

生涯教育コーナーを読んで単位取得を！

日本医師会生涯教育制度ハガキによる申告 (0.5単位 1カリキュラムコード)

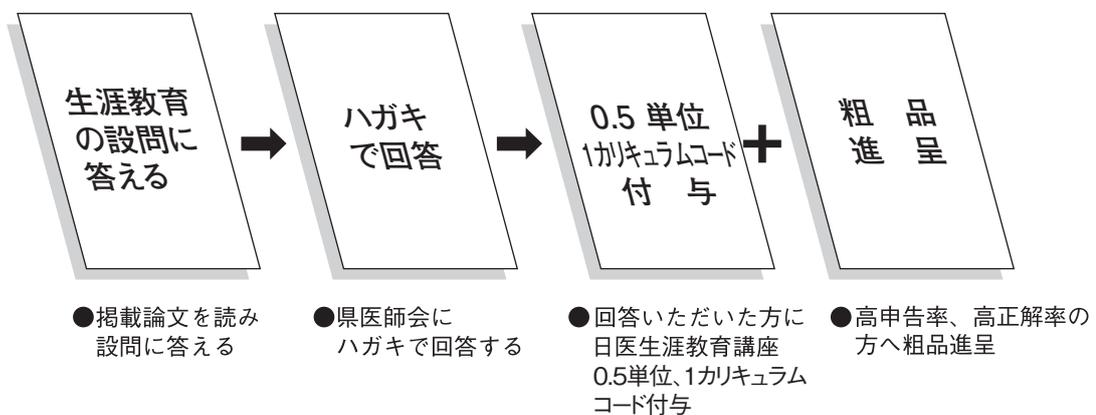
日本医師会生涯教育制度は、昭和62年度に医師の自己教育・研修が幅広く効率的に行われるための支援体制を整備することを目的に発足し、年間の学習成果を年度末に申告することになっております。

これまでは、当生涯教育コーナーの掲載論文をお読みいただき、各論文末尾の設問に対し、巻末はがきでご回答された方には日医生涯教育講座5単位を付与いたしておりましたが、平成22年度に日本医師会生涯教育制度が改正されたことに準じ、本誌の生涯教育の設問についても、出題の6割（5問中3問）以上正解した方に0.5単位、1カリキュラムコードを付与することに致しました。

つきましては、会員の先生方のご理解をいただき、今後ともハガキ回答による申告に、より一層ご参加くださるようお願い申し上げます。

なお、申告回数が多く、正解率が高い会員につきましては、年に1回粗品を進呈いたします。ただし、該当者多数の場合は、成績により選出いたしますので予めご了承ください。

広報委員会



減圧障害 (decompression illness) : その対策は沖縄で急務である

琉球大学医学部附属病院 高気圧治療部 合志 清隆
 沖縄県立中部病院 救急科 手塚 幸雄

【要旨】

潜水病や潜函病と呼ばれてきた気圧低下による障害は、近年では減圧障害の呼称が定着してきた。この疾患は主にレジャーダイバーか潜水漁業者にみられ、その発生率は高いものではない。しかし、潜水が1つの観光産業でもある沖縄県では、この疾患には日常的に遭遇する。現場で減圧障害が疑われると酸素吸入が最優先され、ドクターヘリなどの航空機による搬送では低空飛行を心がける必要がある。その後は高気圧酸素治療を行なうことに異論はないが、どのような治療法が最良であるのか十分な統一が得られていない。この疾患の病態と治療経験から、脳障害では通常の高気圧酸素治療でも支障はなく、脊髄障害では特殊な酸素再圧治療を主体として、呼吸器障害では病状によっては人工肺を優先する治療法も試みられている。減圧障害は沖縄県を代表する救急疾患と捉えることができるが、その対策が急がれることは潜水医学に認識のある医療者の育成と潜水関係者に対する予防医学の啓発である。

【はじめに】

環境圧の不適切な減圧による生体への障害は、潜水あるいは潜函（ケーソン）作業などでみられ潜水病ないし潜函病と呼ばれてきたが、最近では減圧障害（decompression illness : DCI）の呼称が普及しつつあり^{1,2,3}、これは後述する脳障害の取り扱いが1つの契機となっている。DCIは航空機事故の際や戦闘機パイロットにもみられるが、減圧症（decompression sickness : DCS）と肺気圧外傷による動脈ガス塞栓症（arterial gas embolism : AGE）とを含んだものである。

