

ภาวะฟองอากาศในหลอดเลือดดำ (Venous air embolism)

อาทิตยา สุวรรณประทีป พ.บ.*,
อรุโณทัย ศิริอัสวกุล พ.บ.**,
ภูริพงศ์ ทรงอาจ พ.บ.**

Abstract: Venous air embolism

Suwanpratheap A, M.D.*, Siriussawakul A, M.D.** Songarj P, M.D.**

*Division of Anesthesiology, Suratthani Hospital, Thailand

**Department of Anesthesiology, Faculty of Medicine, Siriraj Hospital, Mahidol University, Bangkok 10700, Thailand.

Most reports on the topic of venous air embolism (VAE) primarily deal with neurosur-gical procedures, particularly in the sitting position. Strong emphasis should be placed on some iatrogenic events which caused the highest median payment and a rate of 100% payment-per-claim in United States of America. The morbidity and mortality rates from VAE are determined by the volume of air entrained, the type of gas injected, the rate of entrainment and the

patient's status. In patients with a high index of clinical suspicion of VAE, prompt diagnosis and rapid therapy initiation is necessary. This review will highlight the pathophysiology, clinical features, surgical procedures and interventions associated VAE, detection and management of VAE.

Keywords: venous air embolism

Thai J Anesthesiology 2013; 39(2):137-150.

*กลุ่มงานวิสัญญีวิทยา โรงพยาบาลศูนย์สุราษฎร์ธานี อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี 84000

**ภาควิชาวิสัญญีวิทยา คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลศิริราช มหาวิทยาลัยมหิดล 10700

บทนำ

ภาวะฟองอากาศในหลอดเลือดดำ¹ คือภาวะที่มีอากาศหรือฟองอากาศจากก๊าซที่ใช้ในการผ่าตัดผ่านเข้าสู่หลอดเลือดดำแล้วทำให้เกิดอาการ และอาการแสดงของการอุดตันของหลอดเลือดที่เข้าสู่ปอดและหรือหลอดเลือดแดงที่ไปเลี้ยงอวัยวะที่สำคัญในกรณีที่มีผู้ป่วยมีรูเปิดที่ผนังกั้นหัวใจด้านบน (patent foramen ovale) ซึ่งพบได้มากถึง 25% - 35% ในประชากรทั่วไป²⁻⁴ ฟองอากาศที่เกิดจะผ่านเข้าสู่หัวใจห้องบนซ้ายและหลอดเลือดแดงที่ไปเลี้ยงสมองและหัวใจได้ (Arterial air embolism: AAE)

ข้อมูลทางการแพทย์สมัยใหม่พบว่า การรักษาบาดแผลขนาดใหญ่ ตำแหน่งผ่าตัดที่อยู่สูงกว่าหัวใจด้านขวา รวมไปถึงการให้สารน้ำทางหลอดเลือดดำที่มีฟองอากาศหลุดลอดเข้าสู่กระแสเลือดอาจนำไปสู่การเกิดภาวะแทรกซ้อนที่เรียกว่า “ภาวะฟองอากาศในหลอดเลือดดำ” (venous air embolism: VAE) ภาวะนี้อาจเกิดได้จากการกระทำของผู้ให้การรักษาพยาบาล (iatrogenic complication) หรือเกิดจากการปรับเปลี่ยนของแรงดันบรรยากาศอย่างรวดเร็ว เช่น ในการดำน้ำลึกหรือการอยู่ในสภาวะไร้น้ำหนัก Amussat และ Senn⁵ ได้บรรยายถึงลักษณะอาการสาเหตุ การรักษารวมถึงการป้องกันภาวะนี้จากจำนวนผู้ป่วยประมาณ 250 รายตั้งแต่ปี ค.ศ. 1839 ภาวะนี้ถูกเน้นย้ำความสำคัญโดยได้นำมาเสนอซ้ำใหม่ใน Classic Papers Revisited ของวารสาร Anesthesiology ฉบับเดือนกันยายน ค.ศ. 2011

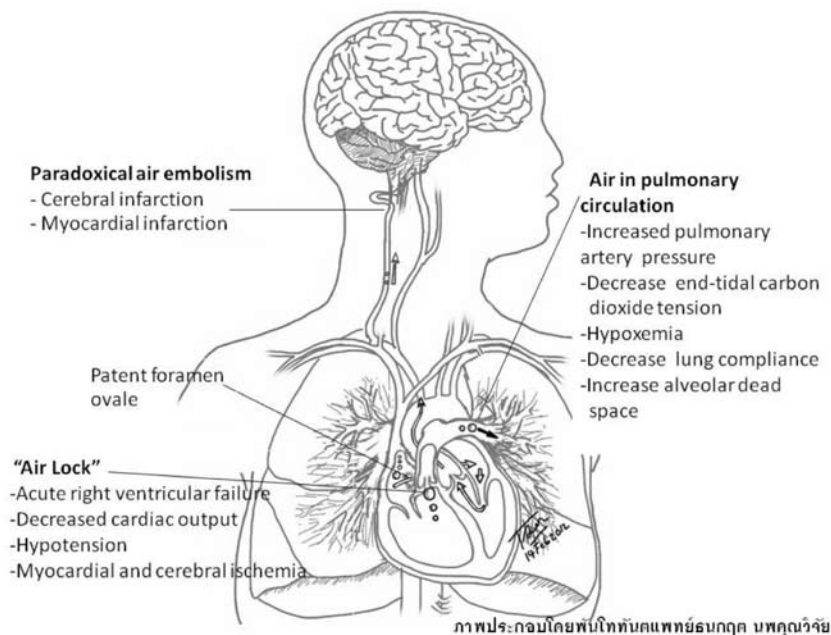
พยาธิสรีรวิทยาของการเกิดภาวะฟองอากาศในหลอดเลือดดำ

