

減圧性気泡のガス分析 (第3報)

眞野喜洋* 芝山正治* 石山 明*
 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**

目 的

空気による高圧暴露後の減圧で生じる血管内気泡のガス分析を行い、窒素、酸素、炭酸ガスがどのような構成比であるかを調べることにより、減圧症発症の要因である気泡形成の機序に関する分析を試みた。

方 法

9~19kgの成犬を高圧実験室にて5.0kg/cm²に平均18時間36分±9.3分間、圧暴露させ、その後5.0kg/cm²より常圧へは5~7分間で減圧し、実験的減圧症を発症せしめた。

なお、5.0kg/cm²圧暴露中は、高圧室内温を25.5℃に設定し、その間25 l/minの自動換気を行った。

減圧終了後の犬は、肉眼的観察に供された後、開腹され、大静脈中に形成されている気泡を採取されると、次に開胸され、右心房部より採ガスされた。なお、心はその後、切除され、残存ガスは実験室にて可能な限り採取されて分析に回された。ガス分析の手技に関しては本研究による「減圧性気泡のガス分析 第1報」に論じられているので省略する。

結 果

実験に供された犬は、本学動物舎に発注し、入荷されるものを利用したため、その種別、年齢は

不詳ではあるが、歯列鑑別により少なく共2年以上のものとして推定された。

犬の個体差は大きく、8頭が実験に供されたが、棄却検定により、dataとして採用できるガス分析結果を得られた採取ガスサンプルは大静脈で7例、右心房は5例であった。

これらの事例はいずれも減圧終了後数分以内に両下肢麻痺(図1)の所見を呈し、やがてchokesに移行して減圧終了25分以内に死亡した事例であり、減圧終了後の運動負荷により、四肢ベンズをようやく呈するような事例は、血管内気泡量が少なく、組織の病理像にても減圧症による急性の変化としての組織内気泡痕の存在もあまり認められなかった。

大静脈内気泡は12ml シリンジで大気混入の無いように血液の一部と共に採取した(図2)。

右心房内ガスも同様の方法で採取(図3)し、共に実験室にてただちに500μl ガスクロマトグラフ用マイクロシリンジにて、500μlの定量採取を行って、分析に供した。

以上により得られた結果は表1にまとめられた。なお、大静脈よりの気泡採取は、減圧終了後32~46分の範囲で行われ、右房よりの採取時間は80~110分の範囲であった。

また、それぞれの採取ガス量は3~5ml および10~12mlであった。

考 案

従来から、減圧症の発症原因である気泡は窒素などの不活性ガスであるといわれている。

*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

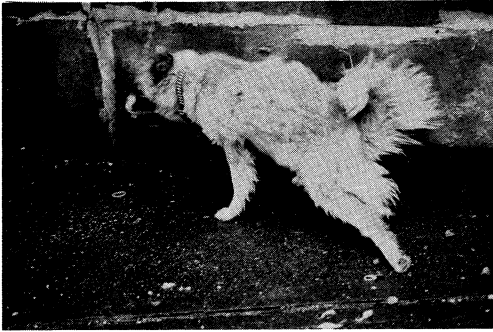


図1 減圧5分後で生じた両下肢麻痺

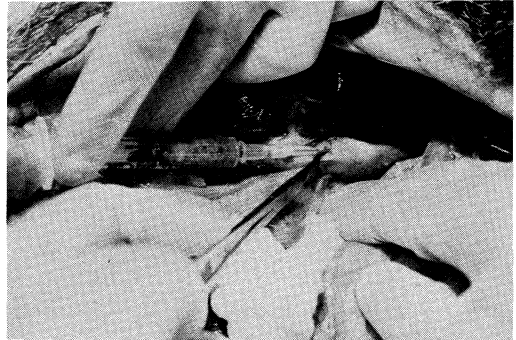


図2 腹部大静脈よりのガス採取



図3 右心房よりのガス採取

一方、減圧症と炭酸ガスとの間には高い相関があるとの指摘も一般的であり、これに関する報告も多い¹⁾²⁾³⁾。特に limb bends に罹患する場合は運動量の多い関節部が好発部位となるということは、よく知られた現象であるが、これは、運動量の多い部位は、それだけ熱産生による炭酸ガスの局所発生をもたらし、かつ、炭酸ガスは窒素などに比較して、37°Cでは単位あたり40倍以上の溶解率をもつことから考えても、炭酸ガスと減圧症との間で高い相関があることは十分に予想される⁴⁾。

