

●原 著

航空機救難潜水作業において発生した減圧症について

池田知純* 妹尾正夫** 大岩弘典**

Decompression Sickness during the Aircraft Salvage Diving Operation

During the 217 helmet air diversions concerned with the aircraft salvage diving operation, 8 cases of decompression sickness (DCS) occurred (3.7%). These cases were all decompressed according to U.S.Navy surface decompression table using air. The incidence of DCS with surface decompression was 4.2%. Especially with 190 ft 40 minute diving, the incidence was as high as 18.8% or 25.0% when one suspected case was included. Although this diving operation required hard underwater work, these figures are still unacceptably high. Several contributing factors leading to the development of DCS such as hard exercise, CO₂ poisoning, cold immersion, etc. were found during this diving operation.

Among the 8 cases of DCS, 5 cases were simple skin bends. The other cases were inner ear DCS, spinal cord DCS, and an unusual case of skin bends followed by lymphatic manifestation after recompression treatment. Chronological changes of cutaneous manifestation are described suggesting the involvement of other mechanisms in addition to bubble formation.

はじめに

減圧は潜水作業にとってさけられない過程であ

り, Haldane による減圧表の発表¹⁾以来, 多くの減圧表が明らかにされているが, 未だに完全なものはいらぬ²⁾⁻⁶⁾。減圧表の作製に当って実施された潜水は, たとえ実海面で試験されているにしろ, 実際の潜水作業とは異なることが多い。そこで, 減圧表のより実用的な評価のためには, その減圧表に従った実際の潜水作業の結果によるフィードバックが必要になってくるが, 一方, 海中の潜水作業では, その潜水パターンを正確に追跡記録することが困難な場合が少くない。今回我々は, 航空機救難潜水作業に従事し, 比較的正確かつ詳細に潜水作業および発生した減圧症について観察し得たので, 減圧症の発症率(罹患率)よりみた減圧表の信頼性について報告するとともに, 発生した減圧症および発症の背景となる因子について述べる。

なお, 本作業は, 米海軍の方法に準じて行われたので, feet および fsw (feet sea water) の単位を使用する。

方 法

昭和59年2月27日～4月14日の間, 伊予灘において墜落した航空機に対する救難潜水作業が, 主に海上自衛隊によって行われた。この潜水作業のうち, 艦上からの空気ヘルメット潜水は, 正確な潜水記録がつけられているので, 以後, この空気ヘルメット潜水(以下潜水)について記す。

潜水は, 潜水艦救難艦ちはや(以下母艦)艦上にて実施された。潜水方法は, 横浜潜水衣具(株)製 AC型ヘルメット潜水器を用い, 潜降および上昇はステージにより行われた。海底の深度は, 母艦の送気式深度計および掃海艇の測深儀により確認

*海上自衛隊潜水艦救難母艦ちよだ衛生科

**海上自衛隊潜水医学実験隊

IKEDA Tomosumi*, SENO Masao**, OIWA Hiromichi**

*JDS CHIYODA (AS-405) JMSDF

**JMSDF Undersea Medical Center

表1 Breakdown of decompression sickness in relation to decompression scheduled depth and time

Decompression Schedule Depth (feet)	170		180						190					
Decompression Schedule Time (minute)	20	25	10	15	20	25	30	50	15	20	25	30	40	50
Number of Dive	4	4	2	2	7	20	8	2	2	42	50	34	16	4*
			(6)	(2)			(2)		(6)	(4)				
Decompression Sickness	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2	1	3	0

Number of dive in parentheses: decompressed on standard decompression table.
with asterisk: on oxygen in recompression chamber.
without remark: decompressed on surface decompression table using air.

