

## 【見解】

# 減圧症に対する高気圧酸素治療(再圧治療)と大気圧下酸素吸入

日本高気圧環境・潜水医学会

## 【はじめに】

減圧症の治療には酸素吸入で十分という第52回日本高気圧環境・潜水医学会学術総会での講演について、学会としての見解を述べます。

減圧症になった場合の処置は、再圧治療が基本となります。潜水後の大気圧下での酸素吸入は、体中の過剰の窒素を排出するのに有効であり減圧症の場合でも症状が改善することがありますが、効果に限界があるため、再圧治療にとってかわる治療法とはなりません。2017年の学術総会では酸素吸入だけで充分であるとの講演があり(日本高気圧環境・潜水医学会雑誌 2017;52: 241.)、同医師による投稿記事にも同様の見解を認めます(健康開発 2018;22(4):61-69.)が、あくまでも個人の意見であり、本学会の指針ではありません。また、国内外の潜水医学の専門医から同意が得られたものでもありません。国際的潜水医学会(UHMS:Undersea and Hyperbaric Medical Society)では、減圧症治療の至適標準(ゴールドスタンダード)は、米国海軍ダイビングマニュアルの治療アルゴリズムであるとしており([https://www.uhms.org/images/DCS-AGE-Committee/dcsandage\\_prevandmgt\\_uhms-fi.pdf](https://www.uhms.org/images/DCS-AGE-Committee/dcsandage_prevandmgt_uhms-fi.pdf), 2018.10.3アクセス)、本学会もそれに準じ、再圧治療を基本としたアルゴリズムを提示しております(日本高気圧環境・潜水医学会雑誌 2015;50:86-90., 高気圧酸素治療法入門(第6版)日本高気圧環境・潜水医学会.2017;pp147-174.)。また、英国の職業潜水の標準を定めているHSE(Health and Safety Executive)のレポート(<http://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr550.pdf>, 2018.10.3アクセス)にも、大気圧下の酸素吸入は高気圧酸素治療に代って取って替わるものではないと明記されています。

## 【減圧症発症時の対処について】

重症の減圧症の場合はできるだけ早く再圧治療されることが求められます。潜水後直ぐに立てなくなったり、排尿ができなくなったりしたときには重症と判断できますが、最初、腰痛だけだった者が時間経過とともに立てなくなったり、排尿できなくなり重症になることがあります。発症初期の重症度の見極めは難しいことがあります。そのためなにかしら症状が出た場合には、自己判断せずにできるだけ早く専門医に相談されることをお勧めします。しかし、我が国において減圧症治療経験がある潜水医学の専門医はごく僅かであり、相談をされるにもかなりの制限があるのも事実ですので、本学会として取り組むべき喫緊の課題と認識しております。なお米国では、症例数が多い糖尿病性難治性潰瘍に対応の高気圧酸素治療施設がここ20年来増えているものの、救急治療が推奨されている減圧症、動脈ガス塞栓症及び一酸化炭素中毒に常時対応できる治療施設は少ない現状ですが、理由として医療スタッフの人員費や運用上の問題などが指摘されています。(Undersea and Hyperbaric Medicine 2016;43: 29-43.)

本学会の取り組みの1つとして、全国の高気圧酸素治療施設にアンケート調査を2015年から継続して行い、減圧症の治療が可能な施設の最新情報を学会ホームページ上で提供しています([http://www.jshm.net/pdf/hbo/HBO\\_anketoH29.pdf](http://www.jshm.net/pdf/hbo/HBO_anketoH29.pdf), 2018.10.3アクセス)。高気圧医学専門医の名簿につきましては学会ホームページ上で所属施設名と共に掲載しておりますので施設アンケート調査とともにご参照頂ければと思います。また、減圧障害の診断と治療について臨床医からの問い合わせがあることから、標準的な情報を提供するた

め、2017年秋に本学会から改訂出版した「高気圧酸素治療法入門(第6版)」の該当部分「潜水による障害、再圧治療」を抜き出し、本学会ホームページ上で閲覧とダウンロードが可能となっております([http://www.jshm.net/pdf/hbo/hbo\\_sensui.pdf](http://www.jshm.net/pdf/hbo/hbo_sensui.pdf), 2018.10.3アクセス)。

