

●原 著

重症型減圧症に対する再圧治療法
—— Long Air Table + HBO の適応 ——

鈴木 卓^{*,**} 妹尾正夫* 四ノ宮成祥*
大野文夫* 甲斐有司* 伊藤敦之*
大岩弘典* 中村正夫^{**}

より有効な初期再圧治療表の確立を目指して、改良した Long Air Table + HBO という治療表を考案し、我々が経験した重症型減圧症2例（脊髄型及び脳型）に対して再圧治療を行い、期待した成果を得た。この治療表の構成は、初期 100 ft 空気加圧、1～2時間の保圧後、重症度及び障害組織からの窒素ガス出納速度を考慮した安全減圧、及び引き続き 40 ft 以下での高圧酸素療法（HBO）というものである。

キーワード：重症型減圧症，再圧治療，高圧酸素療法，酸素治療表，空気治療表

Recompression therapy for serious decompression sickness (DCS)—Application of a long-term air table with HBO

Takashi Suzuki^{*,**}, Masao Seno*, Nariaki Shinomiya*, Fumio Ohno*, Yuji Kai*, Atsushi Itoh*, Hiromichi Ohiwa* and Masao Nakamura^{**}

*Undersea Medical Center, JMSDF

**Department of Laboratory Medicine, St. Marianna University School of Medicine

To establish a more effective treatment table for initial recompression, a modified long-term air table combined with HBO was examined for serious DCS cases (spinal cord and brain type) and got excellent results. This table consists of 100ft initial recompression with air for one to two hours, followed by safe decompression considering upon the symptoms of patients and also upon nitrogen gas eliminating rate from involved tissue, and HBO which is introduced after environmental pressure reaches 40ft.

(author's abstract)

Keywords:

Serious Decompression Sickness (DCS)
Recompression therapy
Hyperbaric oxygen therapy
Oxygen table
Air table

はじめに

減圧症に対する再圧治療は古くから始まり、現在のような治療の標準化が米海軍によって行われてからすでに半世紀以上が経過している。しかし、重症型減圧症に対する初期再圧治療は米海軍治療表 Table 4 (165 ft 空気加圧)でも十分な治療効果が得られないという Rivera(1964)¹⁾の報告や米海軍治療表 Table 6 (60 ft 酸素加圧)が有効であるとの Goodman (1965)²⁾の報告以降もその最終的評価を得るに至っていない(表1)³⁾。よって我々は、より有効な初期再圧治療表の作製にあたり、改良した Long Air Table 及びそれに引き続き高圧酸素療法 (HBO) という治療表を考案し、実際の重症型減圧症の2例に対して期待した治療成果を得た。そこでその治療表作製の過程を中心に若干の文献的考察を加えて報告する。

*海上自衛隊潜水医学実験隊

**聖マリアンナ医科大学臨床検査医学教室

症 例

症例 1

患者：石○昭○ 59歳 男性 潜水業

主訴：四肢弛緩性麻痺，知覚障害

現病歴：昭和59年9月20日潜水作業に従事。第1回潜水，深度200ft滞底22分無減圧浮上。第2回潜水，深度200ft滞底23分無減圧浮上。1回目と2回目の潜水間隔1時間。第2回潜水終了後10分で右肩関節痛出現し，水中再圧(30ft15分滞底，さらに100ftまで潜降後，1時間かけて水面まで浮上)を行った。水面到着後5分で両下肢脱力感著明，さらに歩行不能となり某病院にて再圧治療(米海軍治療表 Table 6)をうけるも症状改善せず翌日当施設を受診した。

入院時現症：血圧110/80mmHg，脈拍64/分整，体温36.9℃，意識清明，貧血・チアノーゼなし。呼吸音・心音正常。神経学的所見では四肢弛緩性麻痺，Th3以下の全知覚障害，及び排便・排尿困難を認めた。胸部レントゲン，心電図，血液尿検査では異常を認めなかった。

治療：重症型減圧症(脊髄型)の診断の下に直ちに再圧治療を行った。その再圧スケジュールを図1に示す。100ft空気加圧，1時間保圧後40ftまでは6分/ft~7.8分/ftの速度で減圧し，引き続き間歇的高圧酸素呼吸(酸素40分空気10分)を開始し大気圧到着までに計10回行った。全再圧治療時間は25時間30分であった。

結果：初回再圧治療終了時は知覚障害はS領域まで低下し，運動麻痺も上下肢共に自動性の改善

表1 重症型減圧症の初期再圧治療に対する各治療表の有効性

Table	No. Cases	% Success
1A	9	67
2A	1	100
3	72	69
4	55	35
5	52	75
6	86	64
6A	6	50

