

●特集・減圧症と再圧療法をめぐる諸問題

減圧速度から見た減圧症

中山 英明*

高圧暴露により呼吸ガス成分中の不活性ガスが体内組織に過剰に溶解するが、不適切な減圧により組織内で気泡化し、この気泡が周囲組織を圧迫し、もしくは血行を阻害して減圧症をおこす。ここで減圧速度と減圧症を論ずるにあたって明確に規定しておく必要のあることは、高圧暴露によりどの程度の不活性ガスのとり込みがあるかという点で、1908年、J.S.Haldaneらは体内組織を5つのコンパートメントに分け、指数曲線の摂取を想定し組織半飽和時間の概念を導入した。後年この考え方は米海軍により踏襲され、Neo-Haldanianとして進展を見るが、半飽和組織については次第に長い時間のものが導入され、コンパートメントの数も増大の傾向を見るに至った(図1)。一方、独自の学説を唱えるNon-Haldanianと呼ばれるグループもあり、減圧に関する定説はない。した

がって減圧速度からみた減圧症についても、時間の制約もあり、その全貌に触れることは不可能であり、以下は世界の大勢を占めるHaldaneないしNeo-Haldanianの減圧理論を主体に、より実地的な応用に対する注意を中心に述べる。Haldaneらが体内組織を5つのコンパートメントに区分したことは前述したが、実際の高圧暴露ではそれぞれ加圧、減圧時間を要し、その時間が瞬間的でなければ当然、瞬間加圧もしくは減圧と様相を異にする。特に、組織不活性ガス圧については、加圧もしくは減圧にあたってその圧変動に遅れを生ずる。このうち、加圧時のそれはその後の減圧過程で減圧症発症の危険性からは、どちらかと言えば安全サイドへの変動とみなされ、問題はないが減圧時の遅れは厳密に考えれば減圧症をひきおこしかねない。それは、減圧表の算定にあたって、一

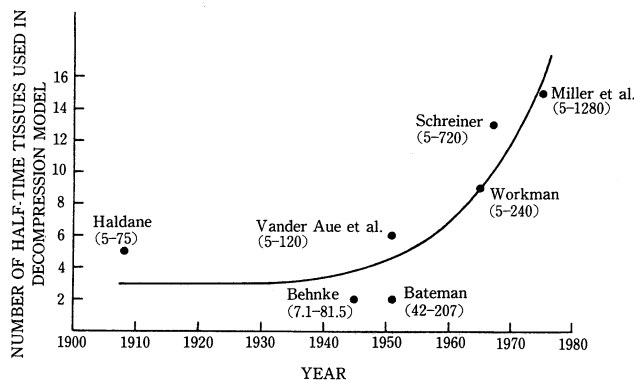


図1 減圧モデルに使用された半飽和組織の数から見た歴史の変遷
()内数字は半飽和時間の幅を示す。

表1 生理学的要因

PHYSIOLOGICAL FACTORS

Species differences
Sex differences
Race and nationality
Age
Body build
Fat content
Diet and fluid intake
Psychological (anxiety)
Fatigue
Previous injury, disease or illness
Cardiovascular differences
Biochemical factors (drugs)
Drinking
Smoking
Blood differences
Respiratory differences

表2 環境因子

ENVIRONMENTAL FACTORS

Inert gas used
Inert gas partial pressure
Duration of exposure
Duration of decompression
Immersion
Time of day
Seasonal variation
Carbon dioxide
Atmosphere contamination
Air ions
Humidity
Temperature
Exercise on the bottom

表3 実施方法による因子

PROCEDURAL FACTORS

Rate of ascent
Distance traveled (step size)
Exercise during decompression
Repeated exposures (adaptation)
Oxygen partial pressure
Stage versus uniform ascent
Posture during decompression

定の減圧速度を想定して計算で求められており、設定された減圧速度に大幅に遅れることは、組織ガス圧の低下の遅れとなり、所謂 safe-ratio を上回り減圧症を発症することがある。因みに、主要各国の減圧速度を見るに、フランス 17m/min、日本 8m/min、英国 60ft/min (≒18m/min) で、減圧速度の遅れに対しては、USN Diving Manual では 60ft 以深での遅れは高圧下の時間に遅れの時間を算入し、60ft 以浅での遅れは第 1 減圧点で正規の停止時間に遅れの時間を加算する補正手段を求めている。このように使用減圧表の制定の背景を知り、正確に減圧表を使用することが減圧症防止に役立つ。

一般に減圧法には 2 通りがあり、その一は段階状で、減圧であり、他は直線減圧である。減圧の効果からすれば、瞬間的な減圧もしくは無減圧の場合を除き、前者が効果が高い。このことは、減圧直後に組織不活性ガス圧と環境不活性ガス圧の差 (driving force) が最大になるが、反面、組織不活性ガス圧と環境圧の比 (Supersaturation ratio) が一定値 (Safe ratio) をこえると組織内に気泡発生がおこり減圧症となる。したがって、この値をこえないよう、しかも、driving force を最大にすることが減圧のテクニクとなる。この意味で段階状減圧は合理的であるが、高圧下の時間が長くなれば safe ratio は小さくなり、思い切っ