ฟองอากาศปริมาณน้อย ๆ ที่หลุดเข้าไปใน

หลอดเลือดดำจะเข้าสู่เส้นเลือดขนาดเล็กในปอด (pulmonary arteriole) แล้วถูกดูดซึมไปภายในช่วงเวลา 60 วินาทีถึง 30 นาทีโดยอาจไม่แสดงอาการผิดปกติใด ๆ แต่ทั้งนี้ความรุนแรงของการเกิดภาวะฟองอากาศในหลอดเลือดดำขึ้นกับปัจจัยหลักสองประการ⁶ คือ ปริมาณและอัตราเร็วของฟองอากาศที่ไหลเข้าไปสะสมในระบบไหลเวียนเลือด Tounge และคณะรายงานว่า การฉีดฟองอากาศปริมาณ 200 มล. เข้าไปในหัวใจจะทำให้ผู้ป่วย เสียชีวิตทันที⁷ หากฟองอากาศปริมาณมากเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ร่างกายจะมีเวลาเพียงพอในการกำจัดฟองอากาศออกไป Hybels⁸ ได้ทำการทดลองในสุนัขพบว่า ฟองอากาศ 1,400 มล. ที่ค่อยๆ เพิ่มขึ้นโดยใช้เวลาหลายชั่วโมงไม่ทำให้สุนัขเสียชีวิต สำหรับรายงานในสัตว์ทดลองที่เกี่ยวข้องกับอัตราเร็วของการเกิดฟองอากาศพบว่า การฉีดฟองอากาศมากกว่า 200 มล. เข้าสู่หลอดเลือดดำของสุนัขอย่างรวดเร็ว (bolus) จะตรวจพบ mill - wheel murmur เกิด ventricular tachycardia และเสียชีวิต ส่วนการเกิดฟองอากาศจากการฉีดช้า ๆ (infusion) จะทำให้สัตว์ทดลองเสียชีวิตเมื่ออัตราเร็วของการเกิดฟองอากาศมากกว่า 1.8 มล./กก./นาที ในปัจจุบันยังไม่มีตัวเลขที่แน่นอนในคน แต่มีรายงานของ Flanagan และคณะ⁹ แสดงให้เห็นว่า อัตราเร็วของฟองอากาศที่เกิดขึ้น 100 มล.ต่อวินาทีจะเป็นสาเหตุให้ผู้ป่วยที่อยู่ในภาวะพร่องน้ำเสียชีวิตได้ภายใน 5 นาที ความรุนแรงของการเกิดภาวะฟองอากาศในหลอดเลือดดำยังขึ้นกับชนิดของก๊าซที่เข้าสู่หลอดเลือดอีกด้วย เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีความปลอดภัยมากกว่าก๊าซไนโตรเจนเมื่อใช้ในการผ่าตัดส่องกล้องเนื่องจากสามารถละลายในเลือดได้ดีกว่าก๊าซไนโตรเจนถึง 25 เท่า¹⁰

ฟองอากาศที่ไหลเข้าสู่หลอดเลือดปอดจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเส้นหลอดเลือดปอด โดยเกิดช่องว่างระหว่าง endothelial cell และมีการทำลายผนังเส้นหลอดเลือด อาจเกิดจากการหลั่ง superoxide จากการกระตุ้นของ neutrophil เกิดการซึมผ่านของโปรตีนและน้ำเหลืองเข้าสู่เนื้อปอด ฟองอากาศที่อยู่ในหลอดเลือดจะกระตุ้น fibrin เกิดลิ่มเลือด เม็ดเลือดแดงและไขมันให้มาเกาะกลุ่มบริเวณ endothelial cell ทำให้เกิดการอุดตันของเส้นเลือด ความดันในหลอดเลือดปอดสูงขึ้นเกิด interstitial edema

และความต้านทานในทางเดินหายใจเพิ่มขึ้น ในกรณีที่มีฟองอากาศปริมาณมากอาจเกิดภาวะ air - lock ในหัวใจห้องล่างขวา เกิดการอุดตันของระบบไหลเวียน ทำให้หัวใจห้องล่างขวาล้มเหลวเฉียบพลันและเกิดภาวะหัวใจขาดเลือดได้ ในผู้ป่วยที่มี patent foramen ovale ฟองอากาศสามารถผ่านไปสูหัวใจห้องซ้ายเกิด systemic embolism ซึ่งฟองอากาศปริมาณเพียง 0.05 มล. สามารถทำให้เกิดภาวะกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือดหรือเกิดความผิดปกติของสมองได้ (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 พยาธิสรีรวิทยาของการเกิดฟองอากาศในอวัยวะต่าง ๆ

อาการและอาการแสดงทางคลินิก

จะพบการเปลี่ยนแปลงได้ทั้งระบบไหลเวียนเลือด การแลกเปลี่ยนก๊าซในปอดและระบบประสาท^{2, 6, 11} ในผู้ป่วยที่รู้สึกตัวดีอาจมีอาการหายใจเหนื่อยขึ้นมาทันทีทันใด เจ็บหน้าอก หลอดลมหดรัดเกร็ง มีอาการสับสน หมดสติและ

ระบบไหลเวียนเลือดล้มเหลว สำหรับผู้ป่วยที่ได้รับการระงับความรู้สึก ความผิดปกติที่ตรวจพบจะขึ้นกับปริมาณและอัตราเร็วของฟองอากาศที่ไหลเข้าไปสะสมในระบบไหลเวียนเลือด¹² ดังแสดงในตารางที่ 1

