

●特集・減圧症と再圧療法をめぐる諸問題

減圧症における酸素再圧法の問題点

後藤與四之*

減圧症に用いる酸素再圧法は1965年米海軍の Goodman と Workman により標準的な酸素再圧治療表の Table 5 と Table 6 が完成して以来、多くの国々で減圧症の first choice として用いられている。

この酸素再圧法における最大の問題点は酸素中毒である。この酸素中毒の本態はいまだ解明されていないが、高圧酸素がいくつかの酵素を阻害する結果と説明されている。また主に障害される臓器は中枢神経と肺であるが他にも多くの組織に毒性が及ぶと言われている。酸素中毒による障害の程度は暴露した酸素の分圧と暴露時間により異なり、図1は中毒症状の出現する域値を示したものである。

中枢神経型の酸素中毒は Paul Bert 効果とも呼ばれ、テンカンと同じ痙攣発作が見られることがよく知られ、軽い症候は口唇の痙攣や嘔気・頭痛・呼吸困難など多彩である。さて減圧症の再圧治療は気泡サイズを縮小させるのが主目的となるので、できるだけ高い治療圧力が望まれる。ところが酸素再圧ではその圧力は酸素中毒が起きない範囲にとどめねばならない。このため Table 5, 6 では最高圧力を 1.8kg/cm²G に設定してあるが、これでも連続して100%酸素を呼吸すると中毒症状が出現するので、Table 5, 6 では100%酸素を20分呼吸したら続いての5分間は空気を呼吸する間歇的酸素呼吸法を行っている。しかしながら中毒症状が出現するまでの時間中、すなわち latent period には個体差が大きく同一個体でさえ日差もあるので、間歇的酸素呼吸法でも酸素中毒を起す場

合がある。その場合は20分の酸素呼吸を短縮するなど治療表の修正が必要となる。さらに極めて稀には昨年本学会で江田が報告した症例のごとく痙攣発作を起した例も実際に有るので、酸素再圧中は、痙攣発作の前駆症状となる軽い中毒症状の有無を頻回にチェックすることが大切である。

次に Larrian Smith 効果と呼ばれる肺型の酸素中毒についてであるが、酸素再圧をくり返す場合に酸素の毒性に累積効果が有ることに問題がある。肺型の酸素中毒による障害の程度を知る指標としては従来より肺活量の減少が用いられているが、1972年 Wright¹⁾は障害の程度を数量化して表現する方法として、Unit Pulmonary Toxic Dose という概念を提唱した。その定義と計算式は図に示した通りであるが、これによると高圧酸素治療を安全に行えるのは 615UPTD で、これは肺活量の減少としては2%に相当するという。また中等度の肺型酸素中毒、すなわち軽い胸痛や咳嗽などの症状がみられ約10%肺活量が減少している場合

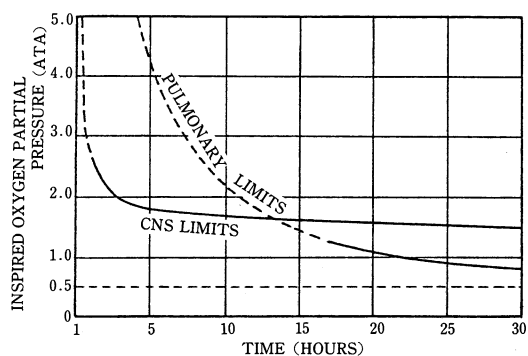


図1 Predicted human pulmonary and central nervous system tolerance to high pressure oxygen.

*埼玉医科大学衛生学教室

Table 5

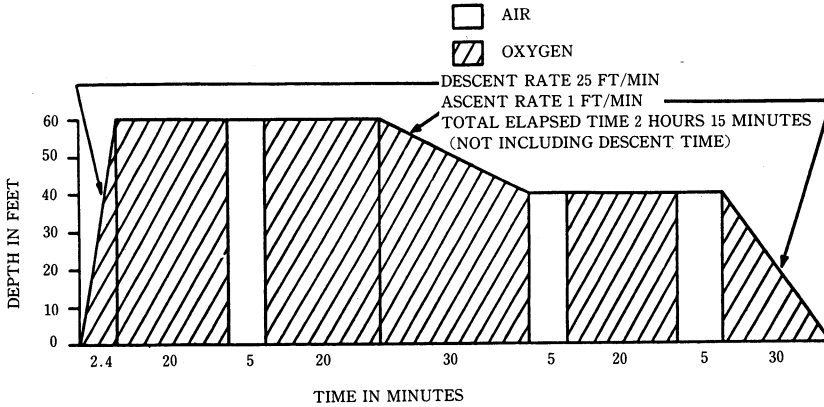


Table 6

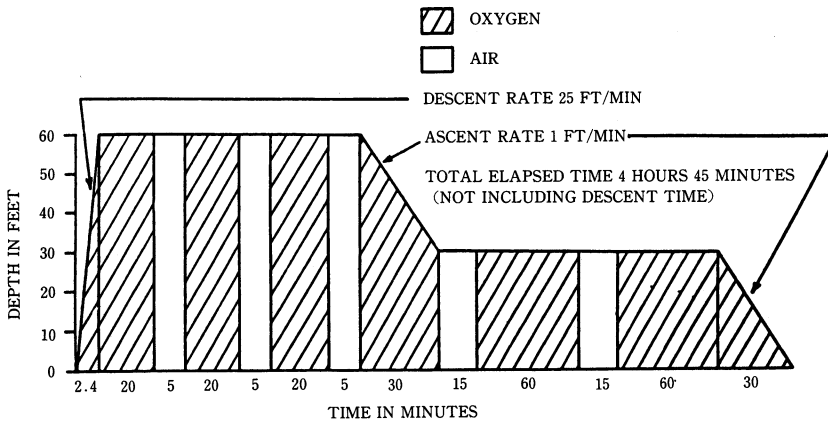


図 2

Unit Pulmonary Toxic Dose (UPTD)

