



ภาวะฟองอากาศอุดตันหลอดเลือดแดงที่เกี่ยวข้องจากการดำน้ำ

Diving-related Arterial Gas Embolism

ศุภางค์ ตั้งลิตานนท์* ธนชวัฒน์ ชัยกุล**

Supang Tanglitanon,* Thanasawat Chaiyakul**

* แพทย์ประจำบ้านเวชศาสตร์ป้องกัน แขนงเวชศาสตร์ทางทะเล กรมแพทย์ทหารเรือ กรุงเทพมหานคร

* Resident in Preventive Medicine (Maritime Medicine), Naval Medical Department, Royal Thai Navy, Bangkok

** กองเวชศาสตร์ใต้น้ำและการบิน กรมแพทย์ทหารเรือ

** Division of Underwater and Aviation Medicine, Naval Medical Department, Royal Thai Navy

* Corresponding Author: minniestt@gmail.com

บทคัดย่อ

ภาวะฟองอากาศอุดตันหลอดเลือดแดงที่เกี่ยวข้องจากการดำน้ำเป็นโรคที่มีความรุนแรงสูงและพบเป็นสาเหตุสำคัญของการเสียชีวิตในนักดำน้ำ อาการส่วนใหญ่แสดงขึ้นอย่างฉับพลันขณะดำขึ้นสู่ผิวน้ำหรือภายในไม่กี่นาทีหลังถึงผิวน้ำ การรักษาที่เป็นข้อบ่งชี้ชัดเจน คือ การรักษาด้วยการเพิ่มความดันกลับด้วยห้องปรับแรงดันบรรยากาศสูง ดังนั้นผู้ป่วยจึงจำเป็นต้องได้รับการประเมิน วินิจฉัย การช่วยชีวิตและรักษาเบื้องต้นอย่างถูกต้องและรวดเร็วเพื่อผลลัพธ์ในการรักษาที่ดี บทความนี้เน้นอธิบายพยาธิสรีรวิทยา การวินิจฉัย การดูแลรักษา การป้องกันของภาวะฟองอากาศอุดตันหลอดเลือดแดงเฉพาะที่เกี่ยวข้องจากการดำน้ำที่สัมพันธ์กับการบาดเจ็บ เหตุแรงดันของปอด เพื่อเป็นประโยชน์แก่บุคลากรทางการแพทย์ในการวินิจฉัย ให้การดูแลรักษาและส่งต่อผู้ป่วย ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ภาวะฟองอากาศอุดตันหลอดเลือดแดง การดำน้ำ การเพิ่มความดันกลับ ห้องปรับแรงดันบรรยากาศสูง พยาธิสรีรวิทยา

Abstract

Diving-related Arterial Gas Embolism (AGE) is a life-threatening diving injury, often found to be the leading cause of fatalities among divers. The onset of symptoms associated with AGE occurs abruptly upon ascending to the surface or within minutes of being on the surface. The standard approach to managing AGE is recompression in a hyperbaric chamber. Thus, patients need accurate and rapid assessment, diagnosis, resuscitation, and initial treatment of AGE which is critical for optimal treatment outcomes. This review article aims to provide an overview of the pathophysiology, diagnosis, treatment, and prevention of diving-related AGE,

Received: March 27, 2022; Revised: April 11, 2023; Accepted: April 18, 2023



with the objective of assisting medical practitioners to accurately diagnose and initially treat patients, as well as referring them for prompt recompression therapy as required.

Keywords: arterial gas embolism, diving, recompression, hyperbaric chamber, pathophysiology

บทนำ

ภาวะฟองอากาศอุดตันหลอดเลือดแดง (Arterial Gas Embolism: AGE) ที่เกี่ยวเนื่องจากการดำน้ำเป็นภาวะหนึ่งในโรคจากการลดความดันอากาศ (Decompression Illness: DCI) นอกเหนือไปจากโรคเหตุลดความดันอากาศ (Decompression Sickness: DCS) พบมีรายงานอุบัติการณ์การเกิดโรคต่ำกว่า 1 ต่อ 100,000 นักดำน้ำ¹ แต่มีความรุนแรงสูง พบเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตจากการดำน้ำถึงร้อยละ 13 - 24² เป็นสาเหตุการเสียชีวิตจากการดำน้ำอันดับที่ 2 รองจากการจมน้ำ³ โดยอาการส่วนใหญ่แสดงขึ้นอย่างฉับพลันขณะดำขึ้นสู่ผิวน้ำหรือภายในไม่กี่นาทีหลังถึงผิวน้ำ อาการและอาการแสดงขึ้นกับอวัยวะที่ฟองอากาศไปอุดตันหลอดเลือดแดงแต่ส่วนใหญ่แสดงอาการเด่นชัดทางระบบประสาททำให้มีอาการแสดงคล้ายโรคหลอดเลือดสมอง (Stroke) ฟองอากาศที่พบในหลอดเลือดแดงจากการดำน้ำพบส่วนใหญ่สัมพันธ์กับการบาดเจ็บเหตุแรงดันของปอด (Pulmonary barotrauma) ขณะดำขึ้น (Ascent) หรือลดความดัน (Decompression) และหายใจด้วยอากาศอัด (Compressed air) ทั้งในการดำน้ำและฝึกหนี้ออกจากเรือดำน้ำ แต่ยังคงพบที่เกิดจากฟองอากาศในหลอดเลือดดำเคลื่อนย้ายมายังระบบเลือดแดง (Arterialization) ผ่านทางพยาธิสรีรวิทยาเฉพาะ เช่น ปริมาณฟองอากาศในหลอดเลือดดำเกินกว่าประสิทธิภาพการกรองของปอด เส้นทางไหลลัดของฟองอากาศจากเลือดดำไปเลือดแดง เช่น Intrapulmonary shunt หรือ Patent foramen ovale เป็นต้น⁴ ได้ด้วยแต่อาจมีพยาธิสรีรวิทยาที่แตกต่าง นอกจากนี้ลักษณะดังกล่าวยังสามารถ

พบเป็นโรคแทรกซ้อนจากการรักษา (iatrogenic) ด้วยการทำหัตถการต่างๆ (iatrogenic Arterial Gas Embolism) เช่น การผ่าตัดใช้เครื่องหัวใจและปอดเทียม (Cardiopulmonary bypass surgery) การตรวจวินิจฉัยหลอดเลือด (Angiography) การผ่าตัดส่องกล้อง (Laparoscopy) การผ่าตัดสมอง การผ่าตัดคลอด การฟอกไต การใส่สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลาง (Central venous catheter insertion)⁵ เป็นต้น นอกจากนี้ภาวะนี้ยังพบเกิดในการสัมผัสระดับความสูง (Altitude exposure) การบาดเจ็บเหตุแรงดันของปอดจากการสัมผัสระเบิดทั้งในน้ำและบนบก⁶ บทความนี้เน้นอธิบายพยาธิสรีรวิทยา การวินิจฉัย การดูแลรักษา การป้องกันภาวะฟองอากาศอุดตันหลอดเลือดแดงเฉพาะที่เกิดจากการดำน้ำที่สัมพันธ์กับการบาดเจ็บเหตุแรงดันของปอดขณะดำขึ้น

พยาธิสรีรวิทยา (Pathophysiology)

ภาวะฟองอากาศอุดตันหลอดเลือดแดงเกิดตามหลังการบาดเจ็บจากเหตุแรงดันของปอด (Pulmonary barotrauma) ในกรณีนี้ก้นดำน้ำหายใจด้วยอากาศอัด (Compressed gas) ที่ระดับความลึก ในขณะที่ดำขึ้นสู่ผิวน้ำ อากาศในปอดจะขยายตัวตามกฎของบอยล์ (Boyle's law) หากไม่สามารถระบายอากาศออกจากปอดได้ทันจะเกิดกลุ่มอาการปอดพองเกิน (Pulmonary over-inflation syndrome) ทำให้ถุงลมปอด (Alveoli) ฉีกขาด ฟองอากาศเข้าไปในหลอดเลือดดำของปอด (Pulmonary veins) กลับเข้าสู่หัวใจแล้วถูกสูบฉีดไปที่ส่วนต่างๆ ของร่างกายเกิด AGE โดยเฉพาะหลอดเลือดแดงขนาดเล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 - 60 ไมโครเมตร พบมากที่บริเวณ

รอยต่อระหว่าง Gray และ White matter⁷ นอกจากนี้ฟองอากาศจากถุงลมที่ฉีกขาดอาจทำให้เกิดการบาดเจ็บบริเวณรอบๆ ปอด AGE พบได้ค่อนข้างบ่อยในผู้ป่วยที่มีการบาดเจ็บเหตุแรงดันของปอด โดยประมาณร้อยละ 75 ของผู้ป่วยกลุ่มนี้ ตรวจพบความผิดปกติทางระบบประสาท⁸ ในการศึกษาผู้ป่วย AGE 31 ราย⁹ สามารถพบการบาดเจ็บเหตุแรงดันของปอดร่วม โดยพบว่ามีการภาวะประจันอกมีอากาศ (Mediastinal emphysema) ภาวะใต้หนังมีอากาศ (Subcutaneous emphysema) และภาวะโพรงเยื่อหุ้มปอดมีอากาศ (Pneumothorax) ร้อยละ 25, 10 และ 3 ตามลำดับ โดยภาวะโพรงเยื่อหุ้มปอดมีอากาศเป็นภาวะสำคัญที่สามารถคุกคามถึงชีวิต