し、ステージ上の潜水員の深度は、母艦の深度計により保持した。潜水作業内容は、遭難航空機乗員および機体の捜索並びに揚収である。減圧は、米海軍標準減圧表 (U.S.Navy Standard Air Decompression Table) あるいは米海軍空気水上減圧表 (U.S.Navy Surface Decompression Table Using Air) に従った。水上減圧は、母艦上の再圧タンクで行った。なお、一部の減圧では、再圧タンク内で酸素を使用した。減圧症としては、再圧治療をしたはっきりした症例のみをとりあげ、それらを、減圧表の各深度 (Decompression Schedule Depth) および滞底時間 (Decompression Schedule Time) ごとに示した。潜水数 (Number of Dive) は、潜水員1名1回の潜水を1とした (本邦の慣例とは異なる)。また発症例と健常例につき、潜水員の年齢、体重について比較した。さらに、個々の減圧症例について症例の項で示し、発症の背景となる諸因子について検討するとともに、皮膚病変についても若干の見解を示した。なお、参加潜水員は、海上自衛隊のヘルメット潜水員 (男) 30名であった。

結 果

減圧表の各深度および滞底時間別にみた減圧症の発生数を表1に示した。表中、無印は水上減圧表、()内は標準減圧表による潜水数を示す。星印は、再圧タンク内10 fswで酸素を呼吸した潜水数である。全例で217回の潜水のうち、発症数は延

べ8例、3.7%の発症率であった。発生した減圧症は全て水上減圧表によるもので、水上減圧を行った潜水に限れば、191回中8例 (4.2%) が発症した。特に減圧表の深度190 ft滞底時間40分の潜水では、16回の潜水に対し3例 (18.8%) が発症した。

年齢、体重による比較は、年齢では健常群 31.4 ± 6.9 歳、発症群 34.1 ± 6.3 歳、体重では健常群 66.0 ± 7.4 kg、発症群 64.9 ± 5.9 kgで、いずれも有意差は認められなかった。水上減圧表と標準減圧表による潜水の比較は、それらを主に使用した深度、滞底時間が大きく異なるためできなかった。

症 例

症例1: KR 41歳, 身長163.0cm, 体重65.0kg。潜水プロフィール: 深度181 ft, 滞底時間24分40秒, 適用減圧表190 ft 25分水上減圧表。経過: 昭和59年(以下同様)3月3日12:16減圧終了。12:30回転感を伴うめまいが出現, 12:47歩行不能となった。12:49米海軍再圧治療表 (U.S.Navy Recompression Treatment Table, 以下Tableとする)第5表(Table 5)による治療を開始, 13:21症状は消失した。診断: II型減圧症 (内耳型減圧症)。

症例2: KY 27歳, 身長169.5cm, 体重59.5kg。潜水プロフィール: 深度185 ft, 滞底時間28分20秒, 適用減圧表190 ft 30分水上減圧表。経過: 3月11日14:04減圧終了。14:15左肩関節に軽度の

痛みが約5分間出現した。15:00右前腕に刺したような持続性の中等度の痛みが出現、左右胸部に最大径約5cmの不整形境界鮮明な紅斑を認めた。15:14 Table 5による治療を開始した。15:20痛みが消失、16:50紅斑も消褪した。診断：I型減圧症（ベンズ）。

症例3：YH 25歳，身長167.7cm，体重57.0kg。潜水プロファイル：深度181 ft，滞底時間24分19秒，適用減圧表190 ft 25分水上減圧表。経過：3月13日10:21減圧終了。直後から左肩にチクチクした中等度の痛みおよび搔痒感を訴え，同部に最大径約5cmの不整形境界鮮明な紅斑が出現した。10:30 Table 5による治療を開始，10:33痛みおよび搔痒感消失，11:05紅斑も消褪した。診断：I型減圧症（ベンズ）。

症例4：KH 32歳，身長166.9cm，体重63.2kg。潜水プロファイル：深度185 ft，滞底時間31分57秒，適用減圧表190 ft 40分水上減圧表。経過：3月24日18:15減圧終了。19:00左上肢にチクチクした痛みが出現，19:10左肩および左胸部に最大径約7cmの不整形境界鮮明な紅斑を認めた。19:22 Table 5による治療を開始，19:24痛み消失，19:40紅斑も消褪した。診断：I型減圧症（ベンズ）。

