

Year's Review

潜水医学

鈴木信哉

自衛隊中央病院

Moonら¹⁾は、素潜りで脳の減圧障害を発症しMRI所見を認める場合、空気塞栓、境界領域梗塞、静脈性気泡のシャント及び小血管障害の可能性について展望を述べているが、Tamakiら²⁾は、素潜り漁を長時間行った後に脳障害を来した例を報告し、マイクロバブルへの頻回曝露が小血管障害を引き起こす可能性を指摘している。マイクロバブルによる血管内皮細胞障害について、Kobayashiら³⁾は、牛大動脈内皮細胞にマイクロピペットで直接気泡を接触させて検討している。また、マイクロバブル曝露の長期的影響については、潜水経験の多いダイバーに複雑課題反応時間の遅れをKowalskiら⁴⁾が、無症状性ダイバーにおける脳MRI高信号と右左シャントとの関係をGemppら⁵⁾が報告している。なお、空気飽和潜水の減圧では、血小板の活性化と線溶系の亢進が循環血液中の気泡接触で起きる可能性がある⁶⁾。

Henckesら⁷⁾は呼吸位の素潜りで肺スクイズを起こした症例を報告したが、別の原因による素潜りの気圧外傷として、意識的に空気を肺活量以上に詰め込むGlossopharyngeal Insufflationが問題となっている⁸⁻¹⁰⁾。

浸水性肺水腫が2011年の小田原セミナー¹¹⁾で取り上げられたが、海外ではlung cometsと呼ばれる血管外肺水分量の増加を示す超音波所見で検討されており、三種混合ガスを用いた55-80mの潜水後では、血管外肺水分量増加と肺動脈圧上昇及び左室機能低下が認められた¹²⁾が、30mの無減圧潜水では血管外肺水分量の増加はなかった¹³⁾。

深度50mまでの静的素潜りにおいて観血的血圧測定で異常な高血圧がMassimoらにより報告されていたが、Sieberらが開発した非侵襲的血圧計¹⁴⁾を用いた2mプールの検討で、静的及び動的素潜り中は緩やかな血圧上昇となることが報告された¹⁵⁾。なお、素潜り後早期の心臓超音波検査では、心収縮・拡張機能が改善すると報告された¹⁶⁾。

素潜り後一過性に肺拡散能力とヘマトクリットの増

加が認められた¹⁷⁾が、脾臓収縮の影響が考えられ、脾臓収縮は、低酸素吸入よりも、息こらえで著明であった¹⁸⁾。

レジャーダイバーの骨壊死については、British Sub Aqua Clubsに所属する年齢49.3±11.1歳、潜水歴13.2±9.0年の26名(内DCI歴8名)に対するMRIの検討で、有意な発症が無いとされた¹⁹⁾。

パーフルオロカーボンは、ヘンリーの法則に従い大量の酸素と窒素を溶解させるため、減圧障害治療への応用が検討されている。豚の減圧症モデルでは、大理石斑出現後の酸素吸入下パーフルオロカーボン静脈内投与で、障害が小さく生存率が高くなり²⁰⁾、ラットモデルでも体性感覚誘発電位による評価で脊髄型減圧症に有効であった²¹⁾。

水素ガスの抗酸化作用を臨床応用する検討がされている。ラットの減圧症モデルでは、発症を抑え生存率を上げる効果がみられ、肺、脳、脊髄での酸化物質産生が抑えられ²²⁾、高分圧酸素曝露ラットでは、酸素曝露による肺水腫が軽減され、肺胞上皮細胞のapoptosis抑制がみられた²³⁾。

減圧症を起こす潜水の前に高気圧酸素曝露させると罹患率と死亡率を下がるラットの検討では、一酸化窒素の関与が示唆された²⁴⁾。

減圧障害の再圧治療では、時間経過と共に効果がなくなるが、20時間という範囲の救急搬送時間においては、軽傷例の予後に時間は影響しなかった²⁵⁾。

症例報告としては、適切な再圧治療が行われず死亡した14歳の動脈ガス塞栓症例²⁶⁾、潜水による気脳症で、再圧治療が行われて症状消失した症例²⁷⁾と、経過観察で症状が残った症例²⁸⁾、先天性心膜嚢胞の切除後の潜水適性について検討した報告²⁹⁾、厳格なベジタリアンダイバーの減圧症発症の可能性³⁰⁾、医原性動脈ガス塞栓症の再圧治療後の頭蓋内出血症例³¹⁾、高気圧酸素治療中に起きた肺気圧外傷と脳動脈ガス塞栓症³²⁾、高分圧酸素吸入による間質性肺炎に留意する必要があるブレオマイシン投与後の潜水適性を検討した報告^{33,34)}があった。

【引用文献】

- 1)Moon RE, et al.: Breath-hold diving and cerebral decompression illness. *Undersea Hyperb Med.* 2010;37:1-5.
- 2)Tamaki H, et al.: Repetitive breath-hold diving causes

