

【意見】

高気圧酸素治療時の急速減圧についての一考察

堂籠 博¹⁾ 野原 敦²⁾ 田口 彰一³⁾
 鹿児島医療センター 救急科¹⁾
 鈴鹿医療科学大学 医用工学部臨床工学科²⁾
 新橋病院 ME科³⁾

高気圧酸素治療では、その実施中に急変が発生し緊急急速減圧を行わなければならない症例も存在する。しかしながらその操作自体でも減圧障害の発生や、緊張性気胸・空気塞栓などの合併症発生の可能性も危惧され、同時に無呼吸下での一定以上の減圧は肺破裂を引き起こすことがある。

今回、高気圧酸素治療時の急速減圧での対応をより明確にする目的から、同法についての記載を文献検索してその考察を加えた。その際、高気圧酸素治療時での減圧であることから気胸の発生、心肺停止、痙攣等の急変時について検索した。

その結果、和文資料として6編の書籍、英文では3冊の書籍からその内容が得られたが、急速減圧の応用病態の不明確さ、その際の合併症の発生については明確な記載が不足していると思われた。

高気圧酸素療法時に緊急急速減圧が必要と認められる症例は存在する。特に、第1種装置ではその対応に苦慮する場合があります。その際の緊急対応としては自発呼吸が残存している間にその減圧を終了する事も一つのポイントかと思われた。同時に、これらの手技等に関しては、学会としての公での一定以上のコンセンサス形成も必要であり、高気圧酸素療法の実施前の説明にも緊急時の処置の可能性を伝えることの考慮も必要かと思われた。

キーワード 気圧外傷, 空気塞栓, 減圧障害, 自発呼吸, 心肺停止

【Opinion】

A thought on urgent decompression procedures during hyperbaric oxygen therapy

Hiroshi Dohgomor¹⁾, Atsushi Nohara²⁾, Shoichi Taguchi³⁾

1) Division of Emergency Medicine, Kagoshima Medical Center

2) Department of Clinical Engineering, Suzuka University of Medical Science

3) General Manager, Shinbashi Hospital

keywords Barotrauma, Air embolism, Decompression illness, Spontaneous respiration, Cardiopulmonary arrest

【はじめに】

高気圧酸素治療(以下HBO)時の対応の一つとして緊急急速減圧の記載がある^{1, 2)}。この手技はHBO中の症例に急変事態が発生した場合の対応として行う内容であるが、具体的にはHBO中に発生した心肺停

止(cardiopulmonary arrest: CPA)や気胸に適用されると思われる。これらは通常の減圧操作とは違うものであるが、その操作については安全指針上でも具体的には記載されていない^{1, 2)}。同時にこの緊急急速減圧操作自体でも種々の重篤な合併症が発生する可能

性がある。したがってこの重要な操作に関連しては以下の各項目が確認すべきポイントかと思われる。すなわち、①その適応は何か?②その手順はどうするか?③その際の注意点はなにか?などが考えられる。

HBO実施の場合は加圧減圧の速度を定めているが^{1,2)}, 敢えて緊急下に減圧あるいは急速減圧を行わなければならない場合の対応は治療に従事する者にとっては重要であり、患者の容態の急変も種々のものがあると思われる。このことから、今回、緊急急速減圧そのものについての考察を加えることを主目的とし、この点についての考察と検討を試みた。同時に何らかの方策がないかと考察した。

【方法】

HBO実施中の急速減圧に関して、学会の指針や書籍での記載内容での検索を行った。この時、以下の各点を中心にしてその検索を実施した。

1. 処置としての急速減圧についての記載があるかどうか?
記述ある場合は、
(i) その適応はどのようなものか?
(ii) その減圧速度は?
2. HBO時に発生した気胸の場合の対応としての急速減圧の記載があるかどうか?
ある場合は
(i) その減圧速度は?
(ii) 急速減圧自体でのさらなる合併症の記載はあるか?
3. HBO時のCPA時の対応についての急速減圧の記載があるかどうか?
ある場合は、
(i) その減圧速度は?
(ii) 急速減圧する際の気圧外傷について、または空気塞栓症の発生についての記載があるかどうか?
4. 事前の患者・家族への説明について記載あるか? (和文のみ検討)
5. その他の急速減圧に関する項目について