Table 1 Signs and symptoms of VAE

Acute amount of air	Signs and symptoms
< 0.5 mL/kg	Decreased end - tidal carbon dioxide Decreased arterial oxygen saturation Increased airway pressures Adventitious sounds (rales, wheezing)
0.5 - 2.0 mL/kg	Pulmonary hypertension Bronchoconstriction Right heart strain ST changes, peak P waves Jugular venous distension Myocardial ischemia Hypotension
> 2.0 mL/kg	Right heart failure, cardiovascular collapse “Mill - Wheel” murmur

ชนิดของการผ่าตัดและภาวะที่สัมพันธ์กับการเกิดภาวะฟองอากาศในหลอดเลือดดำ

ความแตกต่างระหว่างความดันของหลอดเลือดดำที่เปิดสู่บรรยากาศกับระบบไหลเวียนเลือดอาจทำให้เกิดภาวะฟองอากาศในหลอดเลือดดำได้ โดยเฉพาะหากบริเวณหลอดเลือดที่ลักษณะอยู่สูงกว่าตำแหน่งหัวใจ มีรายงานการเกิดภาวะฟองอากาศในหลอดเลือดดำจากการผ่าตัดและการบาดเจ็บหลายชนิด เช่น การผ่าตัดสมองในท่านั่งซึ่งตำแหน่งที่ผ่าตัดอยู่สูงกว่าหัวใจห้องบนขวามากกว่า 5 ซม. หลอดเลือดดำขนาดใหญ่

ที่ลักษณะมีความดันเป็นลบเมื่อเทียบกับความดันบรรยากาศทำให้ฟองอากาศสามารถเข้าสู่ระบบไหลเวียนเลือดได้ โดยอุบัติการณ์ของภาวะนี้พบได้ตั้งแต่ร้อยละ 10 - 80^{13 - 16} นอกจากนี้ยังมีรายงานในการผ่าตัดอื่น ๆ ดังสรุปไว้ในตารางที่ 2 ได้แก่ การผ่าตัดหัวใจ¹⁷ การผ่าตัดศัลยกรรมออร์โธปิดิกส์¹⁸ การผ่าตัดศัลยกรรมช่องท้อง¹⁹ การผ่าตัดตา หู คอ จมูก²⁰ การผ่าตัดส่องกล้องทางนรีเวช ช่องท้อง ข้อไหล่^{21 - 25} และการกระแทกหรือถูกแทงที่ทรวงอก^{26 - 27}

Table 2 Surgical procedures associated VAE

Procedure	References	Incidence (%)
Neurosurgery	Domaingue	43
Sitting position craniotomies	Dilmen <i>et al.</i>	adult 26.3 pediatric 20.4
Craniosynostosis repair	Faberowski <i>et al.</i>	82.6
Cardiac surgery	Abu - Omar <i>et al.</i>	12-28
Orthopedic surgery		
Hip replacement	Spieß <i>et al.</i>	57
Arthroscopy	Faure <i>et al.</i> , Hegde	-
Laparoscopic gynecologic procedures	Kim <i>et al.</i>	37.5
Otolaryngology procedures	Ledowski <i>et al.</i>	-
Abdominal surgery	Derouin <i>et al.</i> , Olmedilla <i>et al.</i>	-
Chest trauma: blunt or penetrating	Campbell <i>et al.</i> , Estrera <i>et al.</i>	-
Venous access related		
Central venous access	Williamson <i>et al.</i>	5
	Turnage <i>et al.</i>	-
Peripheral intravenous line	Bhananker <i>et al.</i>	8
	Suwanpratheep <i>et al.</i> , Nonthasoot C	-
Hemodialysis catheter	Yu <i>et al.</i>	-
Contrast enhanced radiology	Leclercq <i>et al.</i>	-
Barotrauma		
Positive pressure ventilation	Morris <i>et al.</i>	-
Decompression sickness	Melamed <i>et al.</i>	-
Others		
Epidural catheter placement (loss of resistance to air technique)	Panni <i>et al.</i>	-
Orogenital sex during pregnancy and puerperium	Kaufman <i>et al.</i> , Bernhardt <i>et al.</i>	-

มีรายงานการเกิดภาวะฟองอากาศในหลอดเลือดดำจากการใส่สายสวนในหลอดเลือดดำส่วนกลางเพื่อล้างไต นิดดี ใส่เครื่องกระตุ้นหัวใจ และวัดความดันเลือดส่วนกลาง²⁸⁻³¹ ฟองอากาศอาจเกิดได้ตั้งแต่ขณะทำหัตถการ ระหว่างการใช้งานและหลังจากเอาสายสวนออก สำหรับภาวะแทรกซ้อนจากการใส่สายสวนในหลอดเลือดดำส่วนปลายและหลอดเลือดแดง Bhananker³² และคณะได้รายงานไว้ใน Closed Claims Analysis ของ

