

14. Isobaric Inert Gas Exchangeに関する研究

小此木国明* 中林 和彦* 伊藤 敦之*
大岩 弘典*

〔はじめに〕

減圧症の研究において、体組織の気泡発生における位相の違いを分離して研究することは不可能であった。Isobaric Inert Gas Exchangeにおける組織の一時的過飽和状態にもとづくDysbarismはBubble Formationと減圧症発症機転を解明する上で新しい解決方法を提供するかも知れない。そこで、Isobaric Inert Gas Exchangeにおける各種不活性ガスの組合せによる各組織の過飽和圧 (ΔP) と位相 (t) との関係を実験的に解析し、実験計画法を検討した。

〔方法及び結果〕

理論的展開において、次の点を考慮した。1. 不活性ガスの出納に関する計算はIndependentなMathematical Model Componentを5分から漸次720分までの11個の半飽和組織 (t 1/2) に分類する。2. 不活性ガスの種類はHe-N₂, He-Krの組合せとし、半飽和時間の割合はN₂:He=1:3, Kr:He=1:5.6とした。3. 深度は大気圧, 30 m, 50 mとし、ガス濃度はAirを除いて、O₂分圧が0.33となる不活性ガス濃度とした。大気圧でのHe-O₂は80%-20%である。

大気圧下において、Air呼吸の後He-O₂を呼吸した場合、体組織不活性ガス分圧と環境圧の差 (ΔP) の最大値はすべての t 1/2 で0.5 m (1.6 ft) で、その出現はN₂20 t 1/2 で20分, N₂120 t 1/2 で100分, N₂720 t 1/2 では600分であった。またAir 30 mで飽和後

He-O₂に交換した場合、Maximum ΔP は7.3 m (25.4 ft) であり、その出現時間は大気圧下の場合と同じであった。図1はAir 50 mで飽和後He-O₂に交換した結果で、Maximum ΔP は12.5 m (41.3 ft) であり、その出現時間は大気圧, 30 mと同様であった。

遅い出納速度で不活性ガス組織飽和を図るには非常に長い時間を要し、実験上困難を伴う。そこで実験時間の短縮を図るために、位相の発現時間と飽和度の関係をみた。図2はAir 50 mにおけるBottom Timeを変えた場合のMaximum ΔP を求めたものである。半飽和時間の短い組織では飽和した場合と同じ値を示すが、半飽和時間の遅い組織ほど ΔP は小さな値となってくる。この図をもとに希望する組織の ΔP 値の予測を立てることが可能である。

そこでN₂480 t 1/2において、N₂-HeとKr-Heの2組の ΔP の変化を見るためにTime Scheduleを考えた。図3はN₂-Heの組合せで、まずAirで50 m加圧し、加圧直後94.5%N₂-O₂にし、24時間滞在後He-O₂に切り換える。Maximum ΔP はガス交換後6.5時間で出現し、14 m (46.2 ft) であった。この6.5時間という位相においてBubble Formationと障害発症との問題をN₂480 t 1/2に結びつけることが可能と考える。

症状の発症し易い ΔP を期待したKr-Heの組合せによる50 mのTime Scheduleでは、48時間のKr-O₂暴露後He-O₂に切り換えて、Maximum ΔP は7.5時間で出現した。N₂480 t 1/2でその値は24 m (79.2 ft) であった。

* 海上自衛隊横須賀地区病院潜水医学実験部

〔考 察〕

1. Maximum ΔP と $t_{1/2}$ との関係における減圧症発症の閾値は研究者によって異なる。Workman (1965) の考え方をもとに我々のデータを解析した場合、有症性気胞の発生の有無は以下のように考える。(1). 大気圧, Air : He-O₂ switch, 無。(2) 30 m, Air : He-O₂では N₂20 t 1/2, N₂120 t 1/2 無, N₂ 720 t 1/2 有。(3) 50 m, Air : He-O₂では N₂20 t 1/2 無, N₂120 t 1/2, N₂720 t 1/2 有。(4) 50 m, N₂-O₂ : He-O₂, N₂480 t 1/2 有。(5) 50 m, Kr-O₂ : He-O₂, N₂480 t 1/2 有。これらの ΔP は2種の不活性ガスによるもので、1種の場合と異なる症状発症を示すかもしれない。2. 不活性ガスの血液及び組織に対する分

配係数の差からガス出納速度の割合を He : N₂ = 1 : 3, He : Kr = 1 : 5.6 とした。K. Smith (1975) は飽和の遅い組織ほどその割合を小さくし、N₂/He = 2.6~2.0 の値を取っており、Buehlman (1975) もまた異なる。この点も今後の実験で検討したい。3. Bubble Formation と減圧症発症との関係において血液動態、特に血液凝固系の変化及び血小板凝集作用などの分析を行い、各組織の最大許容ガス圧較差との関係を求める。4. 実験動物により減圧症に対する感受性が異なる。その選定において、体重と呼吸循環系(心拍出量など)との関係から人間に換算できるものとしなければならない。上記の点を十分に考慮し、今後動物実験を進めていきたい。

