

減圧性気泡のガス分析 (第2報)

石山 明* 眞野喜洋* 芝山正治*
 ローバンチャイ* 柏倉章男* 大串貫太郎*
 松井征男* 門倉芳枝* 湯川尚美*
 前田 博* 岡安 勲**

緒 言

減圧症は、高気圧環境から常圧への減圧が急激かつ過大な場合に発症し、その主要な原因は血管や組織で形成される気泡であるとされている(1~2)。そしてその気泡は、窒素やヘリウムなどの不活性ガスであるとの考え方が一般的である(3~4)。しかし気泡のガス組成を報告した論文は少ない。これはおそらく形成される気泡の量が少なく、それを採取し分析する手法の確立が難しいためと思われる。

今回我々は、ラットを減圧症で死亡させ、気泡のガス組成をガスクロマトグラフィーによって分析したので報告する。

方 法

体重255~360g(週令9~14)のWistar系ラット30匹を、1回に2匹ずつ24リッターの高圧タンクに収容し、図1に示したプロフィールで加圧減圧を実施した。6ATAまでは空気、それ以後21ATAまではヘリウムで、16分かけて加圧し、60分間おいたあと、減圧は6分で行った。ラットは減圧中2.2~1.2ATAで全例死亡し、タンクから取りだされた時には心臓の拍動は全く触れなかった。続いてラットを解剖すると、全例において下大静脈内に気泡を認めることができた。500 μ lのマイクロシリンジ(Scientific Glass Engineering Pty. Ltd., North Melbourne, Australia)を用い

て、血液を混じえないように注意しながら、下大静脈内の気泡ガスを採取し、直ちにガスクロマトグラフで分析を行った。分析装置、分析条件については「減圧性気泡のガス分析第1報」で報告した通りである。図2に分析の1例を示す。

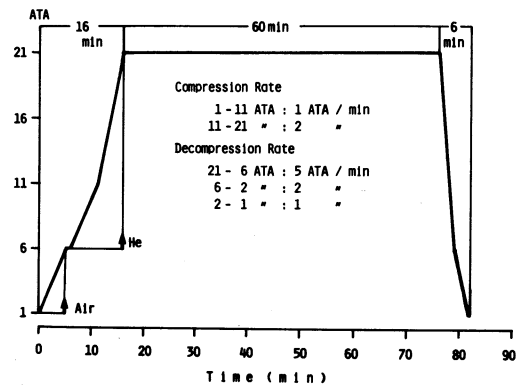


図1 Compression-Decompression Profile.

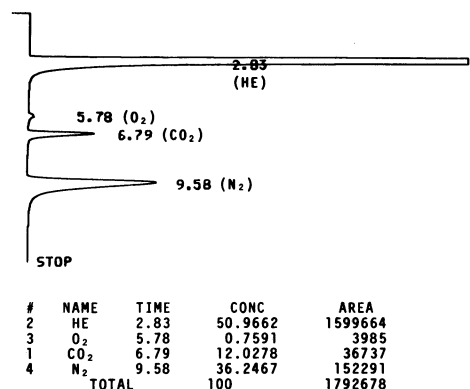


図2 Gaschromatogram of bubble in the interior vena cava of rat.

*東京医科歯科大学医学部公衆衛生学教室

**東京医科歯科大学医学部附属病院病理部

表1 The Gas Composition in the Chamber just before Decompression.

	percentage (%)	partial pressure (mmHg)
He	71.64 (71.43)	11434 (11400)
O ₂	5.40 (6.00)	864 (958)
CO ₂	0.24 (0.009)	38 (1)
N ₂	22.72 (22.56)	3626 (3601)
Total	100.00 (100.00)	15960 (15960)

表2 The Gas Composition of the Bubbles in the Inferior Vena Cava in Rats(%)

	Early Group	Late Group	
He	49.64 ± 4.12	40.07 ± 2.62	P < 0.01
O ₂	0.62 ± 0.18	1.46 ± 0.25	P < 0.01
CO ₂	12.99 ± 0.86	17.77 ± 1.74	P < 0.01
N ₂	36.75 ± 3.67	40.71 ± 2.42	P < 0.05
No. of Samples	n = 9	n = 7	

Each value represents the mean ± S.D.

結 果

減圧直前にタンク内のガスを採取し、各成分の濃度をガスクロマトグラフによって測定した。結果は表1に示す通りである。かっこ内の数字は、空気が21.00%のO₂、0.03%のCO₂、残りがN₂で成りたっていると仮定した場合の、6ATAの空気と15ATAのヘリウムとの混合ガスの濃度である。21ATAの圧暴露中、タンク内は換気されていないので、タンク内の酸素濃度は低く、炭酸ガス濃度は高くなっている。

ラットの下大静脈内気泡のガス組成は、表2に示す通りである。一回の実験では2匹のラットを使用したので、気泡採取の時刻は同じではない。減圧終了後5分で採取したものをearly groupとし、25分で採取したものをlate groupとした。採取されたガスの量は、少なくとも350 μ l、多い時で500 μ lであった。各データを、Smirnovの棄却検定で処理したので、例数はearly groupで9、late groupで7となった。

考 察

今回の実験の結果、減圧症における気泡は予想通り、ヘリウムと窒素の占める割合が大きかった。しかし二酸化炭酸の割合も比較的大きく10~20%を占めていた。減圧症発症には炭酸ガスの影響が大であるとの報告(5)もあり、二酸化炭酸が気泡の形成に重要な役目を担っている可能性は否定できない。また、early groupとlate groupで各成分ガスの濃度に有意差が認められたが、これはおそらく減圧終了から気泡ガス採取までの時間の差による可能性が大であるが、これを確認するためには追加実験が必要である。

結 論

今回のラットを使用した実験の結果、減圧症における気泡は、窒素やヘリウムなどの不活性ガスばかりでなく、酸素や二酸化炭酸をも含んでおり、二酸化炭酸の占める割合は10~20%と比較的大きかった。また、ガス組成は時間の経過と共に変わる可能性があることも確かめられた。

【参考文 献】

- 1) Harvey, E. N.: Physical factors in bubble formation. *In* Decompression sickness, caisson sickness, diver's and flier's bends and related syndromes. Ed. J. F. Fulton. 90-144, Philadelphia, Saunders Company, 1951
- 2) Buckles, R. G.: The physics of bubble formation and growth. *Aersp. Med.* 39: 1062-1069
- 3) Davis, J. C.: Evaluation of Exposure to Abnormal Pressures. *In* Patty's Industrial Hygiene and Toxicology. Ed. L. V. Cralley. 525-565, New York, John Wiley & Sons, 1979
- 4) Miles, S.: Decompression. *In* Underwater Medicine, 3rd ed. 171-203, London, Staples Press, 1969
- 5) Mano, Y. and D'Arrigo, J. S.: Relationship between CO₂ levels and decompression sickness, Implications for disease prevention. *Aviat. Space Environ. Med.* 49(2): 349-355