国内で活動しているレジャーダイバー数は約30万人とされるなかで、この潜水目的での来県は年間48万人ともいわれている。このことから潜水が沖縄の大きな観光産業と捉えることができる一方で、潜水に伴う事故やDCIは日常的にみられている。本稿では、DCIの病態や病状、現場から専門施設までの対処法と治療、さらに沖縄県が抱える課題についても紹介する。

【減圧障害の病態と臨床症状】

気圧変化に伴う病態には、DCSとAGEの他に含気腔のガス過膨張による損傷、すなわち肺や中耳さらに副鼻腔などの気圧外傷がある。発生機序による分類では、減圧で生体内に生じた「気泡」による障害であるDCSと、肺気圧外傷による肺内の「ガス」が動脈化して生ずるAGEとに分けられる。さらに症候学的な分類では脳障害の大多数はAGEとされ、その他はDCSと判断されてきた。しかし、脳障害は症候学的にも神経放射線学的にも脳塞栓症であり、これを発生機序からAGEとDCSとに区別することは意味をなさず、これらを合わせたDCIの呼称が一般化するようになった^{1,2,3,4}。さらに、DCIには血小板凝集能の異常と血液生化学的変化も含まれる。

(1) 減圧症 (DCS)

不適切な減圧では組織や血液の不活性ガスの溶解度が低下して過飽和状態となり、呼吸循環

器系を介した排出の平衡がくずれ、ある限界を超えると生体内に気泡が形成される。この「気泡」による障害がDCSであるが、組織内の気泡の発生は組織損傷を起し、血管内では血流障害による病状がみられる。また、血管内での気泡形成は主に最小静脈内であり血小板血栓も伴い静脈うっ帯による組織浮腫を起す。

DCSは臨床的な重症度から2つに分けられ、四肢関節や筋肉などの疼痛を主症状として掻痒感や出血斑などを示すI型と、中枢神経系や呼吸器系の障害を主症状とするII型があるが、後者の約30%に四肢関節痛を合併している。II型DCSの中枢神経系障害では脊髄障害が主なもので感覚障害や対麻痺さらに膀胱直腸障害を示す。感覚障害は最も頻繁にみられながらも特異性に乏しい(図1)⁵⁾。さらに、大量の気泡が生ずれば静脈内の血栓形成も加わり広範囲の肺塞栓症による重篤な呼吸器障害からショック状態に陥る(図2)。

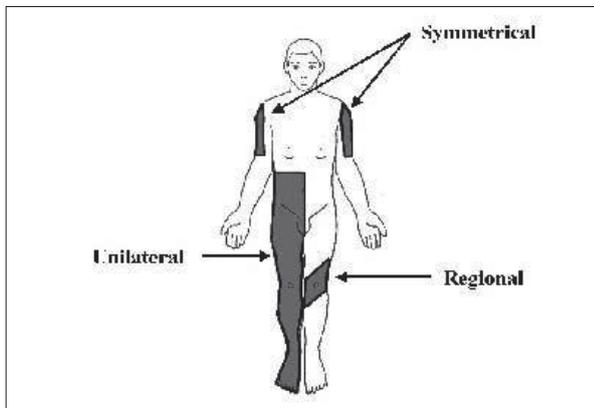


図1 脊髄障害

感覚障害はデルマトームに一致せず多発性のことも多く、これは遠位側に顕著な脳障害とは区別される。両下肢の感覚障害に運動障害が加わると重症化しやすい。(文献5.Japanese Society of Hyperbaric and Undersea Medicine)



図2 呼吸器障害

呼吸困難に加えてショック状態に陥るが、胸部CT所見では無気肺や胸水貯留がみられる。

(2) 動脈ガス塞栓症 (AGE)

