

【 シンポジウム 】

# 減圧症，動脈ガス塞栓症の症例レジストリーにおいて，**SANDHOG criteria**を症例登録基準とする有用性及び問題点

小島泰史<sup>1,2)</sup>東京医科歯科大学医学部附属病院 高気圧治療部<sup>1)</sup>東京海上日動メディカルサービス株式会社<sup>2)</sup>

## 【要約】

減圧障害（減圧症，動脈ガス塞栓症）の診断基準は確立されておらず，治療のエビデンスも乏しく，診断，治療内容は医療機関により異なる。減圧障害の発生頻度は低く，単一医療施設で経験できる症例数は限られる。質の高い臨床研究には多施設に及ぶレジストリー制度の確立が求められるが，データベースの信頼性確保には，適切な症例登録基準の設定が必要である。San Diego Diving and Hyperbaric Oxygen Group（SANDHOG）によって提唱された SANDHOG criteriaには減圧症用と動脈ガス塞栓症用がある。減圧症用は，特異度（90.3%）が高い利点がある一方で，感度（52.7%）は低く，潜水後の高所移動を考慮していない問題点がある。特に軽症例において偽陰性が問題となるが，重症減圧症の症例登録基準として有用と考える。動脈ガス塞栓症用は特異度（85.7%），感度（94.7%）共に高く，症例登録基準として有用と考える。

キーワード 減圧障害，診断，ダイビング，疫学，治療

## 【Symposium】

### Utility of SANDHOG criteria for decompression sickness and arterial gas embolism registry.

Yasushi Kojima<sup>1,2)</sup>

1) Hyperbaric Medical Center, Medical Hospital of Tokyo Medical and Dental University

2) Tokio Marine &amp; Nichido Medical Service Co., Ltd.

## Abstract

Diagnostic criteria for decompression illness (DCI, decompression sickness; DCS, arterial gas embolism; AGE) have not been unequivocally established. Besides, there is not enough evidence for decisions about treatment. The diagnosis and treatment of DCI vary among medical hospitals. The incidence of the disease is low, and the number of cases that can be experienced in a single health care facility is limited. The establishment of a multi-centered registry system is required for high-quality clinical research, and appropriate case registration criteria must be set to ensure the reliability of the database. The criteria proposed by the San Diego Diving and Hyperbaric Oxygen Group (SANDHOG) includes both the criteria for DCS and AGE. For DCS, the specificity is high (90.3%) , but the sensitivity is low (52.7%) . Besides, it does not take into account post-dive altitude transfer. False negatives are particularly problematic in mild DCS cases, but we consider it useful as case registration criteria for severe DCS. For AGE, both specificity (85.7%) and sensitivity (94.7%) are high, and it is considered very useful as a case registration criterion.

keywords decompression illness, diagnosis, diving, epidemiology, treatment

## はじめに

各種疾患の症例レジストリー及び臨床研究が学会、医療施設主導で行われている。減圧症の発生頻度はレジャーダイバーで0.01~0.019%、職業ダイバーで0.095%と低く、動脈ガス塞栓症の発生率は更に低い<sup>1)</sup>ため、単一医療施設で経験できる症例数は限られる。減圧障害(減圧症、動脈ガス塞栓症)の質の高い臨床研究には多施設に及ぶレジストリー制度の確立が求められる。本稿では、減圧症、動脈ガス塞栓症の症例レジストリーの目的、症例登録基準の必要性及び、症例登録基準として、San Diego Diving and Hyperbaric Oxygen Group (SANDHOG)によって提唱された SANDHOG criteriaを用いる有用性及び問題点について考察する。

## 減圧症、動脈ガス塞栓症の症例レジストリーの目的

症例レジストリーの目的の一つに疾病発生率の把握がある。減圧障害の発生率に関して、これまで多くの報告があるが、減圧症の発生率は潜水の種類、寒冷地など潜水環境によっても異なることが知られている。<sup>2,3)</sup>また、減圧症、動脈ガス塞栓症の診断基準は確立されておらず、正確な発生数の把握は容易ではない。更に、日本で実施されている総潜水数の把握も困難であり、減圧症、動脈ガス塞栓症に関して疾病発生率の把握は、症例レジストリーの現実的な目的にはなり難い。

次に、治療実態、治療成績の把握及び妥当な治療法の解明、つまりはエビデンスの構築が、症例レジストリーの目的に挙げられる。軽症と重症に分けて考察する。本稿での軽症は、2018年3月のコンセンサスガイドラインのmildの定義<sup>4)</sup>に従い、軽症以外を重症と定義する。