減圧障害は重症から軽症までありますが、手足の痛みやぴりぴりした感じといった軽症の場合は再圧治療が多少遅れてもよくなることが多いので、対応は重症例とは異なります。もちろん再圧治療が直ぐに受けられる状況であれば、再圧治療をするのが基本であり、治療時間が短い再圧治療表を使うことが可能であり、ほとんど1回の治療で完治させることができます。しかし、再圧治療施設から遠く離れている場所で軽症の減圧障害が発症した場合、移動に航空搬送が必要な時、夜間や悪天候などで移動が危険である時には、大気圧下の酸素吸入で症状の緩解を図ることは現実的な選択肢として考えられています。どのような症状や状態を軽症の減圧障害として取り扱うかについて、International DiversAlert NetworkのイニシアティブでSimon J Mitchellを中心とした専門委員会が立ち上げられ、検討していましたが、2017年UHMS学術集会プレコースで議論の内容が紹介され、その後の学会中に開催された委員会での議論等を踏まえて、2018年3月にコンセンサスガイドラインとして公表されました(Diving and Hyperbaric Medicine 2018;48:45-55.)。

潜水しているダイバーの方々の実際の対処ですが、急浮上や減圧無視など減圧症が発症する可能性がある場合も含め、潜水後何かしらの症状がでた場合には応急用の酸素吸入を開始すると同時に専門医にご相談頂くことを基本とし、意識障害や呼吸困難あるいは起立困難などの重篤な場合は直ちに救急要請されることをお勧めします。

#### 【第1種および第2種装置の使用について安全基準と学会発表との乖離】

安全基準第58条に「治療は第2種装置を使用して行わなければならない」とされておりますが、今般の学会での検討状況を鑑みて改正が必要と考えております。安全基準でこのように記載されていたのは、一つ

には重症治療に重点が置かれていたことによります。意識がなかったり、気胸を伴うなど呼吸状態が悪いなどの重症例では処置のために医療者が治療装置内に入る必要があったためです。また、我が国の第1種装置は大半が酸素加压型でエアブレイクができなかったり、最高治療圧が2.4ATAまでという機種も多く、標準の再圧治療が実行できないという事情もありました。

しかしながら、第2種装置の国内分布には著しい偏りがあり適切な再圧治療ができない現実があること、経験のあるよく管理された施設では空気加压型の第1種装置で減圧症の標準治療が可能であること、重症においても安定化を目的とした応急治療として酸素加压型第1種装置での対応後、第2種装置への搬送後の標準治療により経過良好例がみられていることから、2016年12月の第51回日本高気圧環境・潜水医学会学術総会パネルディスカッション「減圧障害に対する第1種装置での治療の位置づけ」で討議がなされ、

- (1) 第1種装置がエア・ブレイク可能であれば、軽症からバイタルが安定している重症まで対応が可能である。
- (2) 第1種装置がエア・ブレイクできない場合は、応急治療として安定化を図り、標準治療ができる施設と連携する。
- (3) 治療経験の少ない施設が第1種装置で再圧治療を実施する場合は、経験のある専門医から助言を得ることを推奨する。
- (4) できるだけ速やかに安全基準の再圧治療指針を見直して改正すべきである。

という意見の一致が得られ、第1種装置を減圧障害の治療に有効に用いることを可能にすべく高気圧酸素治療安全基準を見直すことが、パネルディスカッション会場の全員によって異議なく賛同が得られています。(<http://journal.jshm.net/lib/2017/523-03.pdf>, 2018.10.3アクセス)

以上の結果を受けて学会内で安全基準の見直しを検討されていくこととなります。

#### 【酸素の効能について】

まず、Oxygen Window (酸素の窓) という考え方があります。大気圧で空気を呼吸する環境において、組

組織内で酸素が消費されて二酸化炭素に変換された分だけ、組織と気泡間にガスの圧勾配（差圧）ができています。これは酸素に比べ二酸化炭素がとても水に溶解しやすい性質によるものです。その差圧により気泡中の窒素ガスは組織に移動して気泡は小さくなります。ただガスの移動は差圧の程度に依存しますので、大気圧環境では差圧は僅かであるため気泡の縮小はとてもゆっくりです（図1）。

これが高気圧酸素を吸入すると、飛躍的に差圧が増えます。つまり、気泡が小さくなる速度が速くなり、組織の窒素ガスはどんどん体の外に追い出されます。治療が終わった段階で、組織の中の窒素ガスは少ないですから、気泡が後々残っても、治療が終わった後でも、消滅していくことになります（図2）。

また、気泡をなくすためには、酸素による再圧治療が最優先ですが、再圧するまでの間の大気圧環境における純酸素使用はとても有効です（病院前大気圧酸素治療）。圧力をかけていない酸素でも、やはりこの差圧が有効に確保できるようになるのです。酸素

が二酸化炭素に消費された分だけ差圧ができるので、組織の窒素ガスは肺で効率よく移動して酸素呼吸時間に応じて少なくなり、気泡が縮小してゆきます。酸素呼吸開始直後では気泡から組織への窒素ガスの移動は小さいのですが、時間が経つと組織の窒素ガスが肺から排出した分だけ減るために気泡との差圧が大きくなり気泡が小さくなり易くなります。

