時に健康管理に関するオリエンテーションを実施している。また、年1回の健康診断や個別対応での健康相談を常時受け付けている。高山病に関しても、推奨される内服薬や高地滞在時の注意事項などの情報提供がされてきた。一方で、隊員の身体状況に関する客観的なデータ収集は実施されていなかった。

このような背景から、ボリビアで活動するJICAボランティアの中で保健医療関連の隊員が結成した医療分科会が、上述した報告会に合わせて簡易検診を企画および実施した。この活動の目的は、隊員が自身の身体状況を客観的なデータとともに知ることによって高山病症状の対策を促すことと、データ収集および分析により急性高山病自覚症状を有する者の特徴を把握することであった。

本研究の目的は、この簡易検診で得られたデータの二次解析をすることにより、隊員が一時的に高地に滞在した際に、任地の標高の違いによって身体にどのような影響が認められるかを血圧、動脈血酸素飽和度（以下、SpO₂）、高山病自覚症状の有無から明らかにすることである。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は、2015年7月に南米ボリビアの首都ラパス市で開催されたボリビアに赴任するJICA青年およびシニア海外協力隊員の活動報告会に参加し、前述した医療分科会が企画、運営した簡易検診に自主的に参加した38名（年齢36.4±13.0歳、平均値±標準偏差）とした。その内訳は、男性16名（42.0±15.9歳）、女性22名（32.3±8.6歳）で、ボリビア滞在期間は10.4±5.6カ月だった。隊員の任地の内訳はサンタクルス

(標高 500 m) 11 名, コチャバンバ (標高 2,600 m) 7 名, ラパス (標高 3,700 m) 10 名, タリハ (標高 2,500 m) 2 名, トゥピサ (標高 3,000 m) 4 名, ベニ (標高 130 m) 3 名, チュキサカ (標高 2,750 m) 1 名であった. 喫煙者は 5 名 (13.2%) で男性のみであった.

2. 方法

報告会の開催された場所は, ラパス市カラコト地区 (標高約 3,400 m) に位置するホテルだった. 隊員の血圧と SpO₂ を測定し, 年齢, 性別, 任地, ボリビア滞在期間, 急性高山病自覚症状 (頭痛や息苦しさなど) の有無を調査した. 血圧と SpO₂ は, それぞれデジタル血圧計 (HEM-7113, OMRON 社) と経皮的血中酸素飽和度測定装置 (HM-OXYVISIONI, HILLMED 社 および H100B, EDEM 社) を用い, 対象者を背もたれのついた椅子座位でリラックスさせた状態で測定した. なお, 測定はラパス市到着後 2 日以内に実施された.

データ解析では, 赴任先の標高が各パラメータに及ぼす影響を検討するため, 各隊員の任地の標高により 500 m 以下を L 群, 2,500 m 前後を M 群, 3,000~3,700 m を H 群の 3 群の標高群に分類した. 統計学的解析では, IBM SPSS Statistics 21 を用いて標高群を要因とした一元配置分散分析を適用した後, 多重比較検定 (Bonferroni 法) で群間比較した. 有意水準は危険率 5% とした.

本研究は, JICA ボランティアの活動報告会の際に医療分科会が主催した簡易検診の機会に測定したデー

タを 2 次解析したものである. 参加者は全員が自主的に測定ブースを訪れた. 測定前には十分に手順を説明し同意を得てから実施した. すべての測定は非侵襲的で有害事象は発生しなかった. 得られたデータは研究責任者が細心の注意をもって管理し, 情報の流出防止に努めた. なお, 測定値の使用および結果の公表については JICA ボリビア事務所の承諾を得ている.

III. 結果

各群の基本属性と血圧, SpO₂ の平均値および標準偏差を表に示す.

収縮期血圧は, いずれの標高群でも平均 120 mmHg 前後, 拡張期血圧も平均 80 mmHg 前後を示し, 有意な主効果は認められなかった.

SpO₂ (平均値 ± 標準偏差) は, L 群で 90.3 ± 4.8%, M 群で 91.5 ± 3.0%, H 群で 91.9 ± 2.1% で有意な主効果は認められなかった. しかし, 図に示すように高山病の自覚症状ありと回答した 4 名の任地は, いずれも L 群に属するサンタクルス (標高 500 m) であり, SpO₂ は 85.3 ± 0.5% と著しく低かった.

