

●原 著

空気潜水後の減圧症に用いる呼吸用混合ガスの使用経験

後藤與四之* 江田文雄* 荒木隆一郎*
野寺 誠* 小林 浩* 梨本 一郎*

我々は遅延した重症減圧症17例について窒素酸素(50/50)、ヘリウム酸素(50/50)と3種混合ガス(He35%/N₂35%/O₂30%)を使用した再圧治療を行った。全症例は、空気潜水をした症例であり、2.8 ATA 以上において混合ガスを使用するCX-30またはTable-6Aの再圧を行った。初めのシリーズでは窒素酸素を使用し8症例治療した。次のシリーズではヘリウム酸素を使用し6症例治療した。我々は窒素酸素とヘリウム酸素との臨床効果の比較上明らかな差異が見られないことより、3種混合ガスの使用を試みた。我々は3種混合ガスを使用し2例の脊髄型減圧症と1例の再発したベンズの治療に成功した。我々はこの種の治療に際しては50/50の窒素酸素やヘリウム酸素よりも3種混合ガスの使用の方が良いと思われた。

キーワード：混合ガス治療，3種混合ガス，再圧療法，減圧症

Therapeutic effects of mixed gas recompression on decompression sickness following air dives.

Yoshiyuki Gotoh*, Fumio Eda*, Ryuichiro Araki*, Makoto Nodera*, Koh Kobayashi*, Ichiro Nashimoto* *Department of Hygiene, Saitama Medical school, Saitama, Japan

We treated seventeen delayed cases of severe decompression sickness (DCS) by recompression using Nitrox (50/50), Heliox (50/50) and Trimix (He 35%/N₂ 35%/O₂30%). All patients had dove using air, and were recompressed according to CX-30 or Table-6A in which mixed-gas was breathed above 2.8 ATA. In the first series, we treated eight patients using nitrox. In the second series we treated six patients using heliox. Because we found no significant difference between the clinical benefits of nitrox and heliox, we tested trimix. With trimix we succeeded in the treatment of two cases of spinal cord DCS and one case of recurrent bends. We prefer trimix (35/35/30) to 50/50 heliox or nitrox for this type of treatment.

Keywords : _____

Mixed-gas treatment
Trimix
Recompression therapy
Decompression sickness

はじめに

減圧症は高圧暴露中に溶け込んだ窒素ガスが減圧により体内で気泡を形成することが病因であることをP.Bert¹⁾は実験的に証明すると同時に、治療に際しては再加圧することが必要であることを1886年に著述した。またE.W.Moirは1890年ハドソン河の圧気トンネル工事に際し初めて再圧室を使用した²⁾。このように減圧症に対する再圧療法の歴史はほぼ1世紀になる。初期の再圧治療は再加圧開始より終了まで約1時間程度と、現在から考えるときわめて短時間の再圧治療であり、現在のように病状に合わせて一定の再圧スケジュールを実施する方式ではなかった^{3,4)}。こうした黎明期の減圧症の治療について調査した記録は1909年に3692例の減圧症を集計したF.L.Keays⁵⁾の報告がある。驚ろくべきことに、I型減圧症(いわゆる

*埼玉医科大学衛生学教室

ベンズ)は現在同様90%が1, 2回の再圧治療で治ったと記録されている。しかしながら脊髄型減圧症は80例のうち死亡例が5名, 廃人同様の者が6名いたと報告されている。こうした事実により脊髄型減圧症は再圧治療が開発された当初から最も厄介な病型であったことが伺い知られる。

