

二酸化炭素散布および純酸素投与による弁膜症手術における 空気塞栓予防の検討

吉武 勇¹⁾, 畑 博明¹⁾, 秦 光賢¹⁾, 瀬在 明¹⁾,
 額原 徹²⁾, 飯田良司²⁾, 塩野元美¹⁾

Prevention of air microemboli during heart valve surgery combination with CO₂ insufflation and hyperbarix oxygen therapy

Isamu YOSHITAKE¹⁾, Hiroaki HATA¹⁾, Mitsumasa HATA¹⁾, Akira SEZAI¹⁾,
 Toru EHARA²⁾, Ryouji IIDA²⁾, Motomi SHIONO¹⁾

要旨

弁膜症手術における空気塞栓に関しては二酸化炭素散布による予防効果が証明されてきており一部施設では用いられているが、一般に広く普及しているとは言い難い。そこで、当院において二酸化炭素の術野散布を導入するにあたり、従来法、CO₂散布法、コンビネーション法（CO₂散布+高濃度酸素投与）を行い、その効果を臨床試験によって再評価することを本研究の目的とした。Primary endpointは経食道心臓超音波検査による左房・左室内の気泡数の変化を比較評価し、Secondary endpointとして空気塞栓症の有無につき臨床症状および生化学データにて比較検討する方針とし、プレスタディーとしてCO₂散布法を行った2症例について検証した。CO₂散布により気泡数は減少し、容易に人工心肺より離脱し得たが、臨床症状および生化学データ値において従来法との明らかな相違は認めず、プレスタディーのみで本研究を終了した。今後本研究を継続するにあたり、客観的かつ早期に検出可能な新たな評価項目を見出す必要があると考える。

1. はじめに

弁膜症手術における空気塞栓に関しては二酸化炭素散布による予防効果が証明されてきており一部施設では用いられているが、一般に広く普及しているとは言い難い。当院でも従来のように大動脈基部ないし心尖部より空気抜きを行い空気塞栓予防に努めているが、空気塞栓合併による急性循環不全や臓器障害さらには術後脳虚血による後遺症を来す症例も経験し、さらなる検討の必要性を痛感している。本研究の目的は、当院において二酸化炭素の術野散布を導入するにあたり、その効果を臨床試験によって再評価することと、さらなる予防効果を発揮するように、人工心肺離脱前より手術終了まで純酸素を投与することによる相乗効果の有無を検証することであり、本研究をRCTにて行うに先立ち、当科にてCO₂散布法を用いて弁膜症手術を行った症例について検証した。

2. 対象および方法

当院で行った弁膜症手術2例（同一術者執刀による連続した症例）を対象とし、経食道超音波検査ならびに術前術後の臨床症状の変化につき比較評価した。

3. 症例1：73歳、男性

診断：大動脈弁狭窄兼閉鎖不全症、僧帽弁閉鎖不全症、冠動脈形成術後、虚血性心疾患。

術式：二弁置換術（大動脈弁および僧帽弁置換術）、冠動脈バイパス術（1枝）

全身麻酔、胸骨正中切開にてアプローチ。上行大動脈送血、上・下大静脈脱血にて人工心肺を確立。この時点より術野へのCO₂散布（1L/min）を開始。通常通り大動脈弁および僧帽弁を切除し、生体弁を用いて二弁置換術を施行。大動脈遮断解除後より経食道超音波検査にて左心房および左室内の空気像を経時的に観察したところ、遮断直後より心腔内の

1) 日本大学医学部 外科学系 心臓血管・呼吸器・総合外科学分野
 2) 日本大学医学部 麻酔科学系 麻酔科学分野

吉武 勇：yoshitake.isamu@nihon-u.ac.jp

空気像は少なく（左房>左室）、ほぼすべての気泡が消失するのに約5分の再還流を要した。体外循環からは中等量のカテコラミンを使用にて容易に離脱し、空気塞栓を疑われる合併症（急性心不全、不整脈等）の出現は認めなかった。術後四肢麻痺なく完全覚醒し、脳神経系合併症の出現は認めなかった。手術時間：367min, 人工心肺時間：268min, 大動脈遮断時間：215min。術後peak CK-MB 106 IU/L, 術後人工呼吸器装着時間：89h, 術後ICU滞在期間：233h。

4. 症例2：68歳，女性

診断：大動脈弁狭窄兼閉鎖不全症

術式：大動脈弁置換術

全身麻酔，胸骨正中切開にてアプローチ。上行大動脈送血，右房脱血にて人工心肺を確立。この時点より術野へのCO₂散布（1L/min）を開始。通常通り大動脈弁を切除し，機械弁を用いて大動脈弁置換術を施行。大動脈遮断解除後より経食道超音波検査にて左心房および左心室内の空気像を経時的に観察したところ，遮断直後より心腔内の空気像はほとんどなくなり（左房=左室），気泡が消失するのに約2分の再還流を要した。体外循環からは少量のカテコラミン使用にて容易に離脱し，空気塞栓を疑われる合併症（急性心不全，不整脈等）の出現は認めなかった。術後四肢麻痺なく完全覚醒し，脳神経系合併症の出現は認めなかった。手術時間：214min, 体外循環時間：112min, 大動脈遮断時間：78min, 術後peak CK-MB 20 IU/L, 術後人工呼吸器装着時間：6h 18min, 術後ICU滞在期間：68h。

