

酸素需給バランスからみた高山病の病態解明

清水健太郎¹、蛭原健¹、光山裕美¹、塩飽堯之²

¹大阪大学大学院医学研究科救急医学、²大阪急性期・総合医療センター

1. はじめに

富士山や、北アルプスなどの3000m級の山に多くの登山客が訪れ、その数は富士山だけで年間25万人以上である。高山病を呈すると大多数は頭痛や消化器症状に止まるが、中には肺水腫や脳浮腫などの致命的な症状を呈する症例もある。高山病の診断、治療に関してはまだ確立されたものは少数であり、その病態解明は重要な課題である。

2. 目的

本研究では高山病は酸素需要に対する酸素供給の負債、または、酸素利用の障害が病態の本質と仮定して、高所における酸素の需給バランスを酸素の運搬能に注目し、酸素拍出量と血液検査を行った。

3. 方法

富士山に登頂し富士山測候所にて宿泊した健康成人11人を対象とした。

- 登山行程において適宜バイタルサイン測定（脈拍、血圧、酸素飽和度（SpO₂）、表面温度）を行った。
- 富士宮市の宿舎（標高120m）、測候所（標高3775m）、下山後の5合目（標高2380m）の3箇所静脈血液の血液ガス分析、生化学検査、ヘモグロビン濃度を測定した。またエドワーズ社製のクリアサイトシステムを用いて富士宮市の宿舎（標高120m）、測候所（標高3775m）における心拍出量を測定した。
- Lake Louise Acute Mountain Sickness scoreを用いて頭痛を含み合計3点以上をAMSと定義した。測候所到着後1時間、6時間、12時間の3時点でAMS scoreを評価し、2回以上AMSであったものを高山病と診断した。高山病と診断したものは3回の測定のうち最高のAMS scoreを用いて軽症：3～5点、中等症：6点以上と分類した。

高山病とバイタルサイン、血液所見、心拍出量の関連を検討した。

4. 結果

山行前日は富士宮市内の宿舎に宿泊し、早朝に5合目まで車両で移動し、その後、約10時間かけて富士山に登頂した。測候所で滞在した後、翌日下山した。

本山行において高山病を呈したものは6人おり、軽症3人、中等症以上3人であった。登山者の背景を高山病の有無も合わせて表1に示す。年齢の高い男性に高山病を発症した登山者が多い傾向があった。そのほかの測定項目に高山病の発症の有無での特記すべき特徴はみられなかった。

脈拍数およびSpO₂の推移を図1に示す。高度ともに脈拍数は上昇し、SpO₂は低下した。高度が上がるに伴って、個人差は顕著であった。

図2に採血結果を示す。高度上昇に伴い血中CO₂（PvCO₂）が低下し、pHが上昇した。

心拍出量は、低地では平均5.5L/分から高地では6.7L/分に上昇した。特に、高山病を呈した登山者では心拍出量の顕著な増加が見られた（図3）。一回拍出量は平均82.9mL/回から69.5mL/回まで低下していた。心拍数は平均67.8回/分から96.2回/分まで上昇した。高所で安静にて滞在した後でも心拍出量の増加は継続していた。

5. 考察とまとめ

1. 心拍出量測定について

心拍出量を測定するには、ICUで用いるカテーテルでの測定が必要であるが、本研究では指に装着して非侵襲的に血圧や心拍出量を測定できるクリアサイトシステムを用いて測定を行った。観血的処置が困難である高地での測定に有用な手段のひとつと考えられた。

本研究では、高地での心拍出量は増大した。特に、高山病症状の強いものにおいて、その傾向は強かった。酸素運搬量はヘモグロビン濃度、心拍出量、動脈血酸素飽和度に大きく依存する。Hbは短期間では大きくかわらず、高度による酸素飽和度の低下を代償するには、心拍出量を増やす必要があるためと考えられた。過去の報告では、一回心拍出量に伴って心拍数が増加して心拍出量は変化がないことが報告されている¹。しかし、本研究では、心拍出量は低下するものの心拍数の上昇が著しいため心拍出量としては増加して、急激な高度上昇に生体に対応していると考えられた。

また、高山病症状に強いものに関して、その傾向が強くみられたことから、酸素供給を代償するための生体応答を心拍出量の増大で補っていることを示唆していると考えられた。

2. アルカローシスの進行について

高度の上昇にともなってpHは上昇していた。高所の場合に酸素解離曲線を考えた時、呼吸性のアルカローシスは動静脈の酸素飽和度の差が右方移動に比して大きい。つまり酸素運搬量においてアルカローシスは有効な手段である²。高地において、呼吸性アルカローシス下で、心拍出量をあげることは、生体において酸素運搬量を最大化している結果と考えられた。

高齢者登山が増加している現代において、富士山登山のように一気に高地にのぼるには、心機能に予備能力がなければ酸素供給が不十分になり様々な高山病症状が出現する可能性がある。たとえ、ヘリコプターで高地へ降り立ったとしても、その高さでの低酸素を補完できる心機能がなければ、耐えることは不可能である。その場合は、ヘモグロビンが上昇するまでの順応期間が必要だと思われる。今後、日常生活や負荷時の心機能が安全登山のための指標となる可能性がある。

参考文献

1) Bousuges A, Molenat F, Burnet H, Cauchy E, Gardette B, Sainty J. M., Jammes Y., Richalet J. P. (2000). Operation Everest III (Comex '97): modifications of cardiac function secondary to altitude-induced hypoxia. An echocardiographic and Doppler study. *Am J Respir Crit Care Med*, **161**, 264-270.