【結果】

HBOに関連した資料・書籍で入手できたものは和文図書類6編、そして英文図書3編であった¹⁻⁹⁾。こ

れらを対象として、その内容を表-1に記載した。

同時に、今回検索した記載内容をまとめ、関連して解決すべき問題点を列挙すると以下の内容となると思われた。

1. 急速減圧の記載はされているが、具体的な適応や具体的な減圧方法を記載したものは、今回の検討対象では英文図書での2編のみである。その適応は気胸が発生した場合、痙攣発作での状態が不安定な場合、そしてCPAの場合に応用するとの表記があった。
2. 急速減圧の記載内容は(特に第1種装置の場合)、
(1) 気胸の発生を確認したならば、その時点での治療圧をそのまま保持し、緊急ドレナージの体制を早急に整える。
(2) HBO終了時に直ちに脱気ができる状況となった場合に急速減圧を行う。
(3) CPA症例でも1分間での急速減圧との記載があるが、その際の気道の閉塞の有無に関しては明らかな記載はない:最終的にはその場の治療者の判断に委ねられようが、気道閉塞の場合での急速減圧では、肺破裂などの問題が残る。
3. 急速減圧の手順自体の表記が少ない。特にCPA症例の場合での手順の記載が少なく、今回の検索ではKindwallの書籍⁹⁾のみと思われる。
4. 急速減圧時に発生の可能性がある合併症についての記載が不十分である。減圧障害の発症に関しては、高濃度の酸素を吸入しているから通常治療圧では急速減圧での減圧症はおこらない可能性は示唆されるが、1分以内の急速減圧では減圧障害は起こらないかどうかは疑問である。また、肺の気圧外傷が起こると空気塞栓症の可能性はある。
5. HBOの事前の説明時に緊急事態での緊急減圧の説明もおこなうべきと思われる。

【考察】

HBO中に考慮しなければならない緊急事態の病態としては、気胸の発生とCPAの発生がまず考えられる。また、酸素中毒を含む痙攣発作に対してもその対応を考慮しなければならない。HBO中の気胸の発生数自体は少ないが緊張性気胸や心停止の報告もあ

り^{10, 11)}、HBO時でのこれらの事態では、同装置外への可及的速やかな救出も考慮しなければならない。

このような緊急事態が第2種装置内で発生した場合は同装置内での脱気等の必要な処置や蘇生処置を行いつつながらの対応が可能であり、通常の数分での減圧操作は可能である。しかしながら、第1種装置の場合は、原病態へは無処置のままの減圧を行い、同装置外へ患者を救出することとなる。この場合は不安定な状況下での減圧であり、かつ急速減圧を行う事自体での新たな合併症の発症が危惧される。

急速減圧では急激な圧変化より合併症が発生する可能性が危惧され、文献にもその一部の記載があるように⁹⁾、DCI、気圧外傷そして空気塞栓症の発生も考えられると思われる。

HBO中の緊急急速減圧は、100%酸素を吸入しているため窒素の洗い出し効果により気泡は形成しがたく、もし血管内に気泡が形成されたとしても酸素窓による縮小効果も期待できるため減圧症の発生は起しにくいとの考えも成り立つ。機器が備えるべき規格として「3ATAの状態から90秒で大気圧までへの減圧が行えること」との記載もあることから⁹⁾、100%酸素吸入時にこの条件での緊急急速減圧法も、減圧法として成り立つとの解釈もあると思われる。

しかしながら、緊急急速減圧前に100%酸素を吸入していたとしてもその効果が十分期待できない可能性もありえる。また、無呼吸状態や、あるいは肺嚢胞性病変を有する症例での気道狭窄や気道閉塞が発生した状態では、減圧に伴う肺気圧外傷の発生の危険性も危惧される。さらには、緊急急速減圧では短時間の息こらえでも容易に肺内外に圧較差を生じるため肺気圧外傷が発生しやすくなり危険である。これら肺気圧外傷が引き起こされると空気が体循環系に流入し、空気塞栓の可能性も危惧される。実際、肺気圧外傷での死亡例の報告もなされている¹²⁾。また、急速減圧前のHBO中の酸素の吸入も不十分である可能性もある。このような点からもその方法の応用には十分な注意が必要であり、今後その方策について十分な議論を行ってゆくべきなのかもしれない。

緊急急速減圧ではこれらの合併症発生の可能性があるが、第1種装置では緊急での装置外への退出を

優先しなければ、ますます状態が悪化する緊急事態も存在すると思われる。その応用には合併症のリスクがあるが、その場面になったら選択せざるをえない症例が存在する。

HBO時の緊急時、特に第1種装置での対策であるが、これらの緊急急速減圧に関する問題点をも考慮すると、自発呼吸が残存している間に装置外に救出することが一つのポイントかと思われる¹³⁾。この自発呼吸が残存すれば、その後の処置が可能となる可能性が残される。

これらを加味して、現時点での対応への提案を表にした。(表-2)