現在行われている脊髄型減圧症に対する再圧治療は, 1965年に米海軍で開発された酸素再圧法⁹⁾のTable-6を繰り返して行く方法が国際的に通用している。しかしながら治療成績は必ずしも良好とは言えず, 難治性減圧症の治療法についてUndersea Medical Society Inc.(現在のUHMS)は1979年に第20回ワークショップを開催し討議した⁷⁾。その結果飽和再圧療法を始めとしたいくつかの新しい再圧療法が紹介されたが, 統一した再圧治療の指針は示されなかった。一方同じ頃わが国では2.8 ATAまでしか加圧しないTable-6の酸素再圧法よりも6 ATAまで加圧し20時間以上かかるTable-3, 4の空気再圧法の方が良いとする治療成績⁸⁾が報告され論争となり, 現在でも脊髄型圧症に対する標準的再圧治療法のコンセンサスは得られていない。しかしながら稀に遭遇する脊髄型減圧症に対し大がかりな装置と複数のスタッフが占有される再圧療法において, 医療施設によりそれぞれ事情は異なっても“少しでも短時間で大きな治療効果を求める”ことが共通の課題である。そこで我々は酸素再圧法の基礎となったYarbrough & Behnke⁹⁾の研究に着目した。この研究は酸素の使用と同時に窒素酸素あるいはヘリウム酸素の混合ガスを用いて6 ATAまで加圧し, 2.8 ATA以下では純酸素を使用する方法を提唱したものである。また1976年にはCOMEX社(仏)より空気潜水後に発生した減圧症の治療にも窒素酸素やヘリウム酸素の混合ガス(50%/50%)を使用し4 ATAまで加圧する再圧スケジュール(CX30)が公表され, 前述のワークショップでも重症例に対しては2.8 ATA以上に加圧し混合ガスを使用することが推奨された。こうした海外の新しい再圧治療法を参考に我々も1980年より混合ガスの使用を試みることにした。まず始めは窒素酸素(N₂50%/O₂50%)の混合ガスの使用を試み, 次いでヘリウム酸素(He50%/O₂50%)の混合ガスを使用してみた。その結果窒素酸素, ヘリウム酸素共に良好な治療成績が得られたので,

呼吸ガス供給システムが室外排気となっていない施設でSCUBAの様な簡単な呼吸器を再圧室に持ち込んでも安全に混合ガス治療が実施できるよう, 酸素濃度を低く抑えヘリウムと窒素を等量に混ぜた3種混合ガス(He35%/N₂35%/O₂30%)の応用も試みた。その結果従来の酸素再圧法よりも良好な治療成績が得られたので, 臨床経過とともに空気潜水後の減圧症に対する混合ガス使用の意義について文献的考察を加え報告する。

治療装置および対象

空気潜水後の減圧症では窒素が主成分である減圧性気泡が病因と考えられているので, 再圧治療中の呼吸ガスに含まれる窒素の濃度は最小限であることが望ましい。一方吸気中の酸素分圧は中毒閾値以下におさめねばならないので暴露圧が2.8 ATA以上となると純酸素を呼吸ガスとして使用できず, 不活性ガスで薄めねばならない。そのため我々は適切な濃度の混合ガスをガスメーカーに依頼し製造してもらいシリンダーに充填し貯蔵しておいた。当初設置してあった高圧室用の呼吸回路(Built In Breathing System, BIBS)は室内圧が2.8 ATA以上になると室外排気機構(overboard dumping system)が作動不良となるので窒素酸素混合ガスの呼気は直接室内に排気した。このため連続的に換気が続けたが室内雰囲気酸素濃度は25%程度まで上昇した。その後呼吸回路を改良し2.8 ATA以上でも呼気ガスは直接室外へ排出可能としたので, 体内の窒素気泡と呼吸ガスとの間の窒素分圧差を一層大きくとれるヘリウム酸素混合ガス(50%/50%)の使用を試みた。さらに前述の3種混合ガス(He35%/N₂35%/O₂30%)も試みた。治療に用いた再圧スケジュールは図1, 2に示したようにTable-6AおよびCX-30を採用した。なおTable-6Aについては原法が6 ATAに減圧する過程は4分間となっているが, それでは急速過ぎるので16分とやや緩徐な減圧に修正した。混合ガスは純酸素の使用が出来ない2.8 ATA以上の高い圧力環境に限定して使用した。