が活発に認められた。その後週3回米海軍治療表 Table 5を継続し，12週後に歩行退院となった。

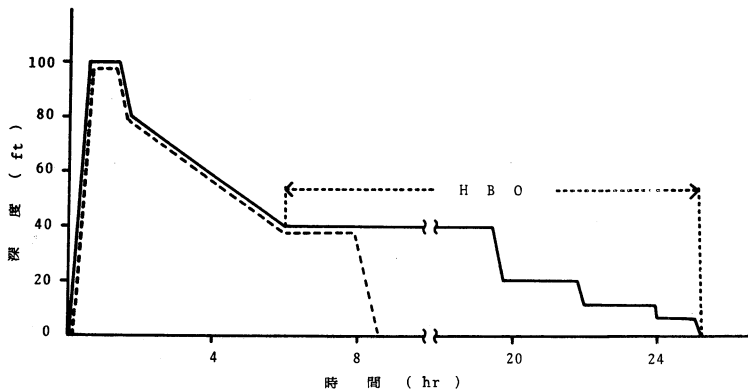
症例 2

患者：○崎○彦 39歳 男性 潜水業

主訴：意識障害(失見当識)

現病歴：昭和60年3月2日潜水作業に従事。第1回潜水，深度200ft滞底14分無減圧浮上。第2回潜水，深度190ft滞底14分無減圧浮上。1回目と2回目の潜水間隔45分。第2回潜水終了後10分で見当識障害出現，さらに言語不明瞭，右上肢しびれ感著明となったため直ちに当施設を受診した。

入院時現症：血圧116/68mmHg，脈拍88/分整，体温36.0℃，意識低下(失見当識)，貧血・チアノーゼなし。呼吸音・心音正常。神経学的所見では右上肢筋力低下(Mannual Muscle Testing:



点線の部分はCOMEX 30A Tableの原型

図1 症例1の再圧治療スケジュール

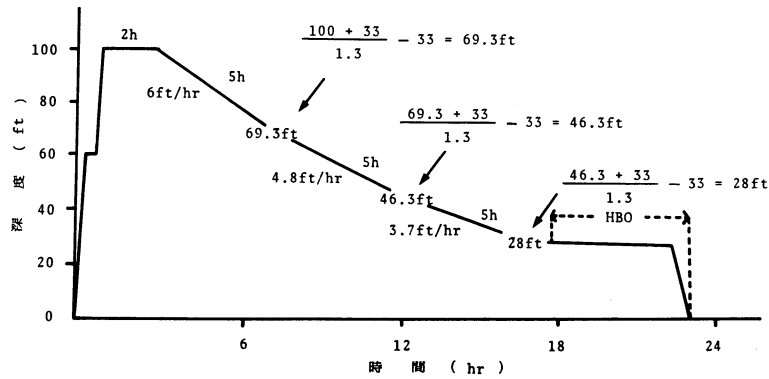


図2 症例2の再圧治療スケジュール

表2 重症型減圧症に対する治療方針

方 針	問 題 点
1 早期に気泡の消失をはかる	a 不活性ガスの組織への溶け込みが増大 b 気泡内外の圧較差が縮小 c 酸素中毒発生の危険性
2 再気泡化を防止する	a 減圧速度の適切な選択
3 組織の酸素化をはかる	a 酸素中毒発生の危険性 b 酸素による血管レン縮
4 併用治療	a 薬物治療 b 理学療法 c その他

poor), 顔面右1/2の触・痛覚の低下, 右聴力高振動数領域での低下, 小脳性運動失調が認められた。胸部レントゲン, 心電図, 血液尿所見では異常を認めなかった。

治療: 重症型減圧症(脳型)の診断の下に直ちに再圧治療を行った。その再圧スケジュールを図2に示す。60 ftにて症状の改善が認められなかったため100 ftまで加圧, 2時間保圧後, 減圧速度を圧力比が5時間で1.3:1となるように30 ftまで減圧した。引き続き30 ftで間歇的高圧酸素呼吸(酸素40分空気10分)を計4回行い大気圧まで上昇した。全再圧治療時間は19時間40分であった。

結果: 初回再圧治療終了時は意識は清明となり言語の不明瞭, 小脳性運動失調は著明に改善され

た。その後週3回米海軍治療表 Table 5 を6週継続し軽快退院となった。

考 察

症例1は脊髄型の減圧症で発症当日の再圧治療(米海軍治療表 Table 6)にも症状の改善を示さず発症後27時間経過して当施設に搬送された症例で, 症例2は脳型の減圧症で比較的早期に有効な治療を行えた症例である。減圧症において発症から治療開始までの間隔はその後の再圧治療の成績に大きな影響を及ぼすことがよく知られている。その意味でも両症例に有効な治療を行えたことは幸いであった。重症型減圧症に対する治療方針がBehnke⁴⁾によって提唱されて以来その考え方は

表 3 COMEX 30A Table

Depth (ft)	Time		Rate (min/meter)	Breathing Media	Total elapsed Time	
	(hr)	(min)			(hr)	(min)
100	1		—	Air	1	3
100 - 80		6	1	Air	1	9
79 - 70	1		20	Air	2	9
69 - 60	1	6	22	Air	3	15
59 - 50	1	12	24	Air	4	27
49 - 40	1	18	26	Air	5	45
40		10	—	Air	5	55
40		40	—	Oxygen	6	35
40		10	—	Air	6	45
40		40	—	Oxygen	7	25
40		10	—	Air	7	35
40		40	—	Oxygen	8	15
40		5	—	Air	8	20
40 - 0		24	2	Oxygen	8	44