軽症減圧障害であるが、2014年のUndersea & Hyperbaric Medical Societyのワークショップでmild(軽症)が定義され<sup>5)</sup>、2018年3月のコンセンサスガイドラインで更新された。<sup>4)</sup>軽症減圧障害では待機再圧治療ないしは再圧無しの治療も可能とされる。しかし、コンセンサスガイドラインの軽症の定義を超えた症例でも、待機治療によって良好な治療成績を得られたとの報告も複数ある。<sup>6~8)</sup>軽症の定義が厳しすぎる可能性

があり、どの程度の症状・所見でどの程度の待機治療が許容されるのか、あるいは再圧無しの治療も可能なのか解明が望まれる。

重症減圧障害では迅速な再圧治療が必要とされる。治療原則からの逸脱は医療過誤訴訟リスクを高めるが、日本では重症例に対応できる第2種高気圧酸素治療装置を備えた医療施設は少なく、地域偏在も見られる。そのため、原則通りの治療が行えていない症例も少なくないと思われ、重症例の治療実態の把握によって、日本の医療水準を示すことは有用である。また、再圧治療の遅れと治療成績の相関について、相反する報告がある。<sup>8~11)</sup>重症減圧障害で許容される待機時間は不明であり、解明が望まれる。

以上より

- ① 軽症・重症に分けた治療実態把握
- ② 軽症・重症に分けた治療成績
- ③ 軽症・重症に分けた治療方法の解明
- ④ 軽症・重症に分けた再圧治療待機可能時間の解明

を目的とすることは必要であり可能ではないかと考える。

## 症例登録基準の必要性

症例レジストリー制度設計にあたって、まず、症例登録対象疾患が減圧障害なのか、減圧症と動脈ガス塞栓症に分けるのか決める必要がある。減圧症と動脈ガス塞栓症はときに鑑別困難も、標準治療は共に再圧治療である。よって、救急現場で両者を厳密に区別する必要はなく、減圧障害は臨床上便利な疾患概念である。しかし、両者の病態は過剰な不活性ガス負荷(空気潜水では窒素)、肺過膨張症候群と異なる。臨床研究を視野に入れた症例レジストリーの対象疾患として、病態の異なる疾患が混在する減圧障害の概念を用いることは適切でないと考えられる。次に、減圧症の診断基準は確立されておらず、潜水プロフィール、発症時期、症状・所見から総合的に診断されるため、医師により判断が異なる可能性がある。動脈ガス塞栓症も診断基準は確立されていない。診断のばらつきはデータベースの信頼性低下に繋がり、症例レジストリーにおける症例登録基準を定める必要がある。症例登録

基準の設定により、恣意性の排除、他疾患の混在の防止が期待される(表1)

### SANDHOG criteria

SANDHOG criteriaには減圧症用<sup>12)</sup>と動脈ガス塞栓症用<sup>13)</sup>がある。まず、減圧症用であるが、北海油田での減圧症症例の多くが米海軍標準減圧表の無減圧潜水限界時間の1/2以上の滞底時間であったことを踏まえて、この1/2以上の滞底時間の潜水を前提とした減圧症の診断基準である。スコアリングシステムであり、3点以上で減圧症と診断する(表2)。尚、文献12には、Table 1の補足説明としてAppendix 1が含まれており、使用にあたっては原文を理解することが必要である。動脈ガス塞栓症用もスコアリングシステムである。診断には2点以上を要し、3点以上では動脈ガス塞栓症の可能性が高いとされる(表3)。

### 減圧症、動脈ガス塞栓症の症例登録基準としてのSANDHOG criteriaの有用性、問題点

はじめに、減圧症用について考察する。最大の利点として、特異度(90.3%)が高いことを指摘できる。<sup>12)</sup>他疾患の混在を防ぐことは、データベースの信頼性向上につながり、質の高い臨床研究を可能とする。次に、米海軍標準減圧表の無減圧潜水限界時間の1/2以上の滞底時間との前提条件、2点項目の1及び1点項目の6の圧曝露に関する項目以外は、潜水医学に馴染みのない医師でも容易に理解でき、恣意性の排除に有用である点を指摘できる。

