

減圧性気泡のガス分析（第4報） ラットの場合

高橋茂樹* 真野喜洋* 芝山正治* 石山 明*
 ロー・バン・チャイ* 大串貫太郎*
 柏倉章男* 前田 博*

目 的

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内や組織で形成される気泡であるとされている。そしてこの気泡の組成に関しては、Bert (1)やHarris (2), Armstrong (3)らが報告しているが、いずれも動物を減圧症で死亡させた後に、気泡を採取し分析を行ったものである。そこで今回我々は、動物に減圧症を発生させ、呼吸と循環が保たれている状態で血管内を流れている気泡を採取し、その組成の分析を行ったので報告する。

方 法

体重300gr前後の雄のWistar系ラット46匹を1回の実験で2匹ずつペントバルビタールナトリウム(4.2mg/100gr)で腹腔麻酔した後、高圧タンクに収容し、図1のプロファイルで加圧、減圧を行った。すなわち4kg/cm²までは毎分1kg/cm²で、それ以後は毎分2kg/cm²の速さで8kg/cm²まで

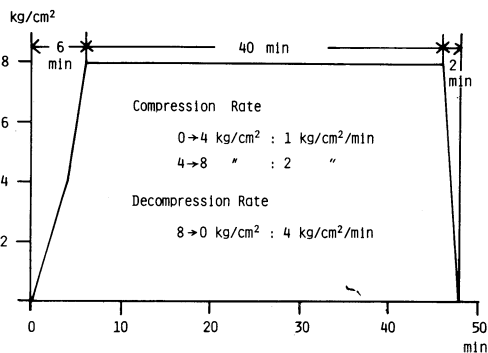


図1 Compression-Decompression Profile

空気で加圧し、40分間おいた後、減圧は大気圧まで2分間で行った。8kg/cm²、40分間の圧暴露中は、大気圧換算で20l/minの換気を行った。減圧終了後、直ちにラットを高圧タンクから取り出し、開腹して下大静脈を露出し(図2)気泡が流れてくるのを確認しながら、ヘパリンとオクチルアルコールで前処理してある注射器を用いて、気泡を血液と共に採取した(図3)。続いて気泡だけをgas tightのmicrosyringeに移し、ガスクロマトグラフで分析を行った。なお、分析方法は、昨年



図2 下大静脈における気泡確認

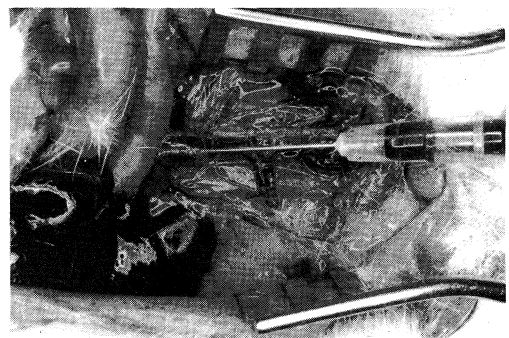


図3 下大静脈からの気泡採取

*東京医科歯科大学医学部公衆衛生学教室

の学会で我々が報告した「減圧性気泡のガス分析 第1報」のとおりであるが、今回は分析量を300 μ lから100 μ lに減らして分析を行うことができた。

結 果

減圧直前にタンク内の環境ガスを採取し、各成分の濃度をガスクロマトグラフによって測定した。その結果、二酸化炭素の相対濃度は0.05%をこえることはなく、酸素の相対濃度は20%を切ることはなかった。

46匹のラットのうち、2匹は気泡の確認はできたが、分析できるほどの量はなく、残り44匹は、1回の採取にできる限り多くの気泡を採取した。特に採取量の多かった4匹では1本の検体から2回の組成分析を行うことができたので、気泡が採取できた44匹について、合計48回の分析を行うことができた。その結果は表1のとおりである。

表1 The Gas Composition of the Bubbles in the Inferior Vena Cava of Rats (%)

| | |
|-----------------|------------------|
| O ₂ | 8.97 \pm 3.85 |
| CO ₂ | 4.76 \pm 1.47 |
| N ₂ | 86.27 \pm 3.49 |

(\bar{x} S.D. n=48)

減圧終了から気泡を採取するまでの時間は短いもので2分30秒、長いもので15分、平均すると5分であった。

考 察

今回の実験の結果、減圧症における気泡は予想どおり窒素の占める割合が大きかった。しかし、酸素や二酸化炭素の占める割合も決して無視することはできない。

Bertは、犬と猫を使った実験で、右心から得られた気泡の大部分は窒素であったが、15~20%の二酸化炭素と、数%の酸素が含まれていたと報告している(1)。Harrisらは、カエルを使った実験で、大静脈から得られた気泡には、95%の窒素と3.5%

の二酸化炭素、1~2%の酸素が含まれていたと報告している(2)。Armstrongは、ヤギを使った実験で頸静脈から得られた気泡には、65.0%の窒素と28.3%の二酸化炭素、6.7%の酸素が含まれ、右心室から得られた気泡には、60.3%の窒素と28.3%の二酸化炭素、11.4%の酸素が含まれていたと報告している(3)。昨年本学会で我々が報告した、犬を使った実験では、下大静脈から得られた気泡には、86.3%の窒素と11.4%の二酸化炭素、2.3%の酸素が含まれ、右心房から得られた気泡には、82.7%の窒素と15.1%の二酸化炭素、2.2%の酸素が含まれていた。これら4つの報告は、実験条件や分析条件などが異なり、単純に比較するわけにはいかないが、いずれも動物の死後に気泡が採取され、分析されたという点では共通している。これらの報告と今回の我々の実験結果を比較してみると、減圧症による死を境にして、気泡の組成は、酸素や二酸化炭素の生理的ガスを中心に、ダイナミックに変化しているであろうと推論される。

今回は、一匹のラットについて1回の気泡採取しか行えなかったが、今後は実験方法や分析方法などを改善し、減圧終了後、一匹のラットから時間をおって数回の気泡採取を行い、その組成の分析を行い、気泡形成のメカニズムを解明したいと考えている。

【参 考 文 献】

- 1) Bert P : La Pression Barometrique: Recherches de Physiologie Experimentale Paris, G. Masson et Cie 1878
- 2) Harris M. W.E. Berg D.M. Whitaker, V.C. Twitty and L. R. Blinkg : Carbon dioxide as a facilitating agent in the initiation and growth of bubbles in animals decompressed to simulated altitudes L. Gen Physiol, 28, 225-240 1945
- 3) Armstrong, H.G: Analysis of Gas Emboli Engineering Pection Memorandum Report EPX 17-54-653-3 wright Field, oh, 1939 (Cited by Clamann, H.G Decompression Sickness In Aerospace Medicine, Ed Armstrong, H.G. 1975-1988, Williams & Wilkins Co. Baltimore, 1961)