

●特集・不活性ガスをめぐって

不活性ガスと急性減圧症

杉山 弘行, 神山 喜一

最近盛んとなったレジャーダイバーの減圧症を中心として、急性減圧症の診断、治療、予後を述べた。減圧症を診断するためには、減圧症をおこす誘因としてのダイバーの個人的要因、ダイビング中の要因、ダイビング後の要因などを十分聴取し、減圧症が発生した時期、経過、現在の症状を詳細に検討する必要がある。減圧症診断がついた後は減圧障害をおこしている病巣の確認を行い、発症時期を考慮して、酸素再圧療法の治療テーブルを決めることになる。酸素再圧治療は臨床工学技士と専門医の共同作業で行い、治療後も24時間は厳重な監視が必要である。その後2週間から4週間はダイビングを控えるよう指導すべきである。

キーワード：急性減圧症、酸素再圧療法、US Navy 治療テーブル

Inert gas and acute decompression sickness

Hiroyuki Sugiyama*, Kiichi Kamiyama**

*Department of Neurosurgery, **Division of Hyperbaric Medicine, Municipal Ebara Hospital, Tokyo

A review of diagnosis, treatment and prognosis of the acute decompression sickness (abbr. DCS) was done referring to our clinical decompression sickness treated in these two years including recreational divers. To diagnose DCS, we took into consideration the individuals susceptibility to DCS, diving patterns and movements to higher altitudes after diving. We chose a recompression table according to its pattern of onset, its clinical course and present state of DCS. The coordination between the clinical engineering technologist and the doctor is important during recompression therapy. After successful recompression, strict observation for the next 24 hrs is needed. We recommend them not to go diving for the next 2 to 4 weeks.

Keywords :

acute decompression sickness
recompression therapy with oxygen
US Navy table

はじめに

減圧障害は例えば、ダイビングに伴う高気圧環境下から、通常の気圧に移行する間に発生する不活性ガスバブルによる一次的な障害と、組織内のバブルによって引き起こされる二次的な障害によって発生する¹⁾。この減圧障害は臨床的には、減圧症、空気塞栓症、減圧外傷に分かれる。この減圧症も急性減圧症と慢性減圧症に分けられる。慢性減圧症は主として、骨壊死が中心となる。

最近、レジャーダイビングの隆盛に伴って、レジャーダイバーによる減圧障害が急増していることは報告されている²⁾。我々の病院にも、DAN JAPANの紹介あるいは、ダイビングショップの紹介により数多くのダイバーが減圧症を心配して訪れている¹⁾。この減圧症はこれまでの報告例とは異なった点を多数持っている。以下、急性減圧症の診断、治療としての酸素再圧療法、予後などの問題点をこのレジャーダイバーの減圧症を中心にまとめた。

症 例

症例は平成7年2月からの2年間に減圧症疑いで来院した患者である。これらの患者は当院の脳外科外来の高圧酸素治療(略HBO)外来を受診する。この専門外来は主として一人の医者(杉山)

*都立荏原病院脳神経外科

により行われている。そこでは減圧症を訴えて受診した患者の既往歴、発症誘因、症状などを問診し、検査、診察することにより減圧症診断が行われている。急性減圧症と診断がついた段階で、最低2日間以上の入院を勧めている。

減圧症に対する酸素再圧治療はその日の高圧酸素治療利用状況に合わせて、救急的に行われている。当院の高圧酸素治療装置は、羽生田鉄工製の多人数用である。酸素再圧治療テーブルは減圧症治療参考マニュアル(DAN JAPAN 参考資料)を参考にし、アメリカのUS Navy 治療テーブル(略;USN テーブル)に従って行っている²³⁾。酸素再圧治療中は臨床工学技士と専門医が治療中のダイバーを監視し、治療中の症状変化により、治療時間のパターン変更、治療時間の変更などを決めている。1回で減圧症の症状が改善したとしても、翌日診察後、より短時間の酸素再圧治療を行い、その後症状がなければ退院としている。運動障害が残る場合は、リハビリ科とも協議し、酸素再圧治療回数を決定している。退院後、最低1週間以内に電話で減圧症症状の経過報告を受けている。