AGE ไม่จำเป็นต้องสัมพันธ์กับการดำน้ำลึก เนื่องด้วยการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของอากาศจะเกิดขึ้นเมื่อใกล้ผิวน้ำ มีการศึกษารายงานผู้ป่วยดำน้ำขึ้นจากความลึกเพียง 0.75 - 1.2 เมตร¹⁰ แต่อย่างไรก็ตามความลึกที่สิ้นสุดที่สามารถทำให้เกิดปอดบาดเจ็บจากเหตุแรงดันได้ไม่แน่นอนแตกต่างกันขึ้นกับปริมาณการหายใจเข้าก่อนการดำน้ำและเนื้อปอดของแต่ละบุคคล¹¹

ปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิด AGE ได้แก่ การกลืนหายใจขณะดำน้ำ การดำน้ำอย่างรวดเร็ว โดยมากเกี่ยวข้องกับอาการตื่นตระหนก (Panic) ขณะเกิดเหตุการณ์ใต้น้ำ พยาธิสภาพที่ปอด เช่น ถุงน้ำในปอด (Lung cyst) เม็ดปองของปอด (Lung bleb)¹² การอุดกั้นทางเดินหายใจก็เป็นความเสี่ยงต่อการเกิดกลุ่มอาการปอดพองเกิน แต่มีรายงานสมรรถภาพปอดในผู้ฝึกหลบหนีจากเรือดำน้ำในช่วง 20 ปี พบว่า การมีภาวะทางเดินหายใจอุดตัน ระดับเล็กน้อย (Mild airway obstruction) ไม่เพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะฟองอากาศอุดตันหลอดเลือดแดง แต่ขึ้นอยู่กับความยืดหยุ่นของปอดในการขยายตัวมากกว่า⁷ ในนักดำน้ำที่เป็นโรคหืด (Asthma) เพิ่มความเสี่ยงต่อ AGE เนื่องจากอาจมีอากาศ

หลงเหลือบางบริเวณขณะดำน้ำ (Air-trapping) ความยืดหยุ่นของปอดลดลงและอาจเกิดหลอดเลือดตีบเฉียบพลันจากแรงต้านในทางเดินหายใจและแรงที่ใช้หายใจเพิ่มขึ้นขณะดำน้ำหรือในบางรายอาจถูกกระตุ้นด้วยความเย็นในน้ำ อย่างไรก็ตามยังไม่ทราบอุบัติการณ์เกิดและไม่มีหลักฐานยืนยันว่าโรคหืดเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิด AGE^{7,13}

การวินิจฉัย (Diagnosis)

อาการและการตรวจร่างกาย (Symptoms and physical examination)

อาการของภาวะฟองอากาศอุดตันหลอดเลือดแดงเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและรุนแรง โดยเกิดขณะกำลังดำน้ำหรือเมื่อถึงผิวน้ำ มีการศึกษาพบว่า ส่วนใหญ่ (ร้อยละ 92) เกิดขึ้นภายใน 5 นาทีหลังขึ้นสู่ผิวน้ำ ระยะแฝงที่เกินกว่า 10 นาทีพบได้น้อยมาก ผู้ป่วยส่วนหนึ่งอาการรุนแรง ส่วนใหญ่เสียชีวิตในที่เกิดเหตุแม้สามารถให้การรักษาด้วยการเพิ่มความดันกลับได้ในทันที คาดว่าเกิดจากปริมาณฟองอากาศจำนวนมากในหลอดเลือดส่วนกลางหรืออุดตันหลอดเลือดหัวใจ การศึกษาในนักดำน้ำ 107 ราย จากทั้งหมด 116 ราย (ร้อยละ 92)¹⁴ อาการแสดงได้หลากหลายขึ้นอยู่กับตำแหน่งของการอุดตัน ตั้งแต่อาการเพียงเล็กน้อยจนถึงเสียชีวิต อาการส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับระบบประสาทและหัวใจ อาการเด่นชัดทางระบบประสาทรวมถึงอาการแสดงคล้ายโรคหลอดเลือดสมอง เรียกว่า Cerebral Arterial Gas Embolism (CAGE) ได้แก่ อัมพาต (Paralysis) ชา (Numbness) หหมดสติ (Loss of consciousness) ชัก (Seizure) สับสน (Confusion) มึนงง (Dizziness) อาการรู้สึกหมุน (Vertigo) คลื่นไส้อาเจียน (Nausea/ vomiting) รู้สึกเหมือนกำลังจะหมดสติ (Presyncope) การมองเห็นเปลี่ยนแปลง (Visual changes) ปวดศีรษะ (Headache) การพูดและเข้าใจภาษาบกพร่อง (Dysphasia) พฤติกรรมเปลี่ยนแปลง (Personality changes)^{14,15}



และประมาณครึ่งหนึ่งของผู้ป่วยส่วนใหญ่มีอาการของการบาดเจ็บเหตุแรงดันของปอด (Pulmonary barotrauma) ได้แก่ อาการแน่นหน้าอก ไอเป็นเลือด^{14,16} มีการศึกษาอาการของผู้ป่วยภาวะฟองอากาศอุดตันหลอดเลือดแดงที่เกี่ยวข้องจากการดำน้ำ พบหมดสติ (ร้อยละ 39) สับสน (ร้อยละ 37) มึนงงศีรษะคล้ายเป็นลม (ร้อยละ 30) อัมพาตครึ่งซีก (Hemiplegia) (ร้อยละ 27) การมองเห็นผิดปกติ (ร้อยละ 21) ปวดศีรษะ (ร้อยละ 20) การสื่อความผิดปกติ (Dysphasia) (ร้อยละ 11) และชัก (ร้อยละ 10) โดยประมาณครึ่งหนึ่งมีอาการของการบาดเจ็บเหตุแรงดันของปอดขัดแย้ง ประมาณครึ่งหนึ่งอาการดีขึ้นได้เองหรือบรรเทาแต่ส่วนหนึ่งการเป็นโรครกลับ (Relapse)¹⁷

การตรวจร่างกายสามารถพบได้หลากหลาย ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของการอุดตัน ส่วนใหญ่เป็นความผิดปกติทางระบบประสาท ดังนั้นจึงควรตรวจร่างกายทางระบบประสาทอย่างละเอียดรวมถึงการทดสอบกระบวนการรับข้อมูลและตัดสินใจ (Cognitive function) และควรตรวจอาการแสดงของกลุ่มอาการปอดพองเกินด้วย ความผิดปกติจากการตรวจร่างกายที่พบน้อยแต่มีความจำเพาะ ได้แก่ Leibemeister's sign (การขีดของลิ้นที่มีขอบเขตชัดเจน) และการเห็นฟองอากาศใน Retinal arteries¹⁸ มีการศึกษาการตรวจร่างกายผู้ป่วย AGE ที่มารักษาที่ห้องฉุกเฉินจำนวน 29 ราย (ไม่รวมผู้ป่วยที่หัวใจหยุดเต้น) พบว่าความผิดปกติที่ตรวจพบบ่อยที่สุด คือ แขนขาอ่อนแรง 12 ราย (ร้อยละ 41) ในรายที่อาการโคม่าและหมดสติส่วนใหญ่เกิดขึ้นภายใน 30 วินาที⁷ ในกรณีที่พบการบาดเจ็บเหตุแรงดันของปอดร่วมด้วยอาจตรวจพบอาการทางคลินิกของภาวะประจันอกมีอากาศ (Pneumomediastinum) เช่น Hamman sign (เสียงกรอบแกรบ: Crunching sound สัมพันธ์กับจังหวะการหดและขยายของหัวใจ) อาการทางคลินิกของภาวะใต้หนังมีอากาศ เช่น การคลำพบกรอบแกรบ (Crepitus) บริเวณพื้นที่สามเหลี่ยมบริเวณคอและหน้าอก และอาการทางคลินิกของภาวะโพรงเยื่อ

หุ้มปอดมีอากาศ (Pneumothorax) แต่อย่างไรก็ตาม AGE อาจพบเป็นเหตุอย่างเดียวยโดยไม่มีอาการและอาการแสดงของการบาดเจ็บเหตุแรงดันก็ได้

นอกจากนักดำน้ำแล้วบุคคลสองกลุ่มที่มีความเสี่ยงต่อการเกิด AGE คือ ผู้ฝึกหลบหนีภัยจากเรือดำน้ำเนื่องจากเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินต้องรีบขึ้นสู่พื้นผิวอย่างรวดเร็วซึ่งมีประเด็นที่แตกต่างจากนักดำน้ำ โดยอุบัติการณ์การเกิดในผู้ฝึกหลบหนีภัยจากเรือดำน้ำพบได้บ่อยกว่า โดยพบ 1:5,000 ปัจจัยเสี่ยง ได้แก่ ความไม่คุ้นเคยกับชุด เทคนิคการดำขึ้นที่ไม่เหมาะสม และความเครียด³ ผู้ฝึกหลบหนีภัยจากเรือดำน้ำมีปริมาณแก๊สไนโตรเจนในร่างกาย (Gas burden) น้อยกว่านักดำน้ำ เนื่องจากสัมผัสกับการเปลี่ยนแปลงความดันเพียงระยะสั้น พบอัตราการจมน้ำรวมน้อยกว่าและสามารถเข้าถึงการรักษาได้รวดเร็วกว่าเนื่องจากอยู่ใกล้ห้องปรับแรงดันบรรยากาศสูง⁷ กลุ่มที่ 2 คือ ผู้ฝึกการหลบหนีจากเฮลิคอปเตอร์ที่ตกน้ำ (Helicopter Underwater Evacuation Training: HUET)¹⁹