問題点であるが、まずは圧曝露基準の解説ないしは変更が必要である。米海軍標準減圧表の無減圧潜水限界時間の1/2の潜水負荷は、単一空気潜水についてはヘンブルマンの窒素ガス曝露指数Q値<sup>14)</sup>で代用する、といった代替となる簡便な方法の提示が望ましい。次に、SANDHOG criteriaは潜水後の高所移動を考慮していない。重症例は浮上後早期に発症するので、高所移動後発症は少ないと考えるが、軽症例では問題となる。最後に感度(52.7%)が低いことが指摘される<sup>12)</sup>。例えば、無減圧潜水で、浮上後2時間で発症した右上肢知覚障害、軽度筋力低下、反射異常なし、再圧治療で改善、は1.5点にとどまり、軽症例

で偽陰性が多いと予想される。SANDHOG criteriaで軽症減圧症を拾うには点数要件を下げる必要がある。ただし、その場合は特異度も下がる。よって、SANDHOG criteriaは軽症減圧症の登録基準には適切でないと考える。

以上からは、減圧症の症例レジストリーに関して、重症例は頻度も少ないので登録対象とする、一方で軽症例は対象外として、臨床研究は各施設で行うことも良いのではと考える。重症例に限れば、減圧症用SANDHOG criteriaは減圧症の症例登録基準として有用と考える。

次に動脈ガス塞栓症用について考察する。最大の利点は特異度(85.7%)、感度(94.7%)ともに高い点と考える。<sup>13)</sup>臨床研究を行う上で特異度の高さは必須も、動脈ガス塞栓症は、減圧症より更に発生頻度が低いため、感度が高いことも症例の蓄積に有利に働く。また、その病態より当然であるが、減圧症用と異なり圧曝露に関する項目はなく、潜水医学に馴染みのない医師でも、すべての項目が容易に理解できると考える。

以上より、動脈ガス塞栓症用SANDHOG criteriaは動脈ガス塞栓症の症例登録基準として有用と考える。

### 結語

減圧症用SANDHOG criteriaは重症減圧症の症例レジストリーの症例登録基準として有用であるが、軽症例には不適と考える。ただし、圧曝露基準について潜水医学に馴染みのない医師の使い勝手を良くする工夫が必要である。その上で以下を目的とした重症減圧症症例レジストリーは必要であり可能と考える。

- ① 治療実態把握
- ② 治療成績
- ③ 治療方法の解明
- ④ 再圧治療待機可能時間の解明

動脈ガス塞栓症の症例レジストリーの症例登録基準として、動脈ガス塞栓症用SANDHOG criteriaは有用と考える。

表1 減圧症、動脈ガス塞栓症症例登録基準設定の目的

1. 恣意性の排除 (以下に例示する)
a. 潜水プロフィールが最大潜水深度10m, 滞底時間10分と, 窒素負荷が小さいにも拘わらず減圧症と評価
b. 窒素負荷が少ない潜水による発症であり, 急浮上, 息こらえ, パニックもなかったが, 再圧治療で反応したとの理由のみで動脈ガス塞栓症と評価
c. 専門医に問い合わせた上で症例登録するか否か決める
2. 他疾患の混在の防止
a. 再圧治療で効果ありイコール減圧障害ではない
① 減圧症, 動脈ガス塞栓症と鑑別診断が必要な他疾患 (例: 脊髄・神経疾患) も高気圧酸素治療の適応疾患
② プラセボ効果の可能性

表2 SANDHOG criteria : 減圧症用 (文献12の Table 1 を著者が翻訳)

3点	1 潜水後2時間以内に発症した知覚, 運動障害の両方を伴う, 脊髄横断症状
	2 潜水後2時間以内に発症した病的反射と知覚障害を伴う単麻痺
	3 大理石斑
2点	1 米海軍減圧表の無減圧潜水限界時間の10%を超える無減圧潜水, または5分以上の減圧無視
	2 3点に相当する症状が潜水後2~6時間の間に出現したもの
	3 咳嗽, 胸骨近傍の胸痛, 息切れ
	4 潜水後2時間以内に出現しためまい, 耳鳴, 聴力低下といった内耳 (前庭) 症状
	5 潜水後2時間以内に発症した大関節深部の疼痛
	6 潜水後2時間以内に発症した一肢または脊髄分節レベルの孤立性の知覚障害で腱反射亢進を伴うもの
	7 潜水後24時間以内に発症したリンパ浮腫
1点	1 潜水後2~6時間に発症した大関節深部の疼痛
	2 潜水後2~6時間に発症した一肢または脊髄分節レベルの孤立性の知覚障害で腱反射亢進を伴うもの
	3 再圧治療開始後10分以内に完全消失する関節痛
	4 再圧治療開始後40分以内に完全消失する運動及び知覚障害ないしは2時間以内に徒手筋力検査で1段階以上改善する運動障害
	5 片頭痛既往がない潜水後の閃輝暗点
	6 無減圧潜水でUSN '55とVVAL18の無減圧潜水限界の間となる潜水プロフィール, または適切に段階的減圧停止を行った単回の潜水
0.5点	1 潜水後に発症した孤立性の異常知覚, チクチク感, ヒリヒリ感
	2 全身倦怠感, 非回転性めまい, 頭痛, 嘔気, 嘔吐
マイナス1点	1 発熱
	2 心気症もしくは不安障害の既往