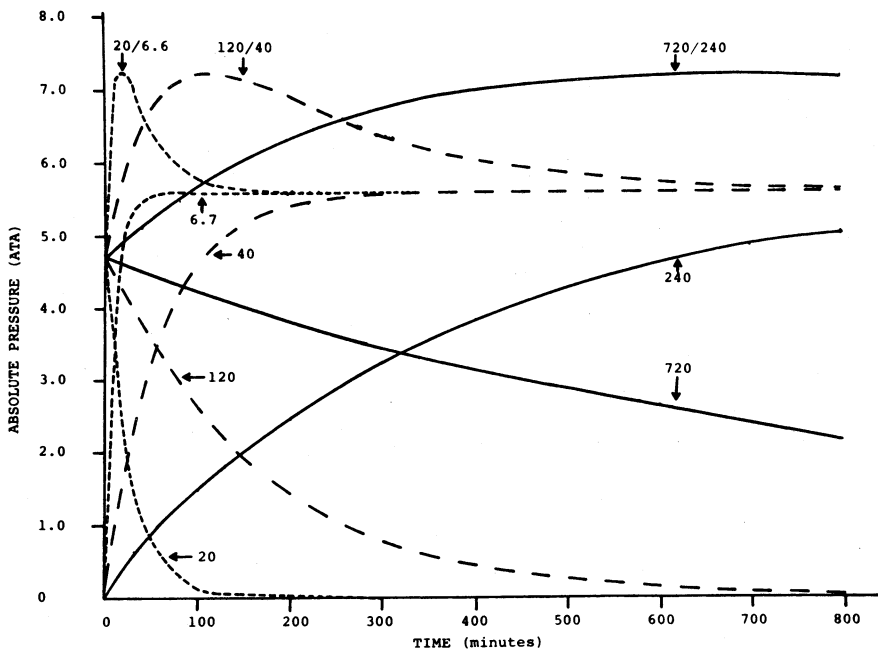


Fig. 1. A comparison of the total inert gas supersaturation generated by isobaric counterdiffusion(50m, N₂-He switch)

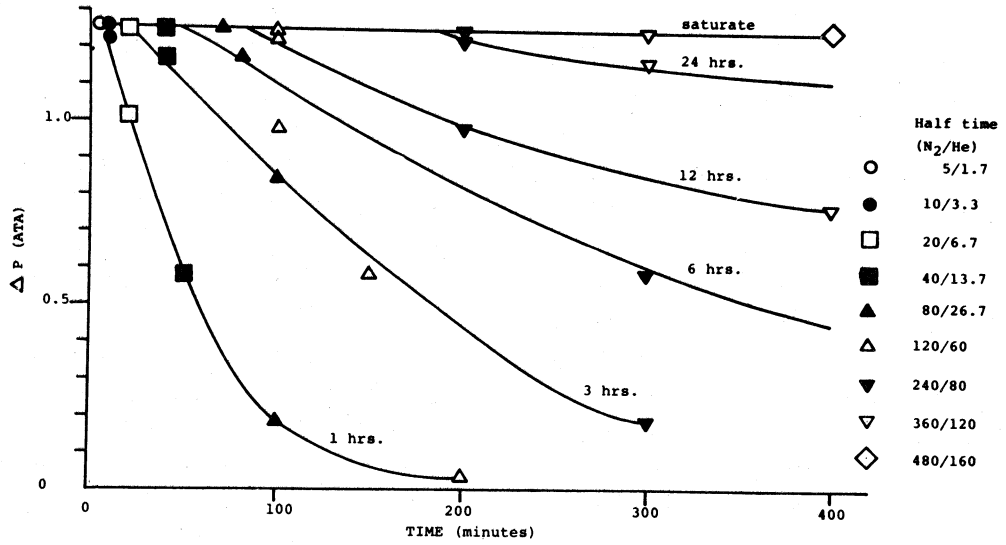


Fig. 2. Relationships between ΔP and exposure time after switching He-O₂ at various bottom times(50 m,N₂-O₂)

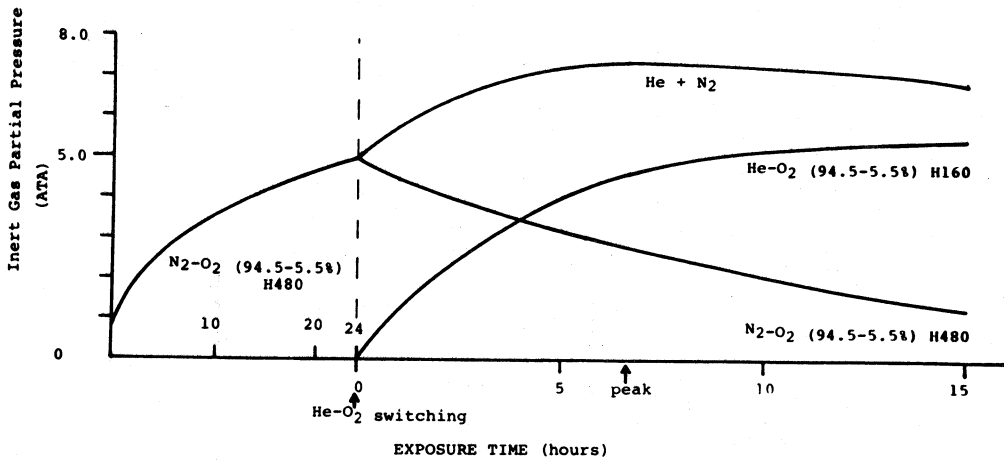


Fig. 3. Schedule of Experimental procedure N₂-O₂(94.5-5.5q)50m switching He-O₂(94.5-5.5q)