IV. 考察

生体が低酸素環境に曝露されると, 酸素分圧の低下に伴い SpO₂ が低下し, 呼吸数, 心拍数および心収縮力の増加, 末梢血管拡張や肺血管収縮などの循環系の応答が迅速に生じる⁶⁾. これら急性の循環応答は, SpO₂ の低下に起因する組織の低酸素化を是正するように機能する. これらの急性応答は, 適応であると同時に曝

表 各標高群の基本属性と測定値

	L 群 (n=14)	M 群 (n=10)	H 群 (n=14)
標高 (m)	≤ 500	2,500 ~ 3,000	≥ 3,000
年齢 (歳)	39.9 ± 14.1	39.5 ± 16.5	30.6 ± 7.8
性別	男 6 女 8	男 6 女 4	男 4 女 10
滞在期間 (月)	10.3 ± 7.1	10.8 ± 4.7	7.5 ± 7.0
収縮期血圧 (mmHg)	125.3 ± 18.7	122.1 ± 13.1	115.2 ± 11.6
拡張期血圧 (mmHg)	81.4 ± 12.4	77.1 ± 10.1	75.8 ± 10.6
動脈血酸素飽和度 (%)	90.3 ± 4.8	91.5 ± 3.0	91.8 ± 2.1
高山病自覚症状有 (名)	4	0	0
平均値 ± 標準偏差			

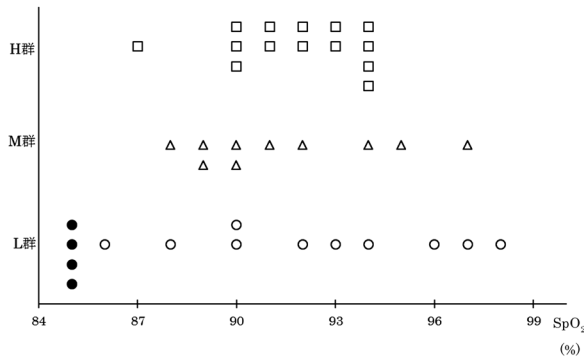


図 各群における SpO₂ 値の分布図
○：L群 (●は自覚症状あり), △：M群, □：H群

露後数時間から数日後にかけて、頭痛、疲労、脱力、めまいなどの急性高山病症状を引き起こす原因ともなる。一般的にこれらの症状は、標高 2,500 m 以上の高地に達した時に顕在化する^{7,8)}。これらの知見から、低地帯で活動する隊員がラパス市へ上がった際に急性高山病を発症するリスクが高いと推測された。本研究では、任地の標高の違いが 3,400 m の高地ラパス市での報告会参加時の SpO₂ に影響を及ぼすと仮定したが、赴任先の標高による有意な差は検出されなかった。

一般的に標高 2,500 m の高地における急性高山病発症率は 10~25% で、高度が 4,000 m を超えるとその割合は 50~85% にまで増大すると考えられている⁹⁾。本研究では曝露高度が 3,400 m と中程度で、多くの隊員が急激に高度を上げて高地に到着したにもかかわらず、症状を訴えた者は全体の 11% (4名) であった。一方、先行研究では、急性高山病のリスクファクターのうち高地滞在を経験していないことが挙げられている^{4,10)}。本研究の対象者はすべての標高群を含む全員が以前ラパス市に一時滞在した経験があり、これが L群と H群, M群の間で SpO₂ に有意差が認められなかった 1つの要因かもしれない。

低圧低酸素環境における身体適応に関して、その生理的反応に人種差が存在することが周知されている^{11,12)}。さらに、近年の遺伝子解析の進歩により低圧環境への適応に関する遺伝子の構成が、人種間および人種内で異なることも指摘されている¹³⁻¹⁵⁾。西村ら¹⁵⁾は、ミトコンドリアの機能とゲノム情報に着目し、健康日本人大学生を対象に遺伝子解析を行った後、低圧

低酸素環境に短時間曝露させた時の生理的变化を調べた。これによると、対象者の中でも特定の独自ミトコンドリア DNA ハプログループで SpO₂ の最小値が高い傾向にあり、復圧回復期 SpO₂ が高かったという結果が示されている。つまり、日本人でも低圧低酸素環境曝露時に SpO₂ を高く維持できる者が存在する可能性があり、組織への酸素供給という生理的多形に遺伝子レベルの影響があることを示唆している。このことから、低所に生活拠点をもつ人々における高所適応時の生理的变化や高山病症状発現には、遺伝子レベルの差も関係すると考えられる。

本研究の結果、赴任先の標高の違いによって SpO₂ の値に統計学的には有意差が検出されず、急性高山病症状の出現には個人差が存在することが明らかとなった。しかしながら、L群 14名のみに着目すると、高山病の自覚症状ありと回答した隊員 4名 (11%) の任地はいずれもサンタクルス (標高 500 m) であり、SpO₂ は 85.3±0.5% と著しく低かった。関ら¹⁶⁾ は、平均年齢 30 歳の健康成人が富士登山をすると、標高 2,300 m 五合目登山前 SpO₂ は 91.4±2.0%、標高 3,776 m の富士山頂では 82.1±6.5% と有意に低下すると報告しており、SpO₂ は高度順化の適切な指標と考えられる。