た減圧効果を望むことは危険で、とくに飽和潜水の減圧は直線減圧が使用されることが多い。直線減圧は driving force を常に一定に保てるメリットがあり全体としては減圧速度はゆるやかで減圧に長時間を要するが、減圧症の危険も少ない。

高圧暴露につづく減圧の過程における組織不活性ガス圧の変動については、さまざまな計算式があるが、これらのパラメータになるのは組織半飽和時間の選択もしくはガス溶解係数がえらばれるが、これらの値は物理的特性に由来するものが多く、表 1, 2, 3 に示す各種の変動要因は個々の高圧暴露により変動すると考えられるものが多く、標準的な減圧表には加味されない場合が多い。その代表的な例は、過労や飲酒であり、明らかにこれらの因子の有無は減圧症の発症と関連のあることが知られながら、実際の減圧表選択にあたって適切な指示はない。このことから減圧症発症に多少とも関与すると考えられる因子は事前に回避することが必要である。

最後に、特殊な環境でおこることが確認された最近の知見では、高圧の低密度ガス環境で高密度ガスを呼吸した場合に、所謂逆拡散現象 Counter-diffusion Phenomenon がおこる。具体的には、ヘリウムを主体とする環境で、窒素を含むガスを呼吸した場合におこることが観察された。また、環境圧の変動を伴わない isobaric の状態において

呼吸ガス不活性分圧を変動させることで減圧の効果をもつ isobaric decompression が減圧に果たす役割について注目したい。いずれも今後さらに基礎的な研究をつみ重ね確固たるものにする必要が痛感される。

〔参考文献〕

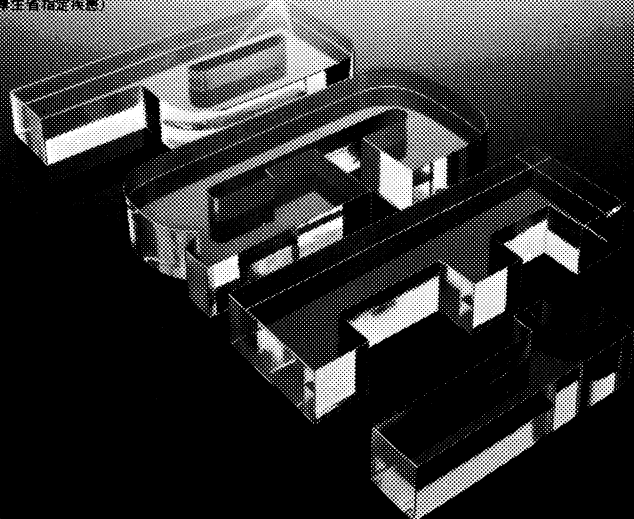
- 1) Bennett, P.B., and D.H.Elliott(Ed.): The Physiology and Medicine of Diving and Compressed Air Work, 2nd Ed. The Williams & Wilkins Co., 1975.
- 2) Decompression Theory. The Seventeenth Undersea Medical Society Workshop, 1978.

循環器系のプロスタグランジン

難病に曙光!!

バージャー病、閉塞性動脈硬化症の新しい治療薬

(厚生省指定疾患)

プロスタグランジンE₁製剤

注射用 **プロスタンディン**
PROSTANDIN for Inj.

薬価基準
緊急収載

組成 1管中、アルプロスタジル20 μ gを含有。

作用 1.末梢血管拡張作用 2.血小板凝集抑制作用 3.潰瘍形成阻止作用 4.抗ショック作用 5.脳血管攣縮抑制作用 6.脂肪異化抑制作用

適応症 下記疾患における四肢潰瘍・壊死ならびに安静時疼痛の改善。慢性動脈閉塞症(バージャー病、閉塞性動脈硬化症)

用法・用量 1. 通常成人1日量アルプロスタジルとして10 μ g~15 μ g(およそ0.1ng~0.15ng/kg/分)を生理食塩液5mlに溶かし、インフュージョンポンプを用い持続的に動脈内へ注射投与する。2. 症状により0.05ng~0.2ng/kg/分の間で適宜増減する。

使用上の注意

1. 次の患者には慎重に投与すること。1) 心不全の患者(心筋収縮力の低下を起すことがある)。2) 緑内障、眼圧亢進のある患者(眼圧を亢進させる作用がある)。2. 副作用 1) 注入肢 鈍痛・疼痛、腫脹、発熱、ときに発赤、脱力感、痒痒があらわれることがある。2) その他 ときに頭痛があらわれることがある。また血漿蛋白分画の変動などの臨床検査成績に異常がみられることがある。3. 適用上の注意 1) 本剤投与により、注入肢に鈍痛・疼痛、腫脹、発熱、発赤等の症状があらわれることがあるので、このような症状があらわれた場合には、すみやかに投与速度を遅くすること。2) インフュージョンポンプ使用に際しては、バッグあるいはシリンジ内に気泡が混入しないように注意すること。3) アンブルカット時にガラス微小片の混入を避けるため、カットする前にエタノール綿等で清拭すること。【保険薬価】1管(20 μ g) 3,611.00(54.9.27収載)



小野薬品工業株式会社
大阪市東区道修町2丁目14