

【 第2出版物 】

職業性素潜りダイバーにおける減圧障害の超急性期の頭部MRI画像

合志清隆¹⁾, 森松嘉孝²⁾, 玉木英樹³⁾, 石竹達也²⁾, Petar J Denoble⁴⁾

西日本病院脳神経外科¹⁾

久留米大学医学部環境医学講座²⁾

玉木病院救急・総合診療科³⁾

Divers Alert Network⁴⁾

【要旨】

素潜りでの減圧障害は脳卒中様の神経障害を主な特徴とする稀な気圧障害の一つである。減圧障害が疑われる事例ではADC (apparent diffusion coefficient) マップと同時に早期のDWI-MRI (diffusion-weighted imaging) が早期診断と治療に有用である。

はじめに

減圧障害 (DCI) は減圧症と動脈ガス塞栓症を含んだ環境圧変化による障害であり、圧縮空気を用いたダイバーや作業員での発病はよく知られているが、素潜りダイバーでは極めて稀である。素潜りによる障害の多くは神経系で、なかでも脳卒中様の病状を示す^{1, 2)}。MRI (magnetic resonance imaging) 検査は脳虚血を最も鋭敏に評価できる診断法である。圧縮空気を用いたダイバーと素潜りのダイバーにおける脳のMRI画像での異常所見の頻度と特徴については数多く報告されている。DWI (diffusion-weighted imaging) とADC (apparent diffusion coefficient) による適正な診断は脳虚血のすべての段階で確立されているが³⁾、ダイバーにおける超急性期の脳の研究報告は少ない。

今回、職業性の素潜りダイバー (アマ) が繰り返して潜水を行った後に神経障害を併発した1例を紹介する。DWIとADC mapを組み入れた標準的なMRI画像によって、虚血性の脳病変が超急性期ないし亜急性期であることが判断可能である。本稿では脳のDCIの超急性期においてMRI画像での診断の有用性を強調したい。さらに、急性期のDCIの治療で高圧酸素 (HBO) 治療と大気圧酸素 (NBO) 吸入についても言及する。

症例提示

65歳の右利きの潜水漁業者で非喫煙者であり、これまで健康上の異常を指摘されたことはなく、30歳でフンドウ (分銅) を用いた素潜りを始めた。通常の潜水ではフルウエットスーツを着用して、浮力に相当するウエイトベルトを使用している。23kgの重りを用いて10-20mあるいはそれ以上の水深まで船から潜行して、その後は補助なしに自力で浮上する潜水法である。漁業組合の規則により、収穫作業は月曜から木曜日までの午前8時から午後3時までと制限されている。アマの作業時間は一般的に昼食時間を挟んで前後に分かれている。アマ漁の作業を30年以上も続けているが、これまで神経障害や骨格筋の痛みは経験していない。

今回、障害がみられたのは月曜から開始して4日目であり、8時頃に10~20m程度の水深で潜水作業を開始していた。しかし、午前中の作業が終了した際に、流暢に喋れないことに気付き、さらに右手の感覚障害を自覚した。船上では介助なしに立ち上がることができたが、歩行は不安定であった。胸痛、血痰、意識消失、さらに運動麻痺はなかった。症状の発現から1時間以内に近くの病院の救急外来を受診した。バイタ

ルサイン (血圧: 118/82 mmHg, 心拍数: 65/分) に異常はなかった。胸部X線検査と12誘導心電図では、何らかの病変を示唆する所見はなかった。血球検査、ヘマトクリットや血液生化学検査では正常範囲内であった。神経所見では、構語障害, 右上肢の感覚鈍麻, さらに不安定な歩行がみられた。発症から2時間以内にFLAIR (fluid attenuated inversion recovery), DWIとADC mapを含めて頭部MRI検査が行われた。FLAIRとDWIにおいて橋 (脳幹部) と右頭頂葉に高信号域がみられ, FLAIRでの高信号域は右頭頂葉に比べて橋では減弱して描出されており, ADC mapでは頭頂葉病変が軽度上昇に対して橋病変は低値を示していた (Figure 1)。大動脈より上部の頸動脈ないし脳動脈にはアテローム血栓を含めた異常所見は認めなかった。