結 果

この2年間の受診者総数は113名であった。HBO 外来の段階で、急性減圧症でないと診断された総数は41名である。残りの72名は急性減圧症、或いは減圧症疑いの診断で、酸素再圧治療が行われている。72名のうち、今回の急性減圧症と診断されたものの性別、年齢構成は図1であり、性別では男性に偏り、年齢では30歳前後が多く見られている。彼らのダイビング歴は図2であり、必ずしも初心者者の減圧症が多いわけではなく、むしろ、3年以上の熟練者に多い。インストラクターが30%もいる。減圧症状は表1のように痛み、しびれなどが多くみられている。

新潜水士テキスト¹⁵⁾によれば減圧症発症誘因は三つにわけられ、一つはダイバー自身の個人的要因としての性、年齢、ダイビング歴、肥満、既往症、疲労である。次はダイビング中の減圧症要因としての海水温度、急浮上、ヨーヨー型潜水を含む不適切浮上、長時間潜水を含む潜水深度と時間、海水中での重労働などである。大抵のダイバーはダイブコンピューターを使用している。さらには

ダイビング後の要因としての繰り返し潜水、ダイビング後24時間以内の高所移動、急激な運動などがある。我々の症例での結果は図3のようで、ダイビング中の不適切浮上、長時間潜水等が問題となっている。最終ダイビング後から減圧症発症までの時間は図4のようで、ほとんどが24時間以内の発症である。酸素再圧治療中、症状の改善が治療中十分に認めなければ、治療時間の延長を行ったり、減圧症でないかと診断された場合などは、より短い治療テーブルに切り替えている。酸素再圧治療を行った結果は、完治したものは53%、症状の一部が残ったもの30%、全く反応しなかったもの17%であった。

考 察

過去発表されている減圧症症例は重症なものが多い⁶⁾⁹⁾¹¹⁾¹⁴⁾²¹⁾。そこでは減圧症診断に困っていない。これに比べると我々の症例は先ず、減圧症の診断が困難となっている。減圧症神経症と呼ぶべきケースも数多くみられる。以下、急性減圧症の発病誘因、診断、治療、酸素再圧療法、予後について我々の症例を中心に考察を加えた。

1. 減圧症発病誘因について

女性が減圧症になりやすい報告もあるが²²⁾、我々の症例では女性が少ない。また、一般に言われているような年長者に減圧症が多く発生する²⁾という傾向は我々の症例では見られなかった。減圧症になるインストラクターが多く見られるのは、そのダイビング回数と一致していないであろうか。減圧症になりやすい肥満¹⁾とされる人はレジャーダイバーでは見られていない。脱水が減圧症をおこしやすい報告がある¹⁰⁾。特に、過去に減圧症を起こした人が再度減圧症を起こす場合には、骨壊死などの慢性減圧症としての症状を示す場合が多い。減圧症ではなく、既往歴に関節障害などがあつた場合は、やはり減圧症をおこしやすい。我々の症例では8名見られ、そのうち減圧症を2回以上起こした例では3例骨壊死が見られている。我々の例では、低い海水温度のために¹²⁾、減圧症を起こしたと考えられる症例はなかった。ダイビング中の要因として急浮上、長時間潜水、ヨーヨー型潜水⁸⁾、ふかし⁸⁾などがよく言われている。我々の症例でもこのダイビング中の誘因が一番多く見られている。ダイビング後の要因として、最