結 果

我々の施設は潜水地点あるいは潜函作業場からは遠く離れているので, 治療対象となる減圧症例

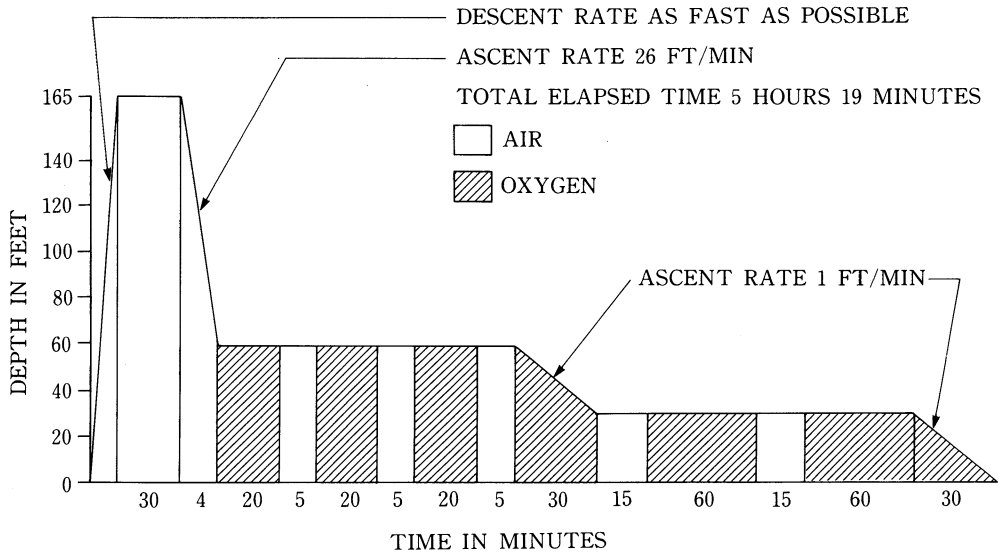


Fig 1 U.S.Navy recompression treatment TABLE-6A

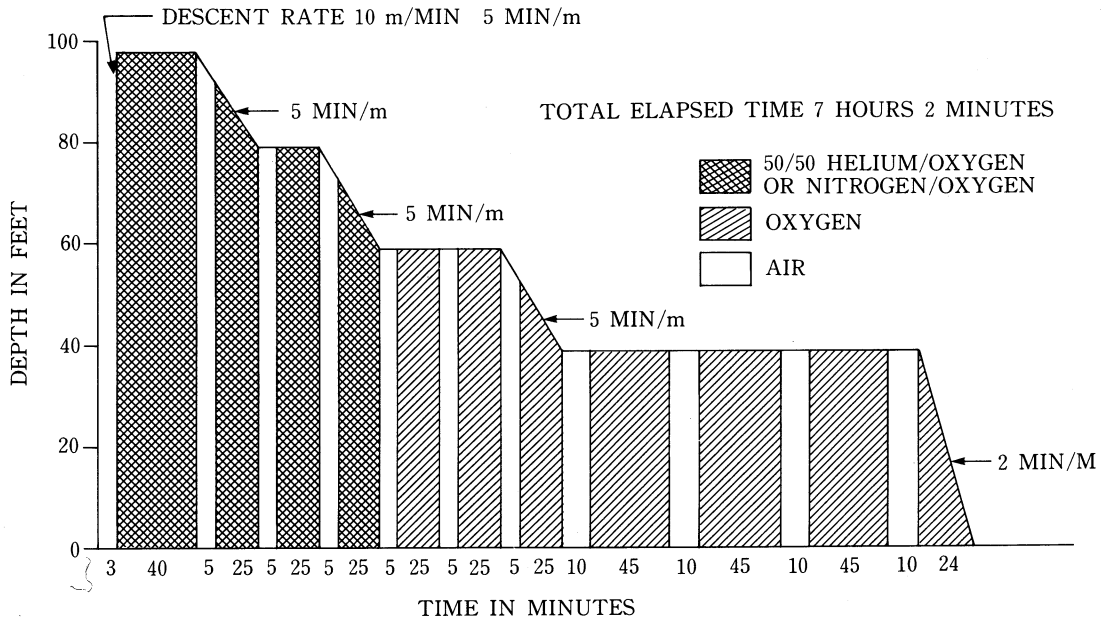


Fig 2 COMEX therapeutic table CX-30

は再圧開始迄に相当な時間が経過した症例か、他の施設で再圧治療したが遺残症状が大きいと言った遷延症例が殆どである。混合ガスを用いた症例は表1に示すごとく合計17例である。それぞれの

臨床経過について治療の順に以下に述べる。

症例(1) T.T.45歳 漁業ダイバー (脊髄型)