- serious brain injury. *Undersea Hyperb Med.* 2010;37:7-11.
- 3) Kobayashi S, et al.: In vitro surfactant mitigation of gas bubble contact-induced endothelial cell death. *Undersea Hyperb Med.* 2011;38:27-39.
 - 4) Kowalski JT, et al.: Neuropsychological deficits in scuba divers: an exploratory investigation. *Undersea Hyperb Med.* 2011;38:197-204.
 - 5) Gempp E, et al.: Brain MRI signal abnormalities and right-to-left shunting in asymptomatic military divers. *Aviat Space Environ Med.* 2010;81:1008-12.
 - 6) Olszański R, et al.: Activation of platelets and fibrinolysis induced by saturated air dives. *Aviat Space Environ Med.* 2010;81:585-8.
 - 7) Henckes A, et al.: Hemoptysis and pneumomediastinum after breath-hold diving in shallow water: a case report. *Undersea Hyperb Med.* 2011;38:213-6.
 - 8) Schiffer T, et al.: A new pathophysiological mechanism behind drownings in breath-hold divers; Arterial gas embolism after glossopharyngeal insufflation. *Undersea Hyperb Med.* 2010;37:340-1.
 - 9) Ski C, et al.: A study of glossopharyngeal inhalation, looking for arterial gas embolism. *Undersea Hyperb Med.* 2010;37:339.
 - 10) Chung SC, et al.: Glossopharyngeal insufflation causes lung injury in trained breath-hold divers. *Respirology.* 2010;15:813-7.
 - 11) 第12回潜水医学講座小田原セミナー(2011. 1. 29), 日本高気圧環境・潜水医学会関東地方会誌 2011;11:24-57.
 - 12) Marinovic J, et al.: Assessment of extravascular lung water and cardiac function in trimix SCUBA diving. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42:1054-61.
 - 13) Dujic Z, et al.: A no-decompression air dive and ultrasound lung comets. *Aviat Space Environ Med.* 2011;82:40-3.
 - 14) Sieber A, et al.: Advanced instrumentation for research in diving and hyperbaric medicine. *Undersea Hyperb Med.* 2010;37:259-69.
 - 15) Breskovic T, et al.: Cardiovascular changes during underwater static and dynamic breath-hold dives in trained divers. *J Appl Physiol.* 2011;111:673-8.
 - 16) Pingitore A, et al.: Left ventricle changes early after breath-holding in deep water in elite apnea divers. *Undersea Hyperb Med.* 2010;37:13-21.
 - 17) Garbella E, et al.: Preliminary observations on the effect of hypoxic and hyperbaric stress on pulmonary gas exchange in breath-hold divers. *Diving Hyperb Med.* 2011;41:97-100.
 - 18) Lodin-Sundström A, et al.: Spleen contraction during 20 min normobaric hypoxia and 2 min apnea in humans. *Aviat Space Environ Med.* 2010;81:545-9.
 - 19) Kenney IJ, et al.: Dysbaric osteonecrosis in recreational divers: a study using magnetic resonance imaging. *Undersea Hyperb Med.* 2010;37:281-8.
 - 20) Mahon RT, et al.: Intravenous perfluorocarbon after onset of decompression sickness decreases mortality in 20-kg swine. *Aviat Space Environ Med.* 2010;81:555-9.
 - 21) Zhang RJ, et al.: Combined effects of intravenous perfluorocarbon emulsion and oxygen breathing on decompression-induced spinal cord injury in rats. *Undersea Hyperb Med.* 2011;38:335-43.
 - 22) Ni XX, et al.: Protective effect of hydrogen-rich saline on decompression sickness in rats. *Aviat Space Environ Med.* 2011;82:604-9.
 - 23) Zheng J, et al.: Saturated hydrogen saline protects the lung against oxygen toxicity. *Undersea Hyperb Med.* 2010;37:185-92.
 - 24) Fan DF, et al.: Hyperbaric oxygen preconditioning reduces the incidence of decompression sickness in rats via nitric oxide. *Undersea Hyperb Med.* 2010;37:173-80.
 - 25) Zeindler PR, et al.: Triage and emergency evacuation of recreational divers: a case series analysis. *Undersea Hyperb Med.* 2010;37:133-9.
 - 26) Lippmann J, et al.: Cerebral arterial gas embolism with delayed treatment and a fatal outcome in a 14-year-old diver. *Diving Hyperb Med.* 2011;41:31-4.
 - 27) Zeba I, et al.: Pneumocephalus after an uneventful scuba dive. *Aviat Space Environ Med.* 2010;81:511-3.
 - 28) Budal OH, et al.: Pneumocephalus, a rare complication of diving. *Undersea Hyperb Med.* 2011;38:73-9.
 - 29) Byrne BT, et al.: Congenital pericardial cyst in a naval special warfare candidate; clearance for diving after resection. *Undersea Hyperb Med.* 2011;38:143-8.
 - 30) van Hulst RA, et al.: Decompression sickness in a vegetarian diver: Are vegetarian divers at risk? A case report. *Undersea Hyperb Med.* 2010;37:181-4.
 - 31) Guillard E, et al.: Intracerebral hemorrhage related to systemic gas embolism during hysteroscopy. *Undersea Hyperb Med.* 2010;37:89-93.
 - 32) Rivalland G, et al.: Pulmonary barotrauma and cerebral arterial gas embolism during hyperbaric oxygen therapy. *Aviat Space Environ Med.* 2010;81:888-90.
 - 33) Gray RN Jr.: Scuba diving post-bleomycin therapy: a case report. *Undersea Hyperb Med.* 2010;37:455-7.
 - 34) van Hulst RA, et al.: To dive or not to dive with bleomycin: a practical algorithm. *Aviat Space Environ Med.* 2011;82:814-8.