症例5：HT 38歳，身長171.0cm，体重73.0kg。初回発症時の潜水プロファイル：深度184 ft，滞底時間31分08秒，適用減圧表190 ft 40分水上減圧表。経過：3月29日12:46減圧終了。13:00肩関節および肘関節を含む右上腕のチクチクした中等度の痛みが出現，13:30右上腕および右背部に最大径約5cmの不整形境界鮮明な紅斑が出現，13:50 Table 5による治療を開始した。13:52痛みが消失，14:10紅斑も消えた。診断：I型減圧症（ベンズ）。

2回目発症時の潜水プロファイル：深度174 ft，滞底時間27分40秒，適用減圧表180 ft 30分水上減圧表。経過：4月1日17:35減圧終了。17:36右上腕に前回と同様の痛みが出現した。18:12 Table 5による治療を開始，18:13痛みは消失した。18:14 60 fsw 着，右上腕に最大径約3cmの不整形境界鮮明な紅斑が出現，18:30紅斑は消褪した。診断：I型減圧症（ベンズ）。

症例6：TT 40歳，身長167.0cm，体重64.5kg，3月13日深度181 ft，滞底時間32分の潜水後，190

ft40分的水上減圧表により減圧。減圧終了後，胸腹部皮膚の著明な発赤および中等度の搔痒感が出現したというが，報告なく過ごした（本例は，減圧症が強く疑われるが，確認していないので，表1の減圧症発生数には含まない）。3月20日174 ft 20分27秒の潜水を行ったが，異常を認めなかった。

3月30日発症時の潜水プロファイル：深度187 ft，滞底時間34分14秒，適用減圧表190 ft 40分水上減圧表。経過：10 fswにて水上減圧中，上半身にわずかな搔痒感を自覚した。13:31減圧終了直後より上半身の搔痒感が著明になった。13:34頃より上腹部および背部から頭部～両上腕にかけて広範囲の皮膚に著明な発赤が出現し，さらに暗青色の樹枝状の変色域が，発赤している皮膚にあらわれ，いわゆる central cyanosis⁷⁾⁸⁾を呈した。搔痒感は著明であったが，痛みは訴えなかった。13:55 Table 5による治療を開始，14:35搔痒感はほぼ消失，16:12皮膚がわずかな発赤を残して再圧治療を終了した。翌日起床後，上半身に圧痛を伴う著明な浮腫を認めた。3月31日から4月2日にかけて，ステロイド投与を含む Table 6 ないし Table 5による再圧治療を行い治癒した。診断：I型減圧症（ベンズ）およびリンパ管閉塞による浮腫。

症例7：IK 36歳，身長172.0cm，体重72.0kg。潜水プロファイル：深度185 ft，滞底時間17分56秒，適用減圧表190 ft 20分水上減圧表。経過：4月1日18:54減圧終了。19:00両下肢のしびれ，腰痛および歩行障害を訴え，両下肢の知覚障害と筋力低下を認めた。19:17ステロイド投与を含む Table 6による再圧治療を開始したが，両下肢の知覚障害を残した。以後，再圧治療およびリハビリテーションを繰り返し，3ヵ月後ほぼ治癒した。診断：II型減圧症（脊髄型減圧症）。

考 察

1. 水上減圧法

規定の減圧を全て海中で行うかわりに，減圧途中で潜水員を引き揚げ，再圧タンク内で以後の減圧を行う水上減圧法は，潜水員を寒冷暴露などの海中での危険な状態から解放すること，および海中での減圧時間の短縮による潜水効率の向上などの点から汎用されている。

米海軍では，既に1929年，潜水艦S-51の救難潜

水作業において水上減圧を行っているが、これは、まだ水上減圧表が作製される以前であり、あくまで非常用処置であった⁹⁾。その後、C&R Table¹⁰⁾に対応する水上減圧の方法が検討され¹¹⁾、さらに1945年、Bureau of ShipsによるDiving Manualに記載のより新しい減圧表¹²⁾に対応する水上減圧表が発表された¹³⁾。1951年には、深度70~170 ftの潜水に対して、再圧タンク内で酸素を呼吸する現行の酸素水上減圧表(U.S.Navy Surface Decompression Table Using Oxygen)が明らかにされ⁹⁾、1956年には、深度40~190 ftの潜水について、現行の標準減圧表¹⁴⁾に対する空気水上減圧表が発表された¹⁵⁾。