ところで、減圧障害は気泡が体の組織や血管の中に存在することと関連して起きてきます。気泡自体が組織を圧迫したり、血管に詰って血流が滞ったりすることで発生する一次的な障害と、気泡に刺激を受けた細胞が関与する炎症により発症する二次的な障害がありますが、重症化・難治化するのは、この炎症が深刻になることによります。気泡の二次的な障害による減圧障害の重症化は1~2時間という早い段階で起きていることが従来から指摘されています。そのため、体の中の細胞が気泡と接触している時間をできるだけ早くなくすことが治療戦略となります。また、高気圧酸素は炎症を抑える作用がありますが、大気圧酸素はその作用がないという研究報告があり、大気圧酸素による治療の限界を考慮した利用が肝要です。

高気圧酸素治療と大気圧酸素治療を比べると、差圧の違いはだいぶありますが、大気圧の酸素は高気圧酸素ほどではないにしても、気泡をある程度小さくして、体の中の細胞と気泡が接触する時間と量を少なくすることができるので、理論的には有効ということになります。

すなわち、大気圧環境における純酸素呼吸では気泡が存在することによっておきる炎症を抑える直接的な効果は得られないようですが、体の中の気泡を小さくして体の中の細胞と気泡が接触する機会を減らして炎症を深刻にさせない間接的な効果があるということになります（図3）。

再圧治療施設に辿り着く前に酸素を吸った場合（病院前大気圧酸素治療）は、体中の過剰の窒素ガスが少なくなって気泡の量も少なくなっていますので、その上で高気圧酸素を使うとより効果的に気泡は収縮してなくなり、体の中で起きる炎症も抑えることになります。

このように、大気圧の酸素は限定されながらもある

### 大気圧空気

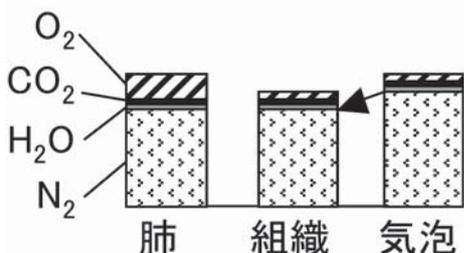


図1

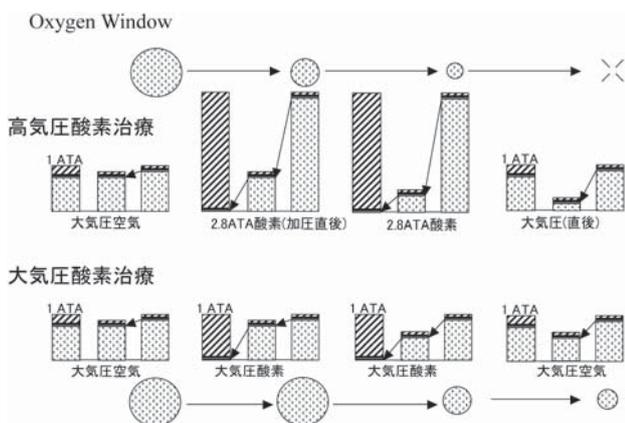


図2

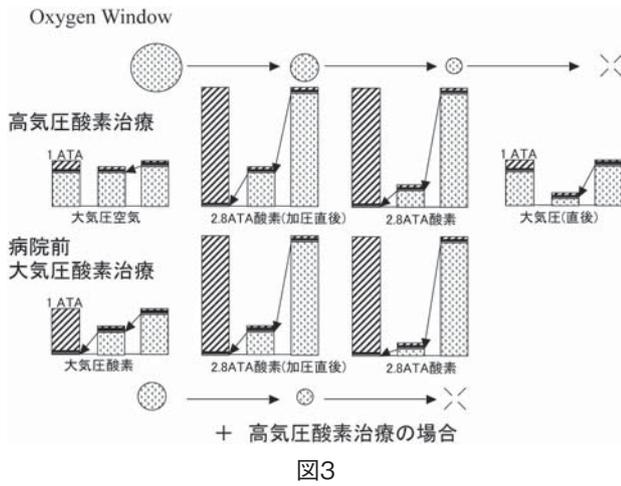


図3

程度の効果はありますが，治療の基本は酸素による再圧治療です。

**【おわりに】**

上記したことは，実際に潜水する人の危機管理を指導している会員からの問い合わせに対して平成30年6月に回答したものに学術委員会の検討を加えた内容となっており，会員及び関係者へ速やかに周知することが妥当であると理事会で判断したものです。