浮上直後に意識が消失、次いで四肢麻痺が出現し10時間後に某大学病院で最初の酸素再圧を受け

Table 1 The clinical results of mixed-gas recompression treatment

No.	Age	Symptom	Mixed-gas recompression	start of mixed-gas recompression	outcome of recovery
1	45	tetraplegia	N ₂ O ₂ CX-30×4 N ₂ O ₂ T-6A×2	33 days*	minimal
2	40	paraplegia	N ₂ O ₂ T-6A×5	18 hours	moderate
3	27	limb bends	N ₂ O ₂ T-6A×1	27 hours	complete
4	45	paraplegia	N ₂ O ₂ T-6A×4	8 hours	substantial
5	21	limb bends	N ₂ O ₂ T-6A×2	33 hours	complete
6	34	headache	N ₂ O ₂ T-6A×1	26 hours	complete
7	31	headache	N ₂ O ₂ T-6A×1	62 hours	complete
8	37	limb bends	N ₂ O ₂ T-6A×1	14 days	complete
9	34	tetraplegia	HeO ₂ T-6A×19	10 days*	minimal
10	37	motor weakness	HeO ₂ T-6A×2	5 days	complete
11	39	limb bends	HeO ₂ T-6A×1	36 hours	complete
12	40	monoplegia	HeO ₂ T-6A×2	8 days*	moderate
13	36	paraplegia	HeO ₂ CX-30×1	8 hours	complete
14	44	paraplegia	HeO ₂ T-6A×7	20 days*	modereta
15	65	paraplegia	HeN ₂ O ₂ T-6A×4	24 days*	substantial
16	59	motor weakness	HeN ₂ O ₂ T-6A×2	21 days*	complete
17	45	limb bends	HeN ₂ O ₂ T-6A×1	37 hours	complete

* : Patients who had undergone preceding recompression at other hospitals.

た。その後 Table-5 と 60分程度の高圧酸素療法を合計37回受けたが、1カ月後になっても C₄以下の四肢麻痺が存在し激しい腰痛が持続した。発症33日後に当教室に転医して来た際に我々は「すでに病状が固定しているので大巾な改善は期待できないこと」を告げたが、「6 ATA まで加圧して欲しい」との患者の強い要請があり窒素酸素を用いて6 ATA までに加圧することに踏み切った。本例には N₂/O₂・Table-6A を2回と N₂/O₂・CX-30 を4回それに通常の酸素再圧を8回施行した。腰痛の消失と上肢の麻痺については改善が認められたが自然緩解を越える程の再圧効果は認められなかった。

症例(2) Y.T.40歳 プロダイバー (脊髄型)

浮上直後チョークスにて発症し、次いで知覚障害と運動障害が Th10 以下に出現し尿閉を伴い歩行不能の状況で18時間後に当教室に到着した。直ちに Table-6・extension を施行し病状の改善は認めたが依然歩行障害と知覚障害が残った。そこ

で半日休養後に N₂/O₂・Table-6A を施行してみた。その結果大巾な改善が得られ、独歩が可能となり障害範囲は L₂以下に縮小し知覚障害程度も大きく軽減した。その後5回の N₂/O₂・Table-6A を追加した結果病状は徐々に緩解し11日後の退院時には右足に僅かな知覚鈍麻と軽い跛歩が残るだけとなった。本症例ではその後加療しなかったにも拘らず数カ月後にはすべての遺残症状も消失した。

症例(3) H.M.27歳 漁業ダイバー

伊豆の離島で左上肢の疼痛で発症し27時間後当教室に到着した。始め Table-6 のスケジュールで開始したところ最初の酸素20分を終えた頃疼痛が我慢できない程に増強したと患者が訴えて来た。そこで我々は窒素酸素混合ガスに切り替え4 ATA に加圧したところすぐに疼痛は消失した。以後は Table-6A のスケジュールで再圧は終了し完治した。

症例(4) K.T.45歳 レジャーダイバー (脊髄

型)

浮上10分後左下肢の違和感として発症，8時間後当教室到着時には尿閉となり歩行障害を伴った Th_{10} 以下の不完全麻痺の症例である。発症8時間後に $N_2/O_2 \cdot Table-6A$ を施行し大幅な改善を見たが，左鼠経部の知覚障害，脱力感，排尿困難が遺残した。そこでさらに $N_2/O_2 \cdot Table-6A$ を3回と $Table-6$ を3回追加した。5日後退院時には左下肢に僅かな知覚鈍麻が残ったが数カ月後にはこの残遺症状も消失した。

症例(5) K.O.21歳 潜函作業者

右膝関節部に疼痛を自覚しながら高気圧作業に従事し当然の結果として疼痛が増強したので作業所の再圧室にて救急再圧を行った。その際最大圧4.6 ATAまでに加圧し以後を $Table-2A$ に従う空気再圧であったが再発した。本症例は初発より33時間経ってから当教室に来たものであり繰り返しの再圧となることからベンズであっても難治症例と考え初めから混合ガスを使用してみた。まず $N_2/O_2 \cdot Table-6A$ を実施し完治したと思われたが2時間後には軽い疼痛が再発した。本例はその後4日間の入院中 $Table-6$ と $N_2/O_2 \cdot Table-6A$ を追加しようやく治癒した。