2) 薊 隆文 (2015). 高地における酸素解離曲線の移動 右方移動と左方移動、どちらが有利か? 名古屋市立大学看護学部紀要, **14**, 1-8.

表1

	全体(n=11)	高山病あり(n=6)	高山病なし(n=5)
性別 (男/女)	5/6	4/2	1/4
年齢 (年)	30 (24-41)	37(31-42)	24(24-28)
体表面積 (m ²)	1.60 (1.46-1.72)	1.68 (1.49-1.79)	1.56 (1.46-1.63)
心拍数 (bpm)	67 (63-77)	71 (59-77)	66 (65-78)
SpO2 (%)	98 (98-99)	98 (97-99)	98 (98-99)
pH	7.36 (7.33-7.38)	7.36 (7.35-7.38)	7.35 (7.34-7.41)
Cardiac Index (L/min/m ²)	3.4 (2.8-3.9)	3.4 (2.7-3.6)	3.4 (2.9-4.9)
SVI (ml/m ²)	52.4 (45.5-57.0)	52.4 (47.1-56.2)	50.7 (44.6-62.5)
Hb (g/dL)	13.9 (13.3-14.6)	14.1 (13.0-15)	13.6 (13.3-14.3)

*Median(IQR)

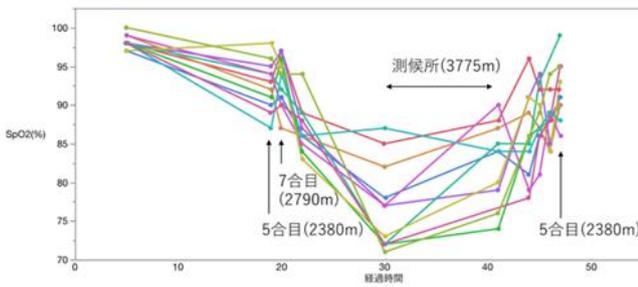
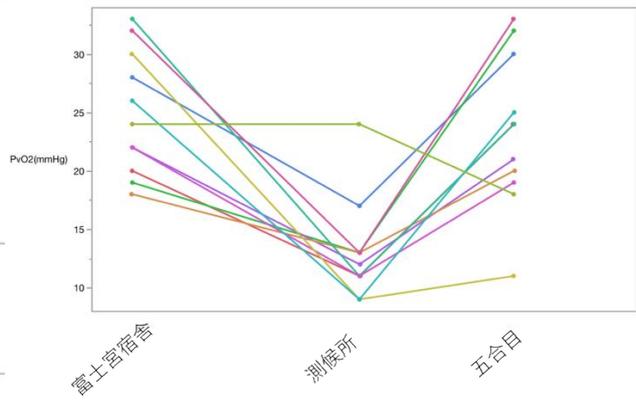
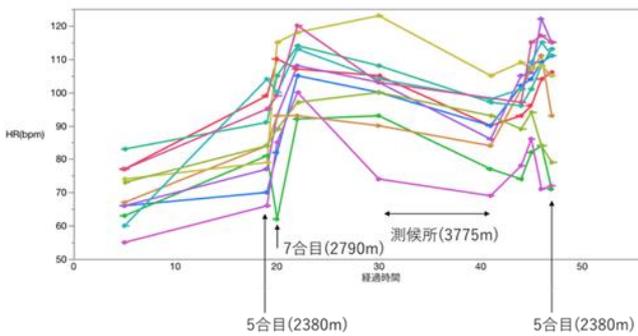
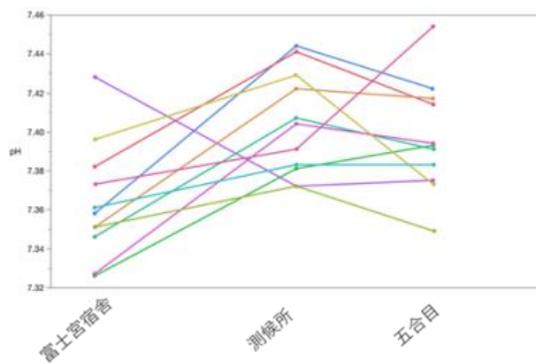


図1

図2

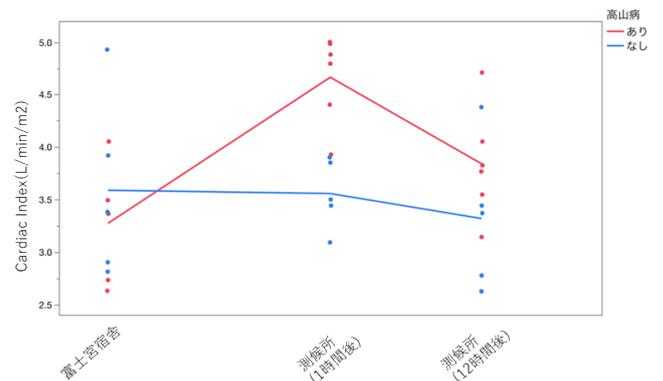


図3