

減圧性気泡のガス分析（第6報） 犬の場合

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

目 的

減圧症の主要な原因と考えられる気泡を気泡形成後できるだけ早く採取する目的で、今回は、犬の大腿静脈に血管バイパスを取り付けることにより減圧終了後バイパスに流れる血液中に形成された気泡を肉眼的に確認できた時点で反対側に挿入したカテーテルから血液と気泡を同時に採取し、動物が減圧症で死亡する前に時間を追って気泡を採取する方法でガス組成の分析を行ったので報告する。

方 法

体重13kg前後の成犬7頭(雄2頭, 雌5頭)を、1回の実験で1頭ずつベントバルビタールナトリウム(25.9mg/kg)で静脈麻酔した後、一側の大腿動静脈から大動脈, 下大静脈にそれぞれカテーテルを挿入し、動静脈血を自由に採血できるようにした。また、反対側の大腿静脈には、一本の透明なビニールの管を末梢と中枢側に挿入してループを形成し、血液の流れを肉眼的に観察できるように前処置を行った(図1)。ヘパリンナトリウム(500単位/kg)を静注した後、高圧タンクに収容し、空気で5kg/cm²まで加圧し、2~3時間の圧暴露後、5分間で大気圧まで減圧した。なお、タンク内の温度は25℃前後に保つようにし、換気は大気圧換算で約480ℓ/分で行った。減圧終了後、大腿静脈に挿入したループの血流を観察し、気泡が流れているのを確認できた時点で他側の大腿静脈に挿入してあるカテーテルから、ヘパリンとオクチルアルコールで前処理をした注射器を用い

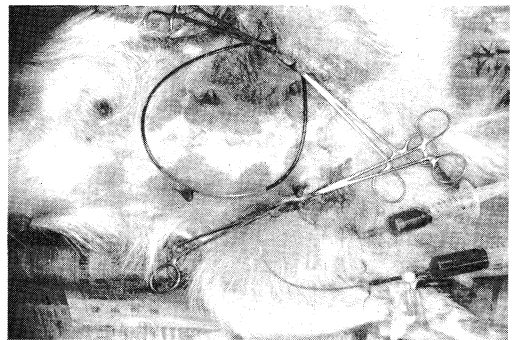


図1 犬の両大腿動静脈に挿入したカテーテル(下)とループ(上)

て、気泡を血液と共に採取した。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成分の分析を行った。分析方法は第4報と同様である。

結 果

減圧途中で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、7回の実験ではいずれも、二酸化炭素の相対濃度が0.05%をこえることはなく、酸素の相対濃度が20%を切ることはなかった。

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

O ₂	10.45±2.66
CO ₂	3.23±0.84
N ₂	86.32±2.08

(\bar{x} ±S.D. n=25)

*東京医科歯科大学医学部公衆衛生学教室

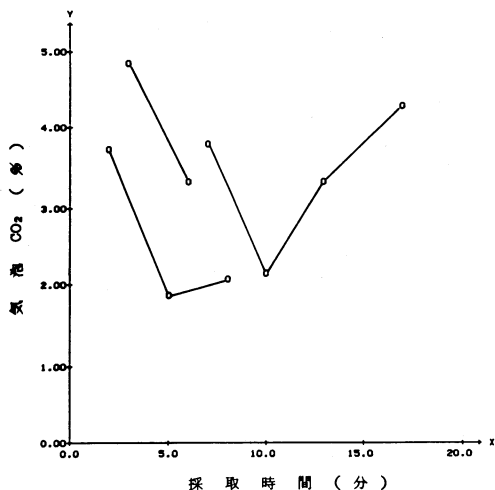


図2 犬の減圧終了後の採取時間(分)と気泡に占めるCO₂の割合(%)

7回の実験では、7頭の犬すべてが減圧症を発生し、合計25回の気泡組成分析を行うことができた。その結果は表1に示す通りである。

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、長いもので17分、平均すると6分40秒であった。また、減圧終了から死亡するまでの時間は、短いもので6分、長あもので18分、平均すると12分30秒であった。

考 察

今回の実験の結果、第4、5報と同様に、血管内に形成される気泡の大部分は窒素であることが確かめられた。しかし、酸素や二酸化炭素の生理的ガスが占める割合も決して無視することはできない。

同一の個体から時間経過を追って2回以上の気泡採取ができたものについて、減圧終了後からの気泡採取時間と気泡に占める酸素と二酸化炭素の割合との関係を見たのが図2、3である。それぞれの時間間隔は3~4分である。図2から、二酸化炭素の割合は、時間経過と共に一度減少し、続いてチョークスから死へと向かう段階で増加に転じているが、図3では、酸素はこれとは全く逆の傾向を示している。

Harris らがいうように、気泡の形成と成長の早期においては高濃度に溶解している二酸化炭素が重要な役割を果たし、その後は、血液中のそれぞれのガス分圧と平衡に達する¹⁾、という仮定が正

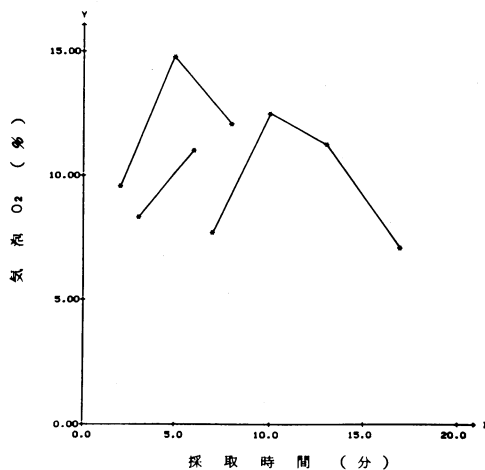


図3 犬の減圧終了後の採取時間(分)と気泡に占めるO₂の割合(%)

しいとすれば、形成後間もない気泡は、もっと多くの二酸化炭素を含んでいたと考えられる。その後、二酸化炭素は、その速い拡散速度により急速に血液中に溶解し、気泡中に占める割合は減少していく。また、気泡に占める酸素の割合が一時増加しているようにみえるが、絶対量が増えるとは考えにくく、これはおそらく二酸化炭素の拡散速度が酸素より速いため、気泡中の二酸化炭素が減少した分だけ、酸素の相対濃度が増加した結果ではないかと思われる。

その後、減圧症による呼吸循環不全の結果、血液中の酸素分圧が減少し、二酸化炭素分圧が上昇するにつれ、気泡中のガス組成も酸素の割合が減少し、二酸化炭素の割合が増加し続けるものと思われる。

今回の実験の結果、例数は少ないが、気泡形成の過程において、二酸化炭素が重要な役割を果たしている可能性が示された。

今後は例数を多くすると共に、気泡が形成されて間もない時点での組成分析を行い、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) Harris, M., W.E. Berg, D.M. Whitaker, V.C. Twitty, and L.R. Blinks: Carbon dioxide as a facilitating agent in the initiation and growth of bubble in animals decompressed to simulated altitudes, J. Gen. Physiol., 28, 225-240, 1945