症例(6) T.T.34歳 プロダイバー

頭痛と左上腕の疼痛を訴え発症26時間後に当教室に来た。 $N_2/O_2 \cdot Table-6A$ を開始し6 ATA到着数分後に主訴は完全に消失したが2.8 ATAに減圧すると僅かに疼痛が再発した。予定のスケジュールを続行したところ2.8 ATA滞在の最後段階では疼痛は消失していた。そこで1.9 ATAまで減圧したところ1.9 ATAにて40分経過した頃に酸素中毒症状に起因すると思われる気分不良，両手しびれ感を訴えた。このため以後のair breakを10分に1回の割合に追加した結果この症状も消失し治癒した。

症例(7) T.I.31歳 レジャーダイバー

頭痛両肩疼痛を訴え発症2日半経ってから当教室に来た。本症例には $N_2/O_2 \cdot Table-6A$ を1回施行し治癒した。

症例(8) K.O.37歳 港湾ダイバー

水深26mの潜水を1日4回行い5時間後発症し，約1日半後に潜水会社所有の再圧室にて医師の管理下で $Table-2A$ を実施したが，左大腿部の疼痛が残存し2週間後に当教室に来た。本例には

$N_2/O_2 \cdot Table-6A$ を1回施行し治癒した。

以下は呼吸回路を改良後にヘリウムの混合ガスを使用した症例である。

症例(9) K.S.34歳 レジャーダイバー(脊髄型)

海外のリゾート地でスクーバ潜水30分後下半身麻痺で発症し不完全な海中再圧(いわゆる“ふかし潜水”)を試みたところかえって増悪し，翌日飛行機で同国の海軍病院に移送されたがその時すでに四肢麻痺となってしまった症例である。発症翌日になり $Table-6 \cdot extension$ を始めたが改善せず，2.8 ATA120分滞在後6 ATAに昇圧し $Table-4$ に移行したが殆ど回復は見られないまま2.8 ATAまで戻り，そこで再び $Table-6$ 移行して13時間に及んだ再圧治療を終了した。不幸なことに，この再圧治療の介助のために再圧室に入った4名が減圧症に罹患してしまったので，民間人であった本患者はその先この海軍病院での再圧治療は断わられてしまい発症9日後になって当教室に来た。我々は患者の強い希望を考慮してヘリウム酸素を用いる再圧治療を試みることにした。2ヶ月間に $He/O_2 \cdot Table-6A$ を19回実施した結果，知覚脱出レベルの上限は Th_6 から L_1 へと下降し，起座位になれなかったのが可能となるなどの改善を見た。しかしながら本例も症例1と同様自然緩解の範囲を越えるような明快な病状の改善は認められなかった。しかし本例により空気再圧後の減圧症にヘリウム酸素の混合ガスを使用しても病状が悪化する恐れのないことが確認された。

症例(10) K.Y.37歳 女性レジャーダイバー(脊髄型)

浮上30分後左下肢脱力感としびれ感で発症。5日後初診し左下肢に知覚鈍麻と腱反射の亢進を認め $He/O_2 \cdot Table-6A$ を施行した。初回再圧後も罹患部位の違和感が残存したのでさらに5日後 $He/O_2 \cdot Table-6A$ を追加施行し治癒した。

症例(11) 39歳 レジャーダイバー

以前に2回ベンズに罹患し再圧治療の既往のあるこの患者は再び左肩甲部のベンズに罹患し発症36時間後に当教室に来た。本例では $He/O_2 \cdot Table-6A$ を1回施行し治癒した。

症例(12) T.S.40歳 サルベージダイバー(脊髄型)

浮上10分後に発症，左下肢不全麻痺となり2～3時間後某国立病院で再圧治療を受けた。そし

てその後6日間の入院中に酸素再圧治療を合計5回受けたが、左下肢に僅かな知覚鈍麻と軽度の歩行障害が残存した。発症8日後当教室に来院時点では排尿困難、左下肢運動知覚障害、左Th12以下にしびれ感を訴えていた。我々は本例に対しHe/O₂・Table-6Aを4回とTable-5を2回施行した。その結果、臍のしびれ感と排尿力の不足感および下肢脱力感を残存したが歩行は見かけ上まったく正常となった。

症例(13) H.S.36歳 プロダイバー (脊髄型)

浮上15分後に上腹部圧迫感、視力障害、両足知覚障害にて発症し、その後一時自然緩解がみられるが、発症8時間後の来院時にはTh₁₂~L₁以下の脊髄症状すなわち歩行障害と両下肢の知覚鈍麻がみられ頭痛、腰痛を訴えてた。直ちにHe/O₂・CX-30を施行したところ両下肢に部分的な知覚障害が残存するだけとなった。本例はさらにTable-6とTable-5を合計4回追加し治癒した。