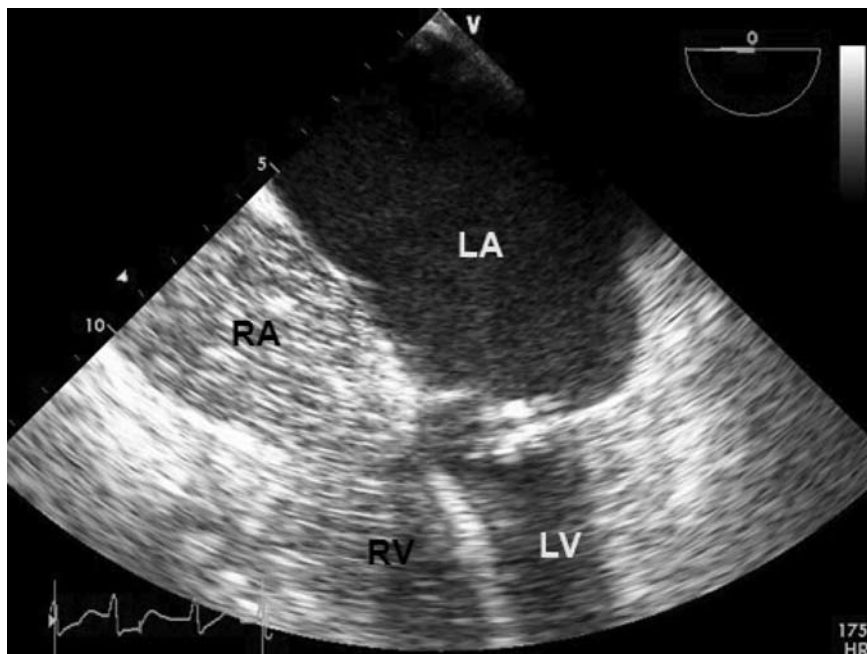
สหรัฐอเมริการะหว่างปี ค.ศ.1975 - 2000 ว่ามีผู้ป่วย 127 รายเกิดภาวะแทรกซ้อนจากการใส่สายสวนในหลอดเลือดดำส่วนปลาย โดยมีการตัดสินใจว่าผู้ป่วย 9 รายเกิดภาวะฟองอากาศในหลอดเลือดดำ เนื่องจากได้รับการดูแลที่ต่ำกว่ามาตรฐาน นำไปสู่การจ่ายค่าชดเชยความเสียหายทางการแพทย์ในอัตราที่มากกว่าภาวะแทรกซ้อนอื่นหลายเท่า ปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดภาวะฟองอากาศในหลอดเลือดดำจากการใส่สายสวนใน

หลอดเลือดดำรูปไว้ในตารางที่ 3³³⁻³⁶ ตัวอย่าง เช่น ข้อต่อของสายสวนเลื่อนหลุดหรือหัก มีช่องทางติดต่อรหว่างหลอดเลือดดำกับภายนอกหลัง จากถอดสายสวนออกหรือการให้สารน้ำทาง หลอดเลือดดำส่วนปลายร่วมกับการใช้อุปกรณ์ บีบถุงเลือด (pressurized infusion device) โดย ขาดความระมัดระวัง³⁷⁻³⁸ (รูปที่ 2) เป็นต้น ภาวะ

ฟองอากาศในหลอดเลือดดำยังพบได้ในผู้ป่วย บาดเจ็บจากความดัน (Barotrauma) จากการช่วย หายใจแรงดันบวกในปอดที่มีแรงต้านสูง³⁹ ใน ผู้ป่วยที่มี acute respiratory distress syndrome (ARDS) และผู้ป่วยเด็กคลอดก่อนกำหนดที่มี respiratory distress syndrome (RDS)

Table 3 Factors affected the risk of catheter related VAE

- Detachment or fracture of catheter connections (accounted for 60 - 90%)
- Failure to occlude the needle hub or catheter during insertion or removal
- Dysfunction of self-sealing valves in plastic introducer sheaths
- Presence of a persistent catheter tract following the removal of a central venous catheter
- Deep inspiration during insertion or removal
- Hypovolemia
- Upright positioning of the patient
- Hemoperfusion by using pressurized infusion device or blood from cell saver



รูปที่ 2 แสดงฟองอากาศปริมาณมากใน Right atrium (RA) และ Right ventricle (RV) จากการใช้อุปกรณ์บีบถุงเลือด

การดำน้ำลึกเป็นระยะเวลาสั้นและขึ้นสู่ผิวน้ำเร็วอย่างรวดเร็วจะทำให้เกิดการบาดเจ็บจากความดันได้ 2 แบบ⁴⁰ คือ แบบที่ 1 เกิดจากการขยายตัวของอากาศที่หายใจเข้าทำให้เกิดกลุ่มอาการอื่นเนื่องจากถุงลมภายในปอดฉีกขาด (Pulmonary over inflation syndrome) และแบบที่ 2 เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของความดันบรรยากาศก่อให้เกิดฟองอากาศในร่างกายเรียกว่าโรคลดความกดหรือโรคน้ำหนีบ (Decompression syndrome) ภาวะอื่น ๆ ที่ทำให้เกิดฟองอากาศในหลอดเลือดดำ ได้แก่ การใส่สาย epidural โดยใช้ loss of resistance to air technique⁴¹ การมี Orogenital sex ในขณะที่ตั้งครรภ์หรือช่วงหลังคลอดซึ่งยังมีการค้างของหลอดเลือดดำบริเวณอุ้งเชิงกราน⁴²⁻⁴³

การวินิจฉัย

อาการแสดงที่พบจากภาวะฟองอากาศในหลอดเลือดดำไม่มีความจำเพาะ จึงต้องวินิจฉัยแยกโรคกับภาวะอื่น (ตารางที่ 4) การวินิจฉัยภาวะฟองอากาศในหลอดเลือดดำในอดีตขึ้นกับการมองเห็นฟองอากาศที่ถูกดูดเข้าไปในบริเวณแผลผ่าตัด อาการทางคลินิกที่เข้ากันได้ ภาพถ่ายทางรังสี ผลการตรวจทางพยาธิวิทยาและผลการชันสูตรศพ ในปัจจุบันการใช้หัวตรวจคลื่นความถี่สูงผ่านหลอดเลือดดำทางห้องหัวใจ⁴⁵ (transvenous intracardiac echo-cardiography - ICE) สามารถตรวจพบฟองอากาศในหลอดเลือด