5. 考 察

開心術を行う際に発生しうる空気塞栓は，急性心不全（とくに右冠動脈への空気流入による右心不全），不整脈（除脈，心室細動等の重篤な不整脈）および脳血管障害（一過性脳虚血発作を含む）等の重篤な合併症の原因となるだけでなく，体位変換等により突然発症することが多く，術後容態急変の引き金となり得るため，可能な限り予防する必要がある。これまでも，手術中に空気抜きのためのベントチューブを左室や大動脈に留置したり，体位変換や心臓に振動を加えたり等，様々な工夫を行って来ているが，完全に予防するには至っていない。現在は

空気抜きのための予防措置として術野へのCO₂散布が有効であるといった報告もなされており¹⁻⁶⁾，施設間においてばらつきはあるものの，導入が簡便であることから徐々に広まりつつある。今回の検討においても，術野へのCO₂散布により手術手技の妨げになるものではなく，空気抜きにかかる時間は従来に比べ短時間である印象もあることから，積極的に導入すべきと考えられた。ただし，経食道超音波検査での比較検討のみでは，明確な違いを見出すのは困難であり（心腔内に存在する空気像の評価，空気抜きに要した時間など，いずれも検者の主観が介入するため），従来法との比較検討における有意差を見出すには客観的指標が必要と考えられた。今回の検討では行わなかったが，近年になり，多くの高齢者において手術や麻酔後に起こる術後認知機能障害（Postoperative Cognitive Dysfunction: POCD）が注目されるようになっており，心臓手術数週間後には30～80%，3～6カ月後には10～60%にPOCDが発生すると報告されており，そのリスクファクターとしては年齢や麻酔時間，呼吸器合併症，感染症の合併，2回目の手術，教育レベル，うつ状態，アルコール摂取が抽出されている⁷⁻⁹⁾。しかし，空気塞栓の際に起こりうる低酸素や低血圧の発生との因果関係は証明されておらず，MMSE等の質問紙表を用いた高次脳機能・認知障害を評価することによって，これらの因果関係が証明される可能性はあり，興味深い研究になり得ると考える。

6. 結 語

当院において二酸化炭素の術野散布を導入するにあたり，プレスタディーとしてCO₂散布法を行った2症例について検証した。CO₂散布により気泡数は減少し，容易に人工心肺より離脱し得たが，臨床症状および生化学データ値において従来法との明らかな相違は認めず，プレスタディーのみで本研究を終了した。今後本研究を継続するにあたり，客観的かつ早期に検出可能な新たな評価項目を見出す必要があると考える。

謝辞

本研究は平成25年度日本大学医学部学術研究助成金「土岐研究」の支援によりなされたものであり，ここに深甚なる謝意を表します。

参考文献

- 1) Svenarud S, persson M, Van der Linden J. Efficiency of a gas diffuser and influence of suction in carbon dioxide deairing of a cardiothoracoc wound cavity model. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2003; 125: 1043-9.
- 2) Al-Rashidi F, Landenhed M, Blomquist S, et al. Comparison of the effectiveness and safety of a new de-airing technique with a standardized carbon dioxide insufflation technique in open left heart surgery: a randomized clinical trial. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2011; 141: 1128-33.
- 3) Svenarud P, Persson M, van der Linden J. Effect of CO₂ insufflation on the number and behavior of air microemboli in open - heart surgery: a randomized clinical trial. *Circulation.* 2004; 109: 1127-32.
- 4) Al-Rashidi F, Blomquist S, Höglund P, et al. A new de-airing technique that reduces systemic microemboli during open surgery: a prospective controlled study. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2009 ;138 :157-62.
- 5) Chaudhuri K, Storey E, Lee GA, et al. Carbon dioxide insufflation in open -chamber cardiac surgery: a double-blind, randomized clinical trial of neurocognitive effects. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2012 ;144 :646-653.
- 6) Sun Y, Ji B, Zhu X, Zheng Z. Efficacy of carbon dioxide insufflation for cerebral and cardiac protection during open heart surgery: a systematic review and meta-analysis. *Artif Organs.* 2013 ;37 :439-46.
- 7) Moller JT, Cluitmans P, Rasmussen LS, et al. Long-term postoperative cognitive dysfunction in the elderly ISPOCD1 study. ISPOCD investigators. International Study of Post-Operative Cognitive Dysfunction. *Lancet.* 1998 ;351 :857-61.
- 8) Ancelin ML, de Roquefeuil G, Ledésert, et al. Exposure to anaesthetic agents, cognitive functioning and depressive symptomatology in the elderly. *Br J Psychiatry.* 2001 ;178 :360-6.
- 9) Johnson T, Monk T, Rasmussen LS, et al. Postoperative cognitive dysfunction in middle-aged patients. *Anesthesiology.* 2002 ;96 :1351-7.