表3 SANDHOG criteria : 動脈ガス塞栓症用 (文献13の Figure 1 を著者が翻訳)

3点項目	1. 浮上後5分以内に出現した下記のいずれかの症状・徴候
	a. 突然の意識消失
	b. 見当識障害
	c. 失語症
2点項目	d. 片麻痺
	1. 浮上後5分以内に出現した下記のいずれかの症状, 徴候
	a. 不全片麻痺ないしは不全単麻痺
	b. 皮質盲
1点項目	c. けいれん (けいれん/てんかんの既往無し)
	1. コントロールされない急速浮上ないしはパニックによる浮上, と症状の出現
	2. 喀血
	3. 胸部単純レントゲンで確認できる圧外傷所見
	4. CPKが通常より2倍以上高値 (筋骨格系の外傷無し)

## 参考文献

- 1) Vann RD, Butler FK, Mitchell SJ, Moon RE: Decompression illness. *Lancet* 2011; 377 (9760) : 153-164.
- 2) Hubbard M, Davis FM, Malcolm K, Mitchell SJ: Decompression illness and other injuries in a recreational dive charter operation. *Diving Hyperb Med* 2018; 48: 218-223.
- 3) Trevett AJ, Forbes R, Rae CK, et al.: Diving accidents in sports divers in Orkney waters. *Scott Med J* 2001; 46: 176-177.
- 4) Mitchell SJ, Bennett MH, Bryson P, et al.: Pre-hospital management of decompression illness: expert review of key principles and controversies. *Diving Hyperb Med* 2018; 48: 45-55.
- 5) Mitchell SJ, Doolette DJ, Wachholz CJ, Vann RD, eds.: Management of Mild or Marginal Decompression Illness in Remote Locations. Workshop Proceedings. Durham NC; Divers Alert Network, 2005
- 6) Mutzbauer TS, Staps E: How delay to recompression influences treatment and outcome in recreational divers with mild to moderate neurological decompression sickness in a remote setting. *Diving Hyperb Med* 2013; 43: 42-45.
- 7) 小島泰史, 榎本光裕, 小柳津卓哉, 柳下和慶: 軽症減圧障害に対する発症後1週間を超える再圧治療の治療効果. *日本高気圧環境・潜水医学会雑誌* 2015; 50: 129-134.
- 8) Hadanny A, Fishlev G, Bechor Y, et al.: Delayed Recompression for Decompression Sickness: Retrospective Analysis. *PLoS One* 2015; 10: e0124919.
- 9) Blatteau JE, Gempp E, Simon O: Prognostic factors of spinal cord decompression sickness in recreational diving: retrospective and multicentric analysis of 279 cases. *Neurocrit Care* 2011; 15: 120-127.
- 10) Xu W, Liu W, Huang G, et al.: Decompression illness: clinical aspects of 5278 consecutive cases treated in a single hyperbaric unit. *PLoS One* 2012; 7: e50079.
- 11) Lee J, Kim K, Park S: Factors associated with residual symptoms after recompression in type I decompression sickness. *Am J Emerg Med* 2015; 33: 363-366.
- 12) Grover I, Reed W, Neuman T: The SANDHOG criteria and its validation for the diagnosis of DCS arising from bounce diving. *Undersea Hyperb Med* 2007; 34: 199-210.
- 13) Hayden SR, Buford KC, Castillo EM: Accuracy of a SET of Screening Parameters Developed for the Diagnosis of Arterial Gas Embolism: The SANDHOG Criteria. *J Emerg Med* 2015 ;49: 792-798.
- 14) Hempleman HV: History of decompression procedures. In: Bennett PB, Elliott DH, eds. *Physiology and Medicine of Diving*, 4th ed. London; W.B. Saunders, 1993; pp.361-375.