

## XIII その他の神経疾患

## 減圧障害

Decompression illness

合志清隆<sup>1</sup>  
玉木英樹<sup>2</sup>

Key words: 減圧症, 動脈ガス塞栓症, 脳塞栓症, 脊髄障害

## 1. 概念・定義

環境圧の不適切な減圧による生体への障害は潜水病ないし潜函病と呼ばれてきたが, 近年では減圧障害(decompression illness: DCI)の呼称が一般化している<sup>1)</sup>. 過度の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との平衡がくずれ, ある限界を超えると‘気泡’が形成され組織損傷や血流障害を起こすが, この‘気泡’による障害が減圧症(decompression sickness: DCS)である. さらに減圧中に肺気圧外傷が生ずると肺内‘ガス’が血管内に流入し動脈化することがあり, これによって脳を中心した動脈ガス塞栓症(arterial gas embolism: AGE)が引き起こされる. DCIはDCSとAGEとの合併例や両者を併せた総称であるが, さらに血小板凝集能ないし血液生化学的な変化も含まれる.

## 2. 疫学

米国のDAN(Diving Alert Network)の調査によれば<sup>1)</sup>, 1回の潜水におけるDCIの発生頻度は職種や用途で差がみられ, レジャーや海軍関係は0.01–0.03%で, 職業性ダイバーでは高く0.095%とされている. さらに, この報告ではDCIの中のAGEが占める割合は18%(1987年)から8%(1997年)に低くなり, 2008年では3.9%とされている. 我が国では年間に複数回の潜水を行うレジャーダイバー数は30–40万人と

いわれ, そのダイバーの年平均の潜水回数は約65回との調査結果があり<sup>2)</sup>, これらの数値から相当数のDCI発生が推測されるが, その実態は明らかではない.

## 3. 病因

潜水や潜函などの高い気圧からの減圧, あるいは戦闘機の急上昇による気圧低下でも‘気泡’形成の誘因となる. さらに, 環境圧の急激な低下, 例えば潜水中の急浮上や航空機事故, あるいは減圧中の息こらえ動作は, プラなどの肺嚢胞性疾患ないしは肺胞自体を破裂させて肺内‘ガス’の血管内流入につながる.

## 4. 病態

減圧によって窒素などの不活性ガスの‘気泡’が血管内外で形成されることによる障害がDCSであるが, 血管外での気泡は組織損傷や血流障害を引き起こし, 血管内では血流障害による病状がみられる. 血管内での気泡形成は主に細小静脈であり血小板血栓も伴い, その結果として静脈うっ滞による組織浮腫を起こす. 窒素は脂肪組織に溶解しやすいことから減圧に際して脂肪組織を中心に気泡が生じやすくなるが, 中枢神経系の中で血流の多い脳実質では気泡による静脈還流障害は問題にはならない. しかし, 脊髄では脊髄静脈と交通している硬膜外静脈叢(Batson's plexus)は脂肪組織と混在していることから気泡が生じやすく, さらに血栓形成も加

## XIII

その他の神経疾患

<sup>1</sup>Kiyotaka Kohshi, <sup>2</sup>Hideki Tamaki: <sup>1</sup>Center for Hyperbaric Medicine and Environmental Health, University Hospital of the Ryukyus 琉球大学病院 高気圧治療部 <sup>2</sup>Division of Emergency Medicine and General Surgery, Tamaki Hospital 玉木病院 総合診療科・外科

わり脊髄の血流障害から静脈性梗塞を起こすと考えられている<sup>3-5)</sup>。脊髄病変は頸髄から上部腰髄まで広範囲にみられるが下部胸髄が好発部位であり、以上の病態を反映してDCSの剖検所見では後索と側索に楔形の浮腫を伴った壊死性変化がみられる(図1)<sup>3)</sup>。

一方、脳障害の発生機序には、全身の細小静脈で生じた‘気泡’が大静脈に集まり、これが何らかの要因で動脈化したDCSと、さらに肺気圧外傷から‘ガス’が肺静脈へ流入することで起こるAGEとがある。しかし、これらは脳塞栓症と同じ病状を示し症候学的に両者の区別が困難であることから、脳のDCIと呼ばれるようになった<sup>1,5)</sup>。静脈性の気泡は肺の細動脈でとどめられて肺胞から呼出され、通常これが何らかの障害を起こすことは少ない。しかし、ある量を超えた気泡ないし胸腔内圧を高める動作では肺動脈圧が高まり、右房内圧の上昇につながり、機能的なものを含め15-30%とされる心臓内の右左シャントから脳塞栓症を起こすが、まれに肺内シャントが原因のこともある。