症例(14) M.S.44歳 漁業ダイバー (脊髄型)

浮上直後の腰痛、呼吸困難にて発症し3時間後某病院にてTable-6の再圧治療を受けたが両下肢の運動知覚麻痺が残った。さらに3週間の入院期間中に合計15回の酸素再圧を受けたがあまり改善しないと言うことで当教室に転医して来た。初診時の病状は尿閉と直腸障害を伴うTh₉以下の知覚鈍麻および両下肢運動麻痺により歩行不能の状況であった。我々は最初Table-6を施行してみた。その結果再圧による治療効果が認められ酸素耐性も備わっていると判断できたので以後He/O₂・Table-6Aを合計7回施行した。その結果自然排尿および排便は可能となり知覚障害も大きく軽快した。筋力テストは大幅に改善していたにもかかわらず退院時には独歩が出来なかったが、その後リハビリテーションに励み1年後にはジョギングが可能となった。

以下はヘリウム窒素酸素の3種混合ガスを使用した症例である。

症例(15) M.Y.65歳 レジャーダイバー (脊髄型)

離島での潜水直後チョークス症状で発症、その後徐々に脊髄型の症候が揃った。翌日飛行機で移送後某大学病院にて酸素再圧を受けた。10日間の入院中Table-6を2回Table-5を3回実施され発症24日後に当教室に来院した。その間リハビリテ-

ーションに励んでいたので知覚障害(正常上限右:L₁左:L₂)の割には運動障害は軽度であった。しかしながら尿閉が続き排便には洗腸を必要としていた。本例は初回のHe/N₂/O₂・Table-6Aにより自尿が出現し、その後4回のHe/N₂/O₂・Table-6Aと通常のTable-6を1回施行した結果膀胱直腸障害はほぼ消失し知覚障害も両足のごく一部に軽度残存するだけとなった。

症例(16) Y.A.59歳 港湾ダイバー (脊髄型)

浮上5分後左腹痛にて発症し、次いで左は鼠径部右は膝部より末梢にしびれ感と強い脱力感が出現し歩行には努力を要した。翌日より15日間某病院に入院し最大加圧3ATA150分程の高圧酸素療法を第1種装置で受け脱力感は消失し正常に歩行できるようになったが両下肢にしびれ感が残存した。3週間後当教室に来院時点では両側腱反射の亢進とL₄以下に軽度の知覚鈍麻を認めた。本例は3日間にHe/N₂/O₂・Table-6Aを2回施行し治癒した。

症例(17) E.M.45歳 高気圧作業者

高気圧作業直後より両下肢疼痛として発症し12時間後作業所に設置してある再圧室にて再圧を開始したが、圧力は現場と同じ3.8ATAまでしか加圧できずそのまま2時間経過したが疼痛は軽減しなかった。やむをえず我々が酸素呼吸装備を持参しTable-6に移行してその救急再圧を終了させたが、左下腿に疼痛が残存した。本例は翌日にHe/N₂/O₂・Table-6Aを施行し治癒した。

考 察

ヘリウム酸素あるいは窒素酸素の混合ガスを空気潜水後の減圧症の再圧治療に応用する考えは、前述した様に1939年にYarbrough & Behnke⁹⁾によって最初に提唱されたものである。彼らはヘリウム潜水後の減圧症50例にこの再圧方法を実施し、1例のみ繰り返しの再圧を要しただけで全例治癒させた。しかしながらその後空気潜水後の減圧症に対し、ヘリウムよりガス出納速度の遅い窒素が排出されるのに必要な時間を追加すると言う配慮がなされず、そのままこの再圧スケジュールを空気潜水後の減圧症に使用した結果、1945年Van Der Aue¹⁰⁾の報告に見られるように約半数が再発してしまった。従ってその後はヘリウム酸素再圧法は極めて稀にしか使用されなくなってし

まった。ところが1976年 COMEX 社(仏)より通常の空気潜水後に発生した減圧症の治療にも窒素酸素やヘリウム酸素の混合ガス(50%/50%)を使用し4 ATA まで加圧する治療テーブル(CX-30)が1976年 COMEX 社(仏)から公表されて以来再び注目を浴びるようになった。

