

## 特別講演2 低圧性低酸素環境での加圧療法と酸素投与：高所登山の現場では

齋藤 繁

群馬大学大学院医学系研究科脳神経病態制御学講座  
麻酔神経科学分野

近年、高齢登山者がヒマラヤの高峰に登頂したというニュースがしばしば話題に上るようになってきている。もちろん、元気な高齢者が増加しているというのも事実だが、高齢登山者が酸素分圧の極端に低い高所に到達できるようになった背景には様々な技術革新の功績がある<sup>1, 2)</sup>。

人体が低圧性低酸素の環境に曝されると、いくつかの生理学的な反応が順次誘導される。循環器系では心拍出量がまず増加し、単位血液体積中に含まれる酸素含量が少なくなった分を、血液循環の増加で代償しようとする。心拍出量の増加は、心拍数ならびに一回拍出量の増加と末梢血管抵抗の減少などが相まって誘導される<sup>3)</sup>。また、呼吸数、一回換気量が増加し、肺胞ガス中の二酸化炭素分圧を低下させ、その分、酸素分圧を少しでも高めるように反応する。環境の酸素分圧低下に応じて2倍から4倍程度に分時換気量が増加するが、誘導される程度ならびに誘導がかかるまでの時間には個人差が大きい。更に、血液中のヘモグロビン濃度を増加させる反応が約1週間～1ヶ月の期間をかけて惹起される。これらの反応はいわゆる高所順応のバックグラウンドをなすもので、他の持久系スポーツにおける高地トレーニングなどにも応用されている。十分な反応が誘発されるのに要する時間や最終的に達成される低酸素環境への順応度には個人差が大きく、ほとんど誘導が起らない場合もある。

運動負荷は酸素分圧の高い低地では動脈血酸素飽和度の低下をもたらすことはないが、標高2500mを超える地点になると、運動負荷によって生じる酸素需要の増加をまかなうだけの血液酸素化を行うことが困難となり、運動時の低酸素血症が顕著となる<sup>4, 5)</sup>。必要な適応が達成されないままに長時間高所に滞在すれば、あるいは順応が不十分な状態で運動負荷を行えば、肺水腫、脳浮腫などの重篤な高所障害に陥り、生命の維持も困難になる。本邦では標高3776mの富士山を除けば、高所障害を生じるような高所はほとんど存在しないが、逆に、富士登山では約半数の登山者が頭痛、悪心、嘔吐などの高所障害を経験すると言われている。

近年の技術革新は高所登山のリスクを大きく軽減し、

短い順応時間での高所到達を可能にした。そうした技術には軽量酸素ボンベとリザーバー付きマスクによる酸素吸入、携帯型加圧チャンバーによる人体加圧などが含まれる<sup>6~8)</sup>。発電機などによる電力供給が可能な場所では、ゼオライト粒子を用いた酸素濃縮器も使用され始めている<sup>9)</sup>。8000mを超える低圧性低酸素環境(高山)で酸素を使用せずに活動することは、呼吸機能などが極めて優れているごく一部の訓練された登山者のみが可能であるが、酸素ボンベ等の使用により吸入酸素分圧を上昇させれば、一般の登山者でも活動は容易になる。一部の人気度の高い山域では、複数のアドベンチャーアーツ会社が積極的に酸素ボンベを含む物資の運搬サポートビジネスも展開しており、高所登山の大衆化に一役演じている。十分な知識やトレーニング無しに、安易に危険な高所登山を行うことは決して推奨されるべきではないが、技術をうまく利用することで、高所滞在の安全性を高めることは、決してマイナスになることはないと考えられる。

### 【参考文献】

- 1) Saito S, Tobe K, Harada N, et al.: Physical condition among middle altitude trekkers in an aging society. *Am J Emerg Med* 2002; 20: 291-294.
- 2) 齋藤 繁: 病気に負けない健康登山. 東京 山と溪谷社. 2010; pp8-214.
- 3) Saito S, Tanobe K, Yamada M, et al.: Relationship between arterial oxygen saturation and heart rate variability at high altitudes. *Am J Emerg Med* 2005; 23: 8-12.
- 4) Saito S, Nishihara F, Takazawa T, et al.: Exercise-induced cerebral deoxygenation among untrained trekkers at moderate altitudes. *Arch Environ Health* 1999; 54: 271-276.
- 5) Narahara H, Kimura M, Suto T, et al.: Effects of cardiopulmonary resuscitation at high altitudes on the physical condition of untrained and unacclimatized rescuers. *Wilderness Environ Med* 2012; 23: 161-4.
- 6) Saito S, Shimada H, Yamamori K: A transportable hyperbaric chamber with Soda Lime for the treatment of high altitude disorders. *J Wild Med* 1994; 5: 295-301.
- 7) Shimada H, Morita T, Kunimoto F, et al.: Immediate application of hyperbaric oxygen therapy using newly devised transportable chamber. *Am J Emerg Med* 1996; 14: 412-415.
- 8) Saito S, Aso C, Kanai M, et al.: Experimental use of a transportable hyperbaric chamber durable for 15 psi at 3700 meters above sea level. *Wilderness and Environmental Medicine* 2000; 11: 21-24.
- 9) Sakaue H, Suto T, Kimura M, et al.: Oxygen inhalation using an oxygen concentrator in a low-pressure environment outside of a hospital. *Am J Emerg Med* 2008; 26: 981-984.