

Anesthetic Management of Lung Transplantation from a Brain-Dead Donor : The First Case at Fukuoka University Hospital

Shigenori IWAKIRI¹⁾, Masanobu YASUMOTO²⁾, Takamitsu HAMADA¹⁾,
Takeshi SHIRAISHI³⁾, Masafumi HIRATSUKA³⁾, Mitsuteru MUNAKATA³⁾,
Takayuki SHIRAKUSA³⁾, Yuichi YAMASHITA^{2,4)}, Fumio HIWATASHI⁵⁾,
Akemi TOKUMUCHI⁵⁾, Fumie MAKO⁵⁾, Akira HAYASHI⁵⁾,
Mami SAKAMOTO⁵⁾, Shinjiro SHONO¹⁾, Kiyoshi KATORI¹⁾,
Keiichi NITAHARA¹⁾ and Kazuo HIGA¹⁾

¹⁾ Department of Anesthesiology, Fukuoka University School of Medicine

²⁾ Department of Operating Service, Fukuoka University Hospital

³⁾ Department of Thoracic Surgery, Fukuoka University School of Medicine

⁴⁾ Department of Gastrointestinal Surgery, Fukuoka University School of Medicine

⁵⁾ Division of Nursing Service, Fukuoka University Hospital

Abstract : We herein report the anesthetic management of the first case of lung transplantation from a brain-dead donor at Fukuoka University Hospital. The recipient was a 32-year-old male with bronchiolitis obliterans after bone marrow transplantation. He had been registered as a candidate for lung transplantation by the Japan Organ Transplant Network. General anesthesia was maintained with midazolam and fentanyl. A lung transplantation on the left from a brain-dead donor was performed without cardiopulmonary bypass. No profound hypoxemia or pulmonary hypertension was observed during surgery and anesthesia.

Key words : Lung transplantation, Brain-dead donor

福岡大学病院における第1例目の脳死肺移植レシピエントの麻酔経験

岩切 重憲¹⁾ 安元 正信²⁾ 濱田 孝光¹⁾
白石 武史³⁾ 平塚 昌文³⁾ 宗像 光輝³⁾
白日 高歩³⁾ 山下 裕一^{2,4)} 樋渡 文雄⁵⁾
徳持 朱実⁵⁾ 真子 文恵⁵⁾ 林 晶⁵⁾
坂本 真美⁵⁾ 生野慎二郎¹⁾ 香取 清¹⁾
仁田原慶一¹⁾ 比嘉 和夫¹⁾

¹⁾ 福岡大学医学部麻酔科

²⁾ 福岡大学病院手術部

³⁾ 福岡大学医学部外科学呼吸器部門

⁴⁾ 福岡大学医学部外科学消化器部門

⁵⁾ 福岡大学病院看護部

要旨 : われわれは、福岡大学病院で第1症例目の脳死肺移植の麻酔を経験したので報告する。症例は32歳の男性で、閉塞性細気管支炎により以前から肺移植の適応として登録されていた。肺移植は脳死者からの左肺の片側肺移植が行われた。麻酔はミダゾラム、フェンタニル、ベクロニウムを用いた全静脈麻酔で行った。人工心肺を用いることなく分離肺換気のみで肺移植を終えた。術中に異常な低酸素血症や肺高血圧をきたすことなく麻酔管理できた。

索引用語：脳死肺移植，分離肺換気

福岡大学病院で第1症例目の脳死肺移植の麻酔を経験したので報告する。

症 例

32歳，男性．身長 172cm，体重 62kg．悪性リンパ腫に対する骨髄移植後に移植片対宿主反応を発症し，閉塞性細気管支炎となった．肺機能が次第に低下し，1秒量が 1.07L (26%)，在宅酸素療法が必要となったので10カ月前に肺移植の適応と判断され，今回脳死肺移植を行われた．術前の状態は Hugh-Jones 分類で Ⅱ度．胸部エックス線写真で心胸郭比は46.4%，両肺の過膨張と末梢肺血管陰影の細小化があった(図1)．肺活量は 3,650ml，1秒量は 980ml (1秒率23%)であった．動脈血液ガス分析は酸素 5L/min の経鼻カニューラ投与で pH 7.39，PaCO₂ 46mmHg，PaO₂ 181mmHg，BE 2.7mmol/L，SpO₂ 100%であった．