空気潜水後の減圧症に Table-6A あるいは CX-30 による再圧中に2.8 ATA 以上の圧力で窒素酸素混合ガスを使用することについて異論はないが、窒素気泡が病因であると考えられている空気潜水後の減圧症にヘリウム酸素の混合ガスを使用することには賛否両論¹¹⁾がある。そのひとつは呼吸ガスと雰囲気ガスが異なる場合に生じる counterdiffusion¹²⁾の影響である。counterdiffusion のうち雰囲気ガスがヘリウムで呼吸ガスが空気(窒素酸素)と言った“雰囲気ガスの拡散速度が呼吸ガスの拡散速度より速い条件”の場合に減圧せずとも体内に気泡を生ずる superficial counterdiffusion と言われる現象がある。大気圧下での豚の実験では30分で静脈内気泡を認め、家兎の実験では200 ft の加圧下では減圧せずとも1.5~2 時間で致死量に達したと報告¹³⁾されている。一方逆に雰囲気ガスが空気で呼吸ガスがヘリウム酸素と言った逆の条件では、減圧時のみ体内ガスの過飽和度を助長すると言った deep-tissue isobaric counterdiffusion の現象が理論的には起こり得ると言われ実験的にも超音波ドプラー法で気泡を認めたとの報告¹⁴⁾もあるが、実際に減圧症を生じたり増悪したとの報告はなく心配はないと C.J.Lambertsen¹³⁾は述べている。我々の治療法では雰囲気ガスが空気であり呼吸ガスのみヘリウム酸素混合ガスを使用するので当然 superficial counterdiffusion を生ずる条件はなく、また deep-tissue isobaric counterdiffusion についても、ヘリウム酸素混合ガスで呼吸しながら2.8 ATA に減圧した後は20分に1 回毎の5 分間の air break 以外は終了まで純酸素呼吸を続けるので理論的には deep-tissue isobaric counterdiffusion による減圧症症候の増悪は起きないはずである。

空気潜水後の減圧症にヘリウム酸素混合ガスを使用する動物実験は米海軍医学研究所で行われている。P.W.Catron¹⁵⁾らは気管内挿管し心臓カテーテルでモニターリングした犬を空気10 ATA に圧暴露した後減圧し、10分以内に肺動脈圧が2

倍以上に上昇したものを減圧症に罹患した時点と判定して、その時点からヘリウム酸素で呼吸させた8匹と空気呼吸のままであった7匹とを比較した実験を行った。その結果ヘリウム酸素呼吸は肺血管抵抗が増加するので空気潜水後の減圧症にこれを投与することは良くないと結論した。また R.S.Lillo¹⁶⁾らは空気での圧暴露の後モルモットの減圧症罹患を血圧下降、不整脈、呼吸頻数にて判定し、直ちにヘリウム酸素の雰囲気中で再加圧した場合と空気で加圧した場合とを比較し、空気再圧の方が呼吸障害の回復が早いとの結論を得ている。しかし一般に動物実験では脊髓型減圧症は作成しにくいので、両者の実験は減圧直後に生じた多量の血管内気泡が呼吸循環系を障害する結果生じるとされているチョークスを対象としたものであり、こうした条件下で再圧直後に呼吸ガスをヘリウムにスイッチした場合の影響を調べたものである。前述したように我々の報告例にはチョークスは含まれておらず、減圧終了後最も短時間の症例でも8 時間後に再圧を開始したというような脊髓型を適応症例と考えているので、動物実験にみられたヘリウム酸素呼吸が不利との結果は遷延した人の減圧症では必ずしも考慮しなくてもよいと考えている。

ヘリウム酸素混合ガス再圧治療の臨床報告は P.B.James¹⁷⁾が行っており有効であったと結論している。また Douglas¹⁸⁾らは空気潜水後の脊髓型減圧症で発症後3~6 時間経過後再圧開始し、2.8 ATA の酸素再圧で改善しない3 例をヘリウム酸素の飽和治療に移行していずれも全治することが出来たと報告している。我々の臨床経験でも窒素酸素、ヘリウム酸素それにヘリウム窒素酸素の混合ガスいずれも悪化した症例はなかった。さらに遷延症例にあっても殆どの場合に再圧による治療効果を認め、その効果は従来の再圧療法より優れているとの印象が得られた。

また当初計画したような窒素酸素あるいはヘリウム酸素どちらが治療効果が優れているかについて結論は得られなかったが、逆に治療効果にそれほど相違がみられなかったことを念頭においてヘリウム窒素酸素の3 種混合ガス(35%/35%/30%)の臨床応用も試みた。Table-6A のスケジュールにて3 症例に試みた結果はいずれも良好であった。混合ガスを再圧治療に使用するに当たり、輸