以上から動脈ガス塞栓症 (AGE) による橋の超急性期の虚血性病変, さらに頭頂葉の白質に位置する虚血性の亜急性期病変であると診断した。多人数用装置を備えた高気圧治療の専門施設への転送を勧めたが同意が得られずに, 同院での一人用装置でのHBO治療の希望があった。そこで緊急にてHBO治療 (2.0絶対気圧, 60分間) と水分補給 (ラクテックリングル: 1000ml) が行われた。この症例での歩行障害は翌日には消失した。HBO治療は1日に1回の7日間実施された。手の感覚障害を残して退院となったが, これも数か月の間に徐々に改善し, 5か月後には明らかな神経異常は確認されなくなった。経過観察の頭部MRI画像では, 橋の高信号域は縮小していたが右頭頂葉の病変に明らかな変化はみられなかった。

考察

この事例では神経障害が複数回の素潜りの終了直後に発生しており, 血管性疾患の既往はなく脳卒中の危険因子もみられないことから, DCIの診断が適切と判断した。虚血性脳病変の評価と治療決定にDWIとADC mapを含めた頭部MRI検査が有用であった。さらに素潜りダイバーにおいて脳のDCIに対して超急性期では早急なNBO吸入に続いてHBO治療は効果的であると思われる。

素潜りダイバーでのDCIの特徴は, 圧縮空気を

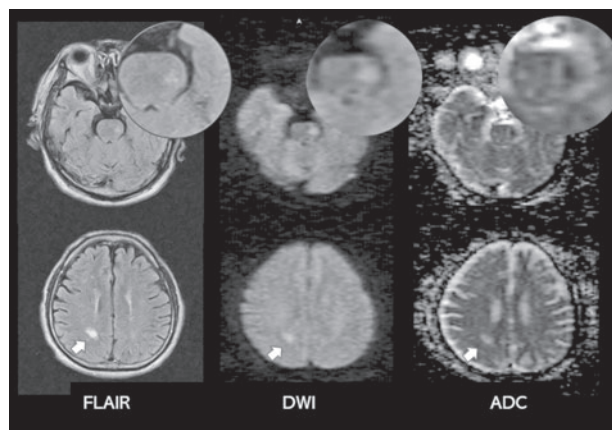


Figure 1. FLAIR-MRI, DWI and ADC map. The upper panels are slices at the brainstem and the lower are at the parietal white matter. Insets are larger images and arrows show ischemic infarcts.

いたダイバーでみられる脊髄障害とは異なり, 脳卒中様の症状が一般的にみられることである^{1, 2)}。典型的な事例では, 数時間の素潜りを繰り返すと, 一側の感覚障害や運動麻痺, 発声障害や視野障害がみられる。素潜りダイバーでの神経障害はHBO治療後の迅速な症状消失や数時間以内に自然消失もあり, 重篤なものと考えられてこなかった。しかし, 稀な事例にはなるが, 潜水後の神経症状が致命的であることもある。Crossは235例の素潜りダイバーのなかで47例 (20%) に” taravana ” 症候群と呼ばれる神経障害を確認している。そのうちの3例に意識障害が, そして精神障害と死亡が2例ずつであった⁴⁾。われわれの症例調査では, 数名の素潜りダイバーが意識障害, けいれん発作や交差性感覚障害を経験していた¹⁾。以上の報告は, 連続する複数回の素潜りは安全ではなく, この種の潜水後にみられる神経障害の早期診断と治療が必要であることを示している。

素潜りダイバーにおいてMRI画像を用いた脳の虚血性病変の検討には複数の報告がある。脳幹部, 基底核, 深部ないし皮質下白質に病変が存在しやすい傾向にある⁵⁻⁷⁾。脳幹部や基底核の病変は脳血管の終末部に位置しており, 深部ないし表層の白質病変は境界領域ないし分水嶺領域である^{8, 9)}。これらは脳血管の終末領域における低い還流圧の結果として, いわゆ