การวินิจฉัย AGE เป็นการวินิจฉัยเชิงสันนิษฐาน (Presumptive diagnosis) อาศัยจากประวัติและอาการทางคลินิกเป็นสำคัญโดยไม่อาศัยการตรวจวินิจฉัยด้วยภาพทางรังสีวิทยาเนื่องจากความไวต่ำ พิจารณาประวัติถึงระยะเวลาเริ่มต้นอาการ การเปลี่ยนแปลงระดับการรู้สติ อาการทางระบบประสาท แขนขาอ่อนแรงและอาการชัก เป็นอาการหลัก¹⁸ อาจใช้เกณฑ์ของ SANDHOG (San Diego Hyperbaric Oxygen Group) ช่วยในการวินิจฉัยตามตารางที่ 1 โดยหากคะแนนมากกว่าหรือเท่ากับ 2 บ่งบอกว่าน่าจะเป็น AGE (คะแนน SANDHOG 2 มีความไว (Sensitivity) ร้อยละ 94.7 ความจำเพาะ (Specificity) ร้อยละ 85.7 โอกาสที่คนเป็นโรคจะให้ผลบวก (Positive likelihood ratio) 6.6 และโอกาสที่คนไม่เป็นโรคจะให้ผลลบ (Negative likelihood ratio) 0.06 และหากคะแนนน้อยกว่า 2 บ่งบอกว่าไม่น่าใช่ AGE (ค่าทำนายเมื่อผลเป็นลบ (NPV) ร้อยละ 100)²⁰

ตารางที่ 1 เกณฑ์ของ SANDHOG (San Diego Hyperbaric Oxygen Group)²⁰

คะแนน	อาการ
3	อาการหรืออาการแสดงอย่างใดอย่างหนึ่งภายใน 5 นาทีหลังขึ้นสู่พื้นผิว 1. อาการไม่รู้สีกตัวเฉียบพลัน (Sudden loss of conscious) 2. อาการรับรู้สภาพแวดล้อมผิดปกติ (Disorientation) 3. ภาวะบกพร่องทางการสื่อความ (Aphasia) 4. อัมพาตครึ่งซีก (Hemiplegia)
2	อาการหรืออาการแสดงอย่างใดอย่างหนึ่งภายใน 5 นาทีหลังขึ้นสู่พื้นผิว 1. อัมพฤกษ์ครึ่งซีก (Hemiparesis) หรืออัมพฤกษ์แขนหรือขาเดียว (Monoparesis) 2. สูญเสียการมองเห็นจากความผิดปกติของสมอง (Cortical blindness) 3. อาการชักโดยไม่มีโรคประวัตืชักหรือเป็นลมชัก
1	1. การดำขึ้นอย่างรวดเร็วและขาดการควบคุมหรือการดำขึ้นด้วยอาการตื่นตระหนกแล้วมีอาการ 2. ไอเป็นเลือด 3. เอกซเรย์ปอดพบการบาดเจ็บจากแรงดัน 4. CPK สูงเกินกว่า 2 เท่าของค่าปกติโดยไม่มีอาการบาดเจ็บของกระดูกและกล้ามเนื้อ

อาการทางระบบประสาทดังกล่าวมีความคล้ายคลึงกับโรคหลอดเลือดความดันอากาศของสมอง (Cerebral DCS) ซึ่งมีอาการ ได้แก่ อ่อนแรงครึ่งซีก ชัก หมดสติ ความผิดปกติในการมองเห็น ความผิดปกติในการพูด แต่โรคหลอดเลือดความดันอากาศมีปัจจัยเสี่ยง ได้แก่ การดำน้ำที่ลึก ระยะเวลาาน และมีการดำซ้ำซึ่งเป็นสาเหตุให้มีการสะสมของแก๊สไนโตรเจน อาการส่วนใหญ่ไม่เกิดขึ้นทันที ในขณะที่ AGE ไม่สัมพันธ์กับการดำน้ำที่ลึกหรือระยะเวลาาน และส่วนใหญ่เกิดขึ้นทันทีหลังขึ้นสู่ผิวน้ำ การวินิจฉัยแยกโรคในระยะก่อนถึงโรงพยาบาลเป็นไปได้ยากและการรักษาส่วนใหญ่ไม่แตกต่างกัน ผู้เชี่ยวชาญแนะนำให้ใช้โรคจากการลดความดันอากาศ (DCI) ในการวินิจฉัยทั้ง 2 ภาวะ (โรคหลอดเลือดความดันอากาศหรือภาวะฟองอากาศอุดตันหลอดเลือดแดง) และให้การวินิจฉัยโรคจากการลดความดันอากาศแบบพรรณนา (Descriptive terminology) ด้วยวิวัฒนาการของโรคและอาการแสดง ซึ่งโดยมากจะเป็น Acute static/ progressive/

spontaneous improving neurological DCI²¹ บางครั้ง AGE อาจเกิดนำร่วมกับอาการแสดงของโรคหลอดเลือดความดันอากาศชนิดรุนแรงตามมา หากมีการดูดซึมไนโตรเจนที่มีระดับความสำคัญบางผู้เชี่ยวชาญเรียกว่าโรคหลอดเลือดความดันอากาศแบบชนิดที่ 3 (Type III DCS)²²

มีหน่วยงานที่ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาทางเวชศาสตร์ใต้น้ำหรือผู้เชี่ยวชาญด้านเวชศาสตร์ใต้น้ำ เช่น Divers Alert Network (DAN) หรือหน่วยงานของกองทัพเรือ เช่น กองเวชศาสตร์ใต้น้ำและการบิน กรมแพทย์ทหารเรือ เพื่อให้คำแนะนำปรึกษาและการดูแลรักษาเบื้องต้น ตลอดจนให้ข้อมูลและตำแหน่งหน่วยงาน ห้องปรับแรงดันบรรยากาศสูงที่ให้บริการรักษาด้วยการเพิ่มความดันกลับที่อยู่ใกล้ที่สุด

การวินิจฉัยแยกโรค (Differential diagnosis)

อาการของ AGE อาจคล้ายคลึงกับอาการที่เกิดจากโรคฉับพลันอื่นๆ ได้แก่ โรคหลอดเลือดสมอง (Stroke) อาจเกิดขึ้นพร้อมกันกับการดำน้ำ ลมชัก ไมเกรน การฉีกเข่าของผนังหลอดเลือดแดง



ที่ไปเลี้ยงสมอง (Carotid or vertebral dissection)¹¹ และอัมพฤกษ์ใบหน้าครึ่งซีกเหตุแรงดัน (Facial baroparesis) ซึ่งเป็นหนึ่งในภาวะเส้นประสาทรอบนอก ถูกตัดที่เกี่ยวข้องจากการดำน้ำ (Diving related neurapraxia) ที่พบได้บ่อยสุด เกิดจากการบาดเจ็บเหตุแรงดัน ของโพรงหูชั้นกลางที่กดเบียดเส้นประสาท ใบหน้าทำให้มีใบหน้าส่วนบนและล่างเป็นอัมพฤกษ์ แต่ในผู้ป่วยภาวะฟองอากาศอุดตันหลอดเลือดแดง ใบหน้าส่วนบนจะไม่ได้รับผลกระทบ²³

การตรวจเพิ่มเติมทางห้องปฏิบัติการและภาพวินิจฉัย (Laboratory investigation and imaging)

การวินิจฉัยส่วนใหญ่ใช้ข้อมูลจากการซักประวัติและตรวจร่างกาย การตรวจเพิ่มเติมทางห้องปฏิบัติการไม่ได้เฉพาะเจาะจงกับโรคแต่อาจช่วยสนับสนุนการวินิจฉัยและบอกระดับความรุนแรง

การตรวจเลือดอาจพบ Hemoconcentration เนื่องจากเนื้อเยื่อบุโพรง (Endothelium) ได้รับความบาดเจ็บ ทำให้มีการรั่วของสารน้ำออกนอกหลอดเลือด ค่า Creatinine kinase อาจมีค่าสูงผิดปกติ มีการศึกษาพบว่า Creatinine kinase ที่สูงสัมพันธ์กับความรุนแรงของโรค²⁴ และการฟิ้นตัวของระบบประสาท หากน้อยกว่า 1,000 units/ml มีแนวโน้มที่ระบบประสาทจะฟิ้นตัว ค่า CK-MB อาจผิดปกติแต่ไม่พบการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อหัวใจ (Myocardial injury) และผนังหัวใจเคลื่อนไหวผิดปกติ (Wall motion abnormalities)⁷ ค่าเอนไซม์ตับ SGOT, SGPT และ LDH อาจเพิ่มสูง แสดงถึงมีการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อบุโพรง (Endothelium) หลายอวัยวะ แต่อย่างไรก็ตาม ไม่พบการทำงานผิดปกติของอวัยวะถึงแม้ค่าเอนไซม์จะสูงผิดปกติ⁷ การทำเอกซเรย์ปอดหรือคลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasound) ทรวงอกอาจพบภาวะโพรงเยื่อหุ้มปอดมีอากาศ (Pneumothorax) และปอดบวมน้ำ (Pulmonary edema) อันเป็นเหตุจากการจมน้ำที่พบร่วมหรือจากการทำงานของหัวใจที่ผิดปกติ ควรทำเพื่อวินิจฉัยก่อนเข้ารับการรักษา

ด้วยห้องปรับแรงดันบรรยากาศโดยเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่งตามความเหมาะสมด้านเทคนิคและเวลา¹⁴ การตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมอง (CT brain) หรือการตรวจสมองด้วยเอ็มอาร์ไอ (MRI brain) ส่วนใหญ่จะปกติในช่วงแรกแม้ในผู้ป่วยที่อาการหนัก ความผิดปกติจากการตรวจร่างกายทางระบบประสาท อาจไม่พบความผิดปกติในเอกซเรย์คอมพิวเตอร์หรือเอ็มอาร์ไอเช่นกัน ความผิดปกติที่สามารถพบได้คือ ฟองอากาศในเส้นเลือดแดงกระจายหลายบริเวณในสมอง²⁵ และอาจพบรอยโรคจากการขาดเลือด แต่โอกาสน้อยมาก ดังนั้นจึงไม่ควรเลือกทำเพื่อวินิจฉัย AGE^{16,26} แต่อาจมีประโยชน์ในการวินิจฉัยแยกโรคผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองแตกซึ่งมีอาการคล้ายกัน การบันทึกภาพหัวใจด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงผ่านผนังอก (Transthoracic echocardiography) อาจเห็นฟองอากาศภายในหัวใจและหลอดเลือด²⁷