(麻酔経過)

手術当日の午前4時に左の脳死肺移植実施の連絡があり，術前に2度の合同カンファレンスを行い手順，準備

機材等の確認を行った．

麻酔経過を図2に示す．麻酔前投薬は使用せずに手術室入室した．手術室入室時は F_iO₂ 1.0，フェイスマスクでの自発呼吸下で pH 7.45，PaCO₂ 43mmHg，PaO₂ 508mmHg，B.E. 5.1mmol/L であった．末梢静脈ラインと橈骨動脈に動脈圧ラインを確保した．麻酔はミダゾラム 5mg とフェンタニル 0.5mg で導入し，パンクロニウム (8mg) を投与後に分離肺換気用気管チューブ (Bronchocath 39Fr，左気管支用) を挿管した．気管挿管後はフェンタニル，ミダゾラム，ベクロニウムを持続投与し，麻酔を維持した．気管挿管後に右内頸静脈から肺動脈カテーテルと中心静脈カテーテルを挿入した．挿入直後の肺動脈圧は 31/10mmHg であった．術中のモニタリングは心電図，経皮的酸素飽和度，呼気二酸化炭素分圧，深部体温，筋弛緩モニター，観血的動脈圧，中心静脈圧，肺動脈圧，連続心拍出量測定，混合静脈血酸素飽和度測定，経食道心エコーを行った．手術開始前に試験的に右の片肺換気を行った．F_iO₂ 1.0で15分間の片肺換気で pH 7.28，PaCO₂ 68mmHg，PaO₂ 486mmHg であり，肺動脈圧は上昇しなかった．片肺換気による麻



図1 術前胸部エックス線写真

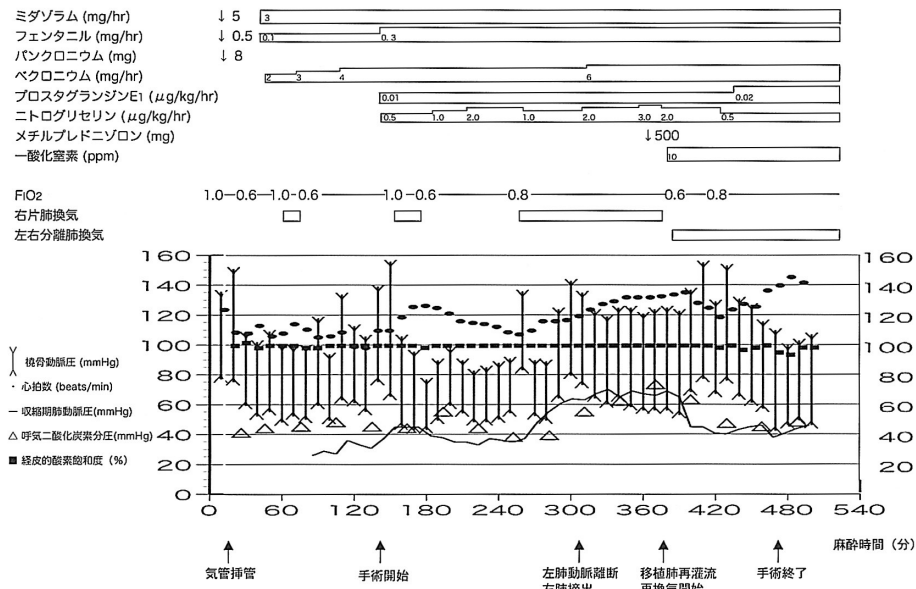


図2 麻酔経過表



図3 術後胸部エックス線写真

酔維持が可能と判断し、低酸素発生時に使用する経皮的
心肺補助装置の送・脱血管挿入のため的大腿動・静脈の
血管確保は行わずに、患者を右側臥位とし手術を開始し
た。

手術開始時より肺動脈圧を低下させる目的でプロスタ
グランジン E₁ およびニトログリセリンの持続投与を

開始した。手術開始2時間後より左肺摘出操作のために
右の片肺換気とした。その後より徐々に呼気二酸化炭素
分圧が上昇し、それに伴い肺動脈圧が上昇したので、機
械換気を中止し徒手換気を行った。左肺摘出時（分離肺
換気開始70分後）は F_iO₂ 0.7の徒手換気で pH 7.30、
PaCO₂ 64mmHg、PaO₂ 324mmHg、B.E. 3.4mmol/L