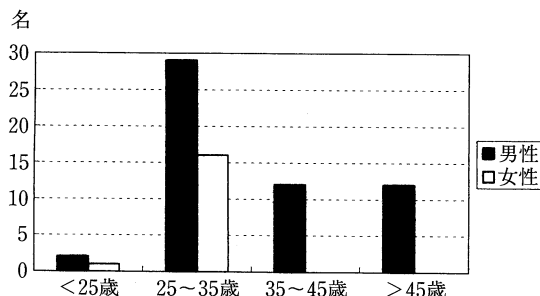


図1 年齢・性別ダイバー数

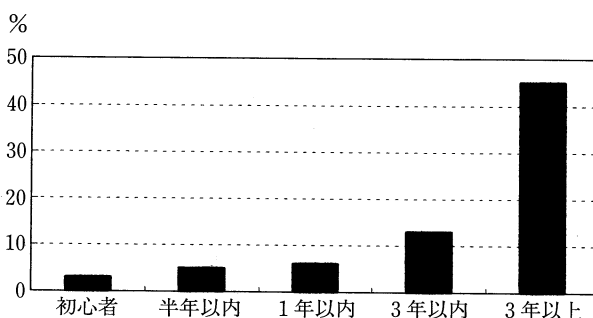


図2 ダイビング歴

近話題になっていることに、ダイビング後24時間以内の高所移動である^{3)18)~20)}、これはダイビングツアーの無謀な計画によるのであろう。繰り返し潜水も問題となっている。しかし、このような誘因が全く見られない減圧症例も、我々の症例の14%もある。このことは減圧症の発病の解明の難しさを示している。

2. 急性減圧症の診断について

急性減圧症の治療で大切なことは、早急に減圧症の診断を確実にすることである。酸素再圧療法によって改善させる症状を確認し、酸素再圧療法前の補助的治療を即刻開始しなければならない。しかし、ダイビング後の急性期に見られる症状には減圧症以外に、空気塞栓症、減圧外傷などもあり、十分に鑑別診断をしなければならない。この診断を行うための補助的検査として、血液検査、心電図、胸部レントゲン、局所レントゲン、必要な場合は、頭部CTスキャン、MRIなどがあ。さらには、整形外科、呼吸器内科、神経内科、耳鼻科などの診断を仰ぐこともある。

急性減圧症診断は通常、除外診断によって行われる。ある検査結果があるから減圧症であると確定することはできない。不活性ガス負荷となるような誘因があり、ダイビング後の発症時間がおおよそ24時間以内であり、発症後数日以内であることも診断上大切な事柄である。他の疾患が加わっていない、あるいは他の疾患ではないことも診断上必要である。症状が下記に述べる減圧症の典型的な症状であることも必要である。

我々が減圧治療基本としたUSNテーブルはGolding等⁷⁾の減圧症分類に従っている。彼らは減圧症をタイプ1、タイプ2に分け、この分類が減圧症症状のスタンダードとして、教科書に載っている¹⁵⁾。タイプ1は皮膚症状(痒み、丘疹、大理石模様、ぴりぴり感など)、運動器症状(ベンズといわれる肩、膝、肘などの関節の痛み)、リンパ症状(四肢の浮腫)、疲労(脱力、疲労困憊)などである。タイプ2は脊髄症状(運動麻痺、知覚障害、排尿障害など)、前庭障害(めまいなど)、呼吸循環器障害(チョークスといわれる呼吸困難、胸苦

表1 初発症状

| 症状 | 割合% |
|--------|-----|
| 痛み | 60 |
| しびれ感 | 32 |
| 筋力低下 | 18 |
| 運動麻痺 | 9 |
| 排尿障害 | 8 |
| 歩行困難 | 7 |
| 極度の疲労 | 7 |
| めまい感 | 7 |
| だるさ | 5 |
| かゆみ | 5 |
| 頭痛 | 4 |
| 皮膚感覚障害 | 3 |
| ふるえ | 1 |
| 意識障害 | 1 |

しさなど), ショックなどである⁴⁾。

この症状上鑑別しなければならないのは感覚障害と運動障害である。感覚障害は局所組織障害, 末梢神経障害, 脊髄障害などが病巣として考えられている。我々はびりびりした感じ, 違和感, 過敏などは皮膚障害であり, 痛みは関節・筋肉障害であり, しびれ感, 知覚鈍麻は脊髄障害と診断している。運動障害も関節痛などによる運動制限症状と脊髄障害による運動障害がある。例えば, 肩関節の痛みが強いと, 握力の低下が見られる。

しかし, この分類では, 実際の患者を記すには不十分であり, 酸素再圧治療上不都合が生じていた。そこで, 新たな分類が試みられ⁵⁾, これは我々の症例で行われた分類でもあった。それによると, 急性減圧障害を記すのに発症経過, 症状, 発生時期, 不活性ガス負荷, 減圧外傷の現状等を同時に明記している。発症経過では進行性か, 停滞しているのか, 改善しているのか, 再発なのかなどが明記される。これらを症状と一緒に記すことにより, 減圧症診断とその治療法の選択がよりの確となる。