การวินิจฉัยสาเหตุการเสียชีวิตจากการตรวจศพ (Autopsy)

การวินิจฉัยสาเหตุการเสียชีวิตด้วยการตรวจศพ (Autopsy) ต้องอาศัยแพทย์นิติเวชที่มีความชำนาญหรือใช้ขั้นตอนที่เหมาะสม โดยพบฟองอากาศที่หัวใจฝั่งซ้าย และ Circle of Willis เพราะมีโอกาสน้อยที่จะพบฟองอากาศปนเปื้อนจากการลดความดันในบริเวณนี้ การพบภาวะใดหนึ่งมีอากาศและภาวะประจันอกมีอากาศบริเวณหน้าทรวงอก หรือภาวะโพรงเยื่อหุ้มปอดมีอากาศช่วยในการวินิจฉัย การพบฟองอากาศเพียงเล็กน้อยในหลอดเลือด อาจพบได้เป็นปกติที่พบในการชันสูตรนักดำน้ำ ภาวะใดหนึ่งมีอากาศเพียงอย่างเดียวอาจเกิดจากขั้นตอนการช่วยฟื้นคืนชีพได้ การพบมีฟองอากาศจำนวนมากในหลอดเลือดแดงซึ่งเป็นลักษณะจำเพาะสามารถช่วยในการวินิจฉัย อย่างไรก็ตามควรมีการทำเอกซเรย์คอมพิวเตอร์และตรวจด้วยเอ็มอาร์ไอหลังเสียชีวิต (Post-mortem computerized tomography and magnetic resonance imaging) ก่อนการตรวจศพ²⁸ ผลตรวจ

ทางพยาธิวิทยาจุลภาคของเนื้อปอดในนักดำน้ำที่เสียชีวิตด้วยภาวะฟองอากาศอุดตันหลอดเลือดแดงที่สัมพันธ์กับการบาดเจ็บเหตุแรงดันของปอดพบมีค่าเฉลี่ยขนาดพื้นที่ของอากาศในเนื้อปอดสูงจึงอาจใช้แยกสาเหตุการตายด้วยภาวะฟองอากาศอุดตันหลอดเลือดแดงจากโรคอื่นๆ ได้ (ค่าความไว 100% ค่าความจำเพาะ 97%)²

การทำนายผลการรักษา (Predictive outcome)

อาจใช้ NIHSS (National Institutes of Health Stroke Scale) เพื่อประเมินความรุนแรงของโรคก่อนการรักษาในผู้ป่วยที่มี Spinal DCS ร่วมกับ AGE ให้ใช้ ASIA classification ร่วมกับคะแนนความรุนแรงของ MEDSUBHYP²⁹ ในการประเมินอาการทางไขสันหลัง การดำเนินโรค ผลการรักษา และการพยากรณ์โรค¹⁴

≡ การดูแลรักษา (Management) ≡

การรักษาเบื้องต้น (Initial treatment)

การปฐมพยาบาล (First aid) หากผู้ป่วยไม่รู้สึกตัวและไม่สามารถคลำชีพจรผู้ป่วยได้ให้ทำการช่วยชีวิตขั้นพื้นฐานด้วยการกู้ฟื้นคืนชีพ (Basic Life Support) ใช้หลักการตั้งเดิมด้วย ABC ให้มีความสำคัญกับการเปิดทางเดินหายใจ เนื่องจากผู้ป่วยอาจพบมีการจมน้ำร่วมด้วย รวมถึงการใช้เครื่อง Automated External Defibrillator (AED) ให้เช็ดหน้าอกให้แห้งและระมัดระวังการใช้ในบริเวณที่มีน้ำท่วมและหากยังไม่สามารถคลำชีพจรผู้ป่วยได้ไม่ควรย้ายผู้ป่วยเข้าทำการรักษาด้วยการเพิ่มความดันกลับ¹⁵ ให้พิจารณาการเข้าถึงการช่วยชีวิตขั้นสูง (Advanced cardiac life support) ไม่ว่าจะช้าเพียงใด **การจัดท่าผู้ป่วย (Positioning)** กรณีไม่รู้สีกตัวควรจัดให้อยู่ในท่านอนหงายศีรษะระดับเดียวกับลำตัว (Horizontal position) หรือท่านอนตะแคง (Recovery or lateral decubitus position) การอยู่ในท่าศีรษะสูงหรือ Trendelenburg อาจเพิ่มความดันในสมอง ทำให้

ผลลัพธ์ทางระบบประสาทแย่ง และทำให้แก๊สละลายตัวขึ้นไปสะสมที่สมอง^{14,22} การนอนศีรษะต่ำเคยถูกแนะนำให้ทำในช่วงหนึ่งเนื่องจากเชื่อว่าช่วยขัดขวางฟองอากาศไม่ให้ไปที่หลอดเลือดสมองแต่ในปัจจุบันไม่แนะนำให้ทำ เนื่องจากหลอดเลือดไปเลี้ยงสมองและเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดสมองบวม (Brain edema)²² **การให้ออกซิเจน (Oxygen administration)** (หลักฐาน Class I, level C) ให้ผู้ป่วยหายใจเข้าด้วยอากาศที่มีสัดส่วนออกซิเจนสูงสุด (Highest fraction of inspired oxygen) เท่าที่เป็นไปได้มีการศึกษา พบว่า ในผู้ป่วยโรคจากการลดความดันอากาศ 1,045 รายที่ได้รับออกซิเจนทันที มีร้อยละ 14 หายเป็นปกติ และร้อยละ 1 อาการดีขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยลดจำนวนครั้งในการรักษาด้วยการเพิ่มความดันกลับ³⁰ **การให้สารน้ำ (Hydration)** การให้สารน้ำสามารถให้ได้ทั้งทางหลอดเลือดดำและทางารรับประทาน หากผู้ป่วยรู้สึกตัวสามารถให้ดื่มน้ำทางปากได้ น้ำที่ดื่มควรเป็นน้ำเปล่า หลีกเลี่ยงน้ำอัดลม เครื่องดื่มผสมคาเฟอีนและแอลกอฮอล์ หากให้สารน้ำทางหลอดเลือดดำควรเลือกใช้สารน้ำแบบไอโซโทนิก (Isotonic crystalloids) หรือคอลลอยด์ (หลักฐาน Class IIb, level C) ที่ไม่มีมีกลูโคส เป็นส่วนประกอบ ปรับปริมาณเพื่อให้ปริมาณปัสสาวะออกมากกว่า 0.5 - 1 มล.ต่อ กก.ต่อชั่วโมง¹⁴ ระวังการให้สารน้ำปริมาณมากเกินไปซึ่งแตกต่างกับการรักษาโรคเหตุลดความดันอากาศ เนื่องจากผู้ป่วย AGE มีการบาดเจ็บที่สมอง อาจมีภาวะสมองบวม การให้สารน้ำมากเกินไปทำให้อาการแย่ง ไม่ควรใช้สารน้ำที่มีส่วนผสมของน้ำตาลเพราะอาจทำให้เกิดสมองบวม¹⁵ กรณีที่มีภาวะน้ำตาลในเลือดสูง (Hyperglycemia) ควรให้การรักษาเพื่อลดการบาดเจ็บของสมอง **ปกป้องอุณหภูมิ (Temperature control)** ดูแลให้ลดไข้หากมีภาวะตัวร้อนเกิน (Hyperthermia) เนื่องจากส่งผลต่อผลลัพธ์ที่ดี มีรายงานการศึกษาการทำให้ภาวะตัวเย็นเกิน (Hypothermia) ส่งผลดีต่อการรักษา แต่ยังไม่ได้รับคำแนะนำให้ปฏิบัติ³¹ **การเคลื่อนย้ายผู้ป่วย (Transportation)** เพื่อทำ



การรักษาด้วยการเพิ่มความดันกลับ หากต้องการเคลื่อนย้ายควรถึงห้องปรับแรงดันบรรยากาศสูงภายใน 4 ชั่วโมง การเริ่มรักษาด้วยการเพิ่มความดันกลับภายใน 4 ชั่วโมง พบว่า ผลการรักษามีโอกาสดีขึ้นถึงร้อยละ 75 - 94 ในการเคลื่อนย้ายด้วยเครื่องบินหรือเฮลิคอปเตอร์ควรทำในระดับความสูงต่ำสุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ไม่ควรบินที่ระดับสูงเกิน 300 เมตร (1,000 ฟุต)³² ควรบินในยานพาหนะที่มีการปรับแรงดันภายในเครื่องให้เป็น 1 บรรยากาศ (Pressurized cabin)

การรักษาจำเพาะ (Definitive treatment)