急激な減圧では含気腔の1つである肺胞が過膨張から破裂すると、肺胞内ガスが左心系の肺静脈内に流入してAGEが引き起こされるが、その臓器特異性から症状がみられるのは主に脳である(図3)^{1) 4) 6)}。肺気圧外傷は急激な減圧を除くと減圧中の呼吸停止で生じ、特に気体の膨張率から浅い水深で起きやすい。環境圧の低下に伴う気体の容積は、水深3mから海面への浮上で1.3倍に膨張するが、この膨張率は29m(3.9気圧)から20m(3気圧)までの9mの水深変動に相当するからである。AGEは肺胞の気圧外傷だけではなく、プラに代表される肺嚢胞性病変の破裂でも生じ、気胸や縦隔洞気腫も伴うことがある。肺気圧外傷は減圧の最中か終了直後に胸痛と呼吸困難や咯血などを示し、さらに意識障害、けいれん発作や片麻痺などの神経症状がみられる。

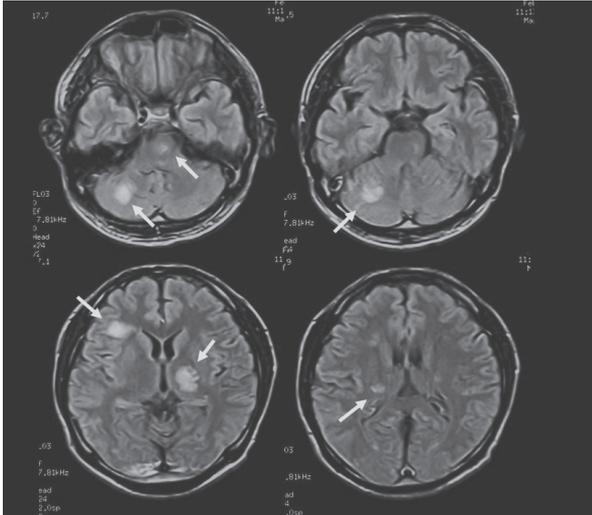


図3 脳障害

減圧による脳障害は脳塞栓症を示すが、その主な梗塞部位は境界領域と穿通枝領域である。(文献6.Undersea&Hyperbaric Medical Society)

(3) 鑑別診断

この診断は比較的容易であるが、鑑別が難しいものは潜水中やその後に発症した脳卒中である。特に、素潜りによるDCIは脳卒中症状が主であり^{4) 6)}、スクーバ潜水でも呼吸器系症状が明らかではない脳のDCIも経験される。その際、神経症状と潜水の状況を加味した臨床判断に限られる。さらに、基礎疾患がある場合には、その発作が問題となり、てんかん、喘息や不整脈などが主なものである。また、DCIの既往があれば不安感から潜水中にパニックを起こすことがあり、これはDCIだけではなく重大な潜水事故につながる。

【現場での対処と関連法規】

この疾患の予後は初期の病状とその後の対処で決まる。なかでも肺気圧外傷は喀血と呼吸困難から即死のことも稀ではない。現場でのDCIの対処は限られているが、軽症と思われても酸素吸入を優先させ安静保持が必要である。数時間で新たな症状がみられやすく体動で気泡が生じやすいからであり、体内に蓄積した窒素の排出促進には酸素吸入が重要である。

酸素は薬剤の1つとして薬事法で使用規制を受けているが、この改正の施行令が厚生労働省から出されている(2009年6月1日)。さらに同省からは「卸売販売業における医薬品の販売等の相手先に関する考え方について」の事務連絡(2011年3月31日)がなされ、そこには具体的な事例として「スキューバダイビング業者、プール営業を行う事業者等に対し、人命救護に使用するための医療用酸素を販売する場合」が示されている。これから潜水後に何らかの症状がみられると重症化の恐れがあり酸素使用が可能であると判断される。さらに、インストラクターは高気圧環境下の労働者となるが、ここで酸素使用を制限しているのが厚生労働省令の高気圧作業安全衛生規則(高圧則)である。この高圧則の問題点を他誌でも指摘してきたが⁷⁾、第1回の同規則改正検討会が2012年5月に開催され、第6回検討会(2013年6月19日)では酸素使用による減圧だけではなく、減圧後の酸素吸入がDCIの予防に効果的との意見が出されている。

酸素使用の制限は薬事法と高圧則の両面からなされてきたが、法改正が進むなかでケーソン(潜函)作業での酸素使用は標準化されているのが現状である。したがって、以上の対処はインストラクターでも同様に必要であり、DCIの予防で酸素使用が普及すると考えられる。