減圧症の発生よりみた水上減圧法には、対照的な2つの考えがある⁶⁾。ひとつは、潜水員が海面を離れてから再圧タンクに収容されるまでの間(surface interval)に、当然体内の不活性ガスは、限界を越して過飽和になり、体内に微小気泡が発生し、減圧症が発生しやすくなるという考え方である。もうひとつは、水上減圧法では、surface intervalにおいて、不活性ガスの体内外の圧較差が大きくなるため、ガスの排出が促進され、減圧終了時における体内ガス圧は、標準減圧法による場合よりも少く、従って、減圧症も発生しにくいという考えである。Van der Aueらは、水上減圧法と水中で全ての減圧を行う方法とを比較し、前者での発症率は21.5%、後者では24.7%と、水上減圧法の方が、発症率がわずかに低かったことを示した¹³⁾。Gouzeによれば、surface intervalが3.5~14分(平均6.3分)で無症状であったという報告もみられる¹⁷⁾。これらより、水上減圧法が特に危険であるとはいえないと思われる。我々の例では、減圧症は、水上減圧法からのみ発生したが、これは、適用した深度、滞底時間が、標準減圧法を行った場合とは大きく異なるため、何ともいえない。

2. 発症率よりみた減圧表の信頼性

減圧表の作製は、本質的に経験的なものであり、ある減圧表に従った減圧により多くの減圧症が発生した場合には、不活性ガスの半減期のより長い組織を想定したり、許容し得る過飽和の比や体内

ガス量を変えることにより減圧表を改善してきたが⁶⁾、なお、全ての潜水作業に対して安全かつ効率的な減圧表は、未だみられない。1971~1979年の間に米海軍で実施された、減圧表による減圧を要した16,170回の空気潜水のうち、202例(1.25%)に減圧症の発生をみており、特に、滞底時間の増加に伴い発症率も上昇している⁵⁾。またEdelが米海軍減圧表を独自の方法(AUTODECという減圧計算機によるもので、ソフトは未公表)で検討した結果によると、標準減圧表の31%、深度、滞底時間の大きいexceptional exposureの70%以上、平均47%が安全でない(unsafe)とされている⁴⁾。

我々の例における発症率は、結果に示した通りであるが、特に、190 ft 40分の潜水では、18.8%、さらに症例6の疑診例も加えれば、16回中4例(25.0%)と高率に発症している。また、我々の例では、記載した減圧症が、いずれも再圧治療を要したはっきりした減圧症のみで、米海軍における減圧表作製時のように、軽微な例も含めれば、発症率はさらに上昇するものと思われる。前記の米海軍の集計によれば、190 ft 40分の潜水では、9回中発症例なく、190 ft 50分の潜水では87回中4例(4.6%)に発症をみている。しかし、このように、米海軍において発症率が小さいことに関しては、報告者も記しているごとく、この報告が、Naval Safety Centerに集計された資料に基づいてなされており、実際の深度および滞底時間と、そのとき適用した減圧表との関連(米海軍では、潜水指揮官が一段安全な減圧表をよく適用する)も含めて、やや信頼性に欠ける点があることを考慮する必要がある。

以上より、たとえ、我々の潜水作業が重作業を要し、減圧症が発生しやすかったにせよ、今回の発症率は許容範囲をはるかに超えており、今後、空気潜水に米海軍減圧表を適用するに当たっては、きわめて慎重にならざるを得ないと考える。

放射性同位元素を用いた最近の研究によれば、不活性ガスの動態が、従来の理論と大きく異なることが見出されており¹⁸⁾、新しい考えに基づいたより信頼性のある減圧表の作製が望まれる。