【まとめ】

1. 急速減圧について入手可能な書籍等で検索した。緊急事態発生時の具体的な対策法の記述が少なく現時点での明確な方針の確定は難しいと思われた。
2. 第1種装置ではその対応が不可能との記載もあったが、第1種装置での緊急事態発生時への対応案としては、自発呼吸温存の場合で循環動態が維持されている場合は速度を決めての(急速)減圧も考慮されると考える。ただし、状態が危険と判断された場合は自発呼吸を確認して直ちに急速減圧を行うことが必要と思われる。
3. 第1種装置使用中の心肺停止発生症例への急速減圧(もしくは自発呼吸の無い場合)は今後学会等として更に検討する必要があると感じられた。
4. これらはコンセンサスが必要な領域と思われ、事前の説明にも加えるべき項目と思われた。

【謝辞】

自衛隊中央病院研究部の鈴木信哉先生から、今回の急速減圧に関する資料等について貴重なご意見をいただきました。また、公立富岡総合病院臨床工学科の生形尚子氏には学会発表症例の状況についてお問い合わせいただき、その対応をいただきました。御両名の方にはこの場をお借りして心から感謝申し上げます。ここに謝辞を述べさせていただきます。

表-1: 各文献での検討結果

文献 (上付き番号は本文引用文献番号)	1. 急速減圧の記載 i) その適応は? ii) 減圧速度は?	2. 気胸発生時の急速減圧の記載 i) その速度は? ii) 合併症の発生は?
高気圧酸素治療の安全基準: 日本高気圧環境・潜水医学会 ¹⁾	記載有 i) 無 ii) 無	記載無
高気圧酸素治療のガイドライン日本臨床高気圧酸素・潜水医学会 ²⁾	記載有 i) 具体的な適応の記述なし ii) なし	記載無
専門臨床技士テキスト: 高気圧酸素治療編 日本臨床工学技士会 ³⁾	記載無	記載有 i) 無 ii) 無 第1種装置での具体的な記載は無く, その対応に「苦慮する」との表現あり
高気圧酸素治療法入門第5版, 日本高気圧環境・潜水医学会 ⁴⁾	記載無	記載有 i) 無 ii) 無 気胸の場合は第1種では処置ができないとの記載がある
臨床工学技士のための高気圧酸素治療入門 (第2版) ⁵⁾	記載有 i) 痙攣時の処置で急速減圧の表記がある (112 ページに記載) ii) 具体的な速度には言及せず	記載有 しかし, 112 ページに処置不可能と表現ある
榎原著: 高気圧酸素治療の基礎と臨床 ⁶⁾	記載有 i) 無 ii) 無 異変ある場合に緊急減圧とある (590 ページ)	記載無
Jain KK 著 Textbook of Hyperbaric Medicine 第5版 ⁷⁾	記載無	記載無
Mathieu D 編著 Handbook on hyperbaric medicine ⁸⁾	記載有 i) 気胸に対しての実施の場合「有」との記載を認める ii) 分単位での減圧との記載がある (721 ページに記載)	記載有 2種装置の場合はドレナージを行ってから減圧を行う。ただし, この場合の急速減圧の有無の記載無し。1種装置に関しては, 減圧速度の明確な記載は無いが, 心肺機能が保持されている状況ならば, ドレナージの体制が整ってから急速減圧を行う。しかしその速度に関しては改めての記載なし。
Kindwall EP, Whelan HT 編著: Hyperbaric Medicine Practice ⁹⁾ この書籍中の Management of complications in hyperbaric treatment. Kindwall EP, Whelan HT 著 (289 ページから 300 ページ) の項目に記載がある	「急速減圧」の表現がある: 痙攣の発作時の処置の記載がある (294 ページに記載)。この場合は具体的な方法は示されていない。同時に CPA の場合での記載があり, 1分以内での減圧と記載ある (294 ページに記載)	記載有 第1種装置で気胸ある場合は緊急ドレナージの体制を整え, 1分以内での減圧を記載している (297 ページに記載)