3. 治療について

ダイビングの現場は治療の場である病院からは

遠く離れていることがほとんどである。病院に来るまでの途中, 不活性ガスが再び起こらないように, 高所移動にならないことなど注意を促す必要がある。診察後は脱水状態, 不整脈, 気胸の有無などを十分に把握し, 先ず, 対応処置をとる。意識障害, ショック状態などあれば, その対応を十分に行う。

酸素再圧療法で治る可能性のある症状に関しては, 急を要する症状以外は, 可能な限り鎮痛剤などを使わないようにする。しかし, 初回酸素再圧治療後も痛みを訴える場合は, 不眠などを誘発することもあり, 一晩は鎮痛剤を使用することも必要である。翌日にはその効果が残らないように, 配慮すべきである。脊髄障害などの神経障害の場合は, 局所の浮腫を改善させる目的で, グリセオール, ステロイドなどの抗浮腫剤を併用する必要がある。呼吸障害, 意識障害があれば, 医師あるいは看護婦が同室して酸素再圧療法を行う。この際, 心電図, 脳波などのモニターをしながら治療することも必要である。運動障害にはリハビリが必要である。

4. 再圧療法について

急性減圧症に対する再圧療法には水中再圧, 空気再圧, 酸素再圧などがある。水中再圧はいわゆる‘ふかし’と言われるもので, ダイビングの現場で行われる。減圧症状が出たとき, 再び潜ることは症状の改善につながる可能性はあるが, 再び不活性ガスを体内に発生させることにもなり, 浮上した際には新たな, もっと重篤な減圧症になることを意味している。‘ふかし’ではなく, 減圧症が発生した場合は, 再圧治療装置があるところに早急に移動すべきである。

空気再圧装置は通常, 圧気工法現場や漁業現場におかれている。この装置を動かすためには再圧装置操作の特別教育を受けなければならない(高気圧作業安全衛生規則第11条)。この装置は労働省再圧室製造規格を合格すると認可される。あくまでも救急再圧にのみ使用するものである。産業医監督下に酸素再圧を行ってもよいとされている。しかし, 十分な医療器具もない環境で減圧症の治療をすることは危険であり, もし, 重症な減圧症が疑われる場合には, 早急に高気圧酸素治療装置を備えた病院に転送すべきである。