ดำได้ไวและจำเพาะที่สุด โดยสามารถตรวจพบฟองอากาศในหลอดเลือดดำได้ตั้งแต่ 0.002 มล. ต่อ กก. แต่มีข้อจำกัด คือราคาแพง invasive และต้องอาศัยผู้ชำนาญในการใส่สายสวน สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ช่วยวินิจฉัยภาวะฟองอากาศในหลอดเลือดดำในทางคลินิก (ตารางที่ 5) ได้แก่ การใช้หัวตรวจคลื่นความถี่สูงผ่านทางหลอดอาหาร (Transesophageal echocardiography-TEE) จะสามารถบอกถึงตำแหน่งและปริมาณของฟองอากาศได้อย่างรวดเร็ว การใช้ precordial Doppler เป็นมาตรฐานในการผ่าตัดดมในทำนองทำให้สามารถวินิจฉัยภาวะที่มีฟองอากาศเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว โดยมีการเปลี่ยนแปลงของ Doppler frequency ในภาวะที่มีฟองอากาศเกิดเป็นเสียงเหมือนรัวกลอง “drum-like” หรือ “mill - wheel” การใส่สาย Pulmonary artery catheter มีประโยชน์ในผู้ป่วยที่มีโรคร่วม เช่น โรคหัวใจ อย่างไรก็ตาม การดูดฟองอากาศจากสาย Pulmonary artery catheter เป็นไปอย่างไม่มีประสิทธิภาพเนื่องจากความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กมาก สำหรับการติดตามค่าไนโตรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออก และค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด จะมีความไวน้อยจึงพบการเปลี่ยนแปลงของค่าต่าง ๆ เมื่อการดำเนินโรคเกิดขึ้นไปมากแล้ว การส่งตรวจอื่น ๆ ที่ช่วยยืนยันในผู้ป่วยที่มีอาการคงที่แล้ว ได้แก่ ภาพถ่ายทางรังสีของปอด ภาพถ่ายเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ของหัวใจและหลอดเลือด

Table 4 Differential diagnosis of VAE

Pulmonary disease

- Pulmonary thromboembolism
- Tension pneumothorax
- Acute pulmonary edema
- Acute bronchospasm

Cardiovascular decompensation

- Acute myocardial infarction
- Cardiac tamponade
- Cardiogenic shock
- Hypovolemia
- Electromechanical dissociation

Neurological disorders

- Cerebral hypoperfusion
- Stroke
- Intraparenchymal or subarachnoid hemorrhage
- Hypoxic brain injury
- Head trauma
- Metabolic disorders (Hypoglycemia)

Table 5 Methods of detection of VAE

Methods	Sensitivity	Capability of air detection (mL/kg)	Limitation
Tranesophageal echocardiography	High	0.02	Expensive, invasive, expertise required
Precordial Doppler	High	0.05	Expertise required, obese patients, lateral decubitus or prone, sound artifacts
Pulmonary artery catheter	High	0.25	invasive
Transcranial Doppler	High	-	Expertise required
End - tidal nitrogen gas	Moderate	0.5	Late changes
End - tidal carbon dioxide gas	Moderate	0.5	Late changes
Oxygen saturation	Low	-	Late changes
Direct visualization	Low	-	Late changes

การรักษา

เป้าหมายของการรักษาภาวะฟองอากาศในหลอดเลือดดำ^{1, 6, 11, 46} คือ ป้องกันไม่ให้ฟองอากาศไหลเข้ามาในหลอดเลือดเพิ่มพร้อมกับให้การรักษาประคับประคอง ควรแจ้งให้ศัลยแพทย์ใช้ผ้าชุบน้ำเกลือปกคลุมบริเวณแผลผ่าตัดเพื่อลดปริมาณฟองอากาศที่อาจเข้าทางหลอดเลือดที่ฉีกขาดบริเวณผ่าตัด ให้ออกซิเจนร้อยละ 100 ปิดไนตรัสออกไซด์เพื่อไม่ให้ฟองอากาศเพิ่มปริมาตรปรับระดับเตียงให้บริเวณผ่าตัดอยู่ต่ำกว่าระดับหัวใจ สำหรับการจัดทำตะแคงซ้ายลง (Durant maneuver) ที่ทำให้ right ventricular outflow tract (RVOT) อยู่ต่ำกว่าหัวใจห้องล่างขวามีผลให้ฟองอากาศลอยขึ้นเหนือเลือดและไหลผ่านปอดไปได้ นั่น Geissler และคณะ⁴⁷ ได้ทำการทดลองติดตามการไหลของฟองอากาศด้วย TEE ในสุนัขที่จัดทำตะแคงซ้ายลง พบว่า มีการไหลของฟองอากาศออกจาก RVOT แต่การจัดทำดังกล่าวไม่ได้ทำให้ค่าความดันเลือดแดง ความดันเลือดในหลอดเลือดแดงของปอด และปริมาตรของหัวใจดีขึ้นเมื่อเทียบกับท่านอนหงาย