定 義：1 気圧で 100% の酸素を 1 分間呼吸すること
 により生ずる肺毒性の度合。

計算式：
$$UPTD = t^{-1.2} \sqrt{\frac{0.5}{p-0.5}}$$
 ただし t は経過時間
 p は酸素分圧 (気圧)
 (1972. Wright)

	UPTD
Table 5	336
" 6	646
" 6 A	693
酸素中毒による肺活量の減少が 2% の場合	615
" 10%	1,425

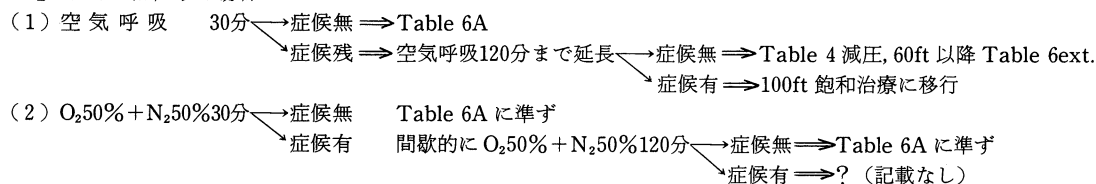
図 3

Table 6にて著効のない重症(難治性)減圧症の治療

1979, UMS ワークショップ “重症な減圧症, 空気塞栓症の治療”

J. C. DAVIS の結論より引用

「A」165ft へ加圧する場合



「B」Table 6, Table 6A の60ft 滞在中悪化又は改善がない場合

- (1) 60ft にて100% O₂間歇呼吸を継続し, 以後空気呼吸で飽和潜水に準じた減圧
- (2) 100ft に加圧し, COMEX 社治療法 CX-30 又は CX-30A を使用し 60ft 以降 Table 6.
- (3) 100ft 飽和治療に移行

図 4

は1425UPTDに相当する。従って1425UPTDをこえる場合には肺型酸素中毒により無気肺を起したり, 肺胞壁の肥厚や肺の線維化など恒久的な障害が残ると言われている。さて酸素再圧のTable 6をこの方法で計算すると646UPTDとなるので連続2回以上このTableを使用すると, 1425UPTDをこえ危険域に入ることとなる。従ってTable 6は連続して2回実施したならば数日間回復を待ってからくり返えすのが肺型酸素中毒の点からは安全と言えよう。

次に治療技術上の問題としては呼吸マスクを使用しなければならないことである。酸素再圧の特徴は圧力による気泡の縮小効果よりも, 気泡と呼吸気ガスとの窒素の分圧差を大きくとることにある。従ってマスクの密着が不十分な場合や, 呼吸抵抗の大きいマスクの使用は呼吸のたびにリークを起すので, 100%の酸素を吸入することが事実上不可能となる。従って酸素再圧の治療効果を十分に発揮するには, 顔面によく密着しかつ呼吸抵抗が少ないマスクを装備することが必要条件となる。また効率良く酸素の吸入が行えているか否かについては, 再圧室内の雰囲気中の酸素分圧の変動を監視すれば判断できる。

酸素再圧法は減圧症に対し優れた治療効果を有する反面, 今迄述べたように宿命的とも言える問題点がある。しかしこれらの問題点はいずれも注意深い運用により克服できるものと考えられるが, CNS Bends の場合 Table 6 の酸素再圧を行っ

ても Table 3, 4 の空気再圧を行っても現在なお高い頻度で後遺症がみられている。この事実は治療開始まで時間の掛かり過ぎる症例が多いことが最大の理由であるが, 今迄の治療表もまだ完璧なものではないことを意味していると思われる。そこで教室では3年前よりこの問題にとり組み始めたが, Undersea Medical Society では1979年に Duke 大学でこの問題についてワークショップを開催した。このワークショップの結論は J. C. Davis²⁾によりまとめられ重症または難治性の減圧症に対する再圧法の指針がいくつか紹介された。図4はそれを簡単にまとめたものである。教室では現在酸素再圧法の変形とも言える50%の窒素, 酸素混合ガスを使用する方法を採用し良好な臨床経験を得ている。

以上酸素再圧法の問題点とその対策について, 治療表の改良について述べたが, 結論としては酸素再圧には常に酸素中毒の問題があることが指摘される。

【参 考 文 献】

- 1) Wright, W. B.: Use of University of Pennsylvania, Institute for Environmental Medicine Procedure for Calculation of Cumulative Pulmonary Oxygen Toxicity. U. S. Navy Exp. Diving Unit, Rep. NEDU 2-27(1972).
- 2) Davis, J. C.: The 20th Undersea Medical Society Workshop, Treatment of. Serious Decompression Sickness and Arterial Gas Embolism, Bethesda, 1979, Undersea Medical Society, Inc.