酸素再圧治療は高気圧酸素治療装置により行わ

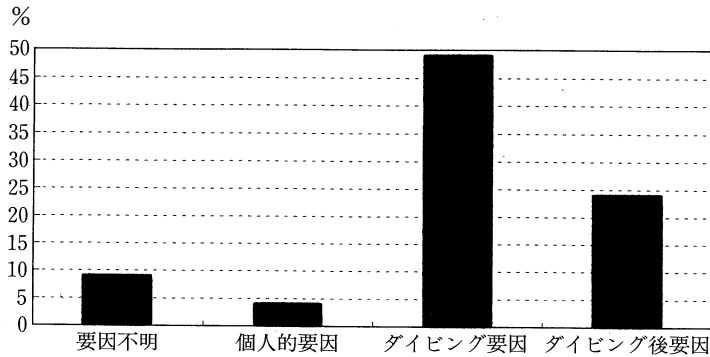


図3 減圧症誘因

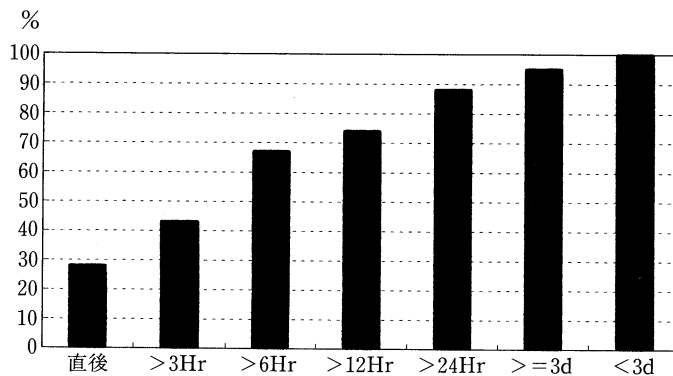


図4 発症時間

れる。この装置を操作できるものは国家資格を持った医師、看護婦、臨床工学技士である。装置は厚生省医療器具型式承認を受け、日本高気圧環境医学会が定めた高気圧酸素治療の安全基準に従わねばならない。通常は、臨床工学技士が潜水専門医の下に装置を稼働させている。空気再圧治療よりも短い時間で、減圧症治療を行うことができるために、現在では減圧症治療の主流となっている。この高気圧酸素治療装置には、一人用装置と多人数用装置がある。一人用装置は空気加圧酸素吸入型 (A型) と酸素加圧型 (B型) がある。減圧症を治療する場合は、日本高気圧環境医学会が定めた K1表、K2表がある。いわゆるベンズ I 型の治療のみを対象とするが、一人用装置では減圧症患者の症状を事細かく観察することが困難であり、減圧症治療は行われなくなっている。多人数用ならば、医師あるいは看護婦が同室し、心電図モニタ

ーなどが行えるために、現在では減圧症治療の主流となっている。我々は Thalmann の USN テーブルの原則¹⁷⁾を検討し、治療基準を決めた。その結果、減圧症としての症状が完治した割合は 53%であった。完治率が低いということに、レジャーダイバーの減圧症の特徴がある。

この酸素再圧テーブルを使用する際に、その臨床的効果を上げるためには、次の三点を守ることが必要である。一つは酸素再圧治療前に血液検査、レントゲン検査など十分に検査を行い、正確な減圧症診断の下に、酸素再圧治療テーブルを決めることである。もう一つは酸素再圧治療が臨床工学技士と専門医の共同作業の下に行われ、治療中ダイバーの状態をきめ細かく観察し、治療時間の延長など随時変更することである。さらには、酸素再圧治療後少なくとも 24 時間は専門医の厳重な監視下におくことも重要である。ダイバーは症状が

改善したことを喜んで、治療後飲酒することも多々あった。この三点が厳重に守られてこそ、酸素再圧治療がその効果を示すことになる。我々の症例の中には、他で当院と同じ酸素再圧治療が行われたにも拘わらず、症状が改善せず、当院で同じ酸素再圧パターンを行い、改善した例があった。

予防・予後

減圧症にならないためには、減圧症をおこす誘因を防ぐことである。また、減圧症の疑いが起こったら、待つことなく、早急に専門医を受診することである。減圧症を放置すると、脊髄障害など重症な症状が残ることを覚悟しなければならない。痛みの場合も生活に支障を来す。減圧症に一度なると、再び減圧症になる可能性が高くなる。それに骨壊死が起こっている場合には、更に減圧症になる可能性が高くなる。

減圧症治療により、完治したとして、その後のダイビングはいつ行えばよいのだろうか。これには色々と議論がある¹⁷⁾。我々は症状が痛みのみであったとしても、治療後2週間から1ヵ月はダイビングを控えた方がよいと勧めている。減圧症が酸素再圧治療により完治する割合は、50%強である。後遺症を残す割合が高い。また、酸素再圧治療にも膨大な時間と人手がかかる。くれぐれも無謀なダイビング計画は慎むべきである。

結 論

我々はレジャーダイバーを中心とする急性減圧症に対し、USN テーブルを用いて、酸素再圧療法を行った。治療成績を上げるためには、急性減圧症の診断が大切であること、治療後十分な監視を続けることなどの重要性を力説した。

謝辞：本研究のダイバーを紹介してくれた DAN JAPAN ホットラインの先生方、事務局、DDNET の先生方、ダイビングショップの方々、減圧症の研究指導をしてくださった梨本一郎先生、その他大勢の方々の協力によって、この研究は成り立っている。ここに深く陳謝をする次第である。