## 5. 診断と鑑別診断

DCIの診断は症候学的になされるが、その場の状況と全身状態の把握、さらに神経所見が重要である。最後の潜水終了から24時間以内に98%が発症し、脳の症状は浮上直後にみられやすい<sup>1)</sup>。痛みを除くと感覚障害が最も頻繁にみられ、肩から上肢あるいは腰部や下肢などに生じやすく、デルマトームに一致せず多発性のこともまれではない<sup>6)</sup>。両下肢の感覚障害に運動障害が加わると横断的な脊髄障害から重症化しやすい。脊髄神経症状を示す場合に画像診断としてのMRIの有用性は低く<sup>1,5)</sup>、脊髄の髄内や硬膜外出血性病変の否定にとどまる。脳の障害が考えられると、出血性病変の否定目的にCTないしMRIが有用である。脳の病巣は終末動脈の塞栓症として穿通枝や境界領域に広範な浮腫性変化がみられるが(図2)<sup>7)</sup>、亜急性期以降は明らかな神経症状のわりには画像での検出が困難なことが多い<sup>1,5)</sup>。また、軽症でも血液濃縮が起こっていることが多く、血液生化学的検査を行う。

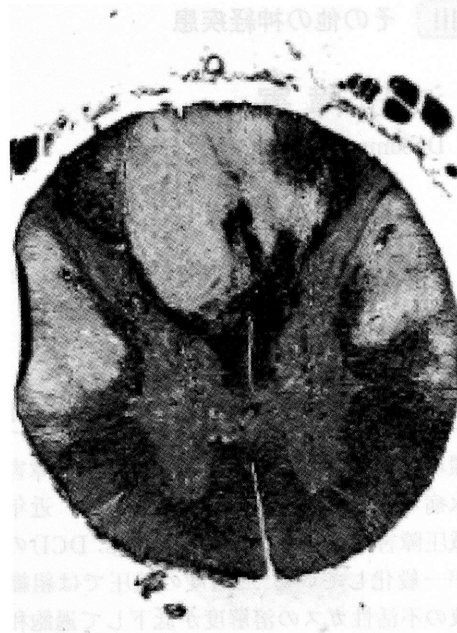


図1 脊髄障害を示した事例の剖検所見

[北野元生：減圧症における組織損傷の成因についての一考察—いわゆるコンパートメント説と静脈還流障害説の折衷。日高気圧環境医学会誌 30: 73-84, 1995. より転載。Copyright © 1995 日本高気圧環境・潜水医学会。All rights reserved.]

## 6. 治療と予後

現場での対処は限られており酸素吸入を最優先するが、生理食塩液ないし低分子デキストランで補液を行う。搬送中にも十分量の酸素吸入が必要であり、航空機での搬送では気体の膨張率が問題とならない300m以下の低空飛行を心がける。

治療は可能なかぎり早急な酸素再圧治療であるが、その病状によって米海軍の治療パターンが選択されることが多い<sup>1)</sup>。この治療法は2.8絶対気圧に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て大気圧に復するものである。脳や脊髄の障害では約5時間を要する治療やその延長、さらに繰り返しの治療が推奨されている<sup>1)</sup>。しかし、脳の症状は通常の高気圧酸素にも反応し、酸素吸入や自然経過での改善例もあり、さらに痙攣が酸素再圧治療で悪化する