3. 減圧症発生の誘因

従来、減圧症発生の誘因として、潜水作業量の増加、炭酸ガス中毒など多くが挙げられている

が¹⁹⁾²⁰⁾、実際の潜水作業において発生した減圧症と誘因との関係について言及した報告はきわめて少ない。今回、我々は潜水作業および発生した減圧症について詳細に観察し得たので、減圧症発生の背景因子について考察する。

症例1は、潜水作業を容易にするため、ヘルメットの給気弁をしぼり、浮力を負にして作業していたところ、何度も頭痛および意識障害に襲われ、その都度換気を行い症状が軽快していた。ヘルメット潜水は炭酸ガス中毒を来しやすく²¹⁾、本例も典型的な炭酸ガス中毒であり、発症の誘因のひとつと考えられる²²⁾。また、他の多くの潜水員も、それまで、同様の症状を訴えていたが、以後換気を励行することにより、炭酸ガス中毒と思われる症状を訴えるものは減少した。

症例2は、前夜興奮して睡眠不足等を訴え、体調を崩していたことが関与していると思われる¹⁹⁾。

症例3は、水中での減圧中、同じ姿勢のまま左(罹患側)上肢で、発見した重量物を保持していた。左上肢の長時間にわたる緊張のため、局所の循環障害をきたし、不活性ガスの排出が遅れたためと思われる²⁰⁾。従来、減圧中の運動は減圧症を招来しやすいといわれていたが¹⁹⁾²³⁾、現在は減圧中の適度な運動や姿勢の変換は、不活性ガスの排出を促進するため、減圧症の予防に有効であるという考え方を支持するものが多い²⁰⁾²⁴⁾。

症例4は、海面到着時はほぼ全身が浸水しており、浸水による寒冷暴露が誘因と思われる²⁰⁾。ヘルメット潜水は、特に重作業の場合、海底では運動量が大きいため寒冷の影響を受けにくく、従って不活性ガスの取り込みが減少しないのに対し、逆に減圧中は、運動量が少なく寒冷の影響が大きいため、不活性ガスの排出が遅れ、発症の誘因となる。

症例5は、初回と2回目の発症の間隔が中2日であり、しかも同一部位が襲われていることから、2回目の減圧症は、初回の減圧症の影響が充分考えられる。減圧症罹患後の次の潜水までの間隔については、初回減圧症が簡単なI型減圧症であれば、24時間でいいという考えもみられるが²⁵⁾²⁶⁾、本例のような場合もあり、中2日の間隔が短かすぎた可能性がある。

症例6は、減圧症の疑いが強いにも拘らず、未治療に置いたことが問題であると思われる。さ

らに、本例は過去数回減圧症に罹患した既往を有し、減圧症に対して感受性の高い潜水員であった可能性があり²⁷⁾、考慮すべきであった。

なお、今回の潜水作業は、実海面での重作業であり、全例に海底での運動量の増加という、減圧症が発生しやすい背景があったことも見逃すわけにはいかない²⁰⁾。

このように、それぞれの減圧症に対して、何らかの誘因が認められた。もちろん、これらの誘因が減圧症発生の直接的な原因とは断言できないが、これらの因子をできるだけ避けることは重要なことであろう。今後、潜水作業の管理者はもとより、潜水員自身も、潜水作業の生理的側面に関する知識をより身につけ、潜水作業のより厳重な管理を行う余地があるものと思われた。

4. 皮膚病変

減圧症における皮膚病変は、よく見られる病変のひとつであるが、その割には、その記載は少ない²⁸⁾。また、病変の本質上、皮膚病変に関する実験報告はきわめて少なく、わずかにRashbassによるdry diving後の搔痒感に関する報告をみるに過ぎない²⁹⁾。かかる現状では、なお、病変の肉眼的、経時的な観察がその病態解明に有用であると考え