今回のガス分析の結果、炭酸ガスは大静脈で11.4%、右心房において15.1%の含有であったことは、当然予想され得る数値であり、気泡形成の上で、炭酸ガスの占める役割の大きさを意味しているといえる。

表1より得られたガス分析による酸素濃度に有意差は無く、炭酸ガスの組成の差が、窒素ガスの組成上の有意差を生ぜしめているとするならば、大静脈と右房との間の有意差がどのような原因に基因しているかを分析する必要がある。採ガスに

表1

THE GAS COMPOSITION OF THE BUBBLES IN DOGS (%)

	Inferior Vena Cava	Right Atrium	
O ₂	2.30 ± 0.88	2.15 ± 0.68	N. S.
CO ₂	11.44 ± 1.29	15.12 ± 0.82	P < 0.01
N ₂	86.26 ± 1.55	82.73 ± 1.28	P < 0.01
No. of Samples	n = 7	n = 5	

Each value represents the mean ± S.D.
N.S., no significant difference between Inferior Vena Cava and Right Atrium

関する手技の上で、開腹して大静脈よりガス採取するまでに要した時間は、減圧終了より32~46分経過しており、さらにその後開胸し、右房穿刺するまでに要した時間は80~100分であり、この時間差がどのような係わりを生じているかについてはまだ解明されていない。

Armstrongは減圧症による死亡例の頸静脈および右室中に存在した気泡のガス分析により、炭酸ガスの占める割合は28.3%であったと報告しているが⁵⁾、死亡後数時間経過した事例に関する同様の犬における実験は今後追試する予定である。

今後は経時的な変化に基づくガス組成の変動、圧暴露中の零囲気ガス組成中の炭酸ガス分圧の変動による影響などによる、同一暴露圧力後の病態変化を肉眼的な観察による病態変化、病理組織学的な差異および気泡中のガス組成比の差などから検討し、減圧症の発症機序を解明してゆく予定である。

今回は、ガスクロマトグラフィによる気泡ガス分析が、かなりの精度で可能であることが実証できたので報告する。

結 論

減圧症の発症と炭酸ガスとの相関があることは従来から指摘されていたことではあるが、我々は実験的に気泡のガス分析を行い、気泡中に炭酸ガスが11~15%実在していることを計測することにより、その影響を証することができた。

[参 考 文 献]

- 1) Harris, M. et al: Carbon dioxide as a facilitating agent in the initiation and growth of bubbles in animals decompressed to simulated altitudes, J. Gen. Physiol., 28: 225-240, 1945
- 2) 眞野喜洋他: 減圧症と炭酸ガス分圧との相関に関する研究., 日衛誌33(1): 203, 1978
- 3) 労働省: 潜水士テキスト, 中央労働災害防止協会, 東京, 1978
- 4) Mano, Y & J.S. D'Arrigo: Relationship between CO₂ levels and decompression sickness, Aviation Space and Environ Med. 49(2): 349-355, 1978
- 5) Armstrong, H.G.: Analysis of Gas Emboli. Engineering Section Memorandum Report Epx-17-54-653-3, Wright Field, Oh, 1939 (cited by Clamann, H.G.: Decompression sickness. In Aerospace Medicine, 1975-1988, Williams & Wilkins Co., Baltimore, 1961)

日本薬局方

抗ヘパリン剤

硫酸プロタミン注射液「シミズ」

10ml (100mg) 1 瓶

日本薬局方

血液凝固阻止剤

ヘパリンナトリウム注射液「シミズ」

5ml × 10A · 10ml × 10V · 50ml × 10V · 100ml × 10V (1ml = 1,000u)

- 健保適用
- 効能・効果・用法・用量, 使用上の注意は添付文書をご覧ください。

製造



清水製薬株式会社
静岡県清水市宮加三235番地

販売



武田薬品工業株式会社
大阪市東区道修町2丁目27番地