入品であるヘリウムは購入経費が高いと言われて
いるが、我々の使用した混合ガスの工場渡し価格は
1m³当たり約3,000円なので、Table-6Aに使用
するヘリウム混合ガスはその消費量を考えるとコス
トは6,000円であり少なくとも20時間以上を要
する空気再圧では、それに費やされる人件費が膨
大となることを考えると、経済的にみてもメリッ
トは大きいと言えよう。

(本論文は第22回日本高気圧環境医学会総会に
おいて発表したものに、その後症例を追加したも
のである。)

[参 考 文 献]

- 1) Bert, P.: La Pression Barometrique, Masson, Paris 1878; Republished by Undersea Medical Society, Inc., Bathesda, 1978
- 2) Ole Singstad: Industrial operations in compressed air, Journal of Industrial hygiene and toxicology, Vol. 18, No. 8, PP 497-523, 1936
- 3) Ryan, L.M.: Compressed Air disease from a clinical aspect, New York Medical Journal, Vol. XC, No. 5, PP 193-198, 1909
- 4) Mummery, N.H.: Diving and caisson disease, The British Medical Journal, PP 1565-1567, June 27 1908
- 5) Keays, F.L.: Compressed-Air Illness; With a report of 3692 cases, Researches from the Department of Medicine, Publications of Cornell University Medical College, Vol. 2 PP 1-55, 1909; from American Labor Legislation Review, 2: PP 192-205, 1912
- 6) Goodman, M.W., Workman, R.D.: Minimal recompression; oxygenbreathing approach to treatment of decompression sickness in divers and aviators, U.S. Navy Exp. Diving Unit, Rep. No. 5-65, 1965
- 7) The 20th Undersea Medical Society Workshop; Treatment of serious decompression sickness and arterial gas embolism, Chairman J.C. Davis, Undersea Medical Society, Inc., 1979
- 8) 林皓: 九州労災病院における再圧治療の実状, 日高圧医誌, Vol. 16, No. 3, PP 147-148, 1981
- 9) Yarbrough, O.D. & Behnke, A.R.: The treatment of compressed air illness utilizing oxygen, Journal of Industrial Hygiene and Toxicology, Vol. 21, No. 6, PP 213-218, 1939
- 10) Van Der Aue, O.E. & Duffner, G.J., Behnke, A.R.: The treatment of decompression sickness: An analysis of one hundred and thirteen cases, Journal of Industrial Hygiene and Toxicology, Vol. 29, No. 6, PP 359-366, 1947
- 11) EUBS 7th Annual Scientific Meeting & Symposium on Decompression Sickness, Vol. 2, PP 181-182, Cambridge, July 1981
- 12) D'Aoust, B.G., Lambertsen, C.J.: Isobaric gas exchange and supersaturation by counterdiffusion; P.B. Bennett and D.H. Elliott, The physiology and medicine of diving, 3rd ed., London, Bailliere Tindall, 1982, PP 383-403
- 13) Lambertsen, C.J.: Advantages and hazards of gas switching: relation of decompression sickness therapy to deep and superficial isobaric counterdiffusion, C.J. Lambertsen, Proceedings of the symposium on decompression sickness and its therapy, Pennsylvania, Air Products and Chemicals, Inc., 1979, PP 107-124
- 14) D'Aoust, B.G., Smith, K.H., Swanson, H.T., White, R., Harvey, C.A., Hunter, W.L. Jr., Neuman, T.S., Goad, R.F.: Venous gas bubbles: production by transient, deep isobaric counterdiffusion of helium against nitrogen, Science 197: PP 889-891, 1977
- 15) Catron, P.W., Thomas, L.B., Flynn, E.T. Jr., McDermott, J.J., Holt, M.A.: Effects of He-O₂ breathing during experimental decompression sickness following air dives, Undersea Biomed Res, Vol. 14, PP 101-111, 1987
- 16) Lillo, R.S., MacCallum, M.E., Pitkin, R.B.: Air vs He-O₂ recompression treatment of decompression sickness in guinea pigs, Undersea Biomed Res, Vol. 15, PP 283-300, 1988
- 17) James, P.B.: The treatment of decompression sickness in air diving, Undersea Biomed Res, Vol. 11 (suppl), PP 21-22, 1984
- 18) Douglas J.D.M., Robinson, C.: Heliox treatment for spinal decompression sickness following air dives, Undersea Biomed Res, Vol. 15, PP 315-319, 1988