る“低還流”脳循環による障害である。DWIとADC mapを含めた標準的なMRI画像は虚血性脳病変の病的変化を評価する最も適切な検査法でありながら³⁾、脳のDCIが疑われる事例での超急性期病変の描出には有用性が低いとされている¹⁰⁾。MRI画像のDWIとADC mapは発症から数時間以内に脳組織の虚血性変化を描出することができる。虚血性脳病変の超急性期ではDWIでは高信号域でありADCは低値を示すことが特徴である。本例のFLAIR画像で高信号域を示す異常所見のなかで1つは超急性期の脳虚血性病変として診断可能であった。以上のMRI画像の撮像プログラムは、発生時期が異なる複数の脳病変に対して、その時期(病期)を評価することに有用と考えられる。一般的に潜水医学に詳しい医師は神経系のDCIの評価や治療に画像診断の有用性は低いと考える傾向にある。一つの理由は標準的なMRI画像の検査ではDCIの描出で精度が低い傾向にあり、神経症状や徴候が明らかでも病変の検出が困難なことが時にみられるからである^{11, 12)}。しかし、MRI検査は潜水に伴う脳虚血の時期の評価、さらに出血性病変の除外に必要な不可欠なものと考えられる¹³⁾。脳卒中は日常的な疾患であるが、素潜りにDCIが疑われる事例ではMRI検査が重要と考えられる。

DCIを伴う素潜りダイバーでの脳病変は脳血管の境界領域ないし終末領域に位置している⁵⁾。この領域の脳梗塞の主な臨床的特徴は、CTないしMRIで病初期に大きな病変として描出されても、脳虚血症状が一過性か軽度の神経障害を示しやすいことである^{8, 14)}。しかし、意識障害、複視や交差性感覚障害を含む神経障害は致命的な呼吸循環器障害を引き起こすことがある¹⁵⁾。HBO治療は気泡性疾患の治療で主たる役割を担うとされおり、医原性の動脈ガス塞栓症の超急性期に有用と考えられるが^{16, 17)}、虚血性脳血管障害の急性期ではHBO治療の有効性は示されていない¹⁸⁾。発症6時間以内にHBO治療を行った神経系のDCIの59症例のなかで、脳障害を示した22例には神経障害ないし精神神経障害がみられていない¹⁹⁾。さらに、DAN (Divers Alert Network) のある調査では、初期にNBOの吸入を行った1045例のなかで95%の事例でDCI症状の改善ないし安定化が示されてい

る²⁰⁾。素潜りダイバーのDCIは脳卒中様の症状を示した脳の障害が主体である^{1, 2, 7)}。この種のDCIの治療では、NBO吸入を可能な限り早急に開始する必要がある、発症から6時間以内であれば引き続きHBO治療を行う。しかし、治療にもかかわらず永続的な脳の変化が残存することがある。したがって、最も重要なことは数時間の素潜りを繰り返した際にはNBOの吸入によって脳のDCIからダイバーを守ることである。

結論

繰り返す素潜りは脳卒中様の神経障害を引き起こすことがあり、それらは時に重篤な場合がある。頭部MRI検査のなかでDWIとADC mapを含めることは、素潜りダイバーにおける超急性期の脳虚血性病変の評価と出血性病変を除外するために有益であると考えられる。また、症状がみられた素潜りダイバーに対しては、できるだけ早急なNBO吸入に続けてHBO治療を適用すべきである。

