

症 例

手術中の肺空気塞栓の診断に混合静脈血酸素飽和度 (SvO₂) のモニタリングは有用か?

大久保 和章* 菊地 秀樹* 劔物 修*

要 旨

麻酔中の肺空気塞栓は坐位での脳神経外科手術などで発生することが広く知られている。今回、ファイバーオプティック肺動脈カテーテルによる SvO₂ の連続的モニタリングにより肺空気塞栓を診断し得た肝切除症例を経験した。SvO₂ は肺動脈圧 (PAP) と共に鋭敏に塞栓の発生を反映し、大きな変動を示した。肝切除術においては、近接の大血管、肝切除断端などから空気の侵入する可能性があるため、必要に応じてファイバーオプティック肺動脈カテーテルを挿入し、PAP のモニタリングと同時に SvO₂ も連続的に監視し、空気塞栓に備える必要のあることが示唆された。

はじめに

麻酔中の空気塞栓は、坐位での脳神経外科手術、開心術、腹臥位の手術などに発生することが知られている。今回は、ファイバーオプティック肺動脈カテーテルによる混合静脈血酸素飽和度 (SvO₂) の連続的モニタリングで空気塞栓が疑われた肝切除術症例を経験した。

肺空気塞栓時の肺動脈圧、SvO₂ の変化について若干の考察を加えて報告する。

症 例

症例は40歳の女性で、4カ月前に直腸腫瘍により直腸切除術が施行された。今回は肝臓に孤立性転移が発見され、肝右葉外側2区域切除が予定された。心疾患をはじめその他の疾患の既往はなく、

家族歴についても特記すべき事項は認めなかった。術前の血液学的検査所見には特に異常はなく、心電図、呼吸機能など、その他の検査でも異常は認められず、全身状態も良好であり ASA の術前評価では class 1. と判断された。

麻酔前投薬としては硫酸アトロピン 0.5 mg とヒドロキシジン 50 mg が麻酔導入の45分前に筋注で投与された。サイアミラール 250 mg, サクシニールコリン 40 mg の静脈内投与により麻酔導入、気管内挿管が施行され、麻酔の維持は60%笑気、40%酸素、0.4~1.0%のエンフルレンに、胸部硬膜外麻酔を併用した。麻酔導入後、右外頸静脈よりファイバーオプティック肺動脈カテーテル (Opticath 7.5 Fr) を挿入し、心電図 (CM5)、観血的動脈圧、肺動脈圧 (PAP) と共に SvO₂ を連続的にモニタリングした。

手術開始後の循環動態は安定しており、SvO₂、PAP (収縮期) はそれぞれ90%、28~32 mmHg であったが、肝切除が開始され、出血量増加に伴って両者はともに低下し、約 2000 ml の出血量が認められた時点でそれぞれ80%、20mmHg 前後を示した。出血量の80%は濃厚赤血球 (CRC) にて補充された。

肝切除開始より約1時間後、突然 SvO₂ が70%に低下し、同時に PAP が 46/23 mmHg にまで上昇した。その時点では大量の出血、心不全などの兆候は全くなかったが、術者より下大静脈を損傷したとの報告があったために空気塞栓を疑い、肺動脈カテーテルより血液を吸引したところ、肺動脈ルーメンより約 8 ml の空気が吸引された。その際、心電図上に ST や T 波の異常、不整脈などは全く認められなかった。PAP と SvO₂ は

*北海道大学医学部麻酔学講座

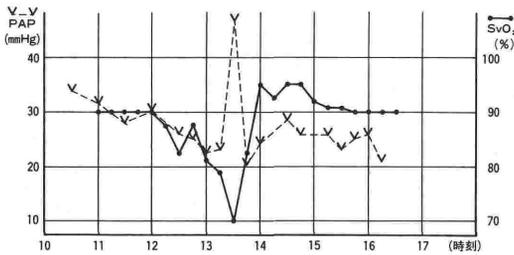


図 SvO₂ と PAP の変化

カテーテルを通して空気を吸引した直後に急速に改善し、約5分後には PAP (収縮期) は 20 mmHg 程度に低下し、SvO₂ も90%に回復した(図)。

手術所要時間は6時間40分、麻酔時間は8時間50分であり、この間の総出血量約5000 ml に対し、輸血量は新鮮血14単位、CRC 9単位、FFP 10単位、輸液は乳酸加リンゲル液を中心に総量3800 ml が投与され、尿量は1400 ml であった。麻酔からの覚醒は速やかで、術後にも肺水腫や神経学的異常などの合併症は認められず、術後経過は順調であった。