【搬送での留意点】

搬送前には輸液が開始されていることが多いが、潜水によって血管内脱水と高ナトリウム血症が予測されても、糖を含んだ低張液や維持液ではなく生理食塩水ないし低分子デキストランを用いることである^{1,2,3)}。前者では肺を含めて全身の浮腫が増強され、高血糖も加わり代謝異常によって病状を悪化させる。さらに、搬送中にもマスクで十分量の酸素吸入を続ける必要がある。また、航空機での搬送では気圧低下による症状悪化が懸念されることから低空飛行を心がける必要がある、ポータブル再圧装置を用いて搬送されることもある。



【医療機関での治療】

専門施設では DCI の病状に沿った治療が行なわれるが、米海軍で考案された「酸素再圧治療」が用いられることが多い。これは通常の高気圧酸素治療とは異なり、2.8 絶対気圧まで加圧して決められた時間ごとに酸素吸入と中断を繰り返しながら大気圧に復するものである。軽症例では「治療表 5」と呼ばれる治療が、重症例には治療時間のより長い「治療表 6」の治療法が推奨されており³⁾、後者は 5 時間ほどの治療時間を要し病状をみながら治療が延長される。また、輸液療法を除いてステロイドやリドカインなどの薬剤の使用もテキストなどに記載されているが、科学的根拠に乏しいことから積極的な使用はしていない。

(1) 脳障害

脳障害の症状があれば、高気圧下の酸素吸入を早急に行うことに異論はないが、これは動脈原性の脳虚血であり通常の高気圧酸素治療でも効果が得られると予測される。実際に、この治療で症状改善は 10 ～ 20 分後にはみられ、さらに開心術後の医原性 AGE でも同様の治療で改善が得られる¹⁾。脳障害の DCI には“標準的”とされている「治療表 6」と通常の高気圧酸素治療を比較検討した報告がない。さらに、肺気圧外傷後の AGE は肺損傷を合併しており、異常環境下に患者を曝す時間を最小限にする必要があり、脳障害には長時間の酸素再圧治療は必要ないと考えている^{1,2)}。

(2) 脊髄障害

脊髄症状があれば、脊髄の抗浮腫治療を併用することも考慮する必要がある。一般に中枢神経系の静脈血灌流障害による浮腫は高度で広範囲であり、抗浮腫療法が必要になることが多いが、これは高ナトリウム血症を助長させることになり注意を要する^{1,3)}。したがって、その際には酸素再圧治療を主体としたものになり、脊髄症状が進行しつつある病初期には、治療時間の長い「治療表 6」ないしその延長を行い、症状改善が十分でなければ同じ治療を繰り返す。

(3) 呼吸器障害

呼吸器系の症状があれば、治療前やその最中に死亡のことがある。呼吸困難とショック状態へ対処しながら酸素再圧治療を行なうが、治療初期で呼吸状態の改善がみられなければ肺塞栓症が広範であることから生命予後は極めて不良である。酸素再圧治療中に症状が悪化する場合には、推奨されている治療の延長は行わずに中断して、人工肺に移行し良好な結果が得られることがある。この人工肺の DCI への併用は静脈内の血栓除去の観点から新たな治療法になる可能性がある。

【後遺障害と予防法】

この疾患の症状のなかで脊髄障害は最も後遺障害を残しやすく、前述した病態と病巣から運動麻痺に比べて膀胱直腸障害や感覚障害の症状が残りやすい。脳障害の急性期には穿通枝や境界領域に広範囲の浮腫性変化がみられるが、これは短期間で縮小して神経症状も改善するか、あるいは重篤な後遺障害を残すかに分かれる^{1,4,6)}。慢性期の障害には難聴や骨壊死は知られていたが、脳梗塞が多発していることが報告されている⁸⁾。さらに近年、長期間の潜水が高次脳機能障害を起こしていることが報じられた⁹⁾。このことは潜水を職業とするダイバーでは労働災害との関連において重大な問題に発展すると予測され、早急な対処法を検討する必要がある。

この疾患や後遺障害の予防は高気圧環境下の曝露を避けることだが、この作業に携わる職業では難しい。作業効率を求めると疾病率は高まり、逆に予防に重点を置くと作業効率は低下する。この予防目的で高気圧作業を規定したものが高圧則であるが、40 年以上も改訂されておらず、なかでも酸素の使用制限が最も重大な問題である。DCI の発症を少なくするには、潜水回数の制限に加えて終了後の酸素吸入を除いては考えにくい。