1 段目の番号は本文方法の番号と同一

3. 心肺停止症例に対しての急速減圧 i) その速度は？ ii) その際の気圧外傷・空気塞栓症は？	4. 家族への事前説明について	5. その他の項目
記載無	記載無	HBO中の気胸発生に関しては記載があり、そのドレナージを行ってから減圧すべきとの表記がある。しかしながらこれは第1種装置には応用できない。
記載無	記載無	特に無
記載無	162ページに急速かつ過大な減圧で減圧症が起こる可能性が示唆されている	「危機管理」についての記述では、これら気胸やCPAが発生した場合の対応の記述は無い。240ページに第1種装置での痙攣時の対応は、呼吸の有ることを確認してから減圧操作を勧めている
記載無	記載有： 「第1種での不利益」との表現のみあり。110ページに「第1種装置の不利を説明すべし」と記載されている	97ページにて痙攣時の処置の記載ある。P109にて気胸に関連しての記載はあるが、急速減圧にはふれていない。
記載無	記載無	記載無
記載無	急速減圧の可能性についての特別な説明への記載は無い	急速減圧の濫用を戒めている（590ページに記載）
記載無	記載無	(1) 治療圧2ATAでの肺損傷の症例報告は無いと記載している（78ページ）が、その一方、Murphyらの報告で緊張性気胸が発生した内容を紹介している。しかし、これは「事前の未処置の気胸の存在」の可能性を示唆している ¹⁰⁾ (2) 以下の章（indications, Contraindications, and complications of HBO Therapy:76ページから84ページ）にて合併症についての記述がなされている。その中で、気胸の合併症に関しては第1種装置での対応が困難であることを示唆している（78ページに記載）
記載無	記載無	(1) 書籍内には気胸への対応策の記載を認めた。第1種装置での対応策としては、準備を整えた後に急速減圧を行う（Decompression should then be performed expeditiously and the pneumothorax drained quickly upon arrival at the surface）（720ページに記載）との記載がある。また、新たに合併したDCIとの鑑別も重要と記載されている。
記載有 (297ページから298ページ)第2種装置での緊急での減圧の記載はあるが具体的な方法の記載なし。第1種での表記がある（294ページに記載）。CPA時急速減圧下で気道閉塞があり肺破裂が起こった場合時に合併症が発生するとの記載あり。急速減圧での空気塞栓症の表記有り（294ページに記載）	記載有 緊急時の事態についての説明を事前に行う事と（110ページに記載）にある	無

表-2 緊急時の対応方法(特に急速減圧時の場合)

(1) 急変発生の場合は院内コールを行う。(人員・物品の確保)
(2) 同時に、患者の自発呼吸の有無を確認する。
(3) 即座の減圧開始が必要・適当と判断されたら自発呼吸があれば事前の手順にしたがって減圧を行う。その際の速度は重症度に合わせて設定するが、最重症の場合は0.08MPa/分以上の速度での急速減圧も考慮する。

<注意> * 心肺停止症例や自発呼吸を認めない場合は、今後その対応を考える。
 * 患者家族へのHBO事前の説明については、緊急急速減圧の項も含める。
 * 事前の準備を、シュミレーションも含めて行う。
 * 緊急急速減圧は心停止にもつながる病態であり、院内緊急コールもしくはそれに準じた対応が必要である。担当医・専門医・操作者は連携して対応すべきと思われる。

【参考文献】

- 1) 高気圧環境・潜水医学会：高気圧酸素治療の安全基準(平成24年11月16日最終改正)。高気圧酸素安全協会安全協会ニュース2013：41(2)84-99
- 2) 日本臨床高気圧酸素潜水医学会編：ガイドライン
- 3) 高気圧酸素治療認定委員会編：専門臨床工学技士テキスト高気圧酸素治療編，東京；日本臨床工学技士会。2013；pp1-247.

- 4) 徳永昭編：高気圧酸素治療法入門(第5版)，東京；日本高気圧環境・潜水医学会，2008；pp1-191.
- 5) 高気圧酸素治療装置操作技師認定委員会編：臨床工学技士のための高気圧酸素治療入門(改訂版)，東京；へるす出版。2013；pp1-156.
- 6) 榊原欣作：副作用，合併症および事故。In: 高気圧酸素治療の基礎と臨床，医学書院，2009 p590
- 7) Jain KK: Textbook of Hyperbaric Medicine 5th eds; Hogrefe and Huber Publishers 2009;pp.1-578.
- 8) Mathieu D: Handbook on hyperbaric Medicine; Springer 2006;pp.1-803.
- 9) Kindwall EP, Whelan HT: Hyperbaric Medicine Practice, 3rd eds: Best Publishing Company 2008; pp.1-1076.
- 10) Murphy DG, Sloan EP, Hart RG, Narasimhan K, Barreca RS: Tension pneumothorax associated with hyperbaric oxygen therapy. Am J Emerg Med 1991;9:176-179.
- 11) 伊ノ上幸則，吉田暁，広瀬保夫他，高気圧酸素治療中に緊張性気胸を生じた1症例。麻酔2013；63：175-177.
- 12) Wolf HK, Moon RE, Mitchell PR, Burger PC. Barotrauma and air embolism in hyperbaric oxygen therapy. Am J Forensic Med Patho 1990;111:149-53.
- 13) 生形尚子，野口誉史，町田佳代子，宮崎増美，嶋田均，減圧中に急性心筋梗塞を発症した1例，第28回日本高気圧環境・潜水医学会。2013；48：273.