考 察

麻酔管理上で空気塞栓の発生をみるのは、坐位での脳神経外科手術、腹臥位の手術、乳房切断術、人工心臓を含む心臓外科、硬膜外腔穿刺時の空気注入、鎖骨下・頸部静脈穿刺時、急速加圧による輸血輸液時などが揚げられる¹⁾⁻⁴⁾。空気塞栓が発生しても自覚症状を訴えることのできない全身麻酔下においては、患者の血液中に流入した空気を他覚的にいかに迅速に発見し、速やかに除去するかが重要となる。したがって、診断には、空気塞栓に対する感受性が高く、早期診断可能の方法が適している。

従来より、食道内聴診音、血圧、中心静脈圧、動脈血ガス分析、経皮的酸素、炭酸ガス分圧や肺コンプライアンスなどがその診断の指標として提唱されている。最も敏感な手段は胸壁に装着されたドプラ血流計と心エコー図とされている。これらは血液への0.1 ml/kg という極少量の空気の流入にも鋭敏に反応すると言われている^{1), 5)} が、その装置自体の臨床への普及率、またプローベ装着の難しさ^{2), 6)} などに未だ問題が残されており、実際の臨床の場合においては PAP と呼気終末炭酸ガ

ス濃度(以下 FETCO₂) が特に有用視されている⁶⁾。PAP は 0.25~0.5 mg/kg の空気流入でも診断が可能²⁾ と言われ、カテーテルより空気の吸引もでき、また肺動脈楔入圧以上に上昇した右心房圧から paradoxical air embolism 発生の危険性予測が可能⁷⁾ であるとも言われているが、その侵襲性にやや難点が残る。FETCO₂ は非侵襲的かつ連続的に空気塞栓を PAP と同程度の感度をもって監視することができ、しかも回復の指標ともなると報告されている^{2), 4)}。しかしながら、あくまで診断法の域に留まり、空気除去という根本的処置を取るためには中心静脈に留置されたカテーテルが必要となる。

麻酔中における SvO₂ の連続的モニタリングは、ヘモグロビン、酸素消費量、動脈血酸素飽和度などが大きく変化しない場合には、心拍出量の変化を反映することから、循環動態の変動を迅速に把握する手段として有用とされる。私共は麻酔管理のうえで肺動脈カテーテルの挿入が適応と判断される場合には、従来の情報に加えて SvO₂ もモニタリングできるファイバーオプティック肺動脈カテーテルを使用している⁸⁾。本症例においても手術中の大量出血が予想されるために本カテーテルを使用した。SvO₂ と空気塞栓との関連については未だ詳細な報告はみあたらないようではあるが、図に示す通り、PAP の変化と共に塞栓の発生を敏感に反映し、変動を示している。研究室におけるイヌを使った実験においても 10 ml の空気を20秒間で静脈内投与したところ、PAP は約2倍に上昇し、SvO₂ も同時に80%から70%までの低下を観ている。

SvO₂ が空気塞栓に際し著明な変動を見る機序としては、空気自体による右室路狭窄、反射性または体液性因子関与の肺血管攣縮による心拍出量低下に起因するところが大きいと考えられる。また、SvO₂ はその性質上肺塞栓後の肺ガス交換能の低下による血液酸素含有量の減少をも反映するため空気塞栓の総合的指標と言える一方、血中ヘモグロビン量や代謝系によっても影響を受けるため、その診断の普遍性にはやや疑問が残るところではある。また、坐位における脳神経外科手術の場合にみられるように、少量の空気が持続的に流入される場合にも SvO₂ が今回と同様の変動を示すかどうかは不明である。