現在でも重要視されている。その基本的考え方は表2の如くである。脊髄及び脳などのように脂質に富んだ組織からの窒素ガスの洗い出し速度を考えた場合、できるだけ高圧をかけて新たな窒素ガスの平衡状態を生み出し、その後窒素ガスの再気泡化を防ぎ、症状の再燃を起ささないように障害組織のガス排出速度に適合した速度での減圧が望ましいと考えられる。この考え方は1979年 Duke 大学で行われたワークショップ⁶⁾で1つのプロトコールとして制式化された。それによれば60 ftで酸素呼吸20分により症状の改善の認められないものは100 ftまで加圧し以後窒素酸素(50%-50%)混合ガスでCOMEX 30 Tableに基づいて減圧(100 ftから40 ftまで6時間かけて)し、途中十分な高圧酸素療法を行うというものである。従来の米海軍ダイビングマニュアルによれば難治性の重症減圧症においては60 ftで酸素投与に反応不良のものはすみやかに165 ft(米海軍治療表Table 4)に移行することを勧めていたが、障害組織の過飽和窒素圧との平衡を得るための初期再圧深度は100 ftでも十分であり、decompression trapを考慮するとむしろ100 ft再圧の方が望ま

しいと思われる。そこで我々も症例1に対してこれに基づく治療を応用した。しかしここで問題となるのは窒素酸素(50%-50%)混合ガスの使用についてである。これは長時間マスク呼吸を患者に強いることになり、また通常のチャンバーに標準装備されていることはまだ少ないようである。よって我々はair用に修正されたCOMEX 30 A Table(表3)を使用した。さらに問題となるのは比較的長時間の治療表を個々の患者すべてにスケジュールどおりに適応することである。これは重症であればある程困難が付きまとい、例えば100 ftでの保圧時間、あるいはHBOの時間、回数などは個々の症例によって幅を持たせるべきである。つまり、十分な安全対策下ならばその判断は治療医師に任せるべきであり、患者の症状改善に合わせて進行するべきであろう。

症例2は脳型の減圧症で100 ft 2時間保圧を行った。保圧時間が比較的長いこと、同日に2回の潜水を行っており、障害組織の過飽和窒素ガス圧が高いことを推測して、減圧速度はHempleman⁹⁾のLong British Air Tableを参考に5時間のインターバルで1.3:1の減圧比を用いた。その理由

はこの減圧比により、実際に用いられた減圧速度が12.8分/ftで、計算上求められる障害組織よりの窒素ガス排出速度11.6分/ftを上回り、適切な安全速度となるからである。このように脳及び脊髄組織からの窒素ガス排泄は、十分すぎる程の減圧比が適応されるべきであり、また血流改善後の障害組織への酸素投与にも注意を払わねばならない。

HBOについては酸素中毒を考慮して60 ft以下で行うべきであり、今回のようにすでに100 ftで0.8 ATAの酸素(空気中)が投与されている場合は引き続きHBOは40 ft以下でも十分であり、治療タンク運用上も医師の診察や看護婦の介助が行いやすい。よって症例1ではCOMEX 30 A Tableの規定と同じく40 ftを、また症例2では計算の都合上30 ftを採用した。

ま と め

我々の考案した治療表は、中枢神経系のような窒素ガス排出速度の遅い組織が障害された場合、まず第1に障害組織の血流改善を考え引き続き減圧過程で十分な組織修復を図るべくHBOを行ったものである。1978年、林⁷⁾により空気治療表(air table)の方が酸素治療表(oxygen table)よりも治療成績がよいとの報告もあり、今回の我々の治

療表はその両者の利点を利用することを意図したものである。

〔参 考 文 献〕

- 1) Rivera, J.C.: Decompression Sickness among Divers: An analysis of 935 cases, Milit. Med., 129: 314-334, 1964.
- 2) Goodman, M.W. & Workman, R.D.: Minimal Recompression, Oxygen Breathing Approach of Treatment of Decompression Sickness in Divers and Aviators., Bur. Med. & Surg., 5-65, 1965.
- 3) Bergh: Success Rate for Initial Treatment with Table 1-6. U.S. Navy Medical Officer Student Guide. Direction of chief of Naval Technical Training, 1981.
- 4) Behnke: The Use of Oxygen in the Treatment of Compressed-Air Illness, Nav. Med. Bull., 35: 61-73, 1973.
- 5) Davis, J.C.: Treatment of Serious Decompression Sickness and Arterial Gas Embolism, The 20th Undersea Medical Society Workshop, Bethesda, Undersea Medical Society, Inc., 1979.
- 6) Hempleman, H.V.: Long British Air Table, The Pressure Jan/Feb: 4, 1973.
- 7) 林 皓: 減圧症における空気再圧療法の問題点. 日本高気圧環境医学学会誌 17: 47-48, 1982.