結論として、低地帯で活動する隊員が急性高山病を発症するリスクが高いとは断言できないものの、急性高山病自覚症状の認められた 4名は全員 L群だった。このことから、隊員の健康管理にあたっては赴任先の標高を考慮し、高所滞在前の内服薬の服用を勧めるなど事前の対策をとることが望ましいだろう。また、多くの先行研究やレビュー^{4,7,9)} で示されているように、低圧低酸素環境への曝露経験がない者、1日 500 m 以上の高度上昇を伴い高地に到着した者、以前に低圧低酸素環境へ曝露した時に急性高山病、脳浮腫または肺水腫を発症した経験がある者のようなハイリスク者に対しても同様に注意すべきである。

本研究で得られたデータ数は少なく、今後も継続して横断的にデータを蓄積することで、ある一定の傾向がみえてくるかもしれない。また、簡易測定可能な身

長や体重などの他のパラメータ，急性高山病発症リスクと相関の高い偏頭痛の既往歴^{4,9)}などと合わせて検討することで，ボリビアで活動する隊員が低圧環境に滞在した時の身体状況をより詳しく把握できると考える。医学的に検討するためには血液検査等の実施が望ましいが，侵襲行為を伴い，データ分析に時間を要し，コストも発生することから現実的ではないと考えられ，この点は本研究の限界である。

V. 結論

SpO₂は高山病症状の1つの指標となるが，症状の出現には個人差が存在していた。隊員の健康管理には任地の標高を考慮する必要があると考えられた。

【謝辞】

本研究で用いたデータは，ボリビアに赴任する青年海外協力隊員のうち保健医療分野に関わる者が有志で結成した医療分科会の協力のもと測定された。多大なるご協力をいただいた当時の分科会メンバー（長山かおり，宮里裕子，横山勉，森美佐子，石川日南子，上野由衣，五十嵐志穂，河田寛生，金村綾子，下野理紗，山下絢子，山越さゆり，塚本あゆみ，高木桜子，敬称略）ならびにJICAボリビア事務所に深謝します。

本研究における報告すべき利益相反はない。

文献

- 1) Instituto Nacional de Estadística. Encuesta Nacional de Demografía y Salud. 2008; 2-2
- 2) 「南米・ボリビアの青空に舞う」編集委員会. 南米・ボリビアの青空に舞う. 東京：悠光堂, 2014; 232
- 3) 岡崎和伸. 低酸素に対する循環系の応答と適応. 体力科学 2015; 64(1): 47-47
- 4) Bartsch P, Swenson ER. Clinical practice: acute high-altitude illnesses. N. Engl. J. Med. 2013; 368: 2294-2302
- 5) Schneider M, Bernasch D, Weymann J, et al. Acute mountain sickness: influence of susceptibility, preexposure and ascent rate. Med. Sci. Sports Exerc. 2002; 34: 1886-1891
- 6) West JB. High-altitude medicine. Am. J. Respir. Crit. Care Med. 2012; 186(12): 1229-1237
- 7) Hackett PH, Roach RC. High-altitude illness. N. Engl. J. Med. 2001; 345: 107-114
- 8) 加藤義弘, 松岡敏男, 城弟知江ら. 富士登山における心拍数, 動脈血酸素飽和度, 高山病症状発症の検討—小児と大人との比較—. 登山医学 2005; 25:1-4
- 9) Oliver SJ, Sanders SJ, Williams CJ, et al. Physiological and psychological illness symptoms at high altitude and their relationship with acute mountain sickness: a prospective cohort study. J. Travel Med. 2012; 19(4): 210-219
- 10) Schmidt S. Altitude sickness prevention and treatment. SA Pharmaceutical Journal 2015; 82(3): 24-27
- 11) Marconi C, Marzorati M, Cerretelli P. Work capacity of permanent residents of high altitude. High Alt. Med. Biol. 2006; 7: 105-115
- 12) Beall CM. Tibetan and Andean patterns of adaptation to high-altitude hypoxia. Hum. Biol. 2000; 72: 201-228
- 13) Moore LG. Human genetic adaptation to high altitude. High Alt. Med. Biol. 2001; 2: 257-279
- 14) Beall CM, Cavalleri GL, Deng L, et al. Natural selection on *EPAS1* (*HIF2a*) associated with low hemoglobin concentration in Tibetan highlanders. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 2010; 107: 11459-11464
- 15) 西村貴孝, 綿貫茂喜. 現代日本人の生理的多型を構成する遺伝要因の検証（特別企画 生理人類学の最新研究1）. 日本生理人類学会誌 2015; 20(1): 39-44
- 16) 関和俊, 石田恭生, 小野寺昇ら. 富士山登山における心拍数, SpO₂ および自覚症状スコアの変化. 川崎医療福祉学会誌 2007; 17(1): 113-119