ในการผ่าตัดสมองในท่านั่ง ควรใส่สายสวนที่มีปลายเปิดมากกว่าหนึ่งรูก่อนการผ่าตัดตำแหน่งที่เหมาะสมของปลายสายสวนคือ อยู่ในหัวใจห้องบนขวาต่ำกว่ารอยต่อระหว่างหลอดเลือดดำ superior vena cava กับหัวใจห้องบนขวา ลงมา 2 ซม. และเอียงทำมุม 80 องศาในแนวระนาบ สามารถยืนยันตำแหน่งได้จากภาพถ่ายรังสีทรวงอกหรือคลื่นไฟฟ้าหัวใจแสดง negative P wave ที่มากที่สุด ในขณะที่ใส่สายสวน⁴⁷ เมื่อเกิดภาวะฟองอากาศในหลอดเลือดดำควรแจ้งศัลยแพทย์ทราบทันที ให้ผู้ช่วยกดหลอดเลือดดำใหญ่ jugular ที่คอชั่วคราวเพื่อช่วยลดการไหลเข้า

ของฟองอากาศและเพิ่มแรงดันในหลอดเลือดดำช่วยให้ศัลยแพทย์มองเห็นแผลเปิดของ dural sinus ได้ชัดเจนแต่ควรระวังเนื่องจากหากกดนานอาจทำให้เกิดภาวะสมองบวมหรือสมองขาดเลือดได้ ในผู้ป่วยที่สงสัยว่ามีฟองอากาศในหลอดเลือดแดงควรจัดทำท่านอนหงายธรรมดา ไม่จัดให้ศีรษะต่ำเพื่อไม่ให้ความดันในสมองเพิ่มมากขึ้นจนเกิดอันตราย

ผู้ป่วยที่อาการเลวลงหรือหัวใจหยุดเต้น ควรรีบให้ยาตีบหลอดเลือดและเพิ่มการบีบตัวของหัวใจร่วมกับการกดหน้าอกช่วยฟื้นคืนชีพซึ่งเชื่อว่าจะทำให้ฟองอากาศในภาวะ air lock ถูกกระแทกให้แตกตัวและมีขนาดเล็กลงและไหลไปสู่ปอดได้ ควรให้สารน้ำและเลือดให้เพียงพอเพื่อลดความแตกต่างระหว่างแรงดันในหัวใจกับบรรยากาศภายนอกที่เอื้อให้เกิดฟองอากาศมากขึ้น การดูดฟองอากาศออกจากหัวใจควรทำในรายที่มีสายสวนในหลอดเลือดดำส่วนกลางอยู่แล้ว ไม่ควรพยายามใส่สายสวนขณะกำลังช่วยฟื้นคืนชีพ

ข้อบ่งชี้ของการใช้ออกซิเจนความกดบรรยากาศสูง (Hyperbaric Oxygen Therapy – HBO) คือภาวะที่มีฟองอากาศหรือก๊าซอุดกั้นภาวะฟองอากาศในหลอดเลือดแดงของสมอง กลุ่มอาการอื่นเนื่องจากถุงลมภายในปอดฉีกขาด (Pulmonary over inflation syndrome) โรคลดความกดหรือโรคน้ำหนึบ (Decompression syndrome)^{48 - 49} การรักษาจะได้ผลดีเมื่อให้รักษาภายใน 6 ชั่วโมงหลังได้รับการวินิจฉัย⁵⁰ การใช้ HBO จะช่วยลดขนาดของฟองอากาศและเพิ่มออกซิเจนที่ละลายในเลือดทำให้อวัยวะที่ขาดเลือดมีออกซิเจนเพิ่มขึ้น การดูแลรักษาประคับประคองอื่น ๆ ได้แก่ ป้องกันไม่ให้มีภาวะน้ำตาล

ในเลือดสูง หลีกเลียงสารน้ำที่มี lactate พิจารณาให้ heparin เพื่อช่วยลดการเกาะกลุ่มของเกร็ดเลือด ไม่ควรใช้ steroids ในการรักษา มีหลักฐานในสัตว์ทดลองว่าการให้ lidocaine 1.5 มก./กก. ทำให้อาการทางสมองดีขึ้น การให้สารประกอบ Perfluorocarbon emulsions⁵¹ ที่มีคุณสมบัติจับกับออกซิเจนและก๊าซต่าง ๆ ได้ดีมาก จะช่วยเพิ่มออกซิเจนที่ระดับเนื้อเยื่อ และลดขนาดของฟองอากาศลงและมีการวิจัยในการใช้รักษาโรคลดความกดหรือโรคน้ำหนึบ (Decompression syndrome) อย่างกว้างขวาง

สรุป

ภาวะฟองอากาศในหลอดเลือดดำเป็นภัยเงียบที่ผู้ให้การรักษาอาจคิดไม่ถึง วัสดุฉีดยาแพทย์มีโอกาสพบภาวะฟองอากาศในหลอดเลือดดำได้มากที่สุดเมื่อเทียบกับแพทย์สาขาอื่นเนื่องจากการให้บริการระงับความรู้สึกในการผ่าตัดหรือการทำหัตถการที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดภาวะนี้ การใช้เครื่องมือเฟียร์ระวังอย่างเหมาะสม การวินิจฉัยอย่างถูกต้องและการรักษาอย่างทันที่ทั้งนี้ จะทำให้ผู้ป่วยพ้นภาวะวิกฤตได้อย่างปลอดภัย

เอกสารอ้างอิง

1. Shaikh N, Ummunisa F. Acute management of vascular air embolism. J Emerg Trauma Shock. 2009; 2(3): 180-5.
2. Chumpol A, Niphon P. Patent foramen ovale and recurrent transient neurological symptoms: a case report and review of literature. J Med Assoc Thai. 2011; 94 (Suppl.1): S264-8.
3. Francois G, Monique R, Sylvie M,

Daniel B, Phillippe C, Alexandre T, et al. Incidences of venous air embolism and patent foramen ovale among patients undergoing selective peripheral denervation in the sitting position. Neurosurgery. 2003; 53: 316-20.