と高二酸化炭素血症であり、肺動脈圧は 60/30mmHg まで上昇した。ニトログリセリンを増量し、徒手換気による過換気で高二酸化炭素血症、肺高血圧に対処したが、移植肺の再灌流前には、 F_iO_2 0.7の徒手換気で、pH 7.21, $PaCO_2$ 79mmHg, PaO_2 330mmHg, B.E. 2.3 mmol/L, 肺動脈圧 65/30mmHg まで上昇した。

分離肺換気開始から約130分後に、メチルプレドニゾン 500mg を投与し、移植肺の再灌流と再換気を開始した。移植肺の換気開始後は一酸化窒素を 10ppm で吸入開始し、肺動脈圧は 40/20mmHg 程度で維持できたが自己肺と移植肺のコンプライアンスの違いが大きく、両肺換気では自己肺の換気が困難になった。その後は左右の肺それぞれに人工呼吸器を用いて、自己肺は F_iO_2 0.7, 呼吸回数 15/min, 一回換気圧 22cmH₂O, 呼気終末陽圧 5cmH₂O で、移植肺は F_iO_2 0.7, 呼吸回数 15/min, 一回換気圧 15cmH₂O, 呼気終末陽圧 8cmH₂O で分離肺換気をおこなった。再灌流15分後の動脈血液ガス分析は、pH 7.33, $PaCO_2$ 54mmHg, PaO_2 344mmHg, B.E. 2.7mmol/L と酸素化は良好であったので F_iO_2 を0.4に下げた。その後は SpO_2 99-100%, 肺動脈圧 39-43/13-20mmHg で推移していた。再灌流60分後より SpO_2 が徐々に低下したので再度 F_iO_2 を0.7に上げた。手術時間は 5 時間23分、麻酔時間は 8 時間55分であった。麻酔中の輸液量 3,920ml, 出血量 223ml, 尿量 500 ml であった。

手術終了時の胸部エックス線写真で肺血管影が増強していた(図3)。手術終了後の血液ガス分析では F_iO_2 0.5で、pH 7.27, $PaCO_2$ 71mmHg, PaO_2 129mmHg, B.E. 3.8mmol/L であった。術後は外科系集中治療室に入室した。外科系集中治療室での経過は別に詳述している。

考 察

当院での第1例目の脳死肺移植は本邦で第29例目の脳死肺移植である。

脳死肺移植の麻酔管理として問題になる点は、第1に緊急手術であるために人材や機材を確保すること、第2に麻酔導入から肺移植までの呼吸、循環の管理、そして第3に移植肺の再灌流障害と呼吸管理があげられる。

第1の人材や機材を確保は、脳死肺移植では移植肺の虚血時間の長さが予後に強く関連するので、早急な手術への準備と対応が必要になる¹⁾。今回は当院で第1例目ではあったが、平素より移植に向けての作業の確認やシミュレーションを重ねていたことと、移植決定が土曜日の早朝で、午後からの手術となったので人材、手術室、機材等の確保も比較的円滑に行えた。

肺移植患者では麻酔導入による血管拡張と、人工呼吸

管理による肺過膨張、肺コンプライアンスの低下や喀痰の貯留により低酸素血症や高二酸化炭素血症になりやすいので、緊急に経皮的心肺補助装置等が導入できる体制で麻酔導入を行う必要がある²⁾。麻酔導入後も、移植肺の再換気が始まるまでの片肺換気の間は低酸素血症、高二酸化炭素血症になりやすい。酸素化が維持できない、あるいは低酸素・高二酸化炭素血症に伴い高度の肺高血圧となった場合は人工心肺の使用が必要になる³⁾。今回の症例では、ミダゾラム、フェンタニルとパנקロニウムで気管挿管をすることで麻酔を導入で著明な血圧の変動もなく麻酔を導入することができた。酸素化は良好に保たれており、人工換気も呼気時間を十分にとることで肺の過膨張をきたすことなく重篤な低酸素をきたすことはなかった。しかし、片肺換気中に、高二酸化炭素血症と肺動脈圧が徐々に上昇した。