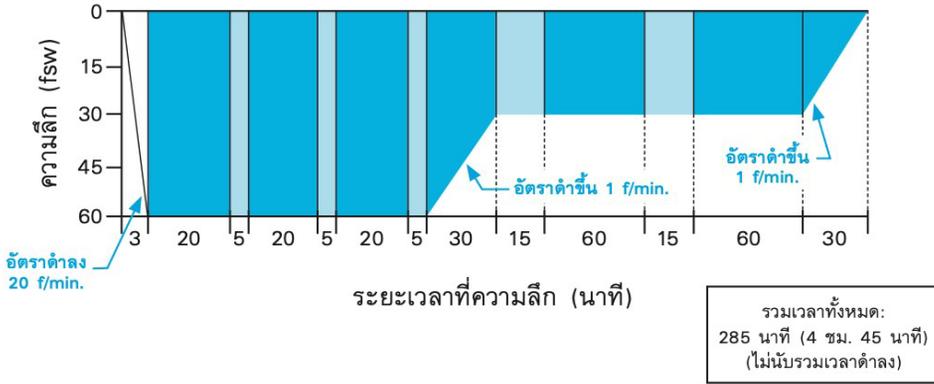
การเพิ่มความดันกลับ (Recompression) ในห้องปรับแรงดันบรรยากาศสูงเป็นการรักษามาตรฐาน (Gold standard) ของภาวะฟองอากาศอุดตันหลอดเลือดแดง แม้ว่าในปัจจุบันจะยังขาดหลักฐานเชิงประจักษ์ในระดับสูง จุดประสงค์หลักเพื่อลดปริมาตรฟองอากาศที่อุดตันหลอดเลือดแดงตามกฎของบอยล์ (Boyle's law) ที่ส่งผลให้ลดการกดเบียดเนื้อเยื่อและลดการขาดเลือด^{14,33} ภาวะออกซิเจนเกิน (Hyperoxia) จะทำให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนในฟองอากาศแตกต่างกับในเลือดเกิดการแพร่เข้าสู่ในเลือดลดขนาดของฟองอากาศ ดังนั้นจึงช่วยลดการอุดตันได้³⁴ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความเข้มข้นของออกซิเจนสำหรับเนื้อเยื่อที่ขาดเลือด ลดการบวมของสมอง³³ และลดการบาดเจ็บจากการไหลย้อนของเลือดภายหลังการขาดเลือดเฉพาะที่ (Ischemic reperfusion injury) โดยยับยั้งการจับตัวของเม็ดเลือดขาวที่เนื้อเยื่อบุโพรง (Endothelium) ที่บาดเจ็บ³⁴ ซึ่งการกลับมาของการไหลเวียนเลือดนี้ทำให้เกิดการอักเสบและเกิด Oxidative stress แม้วิถีโรคของผู้ป่วย AGE ส่วนหนึ่งจะดีขึ้นและหายได้เอง เนื่องจากฟองอากาศได้กระจายไปยังแขนงต่างๆ ของหลอดเลือดที่มีขนาดเล็กลง แต่พบบางรายมีแนวโน้มที่จะทรุดลงในเวลาต่อมา ทำให้การรักษาด้วยการเพิ่มความดันกลับยังได้รับคำแนะนำเนื่องจากผู้ป่วยส่วนหนึ่งที่มีการบาดเจ็บเหตุแรงดันของปอดอาจพบภาวะโพรงเยื่อหุ้มปอดมี

อากาศร่วมและอาจพัฒนาเป็นชนิดตึงเครียด (Tension pneumothorax) ในระหว่างการลดความดันในห้องปรับแรงดันบรรยากาศสูงจึงให้คำแนะนำว่าให้ใส่ท่อระบายทรวงอกก่อนนำเข้าโดยเฉพาะหากรักษาด้วยห้องปรับแรงดันบรรยากาศสูงชนิดเข้าได้คนเดียว (Monoplace chamber)

แนวทางปฏิบัติของกองทัพเรือสหรัฐอเมริกา แนะนำการรักษาด้วยการเพิ่มความดันกลับไปยังที่ระดับ 60 ฟุตน้ำทะเล หรือ 2.82 ATA (183.78 kPa) เริ่มการรักษาด้วยการหายใจด้วยออกซิเจนบริสุทธิ์แล้วประเมินเป็นระยะ รูปแบบการรักษานี้เป็นที่นิยมใช้ตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1970¹⁴ หากการประเมินที่ช่วง 20 นาทีแรก พบว่า ผู้ป่วยอาการดีขึ้นให้รักษาต่อด้วยตารางการรักษาของกองทัพเรือสหรัฐที่ 6 (USN Treatment Table 6) (ตามภาพที่ 1) หากอาการแย่ลงหรืออาการที่รุนแรงยังคงไม่ดีขึ้นให้เพิ่มความดันไปจนกว่าจะถึงความลึกที่อาการดีขึ้นแต่ไม่เกินระดับความลึก 165 ฟุตน้ำทะเล หรือ 6 ATA (505.39 kPa) สามารถปรับเปลี่ยนตาราง ระดับความลึกและยี่ระยะเวลาได้หากอาการไม่ดีขึ้นหรือแย่ลง แต่โดยมากตารางการรักษาที่ 6 สามารถตอบสนองความต้องการส่วนใหญ่ได้ เนื่องจากยังไม่มีหลักฐานว่าความลึกที่ลึกกว่า 60 ฟุตน้ำทะเลจะได้ประโยชน์เพิ่มขึ้นจึงไม่แนะนำทั่วไป หากเลือกใช้ควรเป็นหน่วยงานที่มีความชำนาญ ในระหว่างการรักษาควรให้สารน้ำต่อเนื้ออย่างเพียงพอ ให้มีปัสสาวะออก 0.5 - 1 มล.ต่อ กก.ต่อชั่วโมง ฝ้าสังเกตอาการของพิษออกซิเจนที่ความลึก เนื่องจากอาจพบอาการพิษออกซิเจนโดยเฉพาะอาการชัก หากเกิดให้ปฏิบัติตามแนวทางภายหลังเสร็จสิ้นการรักษาครั้งแรก หากยังมีอาการหลงเหลืออาจรักษาครั้งต่อไปด้วยตารางการรักษาด้วยออกซิเจนที่สั้นลงวันละครั้ง จนกระทั่งหายสนิท หรืออาการครั้งที่ 2 ครั้งต่อเนื่อง¹⁵ โดยปกติการรักษาส่วนใหญ่อยู่ที่ 1 - 2 ครั้ง แต่อาจมากถึง 5 - 10 ครั้งได้²⁶ ตารางการรักษาอื่นที่อาจมีการใช้ทดแทน ได้แก่ Royal Navy Table 62 (RN62)³⁵ ซึ่งคล้ายคลึงกับตารางที่ 6 พบรายงานว่

กว่าร้อยละ 80 ของการรักษาโดยการเพิ่มความดันกลับเริ่มต้นโดยใช้ตารางการรักษาเหล่านี้ ในขณะที่น้อยกว่าร้อยละ 1 ใช้ตารางการรักษาที่มีระดับ

ความลึกมากกว่าและอีกร้อยละ 8 ใช้ตารางการรักษาอื่นๆ³⁶



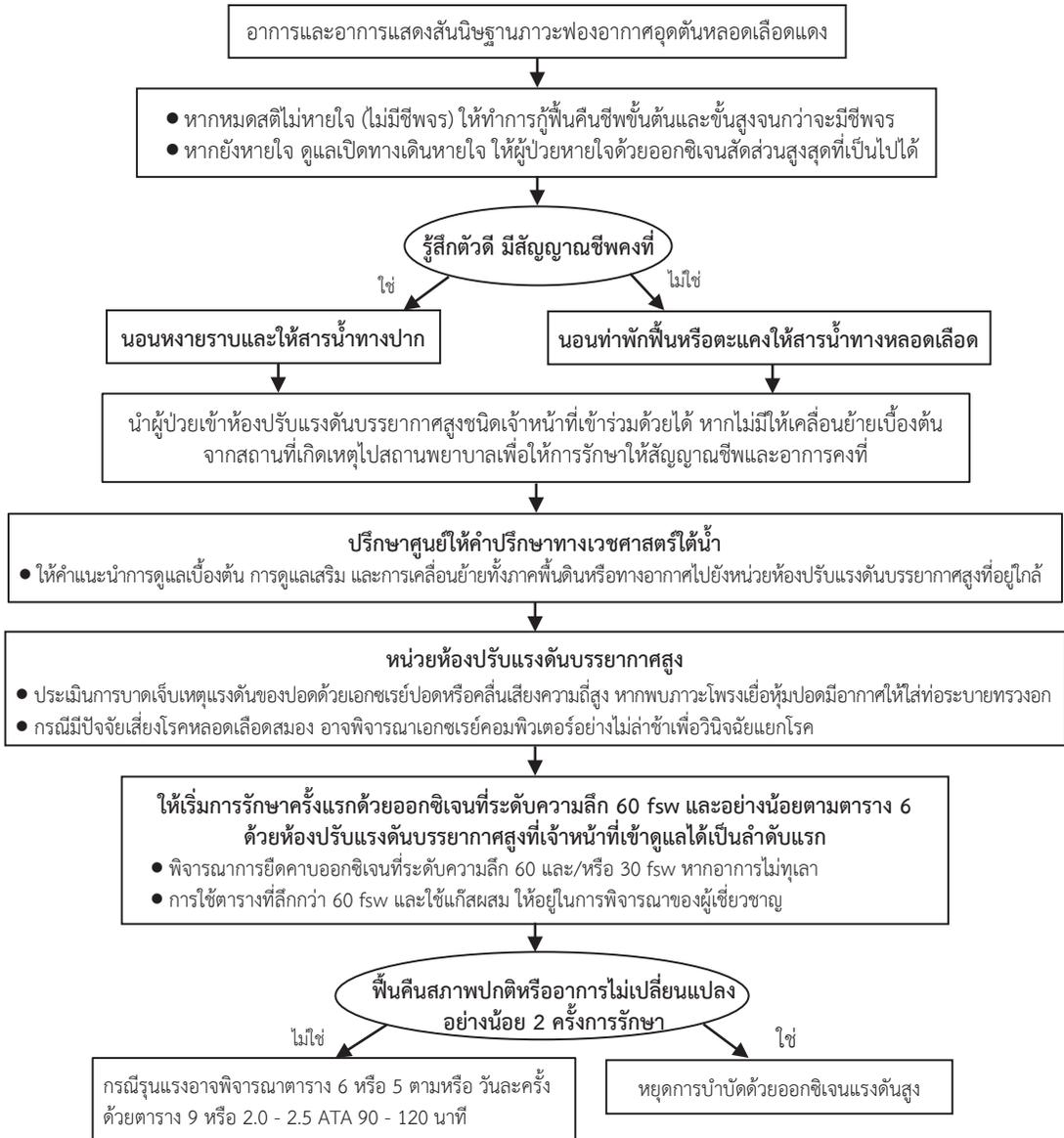
ภาพที่ 1 ตารางการรักษาที่ 6 ตามแนวทางปฏิบัติของกองทัพเรือสหรัฐ¹⁸