4. Fathi AR, Eshtehardi P, Meier B. Patent foramen ovale and neurosurgery in sitting position: a systematic review. Br J Anaesth. 2009; 102: 588-96.
5. Albin MS. The sights and sounds of air. Anesthesiology. 1983; 58: 113-4.
6. Mirski MA, Lele AV, Fitzsimmons L, Toung TJ. Diagnosis and treatment of vascular air embolism. Anesthesiology. 2007; 106(1): 164-77.
7. Toung TJ, Rossberg MI, Hutchins GM. Volume of air in a lethal venous air embolism. Anesthesiology. 2001; 94: 360-1.
8. Hybels RL. Venous air embolism in head and neck surgery. Laryngoscope. 1980; 90: 946-54.
9. Flanagan JP, Gradisar IA, Gross RJ, Kelly TR. Air embolus: A lethal complication of subclavian venipuncture. N Engl J Med. 1969; 281: 488-9.
10. Culp WC Jr, Culp WC. Gas embolisms revisited. Anesthesiology. 2007; 107: 850-1.
11. Muth CM, Shank E. Gas embolism. N Engl J Med. 2000; 342: 476-82.
12. Rubal BJ, Leon A, Meyers BL, Bell CM.

- The 'mill-wheel' murmur and computed tomography of intracardiac air emboli. *J Am Assoc Lab Anim Sci.* 2009; 48(3): 300-2.
13. Domaingue CM. Neurosurgery in the sitting position: a case series. *Anaesth Intensive Care.* 2005; 33: 332-5.
 14. Dilmen OK, Akcil EF, Tureci E, Bahar M, Tanriverd T, Aydin S, et al. Neurosurgery in the sitting position: retrospective analysis of 692 adult and pediatric cases. *Turk neurosurg.* 2011; 21(4): 634-40.
 15. Faberowski LW, Black S, Mickle JP. Incidence of venous air embolism during craniectomy for craniosynostosis repair. *Anesthesiology.* 2000; 92: 20-3.
 16. Gale T, Leslie K. Anesthesia for neurosurgery in the sitting position. *J Clin Neurosci.* 2004; 11: 693-7.
 17. Abu-Omar Y, Balacumaraswami L, Pigott DW, Matthews PM, Taggart DP. Solid and gaseous cerebral microembolization during off-pump, on-pump, and open cardiac surgery procedures. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2004; 127: 1759-65.
 18. Spiess BD, Sloan MS, McCarthy RJ, Lubenow TR, Tuman KJ, Matz SD, et al. The incidence of venous air embolism during total hip arthroplasty. *J Clin Anesth.* 1988; 1: 25-30.
 19. Olmedilla L, Garutti I, Pérez-Peña J, Sanz J, Teigell E, Avellanal M. Fatal paradoxical air embolism during liver transplantation. *Br J Anaesth.* 2000; 84(1): 112-4.
 20. Ledowski T, Kiese F, Jeglin S, Scholz J. Possible air embolism during eye surgery. *Anesth Analg.* 2005; 100: 1651-2.
 21. Kim CS, Kim JY, Kwon JY, Choi SH, Na S, An J, et al. Venous air embolism during total laparoscopic hysterectomy: comparison to total abdominal hysterectomy. *Anesthesiology.* 2009; 111: 50-4.
 22. Derouin M, Couture P, Boudreault D, Girard D, Gravel D. Detection of gas embolism by transeophageal echocardiography during laparoscopic cholecystectomy. *Anesth Analg.* 1996; 82: 119-24.
 23. Faure EA, Cook RI, Miles D. Air embolism during anesthesia for shoulder arthroscopy. *Anesthesiology.* 1998; 89: 805-6.
 24. Hegde RT, Avatgere RN. Air embolism during anaesthesia for shoulder arthroscopy. *Br J Anaesth.* 2000; 85(6): 926-7.
 25. Landercasper J, Miller GJ, Strutt PJ, Olson RA, Boyd WC. Carbon dioxide embolization and laparoscopic cholecystectomy. *Surg Laparosc Endosc.* 1993; 3: 407-10.
 26. Campbell PR, Kerridge R. Fatal traumatic air embolism following a stab wound to the chest. *Aust N Z Surg.* 1993; 63: 307-9.
 27. Estrera AS, Pass LJ, Platt MR. Systemic arterial air embolism in penetrating lung