【沖縄が抱える課題】

沖縄県には700ヵ所以上ともいわれるダイビングショップが点在し、そこに所属するインストラクターは日に3～5回の潜水業務を連日のように行い、脳や脊髄のDCIに罹患している実態がある。彼ら20才代の頭部MRIは多発性脳梗塞を示しており、長期の潜水による高次脳機能障害が明らかにされている現在⁹⁾、この状況は近い将来に大きな「負の遺産」をもたらす可能性がある。この予防策を関係者間で検討しているが、法律や省庁令に関連することから行政との連携が不可欠である。さらに、全国的にも潜水医学の専門医師が少なく、その育成は沖縄が中心となり取り組むべき課題であろう。

【おわりに】

潜水病ないし潜函病とよばれていた減圧による障害は減圧障害の呼称が一般化してきた。その診断は比較的容易なものであるが、沖縄が抱える問題は潜水医学に認識のある専門の医療者が少ないことである。潜水目的の来県者数からも、このレジャーが沖縄県の重要な観光産業との位置づけであろう。しかし、沖縄で頻発している潜水事故とDCIの救急診療や予防には、専門医師の育成と関係者の啓発活動が急務である。この拙稿が救急医療関係者の目にも留まり解決の第一歩となることを希望する。

【参考文献】

1. 合志清隆, 他: 中枢神経系における減圧障害の病理と診断および治療での課題. 日高压医誌 39: 67-77, 2004.
2. 合志清隆: 重症減圧障害に対する迅速な高気圧酸素による治療について. 日救急医学会誌 20: 849-850, 2009.
3. Vann RD, et al: Decompression illness. Lancet 377: 153-164, 2011.
4. Kohshi K, et al: Neurological manifestations in Japanese Ama divers. Undersea Hyperb Med 32: 11-20, 2005.
5. Togawa S, et al: Spinal DCS foci predicted by classification of hypalgesia and thermohypesthesia. In: Mano Y ed. First Panel on US/Japan Diving Physiology, Technology and Aerospace Medicine, Japanese Society of Hyperbaric and Undersea Medicine, 2006, pp 114-119.
6. Tamaki H, et al: Repetitive breath-hold diving causes serious brain injury. Undersea Hyperb Med 37: 7-11, 2010.
7. 合志清隆, 他: 高気圧作業安全衛生規則と労働災害. 産衛誌 50: A31-A33, 2008.
8. Reul J, et al: Central nervous system lesions and cervical disc herniations in amateur divers. Lancet 345: 1403-1405, 1995.
9. Kowalski JT, et al: Neuropsychological deficits in scuba divers: an exploratory investigation. Undersea Hyperb Med 38: 197-204, 2011.





Q **UESTION!**

次の問題に対し、ハガキ（本巻末綴じ）でご回答いただいた方で6割（5問中3問）以上正解した方に、日医生涯教育講座0.5単位、1カリキュラムコード（84.その他）を付与いたします。

問題

次の設問 1～5 に対して、○か×でお答え下さい。

- 問 1. 減圧障害が疑われると酸素吸入が最優先される。
- 問 2. 減圧障害の航空機での搬送では低空飛行を心がける。
- 問 3. 減圧障害の治療法は国際的に統一されている。
- 問 4. 細胞破裂は浅い水深で生じやすい。
- 問 5. 減圧障害と潜水中に発症した脳卒中との鑑別は容易である。

C **ORRECT**
A **NSWER!**

9月号 (Vol.49)
の正解

運動後急性腎不全

(ALPE : acute renal failure with loin pain and patchy renal ischemia after anaerobic exercise) について

問題

次の設問 1～5 に対して、○か×でお答え下さい。

- 問 1. ALPE は長時間の有酸素運動にて発症する疾患である
- 問 2. ALPE は若い男性に好発しやすい
- 問 3. 腎性低尿酸血症は ALPE のリスクファクターである
- 問 4. ALPE は再発することはない
- 問 5. ALPE 患者の救急室受診の主訴は尿量低下ではなく、腰背部痛や嘔吐が多い

正解 1.× 2.○ 3.○ 4.× 5.○