มีการใช้ตารางการรักษาที่มีระดับความลึกสูงสุดมากกว่า 60 ฟุตน้ำทะเล หรือ 2.82 ATA (183.78 kPa) และใช้แก๊สฮีเลียม-ออกซิเจนในการรักษา (เพื่อลดโอกาสเกิดพิษจากออกซิเจน) เช่น ตาราง COMEX 30 ของฝรั่งเศส ในการรักษาผู้ป่วยที่มีอาการทางระบบประสาทรุนแรงเนื่องจากการรักษาที่ระดับความลึก 2.8 ATA (183.78 kPa) อาจไม่เพียงพอให้ผู้ป่วยอาการดีขึ้นหรือในกรณีอาการรุนแรงคุกคามต่อชีวิตหรืออาการแย่ลงอย่างรวดเร็ว อาจพิจารณาใช้การรักษาได้แต่ไม่แนะนำในกรณีนำมาใช้ในการรักษาซ้ำเมื่อยังมีอาการหลงเหลือซึ่งมีหลักฐานว่ามีประสิทธิภาพ แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะนำมาใช้เป็นแนวทางการรักษาหลัก³⁶ และหากใช้ควรอยู่ในหน่วยงานที่มีความเชี่ยวชาญ การศึกษาในสัตว์ทดลอง พบว่าไม่ได้ประโยชน์เพิ่มเติมในการรักษาด้วยความดัน 3 atm (303.975 kPa) แต่พบการเปลี่ยนแปลงของฟองอากาศ แม้ในความลึกเพียง 2 atm (202.65 kPa) และการศึกษาหลากหลายงานวิจัยล่าสุดไม่พบประโยชน์ของการรักษาด้วยความดันเกินกว่า 2.8 atm³⁷ ข้อดีของตารางการรักษาที่ลึกและใช้แก๊สผสม คือ พยาบาลที่ดูแลภายในห้องปรับความดันบรรยากาศมี

ความเสี่ยงต่อโรคเหตุลดความดันอากาศ ภาวะออกซิเจนเป็นพิษ การง่วงซึมไนโตรเจน และเหนื่อยล้าจากตารางการรักษาที่ใช้เวลานาน

ชมรมเวชศาสตร์ใต้น้ำทะเลและความดันบรรยากาศสูง (Undersea and Hyperbaric Medical Society) แนะนำให้ใช้ตารางการรักษาของกองทัพเรือสหรัฐ 6 เช่นเดียวกันหรือตารางอื่นที่เทียบเท่า ในขณะที่เคยมีการปรับใช้ตารางที่ระยะเวลาสั้นกว่าในห้องปรับแรงดันบรรยากาศสูงแบบสำหรับคนเดียว (Monoplace chamber) ได้เป็นผลสำเร็จ²⁶

การรักษาด้วยห้องปรับแรงดันบรรยากาศสูงชนิดหลายคนย่อมดีกว่าห้องปรับแรงดันบรรยากาศสูงชนิดคนเดียว แต่สำหรับโรงพยาบาลที่มีเพียงห้องปรับแรงดันบรรยากาศสูงชนิดคนเดียวและการส่งต่อไปโรงพยาบาลที่มีห้องปรับแรงดันบรรยากาศสูงชนิดหลายคนนั้นใช้เวลานานและมีความเสี่ยงต่อผู้ป่วยนั้น ผู้เชี่ยวชาญให้ความเห็นนี้อาจพิจารณาใช้ห้องปรับแรงดันบรรยากาศสูงชนิดคนเดียวได้เนื่องจากการรักษาที่รวดเร็วได้ผลดีกว่าเสียเวลาส่งต่อผู้ป่วย ในเงื่อนไขที่ว่าโรงพยาบาลนั้นมีศักยภาพด้านอื่นๆ เพียงพอนอกเหนือจากเรื่องห้องปรับแรงดันบรรยากาศสูง³⁷



แผนภาพที่ 1 การรักษาผู้ป่วยภาวะฟองอากาศอุดตันหลอดเลือดแดง

การเพิ่มความดันกลับในน้ำ (In-water recompression) อาจถูกพิจารณาเป็นการรักษาแบบฉุกเฉินในกรณีอยู่ในพื้นที่ห่างไกลห้องปรับแรงดันบรรยากาศสูงไม่สามารถส่งต่อผู้ป่วยไปได้ทันเวลาภายใน 12 - 24 ชั่วโมง หากแต่ควรทำเฉพาะในนักดำน้ำและผู้ช่วยเหลือที่ผ่านการฝึกฝนและมีอุปกรณ์ที่เหมาะสมพร้อม และอาการไม่ดีขึ้นเมื่อหายใจด้วยออกซิเจนบริสุทธิ์ที่พื้นผิวเป็น

เวลา 30 นาที¹⁵ ความเสี่ยงที่สำคัญ คือ การชักจากภาวะออกซิเจนเป็นพิษใต้น้ำ และหากผู้ป่วยมีอาการรู้สึกหมุน (Vertigo) สูญเสียการได้ยิน หายใจลำบาก การรับรู้เปลี่ยนแปลง ภาวะกังวล ภาวะตัวเย็นเกิน (Hypothermia) หรือสัญญาณชีพไม่คงที่อาจเป็นสาเหตุทำให้จมน้ำเสียชีวิตได้³⁸ ในผู้ป่วยที่มีอาการฟองอากาศอุดตันหลอดเลือดแดง เช่น หมดสติ วิงเวียน แขนขาอ่อนแรง อาจมี

ความเสี่ยงมากกว่าได้รับประโยชน์³⁹ การเพิ่มความดันกลับในน้ำแนะนำที่ระดับความลึกไม่เกิน 30 ฟุตน้ำทะเล แนะนำให้ใช้หน้ากากคลุมเต็มหน้า (Full face mask) หมวกจ่ายอากาศจากด้านบนผิวน้ำ (Surface supplied helmet breathing apparatus) มากกว่าการใช้อุปกรณ์ดำน้ำแบบปากคาบ (Regular scuba mouthpiece)

การรักษาเสริม (Adjunctive therapy)

Lidocaine ช่วยลดการบาดเจ็บของสมองในระยะเฉียบพลัน มีการศึกษาในสัตว์ทดลองสนับสนุน อาจพิจารณาให้ในกรณีค่อนข้างมั่นใจว่าผู้ป่วยเกิดภาวะฟองอากาศอุดตันหลอดเลือดแดง (หลักฐาน Class IIa level B)²⁶ วิธีใช้ คือ 1 mg/kg loading dose ใน 5 นาที ตามด้วย 240 mg ใน 1 ชั่วโมง 120 mg ในชั่วโมงที่ 2 และ 60 mg/hr 24 - 48 ชั่วโมง แต่ยังไม่ใช่นิยามมาตรฐาน³² **Low Molecular Weight Heparin** แนะนำให้ในผู้ป่วยฟองอากาศอุดตันหลอดเลือดแดง เฉพาะรายที่ขาอ่อนแรงไม่สามารถเคลื่อนไหวได้ โดยเฉพาะใน 24 ชั่วโมงแรก เพื่อลดโอกาสเกิดลิ่มเลือดอุดตันหลอดเลือดดำ (Deep vein thrombosis) และ ลิ่มเลือดอุดตันในปอด (Pulmonary embolism) โดยให้เป็น Enoxaparin 30 mg. ทุก 12 ชั่วโมงฉีดใต้ชั้นผิวหนังเร็วที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ (หลักฐาน Class IIb level C)²⁶ ไม่แนะนำให้ใช้ Anticoagulants อื่น (หลักฐาน Class IIb level C) **Aspirin** และ **Non-steroidal drugs** ไม่แนะนำให้ใช้ในผู้ป่วยฟองอากาศอุดตันหลอดเลือดแดง (หลักฐาน Class IIb level C)²⁶ **Steroids** ไม่แนะนำให้ใช้เนื่องจากไม่พบว่าช่วยลดอาการหลงเหลือของระบบประสาท แต่อาจทำให้ผลการรักษาการบาดเจ็บทางระบบประสาทแย่ลง (หลักฐาน Class III level C)²⁶ **การดูแลความดันโลหิต** ความดันโลหิตที่ต่ำหรือสูง ส่งผลต่อการบาดเจ็บของสมอง ควรควบคุมระดับความดันโลหิตให้ปกติ (Normotension) **การช่วยหายใจ**