- injury. *Ann Thorac Surg.* 1990; 50: 257-61.
28. Yu AS, Levy E. Paradoxical cerebral air embolism from a hemodialysis catheter. *Am J Kidney Dis.* 1997; 29: 453-5.
 29. Leclercq F, Kassnasrallah S, Cesari JB, Blard JM, Macia JC, Messner-Pellenc P, et al. Transcranial Doppler detection of cerebral microemboli during left heart catheterization. *Cerebrovasc Dis.* 2001; 12: 59-65.
 30. Williamson JA, Webb RK, Russell WJ, Runciman WB. The Australian Incident Monitoring Study. Air embolism-- An analysis of 2000 incident reports. *Anaesth Intensive Care.* 1993; 21: 638-41.
 31. Turnaga WS, Harper JV. Venous air embolism occurring after removal of a central venous catheter. *Anesth Analg.* 1991; 72: 559-60.
 32. Bhananker SM, Liau DW, Kooner PK, Posner KL, Caplan RA, Domino KB. Liability related to peripheral venous and arterial catheterization: a closed claims analysis. *Anesth Analg.* 2009; 109: 124-9.
 33. Orebaugh SL. Venous air embolism: clinical and experimental considerations. *Crit Care Med.* 1992; 20: 1169-77.
 34. Maddukuri P, Downey BC, Blander JA, Pandian NG, Patel AR. Echocardiographic diagnosis of air embolism associated with central venous catheter placement: case report and review of the literature. *Echocardiography.* 2006; 23(4): 315- 8.
 35. Linden JV, Kaplan HS, Murphy MT. Fatal air embolism due to perioperative blood recovery. *Anesth Analg.* 1997; 84: 422-6.
 36. Gray AJ, Glover P. Air emboli with Haemaccel. *Anaesthesia.* 1999; 54: 787-97.
 37. Suwanpratheep A, Siriussawakul A. Inadvertent venous air embolism from pressure infuser bag confirmed by transesophageal echocardiography. *J Anesthe Clinic Res.* 2011; 2: 1-3.
 38. Nonthasoot C. Air embolism with ARDS following manual pressure infusor. *Thai J Anesthesiology* 2006; 32(2) : 114-8
 39. Morris WP, Butler BD, Tonnesen AS, Allen SJ. Continuous venous air embolism in patients receiving positive end-expiratory pressure. *Am Rev Respir Dis.* 1993; 147: 1034-7.
 40. Melamed Y, Shupak A, Bitterman H. Medical problems associated with underwater diving. *N Engl J Med.* 1992; 326: 30-5.
 41. Panni MK, Camann W, Bhavani Shankar K. Hyperbaric therapy for a postpartum patient with prolonged epidural blockade and tomographic evidence of epidural air. *Anesth Analg.* 2003; 97: 1810-1.
 42. Kaufman BS, Kaminsky SJ, Rackow EC, Weil MH. Adult respiratory distress syndrome following orogenital sex during

- pregnancy. *Crit Care Med.* 1987; 15: 703-4.
43. Bernhardt TL, Goldmann RW, Thombs PA, Kindwall EP. Hyperbaric oxygen treatment of cerebral air embolism from orogenital sex during pregnancy. *Crit Care Med* 1988; 16: 729-30.
 44. Schäfer ST, Lindemann J, Brendt P, Kaiser G, Peters J. Intracardiac transvenous echocardiography is superior to both precordial doppler and transesophageal echocardiography techniques for detecting venous air embolism and catheter-guided air aspiration. *Anesth Analg.* 2008; 106: 45-54.
 45. Webber S, Andrzejowski J, Francis G. Gas embolism in anaesthesia. *Br J Anaesth CEPD Reviews.* 2002; 2:53-7.
 46. Geissler HJ, Allen SJ, Mehlhorn U, Davis KL, Morris WP, Butler BD. Effect of body repositioning after venous air embolism: an echocardiographic study. *Anesthesiology.* 1997; 86: 710-7.
 47. Hanna PG, Gravenstein N, Pashayan AG. In vitro comparison of central venous catheters for aspiration of venous air embolism: Effect of catheter type, catheter tip position, and cardiac inclination. *J Clin Anesth.* 1991; 3: 90-4.
 48. Pitkin AD, Davies NJH. Hyperbaric oxygen therapy. *Br J Anaesth CEPD Reviews.* 2001; 2: 150-6.
 49. Blanc P, Boussuges A, Henriette K, Sainty JM, Deleflie M. Iatrogenic cerebral air embolism: importance of an early hyperbaric oxygenation. *Intensive Care Med.* 2002; 289: 559-63.
 50. Van Hulst RA, Klein J, Lachmann B. Gas embolism pathophysiology and treatment. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2003; 23: 237-46.
 51. Randsoe T, Hyldegaard O. Effect of oxygen breathing and perfluorocarbon emulsion treatment on air bubbles in adipose tissue during decompression sickness. *J Appl Physiol.* 2009; 107: 1857-63.

ภาวะฟองอากาศในหลอดเลือดดำ (Venous air embolism)

บทคัดย่อ

รายงานการเกิดฟองอากาศในหลอดเลือดดำส่วนใหญ่ถูกกล่าวถึงในการผ่าตัดสมองโดยเฉพาะการผ่าตัดในท่านั่ง อย่างไรก็ตาม การเกิดฟองอากาศในหลอดเลือดดำส่วนหนึ่งเกิดจากการกระทำของผู้ให้การรักษาพยาบาล บุคลากรทางวิสัญญีควรให้ความสนใจและระมัดระวังการเกิดภาวะนี้ เนื่องจากการเกิดฟองอากาศในหลอดเลือดดำนำไปสู่การฟองร้องและต้องเสียชีวิตในอัตราที่สูงมาก ดังรายงานของประเทศสหรัฐอเมริกา ความรุนแรงของภาวะฟองอากาศในหลอดเลือดขึ้นอยู่กับปริมาณและความเร็วของฟองอากาศที่เข้าสู่หลอดเลือด นอกจากนี้ยังขึ้นกับชนิดของก๊าซและสภาพของผู้ป่วยด้วย การวินิจฉัยและการให้การรักษารวดเร็วในผู้ป่วยที่สงสัยว่าเกิดภาวะแทรกซ้อนนี้จะทำให้ผู้ป่วยฟื้นภาวะวิกฤตได้อย่างปลอดภัย ในบทความนี้ได้กล่าวถึงพยาธิสรีรวิทยา อาการและอาการแสดงทางคลินิก ชนิดของการผ่าตัดและภาวะที่สัมพันธ์กับการเกิดภาวะฟองอากาศในหลอดเลือดดำ การวินิจฉัยโดยอาศัยเครื่องมือเฝ้าระวังต่างๆ พร้อมกับการรักษาภาวะฟองอากาศในหลอดเลือดดำ