早期の移植肺機能不全は肺移植の約15%に発生し、発生するとその60%以上が死亡する⁴⁾。移植肺機能不全は虚血後の再灌流により発生する⁵⁾。再灌流障害の予防として、再灌流前にメチルプレドニゾロンの投与や、肺高血圧の軽減のためにニトログリセリンの投与が有効である⁶⁾。移植肺は一酸化窒素の産生が低下しているので一酸化窒素の吸入を行うことで肺血管抵抗の減少と酸素化の改善が期待できる⁷⁾。今回の症例では再灌流直前にメチルプレドニゾン投与し、ニトログリセリンを持続投与し、一酸化窒素の吸入を開始した。しかし、酸素化は徐々に悪化した。術後の胸部エックス線写真で肺血管影の増強があり、肺水腫様であった。

気管支吻合後の呼吸管理では、移植肺の吻合部保護のために低い気道内圧での換気が必要となる。しかし、移植肺では肺水腫をきたしやすい状態にあるので、呼気終末陽圧換気を併用する必要があることが多い。さらに、片肺の移植では左右の肺のコンプライアンス、酸素化能などの違いがあるので、両肺を同じ換気条件で管理することは困難なことが多い⁸⁾。今回の症例では、移植肺の換気再開後より分離肺換気とし、移植肺の換気は低い気道内圧で行い 8cmH₂O の呼気終末陽圧換気を併用し、コンプライアンスが小さい自己肺は高い気道内圧で換気をし、5cmH₂O の呼気終末陽圧換気を併用し、呼吸管理を行った。手術終了後は集中治療室に入室し、全身管理をおこなった。

結 語

福岡大学病院で第1例目の死体肺移植の麻酔を経験した。麻酔導入から移植完了まで人工心肺を用いることなく麻酔管理できた。移植後は分離肺換気を行い、移植肺の保護と酸素化を維持できた。

引用文献

- 1) Winton TL, Miller JD, de Hoyos A, Snell G, Maurer J: Graft function, airway healing, rejection, and survival in pulmonary transplantation are not affected by graft ischemia in excess of 5 hours. *Transplant Proc* 25 : 1649–1650, 1993.
- 2) Hohn L, Schweizer A, Morel DR, Spiliopoulos A, Licker M : Circulatory failure after anesthesia induction in patient with severe primary pulmonary hypertension. *Anesthesiology* 91 : 1943–1945, 1999.
- 3) Hlozek CC, Smedira NG, Kirby TJ, Patel AN, Perl M: Cardiopulmonary bypass for lung transplantation. *Perfusion* 12 : 107–112, 1997.
- 4) Christie JD, Bavaria JE, Palevsky HI, Litzky L, Blumenthal NP, Kaiser LR, Kotloff RM : Primary graft failure following lung transplantation. *Chest* 114:51–60, 1998.
- 5) Bhabra FS, Hopkinson DN, Shaw TE, Hooper TL: Critical importance of the first 10 minutes of lung graft reperfusion after hypothermic storage. *Ann Thorac Surg* 61 : 1631–1635, 1996.
- 6) 五藤恵次, 平川方久: 外科系患者の集中治療－呼吸器外科・ICU と CCU 23 : 417–425 , 1999 .
- 7) George I, Xydias S, Topkara VK, Ferdinando C, Barnwell EC, Gableman L, Sladen RN, Naka Y, Oz MC : Clinical indication for use and outcomes after inhaled nitric oxide therapy. *Ann Thorac Surg* 82: 2161–2169, 2006. Christie JD, Bavaria JE, Palevsky HI, Litzky L, Blumenthal NP, Kaiser LR, Kotloff RM : Primary graft failure following lung transplantation. *Chest* 114 : 51–60, 1998.
(平成19. 2. 7受付, 19. 3.27受理)