เนื่องจากผู้ป่วยอาจมีภาวะสมองบวมและความดันในกะโหลกศีรษะสูง มีคำแนะนำให้ทำภาวะระบายลมหายใจเกิน (Hyperventilation) เพื่อช่วยลดความดันในสมองทำให้เลือดไปเลี้ยงสมองมากขึ้น แต่มีการศึกษาพบว่า ไม่ช่วยให้เลือดไปเลี้ยงสมองมากขึ้น และในสัตว์ทดลองยังทำให้ระดับน้ำตาลในสมองต่ำและปริมาณแลคเตทในสมองสูง ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงการทำภาวะระบายลมหายใจเกิน⁴⁰ ค่า pCO₂ ที่เหมาะสม (Isocapnia) คือ 20 - 35 mmHg หลีกเลี่ยงการใช้ PEEP เนื่องจากทำให้เนื้อเยื่อปอดได้รับบาดเจ็บเพิ่มเติม²²

ผลการรักษา (Outcome)

ภายหลังเกิด AGE ผู้ป่วยร้อยละ 5 เสียชีวิตทันทีในที่เกิดเหตุ ในขณะที่อีกร้อยละ 5 เสียชีวิตที่โรงพยาบาล แต่ในผู้ป่วยร้อยละ 90 ที่รอดชีวิตสามารถหายเป็นปกติหรือใกล้เคียงปกติได้ร้อยละ 50 - 75⁷ ระยะเวลา ภายหลังอาการเริ่มแรกถึงระยะเวลาที่เข้ารับการรักษาด้วยห้องปรับแรงดันบรรยากาศสูงครั้งแรกส่งผลต่อผลการรักษา การรักษาโดยเร็วที่สุด เช่น มีห้องปรับแรงดันบรรยากาศสูงอยู่ในสถานีดำนํ้าส่งผลให้ผลการรักษาดี ข้อมูลของกองทัพสหรัฐ พบว่าการเพิ่มความดันกลับทันทีในโรคจากการลดความดันอากาศมีประสิทธิภาพทำให้หายสนิทได้ร้อยละ 97 ในการรักษาครั้งแรก หากแต่ทางพลเรือนจะมีความล่าช้า แต่พบได้ถึงร้อยละ 80 จากข้อมูลการศึกษาเฉพาะของภาวะฟองอากาศอุดตันหลอดเลือดแดงจากหัตถการ พบว่า หากได้รับการรักษาภายใน 8 ชั่วโมงจะมีผลการรักษาที่ดีและประมาณร้อยละ 80 หายเป็นปกติ เมื่อเทียบกับไม่ได้รับการรักษา (ร้อยละ 25) ในขณะที่การรักษาภายใน 2 - 12 ชั่วโมงไม่พบผลลัพธ์ทางระบบประสาทที่แตกต่างกัน⁷ และแม้ว่าล่าช้าเกินกว่า 24 ชั่วโมงก็ยังมีประสิทธิภาพ²⁷ มีรายงาน



ผู้ป่วยภาวะฟองอากาศอุดตันหลอดเลือดแดงที่เกี่ยวข้องจากการดำน้ำที่มีอาการวิกฤตและล่าช้าในรักษาด้วยการเพิ่มความดันกลับแรกถึง 6 วันแล้วสามารถกลับมาคุณภาพชีวิตที่ดีได้⁴¹ พบรายงานผู้ป่วยที่ได้รับการวินิจฉัยและรักษาล่าช้าถึง 6 เดือนยังได้ประโยชน์ในการรักษาด้วยการเพิ่มความดันกลับ⁴² ในขณะที่มีผู้ป่วยส่วนน้อยที่มีอาการหลงเหลือภายหลังการรักษา อาการที่หลงเหลือเป็นอาการทางระบบประสาทเพียงเล็กน้อยที่อาจไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิต ได้แก่ ปัสสาวะลำบาก (Urinary hesitancy) ชาอ่อนแรงเล็กน้อย และการรับรู้ความรู้สึกที่ขาดลงเล็กน้อย³³

การปรึกษาศุนย์เวชศาสตร์ใต้น้ำที่มีความเชี่ยวชาญเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ผลลัพธ์การรักษาดีขึ้น สามารถช่วยในการประเมินและให้คำแนะนำด้านการรักษาเบื้องต้นรวมถึงแนะนำวิธีเคลื่อนย้ายเฉพาะรายที่จำเป็นต้องไปรักษาต่อในสถานพยาบาลที่มีห้องปรับแรงดันบรรยากาศสูง จึงเป็นการลดความล่าช้าในการรักษาและประหยัดค่าใช้จ่ายในการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโดยไม่จำเป็น⁴³

การกลับไปดำน้ำหลังการรักษา (Return to dive) ควรอยู่ในการพิจารณาของแพทย์เวชศาสตร์ใต้น้ำที่มีความชำนาญโดยคำนึงถึงโอกาสในการเกิดซ้ำ แต่ยังไม่มียุทธศาสตร์ที่สามารถสรุปได้ว่ากรณีที่เคยมีภาวะฟองอากาศอุดตันหลอดเลือดแดงเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดซ้ำเว้นแต่พบว่าสาเหตุเกิดจากพยาธิสภาพในปอด ในรายที่มีอาการหลงเหลือทางระบบประสาทส่วนมากจะไม่สนับสนุนให้กลับไปดำน้ำ โดยเฉพาะในรายที่มีอาการทางระบบประสาทรุนแรงกว่า การกลับไปดำน้ำหลังการรักษาจึงอาศัยข้อตกลงร่วมขององค์กรที่เกี่ยวข้องและความเห็นร่วมกันของผู้เชี่ยวชาญมากกว่า หลักฐานทางวิทยาศาสตร์⁴⁴ แนวทางปฏิบัติของกองทัพเรือสหรัฐแนะนำให้กลับดำน้ำสามารถกลับไปดำน้ำได้ 1 เดือนหลังการรักษาภายใต้การทบทวนของแพทย์เวชศาสตร์ใต้น้ำ โดยไม่มีอาการหลงเหลือ

และผลตรวจสมองด้วย เอ็มอาร์ไอภายใน 7 วัน หลังเกิดเหตุการณ์เป็นปกติ⁴⁵ อย่างไรก็ตามยังไม่มีหลักฐานแน่ชัดที่จะสนับสนุนระยะเวลาห้ามกลับไปดำน้ำว่านานเท่าใดหลังการรักษา⁴⁶ ในรายที่มีการบาดเจ็บเหตุแรงดันของปอดร่วมควรได้รับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ความคมชัดสูง (High-resolution CT) ของทรวงอกเพื่อประเมินพยาธิสภาพของปอดและไม่ควรกลับไปดำน้ำเร็วกว่า 3 เดือน⁴⁴

การป้องกัน (Prevention)

การป้องกันสามารถกระทำได้โดยคัดเลือกนักดำน้ำ ผู้เข้ารับการศึกษาหนีภัยจากเรือดำน้ำให้มีสมรรถนะสุขภาพที่เหมาะสม ปราศจากโรคที่มีพยาธิสภาพของระบบทางเดินหายใจและปอดที่จะเป็นสาเหตุให้เกิด เช่น กลุ่มผู้มีความเสี่ยงต่อการเกิดการบาดเจ็บเหตุแรงดันของปอด ได้แก่ ผู้ที่มีโรคปอดเรื้อรัง ผู้มีประวัติภาวะโพรงเยื่อหุ้มปอดมีอากาศชนิดเกิดเอง (Spontaneous pneumothorax) การบาดเจ็บทรวงอกจากการโดนแทง (Penetrating chest injury) มีประวัติผ่าตัดทรวงอกแบบเปิด มีพยาธิสภาพที่ปอดที่ส่งผลต่อความยืดหยุ่นปอดและโรคทางเดินหายใจอุดกั้น (เช่น โรคหอบหืด โรคหลอดลมอักเสบ)⁴⁷ โรคหืดและประวัติโรคที่เกิดหลังอายุ 13 ปี กองทัพเรือสหรัฐพิจารณาไม่ให้เป็นนักดำน้ำทางทหาร การผ่อนผันในภาวะโพรงเยื่อหุ้มปอดมีอากาศ ชนิดจากการบาดเจ็บ (Traumatic pneumothorax) ประวัติการบาดเจ็บเหตุแรงดันของปอด และอื่นๆ ควรให้อยู่ในการพิจารณาของแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ การตรวจสมรรถนะสุขภาพของนักดำน้ำจึงมีความสำคัญ⁴⁸ โดยเฉพาะนักดำน้ำอาชีพที่มีการตรวจสมรรถภาพการทำงานปอดเพื่อมุ่งหาความผิดปกติที่จะเกิดการบาดเจ็บเหตุแรงดันของปอดดังกล่าว นอกจากนี้ควรปฏิบัติตามหลักความปลอดภัยของนักดำน้ำ ไม่กลั้นหายใจขณะดำขึ้นสู่ผิวน้ำหรือขึ้นสู่ผิวน้ำอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะเมื่อทำการว่ายน้ำขึ้นสู่ผิวน้ำฉุกเฉิน

(Emergency swimming ascent) ในการฝึกหรือเหตุจริงในสถานการณ์อากาศหมดให้พยายามหายใจออกอย่างต่อเนื่องระหว่างการขึ้นสู่ผิวน้ำ

บทสรุป

ภาวะฟองอากาศอุดตันหลอดเลือดแดงที่เกี่ยวข้องจากการดำน้ำพบเป็นสาเหตุสำคัญของการเสียชีวิตในนักดำน้ำ อาการและอาการแสดงเกิดขึ้นอย่างรุนแรงและรวดเร็วทันทีขณะขึ้นสู่ผิวน้ำหรือหลังถึงผิวน้ำ ผู้ป่วยควรได้รับการรักษาเบื้องต้นอย่างถูกต้องและปรึกษาผู้เชี่ยวชาญเพื่อเคลื่อนย้ายไปรักษาด้วยการเพิ่มความดัน