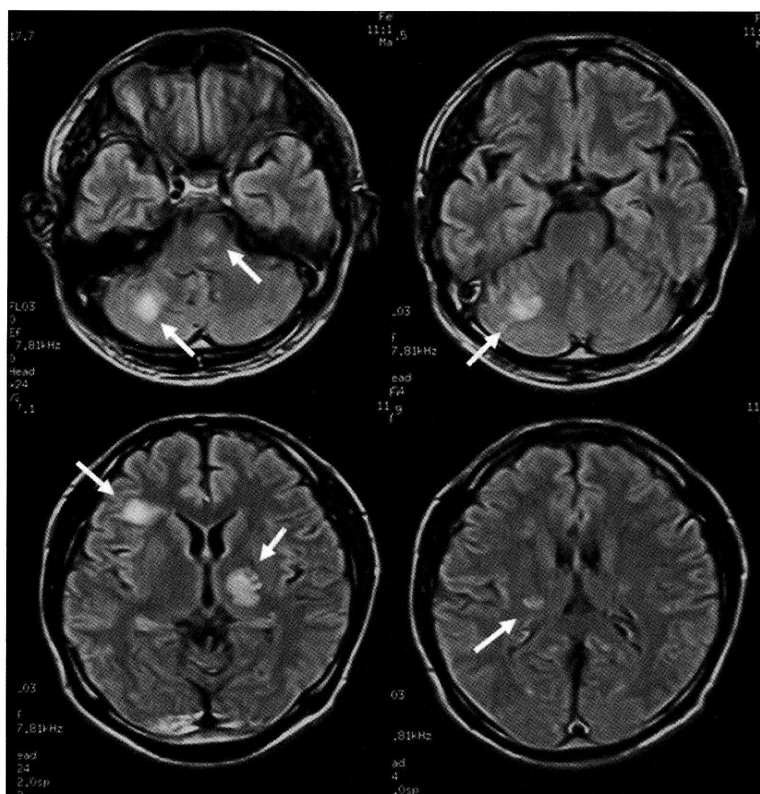


図2 減圧障害の脳病変

[Tamaki H, et al: Repetitive breath-hold diving causes serious brain injury. Undersea Hyperb Med 37: 7-11, 2010. より転載 Copyright © 2010 Undersea & Hyperbaric Medical Society. All rights reserved.]

XIII

その他の神経疾患

る事例もあることから、前述の‘標準治療’が実行されない施設もある<sup>5)</sup>。また、治療は大型装置のみ対処可能との認識が我が国で広まっているが、1人用装置でも同様の治療ないし酸素加圧での専用の治療が行われている施設もある<sup>8,9)</sup>。補助療法として、ステロイド、非ステロイド性抗炎症薬、リドカインなどの有効性は科学的根拠に乏しいとされている<sup>1)</sup>。潜水による脱水から補液は必要であるが、呼吸器症状がみられると肺水腫を助長させることに注意を要する。

予後は発症初期の重症度に影響されると同時に早急な酸素再圧治療の開始が重要であり、

DCIの3,899例の治療結果が参考になる<sup>10)</sup>。例えば、軽い神経障害での完全回復率は6時間以内の治療開始で約70%であるが、治療が遅れるにつれ徐々に低下して24時間を経過すると約50%になる。さらに、脳に起因する重症の神経障害の完全回復率は治療開始時間が6時間で明確に分かれており、前後それぞれ60%と40%ほどで段階的な時間による差がみられない。また、肺気圧外傷では咯血と呼吸困難から減圧直後に即死のことも多い。近年、潜水を行った時間と高次脳機能障害との関連が問題視されている<sup>11)</sup>。

## ■ 文 献

- 1) Vann RD, et al: Decompression illness. *Lancet* **377**: 153-164, 2011.
- 2) 中山晴美ほか: レジャーダイバーの減圧症罹患頻度について. *日高気圧環境医学会誌* **33**: 73-80, 1998.
- 3) 北野元生: 減圧症における組織損傷の成因についての一考察—いわゆるコンパートメント説と静脈還流障害説の折衷. *日高気圧環境医学会誌* **30**: 73-84, 1995.
- 4) James T, et al: Pathophysiology of decompression sickness. In: Bennett and Elliott's *Physiology and Medicine of Diving*, 5th ed (ed by Brubakk AO, Neuman TS), p530-556, MPG Books, Bodmin, 2003.
- 5) 合志清隆ほか: 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. *日高気圧環境医学会誌* **39**: 67-77, 2004.
- 6) Togawa S, et al: : Dissociation of neurological deficits in spinal decompression illness. *Undersea Hyperb Med* **33**: 265-270, 2006.
- 7) Tamaki H, et al: Repetitive breath-hold diving causes serious brain injury. *Undersea Hyperb Med* **37**: 7-11, 2010.
- 8) Weaver LK: Monoplace hyperbaric chamber use of U.S. Navy table 6 : a 20-year experience. *Undersea Hyperb Med* **33**: 85-88, 2006.
- 9) 鈴木信哉: わが国で推奨される減圧障害の治療. *日高気圧環境医学会誌* **48**: 76-79, 2013.
- 10) Moon RE, Gorman DF: Treatment of the decompression disorders. In: Bennett and Elliott's *Physiology and Medicine of Diving*, 5th ed (ed by Brubakk AO, Neuman TS), p600-650, MPG Books, Bodmin, 2003.
- 11) Kowalski JT, et al: Neuropsychological deficits in scuba divers: an exploratory investigation. *Undersea Hyperb Med* **38**: 197-204, 2011.