る。今回の例では、症例2、3、4、および5で、大理石斑として知られる典型的な皮膚病変を示した。いずれも上半身の一部に、最大径約3cmから7cmの不整形境界鮮明な紅斑を示した。痛みおよび搔痒感が、再圧治療を開始するとともに速やかに消失したのに対し、この紅斑は、痛みが消失した後も比較的長時間残存した。特に症例5の2回目の発症時には、再圧治療を開始して、痛みが消失した後に、痛みの存在したのとほぼ同じ部位に、小さな紅斑が出現した。従来のように、単なる気泡による障害だけでは説明できず、chemical mediator等の関与が充分考えられるところである。

次に、症例6は、再圧治療後に、リンパ管閉塞によると思われる浮腫をきたした例であるが、このような報告はなく、稀である²⁰⁾。初回のTable 5による再圧治療終了後も皮膚の発赤がわずかに残存しており、最初の治療が不十分であったためと思われる。

ま と め

航空機救難潜水作業に従事し、次の見解を得た。

- (1) 空気ヘルメット潜水のうち、延べ8例3.7% (水上減圧を行った潜水に限れば4.2%)に減圧症が発生した。特に、190 ft 40分の水上減圧表による潜水では、疑診例も含めれば、25.0%の発症率をみた。従って、米海軍空気減圧表の適用に当っては、きわめて慎重にならざるを得ない。
- (2) 多くの例で減圧症発生の誘因が認められ、潜水作業のより厳重な管理の余地がうかがわれた。
- (3) I型減圧症(ベンズ)の痛みおよび搔痒感が、皮膚病変に先行して出現し、かつ消失することを示すとともに、再圧治療後リンパ管閉塞による浮腫をきたした稀な1例を記した。

〔附記〕

本論旨は、著者の個人的意見であって、海上自衛隊の公式見解ではないことを明記する。本潜水作業において発生した減圧症等については、筆者に全責任がある。多くの制約にもかかわらず、困難な潜水作業を完遂されたちはや艦長室野保2海佐、同潜水長植村義信1海尉以下の諸官に、衷心より敬意を表する。論文執筆に際しては、ちよだ艦装員長三上到次郎2海佐以下の御理解のもと、三井造船玉野事業所の、また英文抄録については、同所 Geoffrey Wherrett 氏の御世話になった。それぞれ記して謝す。

〔参 考 文 献〕

- 1) Boycott AE, Damant GCC, Haldane JS: Prevention of compressed air illness. *J.Hyg.* 8: 342-443, 1908.
- 2) Beckman EL: Recommendation for improved air decompression schedules for commercial diving. *Sea Grant Technical Report UNIH-SEA GRANT-TR-76-02.* 1976.
- 3) Yano H and Beckman EL: Safer air decompression schedules developed during a two-year salvage diving operation. In: *Decompression theory.* Ed. Berghage TE. Undersea Medical Society, Inc. Bethesda Md. 1978, pp.13-28.
- 4) Edel PO: Analysis of decompression tables calculated by non-U.S. Navy methods. *Sea Space Research Company, Inc. Harvey La.* 1980.
- 5) Berghage TE and Durman D: U.S. Navy air decompression schedule risk analysis. *NMRI Report 80-1.* Naval Medical Research Institute. Bethesda Md. 1980.
- 6) Hempleman HV: History of evolution of decompression procedures. In: *The physiology and medicine of diving, 3rd edition.* Ed. Bennett PB and Elliott DH. Baillière Tindall. London. 1982. pp.319-351.
- 7) Hallenbeck JM and Andersen JC: Pathogenesis of the decompression disorders. In: *The physiology and medicine of diving, 3rd edition.* Ed. Bennett PB and Elliott DH. Baillière Tindall. London. 1982. pp.435-460.
- 8) Elliott DH and Kindwall EP: Manifestation of the decompression disorders. In: *The physiology and medicine of diving, 3rd edition.* Ed. Bennett PB and Elliott DH. Baillière Tindall. London. 1982. pp.461-472.
- 9) Van der Aue OE, Kellar RJ, Brinton ES, Barron G, Gilliam HD, Jones RJ: Calculation and testing of decompression tables for air dives employing the procedure of surface decompression and the use of oxygen. *U.S. Naval Experimental Diving Unit, U.S. Naval Gun Factory, Project NM 002 007 Report No. 13-51.* 1951.
- 10) *Diving Manual.* Navy Department, Bureau of Construction and Repairs. Section XII 3670. 1924.
- 11) Hawkins JA and Shilling CW: Surface decompression of divers. *U.S. Navy Med. Bull.* 34: 311-317, 1936.
- 12) *Diving Manual.* Navy Department, Bureau of Ships. Chapter XIV. 1943.
- 13) Van der Aue OE, Brinton ES, Kellar RJ: Surface decompression, derivation and testing of decompression tables with safety limits for certain depths and exposures. *Project X-476 (Sub-No. 98) Report No.1.* U.S. Navy Experimental Diving Unit, Navy Yard. 1945.
- 14) Des Granges M: Standard air decompression table. *U.S. Navy Experimental Diving Unit Research Report 5-57.* Project NS 185-005 SUBTASK 5 TEST 3. 1956.
- 15) Workman RD: Surface decompression from air dives. *U.S. Navy Experimental Diving Unit Research Report 10-57.* Project NS 185-005 SUBTASK 5 TEST 8. 1957.
- 16) Gouze FJ: A method and study of surface decompression as a routine procedure. *U.S. Navy Med. Bull.* 42: 578-580, 1944.
- 17) Eckenhoff RG and Parker JW: Excursions to