กลับในห้องปรับแรงดันบรรยากาศสูงซึ่งเป็นการรักษามาตรฐานของภาวะฟองอากาศอุดตันหลอดเลือดแดงอย่างรวดเร็วที่สุดเนื่องจากส่งผลต่อผลลัพธ์การรักษา นิยมใช้ตารางการรักษาของกองทัพเรือสหรัฐตารางที่ 6 อาจปรับยืดคาบเวลาที่ระดับความลึกได้ตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ หลังหายเป็นปกติผู้ป่วยสามารถกลับไปดำน้ำได้ตามแต่ละกรณี อย่างไรก็ตามควรปฏิบัติตามมาตรการป้องกันเพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะฟองอากาศอุดตันหลอดเลือดแดงที่เกี่ยวข้องจากการดำน้ำ

เอกสารอ้างอิง

1. Bralow LM, Piehl M. Barotrauma and arterial gas embolism: a diving emergencies simulation case for emergency medicine residents. *MedEdPORTAL* 2018;14(1):1-6.
2. Casadesús JM, Nieto-Moragas J, Serrando MT, Boadas-Vaello P, Carrera A, Aguirre F, et al. Pulmonary barotrauma in SCUBA diving-related fatalities: a histological and histomorphometric analysis. *Forensic Sci Med Pathol* 2023 Jan 27. doi: 10.1007/s12024-022-00567-1.
3. Edgar M, Franco MA, Dainer HM. Case series of arterial gas embolism incidents in U.S. Navy Pressurized Submarine Escape Training from 2018 to 2019. *Mil Med* 2021;186(5-6):e613-8.
4. Moon RE. Hyperbaric treatment of air or gas embolism: current recommendations. *Undersea Hyperb Med* 2019;46(5):673-83.
5. Beevor H, Frawley G. Iatrogenic cerebral gas embolism: analysis of the presentation, management and outcomes of patients referred to the Alfred Hospital Hyperbaric Unit. *Diving Hyperb Med* 2016;46(1):15-21.
6. Balldin UI, Pilmanis AA, Webb JT. Central nervous system decompression sickness and venous gas emboli in hypobaric conditions. *Aviat Space Environ Med* 2004;75(11):969-72.
7. Tom S. Neuman AOB. Arterial gas embolism and pulmonary barotrauma. In: Brubakk A, Neuman T. Bennett and Elliott's physiology and medicine of diving. 5th ed. Cornwall: Saunders; 2003. p. 557-73.
8. Elliott DH, Harrison JAB, Barnard EEP. Clinical and radiological features of 88 cases of decompression barotrauma. *Federation of American Societies for Experimental Biology* 1978;6:527-35.

9. Smith RM, Van Hoesen KB, Neuman TS. Arterial gas embolism and hemoconcentration. *J Emerg Med* 1994;12(2):147-53.
10. Lindblom U, Tosterud C. Pulmonary barotrauma with cerebral arterial gas embolism from a depth of 0.75-1.2 metres of fresh water or less: a case report. *Diving Hyperb Med* 2021;51(2):224-6.
11. Hampson NB, Moon RE. Arterial gas embolism breathing compressed air in 1.2 metres of water. *Diving Hyperb Med* 2020;50(3):292-94.
12. Vann RD, Butler FK, Mitchell SJ, Moon RE. Decompression illness. *Lancet* 2011;377(9760):153-64.
13. Weiss LD, Van Meter KW. Cerebral air embolism in asthmatic scuba divers in a swimming pool. *Chest* 1995;107(6):1653-4.
14. Mitchell SJ, Bennett MH, Moon RE. Decompression sickness and arterial gas embolism. *N Engl J Med* 2022;386(13):1254-64.
15. U.S. Navy. U.S. Navy diving manual revision 7A. Washington, D.C: Government Printing Office; 2018.
16. Sadler C, Latham E, Hollidge M, Boni B, Brett K. Delayed hyperbaric oxygen therapy for severe arterial gas embolism following scuba diving: a case report. *Undersea Hyperb Med* 2019;46(2):197-202.
17. Leitch DR, Green RD. Pulmonary barotrauma in divers and the treatment of cerebral arterial gas embolism. *Aviat Space Environ Med* 1986;57(10 Pt 1):931-8.
18. Thanasawat C. Underwater medicine: principles and practice. Bangkok: Netikul Press; 2022. p. 630. (in Thai).
19. Risberg J. Pulmonary barotrauma after helicopter underwater escape training. *Diving Hyperb Med* 2021;51(4):384-5.
20. 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(5):792-8.
21. Stephenson J. Pathophysiology, treatment and aeromedical retrieval of SCUBA – related DCI. *JMVH* 2009;17(3):10-9.
22. Rusoke-Dierich O. Diving medicine. Switzerland: Springer; 2018. p. 215.
23. Satreerat K, Thanasawat C. Diving related neurapraxia. *Royal Thai Navy Medical Journal* 2022;49(1):212-22.
24. Smith RM, Neuman TS. Elevation of serum creatine kinase in divers with arterial gas embolization. *N Engl J Med* 1994;330(1):19-24.
25. Ozdoba C, Weis J, Plattner T, Dimhofer R, Yen K. Fatal scuba diving incident with massive gas embolism in cerebral and spinal arteries. *Neuroradiology* 2005;47(6):411-6.
26. Moon RE. Hyperbaric oxygen therapy indication. 14th ed. Florida: Best Publishing; 2019.
27. Alexander AM, Martin N. Arterial gas embolism. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022.



28. Casadesús JM, Aguirre F, Carrera A, Boadas-Vaello P, Serrando MT, Reina F. Diagnosis of arterial gas embolism in SCUBA diving: modification suggestion of autopsy techniques and experience in eight cases. *Forensic Sci Med Pathol* 2018;14(1):18-25.
29. Andre S, Lehot H, Morin J, Louge P, de Maistre S, Roffi R, et al. Influence of prehospital management on the outcome of spinal cord decompression sickness in scuba divers. *Emerg Med J* 2022;39(10):747-52.
30. 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(1):43-9.
31. Oh SH, Kang HD, Jung SK, Choi S. Implementation of targeted temperature management in a patient with cerebral arterial gas embolism. *Ther Hypothermia Temp Manag* 2018;8(3):176-80.
32. Edmonds C, Bennett M, Lippmann J, Mitchell S. *Diving and subaquatic medicine*. 5th ed. Florida: CRC Press; 2016.
33. Trytko BE, Bennett MH. Arterial gas embolism: a review of cases at Prince of Wales Hospital, Sydney, 1996 to 2006. *Anaesth Intensive Care* 2008;36(1):60-4.
34. Malik N, Claus PL, Illman JE, Kligerman SJ, Moynagh MR, Levin DL, et al. Air embolism: diagnosis and management. *Future Cardiol* 2017;13(4):365-78.
35. Midlands Diving Chamber. Royal Navy treatment table 62. [Internet]. [cited 2023 March 18]. Available from: <https://midlandsdivingchamber.co.uk/index.php?id=theory&page=2>.
36. Bennett MH, Mitchell SJ, Young D, King D. The use of deep tables in the treatment of decompression illness: the Hyperbaric Technicians and Nurses Association 2011 workshop. *Diving Hyperb Med* 2012;42(3):171-80.
37. Clarke R. Monoplace chamber treatment of decompression illness: review and commentary. *Diving Hyperb Med* 2020;50(3):264-72.
38. Denoble PJ, Bird N, Chimiak J, editors. Treatment of decompression illness in recreational diving. [Internet]. [cited 2023 March 18]. Available from: <https://world.dan.org/wp-content/uploads/2021/08/2019-pre-course-proceedings-web.pdf>.
39. Undersea and Hyperbaric Medical Society. UHMS best practice guidelines prevention and treatment of decompression sickness and arterial gas embolism. 2011. [Internet]. [cited 2023 March 18]. Available from: https://www.uhms.org/images/DCS-AGE-Committee/dcsandage_prevandmgt_uhms-fi.pdf.
40. Moon RE. Adjunctive therapy for decompression illness: a review and update. *Diving Hyperb Med* 2009;39(2):81-7.
41. Perez MF, Perez JVO, Serrano AR, Andal MP, Aldover MC. Delayed hyperbaric intervention in life-threatening decompression illness. *Diving Hyperb Med* 2017;47(4):257-9.

42. Rattanawiwatpong P. Case report: an accidental finding of arterial gas embolism in rescue diver for six month delay. Thai Underwater Medicine Journal 2011;5(2):18-20. (in Thai)
43. Steffensmeier D, Albrecht R, Wendling J, Melliger R, Spahn DR, Stein P, et al. Specialist advice may improve patient selection for decompression therapy following diving accidents: a retrospective observational study. Scand J Trauma Resusc Emerg Med 2017;25(1):101.
44. The Diving Medical Advisory Committee. Fitness to return to diving after decompression illness. [Internet]. [cited 2023 January 24]. Available from: <https://www.dmac-diving.org/guidance/DMAC13.pdf>.
45. Manual of the Medical Department (MANMED). Physical examinations and standards article 15-102. U.S. [Internet]. [cited 2023 March 18]. Available from: <https://www.med.navy.mil/Directives/MANMED/>.
46. Treatment of Decompression Illness in Recreational Diving: Differences in Current Treatment Practices and Possible Reconciliation. [Internet]. [cited 2023 March 18]. Available from: <https://world.dan.org/wp-content/uploads/2021/08/2019-pre-course-proceedings-web.pdf>.
47. South Pacific Underwater Medicine Society (SPUMS). Guidelines on medical risk assessment for recreational diving. 5th ed. Melbourne: SPUMS; 2020.
48. Poolpol P, Sithisarankul P. Effect of hyperbaric environment on pulmonary function in professional divers. Royal Thai Navy Medical Journal 2018;45(3):632-44. (in Thai)