肝切除中の空気塞栓発生機序としては、今回の症例のように大血管系の損傷のほかに、術操作中の圧迫による開放された静脈からの空気の流入、肝断面からの微量流入などが考えられる。この中でとくに大血管の損傷による場合は、瞬間的に大量の空気が心肺系に流入する可能性も大きく、放置されれば生命の危険を伴うことになる。したがって、少量の空気に対しても信頼性の高い確定的診断と迅速な空気除去が行われる必要がある。術者の協力も当然必要であり、術野にウェットタオルを用い、損傷血管を圧迫止血することも救命的処置となる。体位を一次的に Trendelenburg とし、時には Durant 体位を取ることも必要となる。

なお、今回の症例では、PAP の上昇は一時的であり、速やかに正常域に復帰している。これは空気塞栓後極めて迅速に塞栓除去が行われたため、心拍出量低下の原因が流入空気による肺動脈の一時的な機械的閉塞に留まり、交感神経やケミカルメディエータを介しての肺動脈攣縮がごく一部分に留まったためと考えられる。

今回の症例は、肝切除術においてはファイバeroプティック肺動脈カテーテルの挿入による SvO₂ の連続的モニタリングを補助手段としながら PAP を監視することが、空気塞栓を迅速確実に

に診断し、治療するうえで有用であることを示唆するものといえる。

(本論文の要旨は第3回日本ショック学会総会、1988. において発表した。)

文 献

- 1) 長野政雄: 空気塞栓の病態。循環制御 4: 477-485, 1983.
- 2) 田上 恵: 肺空気塞栓の診断。呼吸と循環 31: 387-390, 1983.
- 3) 岩淵 汲: 心臓手術における空気塞栓。臨床麻酔 8: 1491-1496, 1984.
- 4) Nigel, L., Hal, K.: Air embolism during craniotomy in the seated position. CAN ANAETH SOC J 32:174-177, 1985.
- 5) Furuya, H., Suzuki, T., Okumura, F., et al: Detection of air embolism by transesophageal echocardiography. Anesthesiology 58:124-129, 1983.
- 6) W. L. H. Smelt, J. J. DE. Lange, W. D. M. Baerts, et al: The capnography, a reliable non-invasive monitor for the detection of pulmonary embolism of various origin. Acta Anesth Belgica 38:217-224, 1987.
- 7) Robert, F., Wayne, K., Albert, B., et al: Cardiac catheters for diagnosis and treatment of venous air embolism. J Neurosurg 55:610-614, 1981.
- 8) Kemmotsu, O., Yokota, S., Mizushima, M., et al: Clinical evaluation of continuous SvO₂ monitoring during general anesthesia. J Anesthesia 3: 188-193, 1989.

**Is continuous monitoring of SvO₂ a useful modality
for diagnosis of air embolism?**

Kazuaki Okubo, Hideki Kikuchi and Osamu Kenmotsu

Department of Anesthesiology, Hokkaido University School
of Medicine N-15, W-7, Kita-ku, Sapporo 060

A case of pulmonary air embolism during hepatectomy, diagnosed by continuous monitoring of SvO₂, is reported. Detection of air embolism was quickly made by a rapid fall of SvO₂ together with high pulmonary artery pressure. Although it was not clear whether SvO₂ might change so sensitively as this case in sitting position, where small amount of air is continuously sucked into vessels, there is a chance during hepatectomy being sucked a large amount of air

at the time when the great vessel is surgically damaged. Therefore, a use of fiberoptic pulmonary catheter which can monitor SvO₂ continuously during hepatic surgery. A pulmonary artery catheter is, of course, a life-saving tool for pulmonary air embolism. We conclude from this case that continuous SvO₂ monitoring is useful for detection of pulmonary air embolism during hepatectomy.

Key words: air embolism, hepatectomy, SvO₂ monitoring, pulmonary artery pressure, fiberoptic catheter