参考文献

- 1) Kohshi K, Katoh T, Abe H, Okudera T: Neurological diving accidents in Japanese breath-hold divers: a preliminary report. *J Occup Health* 2001; 43: 56-60.
- 2) Tamaki H, Kohshi K, Ishitake T, Wong RM: 2010. A survey of neurological decompression illness in commercial breath-hold divers (Ama) of Japan. *Undersea Hyperb Med* 2010; 37: 209-217.
- 3) Burdette JH, Ricci PE, Petitti N, Elster AD: Cerebral infarction: time course of signal intensity changes on diffusion-weighted MR images. *Am J Roentgenol* 1998; 171: 791-795.
- 4) Cross ER: 1965. Taravana diving syndrome in the tuamotu diver. In: Rahn E. and T. Yokoyama eds. *Physiology of Breath-Hold Diving and the Ama of Japan*. Washington DC: Natl Acad Sci-Natl Res Council publ 1965; 1341: 205-219.
- 5) Kohshi K, Wong RM, Abe H, et al: 2005. Neurological manifestations in Japanese Ama divers. *Undersea Hyperb Med* 2005; 32: 11-20.
- 6) Tamaki H, Kohshi K, Sajima S, et al: Repetitive breath-hold diving causes serious brain injury. *Undersea Hyperb Med* 2010; 37: 7-11.
- 7) Kohshi K, Tamaki H, Lemaître F, et al: Brain damage in commercial breath-hold divers. *PLoS ONE* 2014; 9:

- e105006.
- 8) Mull M, Schwarz M, Thron A: Cerebral hemispheric low-flow infarcts in arterial occlusive disease. Lesion patterns and angiomorphological conditions. *Stroke* 1997; 28: 118-123.
 - 9) Wodarz R: Watershed infarctions and computed tomography. A topographical study in cases with stenosis or occlusion of the carotid artery. *Neuroradiology* 1980; 19: 245-248.
 - 10) Lansberg MG, Thijs VN, O'Brien MW, et al: Evolution of apparent diffusion coefficient, diffusion-weighted, and T2-weighted signal intensity of acute stroke. *Am J Neuroradiol* 2001; 22: 637-644.
 - 11) Reuter M, Tetzlaff K, Hutzelmann A, et al: MR imaging of the central nervous system in diving-related decompression illness. *Acta Radiol* 1997; 38: 940-944.
 - 12) Warren LP Jr, Djang WT, Moon RE, et al: Neuroimaging of scuba diving injuries to the CNS. *Am J Roentgenol* 1988; 151: 1003-1008.
 - 13) Kohshi K, Morimatsu Y, Tamaki H, et al: Cerebrospinal vascular diseases misdiagnosed as decompression illness: the importance of considering other neurological diagnoses. *Undersea Hyperb Med* 2017; 44: 309-313.
 - 14) Landi G, Cella E, Boccardi E, Musicco M: Lacunar versus non-lacunar infarcts: pathogenetic and prognostic differences. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1992; 55: 441-445.
 - 15) Evans DE, Koblitz AI, Weathersby PK, Bradley ME: Cardiovascular effects of cerebral air embolism. *Stroke* 1981; 12: 338A-344A.
 - 16) Blanc P, Boussuges A, Henriette K, Sainty JM, Deleflie M: Iatrogenic cerebral air embolism: importance of an early hyperbaric oxygenation. *Intensive Care Med* 2002; 28: 559-563.
 - 17) Bessereau J, Genotelle N, Chabbaut C, et al: Long-term outcome of iatrogenic gas embolism. *Intensive Care Med* 2010; 36: 1180-1187.
 - 18) Bennett MH, Weibel S, Wasiak J, et al: Hyperbaric oxygen therapy for acute ischaemic stroke. *Cochrane Database Syst Rev* 2014; 12: CD004954.
 - 19) Blatteau JE, Gempp E, Constantin P, Louge P: Risk factors and clinical outcome in military divers with neurological decompression sickness: influence of time to recompression. *Diving Hyperb Med* 2011; 41: 129-134.
 - 20) Longphre JM, Denoble PJ, Moon RE, Vann RD, Freiburger JJ: First aid normobaric oxygen for the treatment of recreational diving injuries. *Undersea Hyperb Med* 2007; 34: 43-49.
- * 本論文は「Kohshi K, et al: Hyperacute brain magnetic resonance imaging of decompression illness in a commercial breath-hold diver. *Clin Case Rep* 2020; 8: 1195-1198 (CC BY-NC 4.0)」を和訳したものである。