- the surface as a component of emergency decompression from air or nitrox saturation exposures. U.S.Navy Submarine Medical Research Laboratory Report No.992. 1982.
- 18) Flynn ET and Chandler DR: Recent progress in diving medical research at NMRI. Naval Medical Research Institute. Bethesda Md. 1984.
 - 19) Walder DN: The prevention of decompression sickness. In: The physiology and medicine of diving and compressed air work, 2nd edition. Ed. Bennett PB and Elliott DH. Baillière Tindall. London. 1975. pp.456-470.
 - 20) Vann RD: Decompression theory and applications. In: The physiology and medicine of diving, 3rd edition. Ed. Bennett PB and Elliott DH: Baillière Tindall. London. 1982. pp.352-382.
 - 21) Lanphier EH: Pulmonary function. In: The physiology and medicine of diving and compressed air work, 2nd edition. Ed. Bennett PB and Elliott DH. Baillière Tindall. London. 1975. pp.102-154.
 - 22) Mano Y and D'Arrigo J: Relationship between CO₂ levels and decompression sickness: Implication for disease prevention. Aviat. Space Environ. Med. 49: 349-355, 1978.
 - 23) Van der Aue OE, Kellar RJ, Brinton ES: The effect of exercise during decompression from increased barometric pressures on the incidence of decompression sickness in man. U. S.Navy Experimental Diving Unit Research Project NM 002 006 Report No.8-49, 1949.
 - 24) Hamilton RW: Decompression tables: Underlying assumptions, Part II. Pressure Vol.13 No.5, pp.17-19,1984. (cited as an abstract of a presentation at UMS annual meeting at San Antonio, 1984 May)
 - 25) Davis JC (ed.): Return to diving after decompression sickness or diving accident. Contract Report to NOAA. Undersea Medical Society, Inc. Bethesda Md. 1980.
 - 26) Davis JC and Elliott DH: Treatment of the decompression disorders. In: The physiology and medicine of diving, 3rd edition. Ed. Bennett PB Elliott DH. Baillière Tindall. London. 1982. pp.473-487.
 - 27) Golding FC, Griffiths P, Hempleman HV, Paton WDM, Walder DN: Decompression sickness during construction of the Dartford Tunnel. Brit. J. Indust. Med. 17: 167-180, 1960.
 - 28) Dennison WL: A review of the pathogenesis of skin bends. U.S.Naval Submarine Medical Center Report No.660. 1971.
 - 29) Rashbass C: The aetiology of itching on decompression. Medical Research Council, RN Personnel Research Committee. UPS 167. London. 1957.