〔参 考 文 献〕

- 1) 有川和宏, 平川亘, 野間口聡, 野口晴司, 増田次俊, 今村真一, 川崎卓郎, 久保博明, 平 明: 過去3年間の潜水士減圧症の治療経験. 日高圧医誌 29(2): 83-88, 1994
- 2) Biesner RJ: Factors in 171 Navy decompression accidents occurring between 1960-1969. Aviat. Space Environ. Med. 46: 1069-1073, 1975
- 3) Daniels S, Eastaugh KC, Paton WDM, Smith EB: Micronuclei and bubble formation: A quantitative study using the common shrimp, Crangon crangon. In: Bachrach AJ Matzen MM, ed. VIII th Symp. Underwater Physiology. Bethesda: Undersea Medical Society, 147-157, 1984
- 4) Elliott DH, Moon RE: Manifestations of the decompression disorders. in Bennet PB, Elliott DH. (eds): The physiology and medicine of diving. London: Balliere Tindall, 1993, pp481-505
- 5) Francis TJR, Gorman DF: Pathogenesis of the decompression disorders. in DH Bennet PB & Elliot (eds): The physiology and medicine of diving. London: Balliere Tindall, 1993, pp454-480
- 6) 後藤與四之: 埼玉医大に於ける減圧症治療の現況と問題点. 日高圧医誌 23(4): 181-184, 1988
- 7) Golding FL, Griffiths P, Hempleman HV, Paton WDM, Walder DN: Decompression sickness during the construction of the Dartford Tunnel. Bu. J. Industr. Med. 17: 167-180, 1960
- 8) Gorman DF, Pearce A, Webb RK: Dysbaric illness treated at the Royal Adelaide Hospital 1987: A factorial analysis. SPUMS J. 18: 95-101, 1988
- 9) 池田知純: 海上自衛隊潜水医学実験隊における減圧症治療の現況と問題点. 日高圧医誌 23(4): 193-200, 1988
- 10) Jauche JR: Effects of exercise on the incidence of decompression sickness: A review of pertinent literature and current concepts. Arch. Occup. Environ. Health 60: 313-319, 1988
- 11) 川島真人: 当院に於ける減圧症の治療状況. 日高圧医誌 30(2): 121-127, 1995
- 12) Mekjavic IB, Kakitsuba N: Effect of peripheral temperature on the formation of venous gas bubbles. Undersea Biomed. Res. 16: 391-401, 1989
- 13) Moon RE, Gorman DF: Treatment of the decompression disorders. in Bennet DH & El-

- liot PB (eds): The physiology and medicine of diving. London: Balliere Tindall, 1993
- 14) 眞野喜洋: 減圧症治療の現状と問題点—東京医科歯科大学に於ける減圧症治療の現況と問題点—。日高压医誌 23(4): 185-192, 1988
 - 15) 減圧症: in 梨本一郎, 鈴木秋信, 清水信夫, 佐野弘幸, 望月徹 (eds): 新潜水士テキスト。東京: 中央労働災害防止協会, 1996, pp223-235
 - 16) 杉山弘行, 神山喜一: レジャーダイバーに見られるいわゆる減圧症の問題点。日高压医誌 30: 50, 1995
 - 17) Thalmann ED: Principles of US Navy recompression treatments for decompression sickness. in Moon RE Sheffield PJ (eds): Forty-fifth Workshop of the Undersea and Hyperbaric Medical Society. Maryland: Aerospace Medical Association, 1996, pp75-95
 - 18) Van Liew HD, Burkard ME: Bubbles in circulating blood: stabilization and simulations of cyclic changes of size and content. J. Appl. Physiol. 79(4): 1379-1385, 1995
 - 19) Walder DN: The pain and mechanism of bends. in EH. Nashimoto I. Lanphier (eds): What is bends. Bethesda: Undersea and Hyperbaric Medical Society, 1991, pp58-62
 - 20) 山見信夫, 芝山正治, 中山晴美, 水野哲也, 中山徹, 高橋正好, 平林和也, 眞野喜洋: DAN ホットライン相談患者に於ける潜水終了後の高所(低圧曝露)移動中に発症した減圧症の検討。日高压医誌 30(1): 51, 1995
 - 21) 湯佐祚子: 琉球大学医学部附属病院における減圧症治療の現況と問題点。日高压医誌 23(4): 165-171, 1988
 - 22) Zwingelberg KM, Knight MA, Miles JB: Decompression sickness in women divers. Undersea Biomed. Res. 14: 311-318, 1987