

# 冠動脈大動脈バイパスグラフト症例における心内遺残空気：術中経食道心エコー図法による検討

# Retained intracardiac air in coronary artery bypass grafting detected by intraoperative transesophageal echocardiography

渡橋 和政  
松浦雄一郎

Kazumasa ORIHASHI  
Yuichiro MATSUURA

## Summary

The incidence and location of retained air in 35 patients who underwent coronary artery bypass grafting (CABG) were examined using B mode transesophageal echocardiography. The origin of air detected in the left atrium or left ventricle on weaning from a cardiopulmonary bypass was sought as far as the 4 pulmonary veins. Air appeared as : highly echogenic dots with high mobility, buoyancy and no disappearance in the blood flow. Retained intracardiac air was detected in 10 of the 35 patients : in the right upper pulmonary vein (RUPV) in 9 patients and in the left ventricular (LV) apex in 7. Six of the 7 patients with air retained at the LV apex also had air in the RUPV, suggesting that air from the RUPV collected again at the LV apex. Air from the RUPV was observed flowing into the left atrium on resumption of the pulmonary vein flow. Air at the LV apex appeared as a strong echo area which exhibited a pop-up motion in systole, while air bubbles gradually flowed into the ascending aorta. In one patient, the air at the LV apex was suddenly flushed into the ascending aorta when the heart was manipulated. Air retention is not uncommon in CABG and is mainly located in the RUPV. Retained air at the LV apex may remain indefinitely, and suddenly flow into the aorta with manipulation of the heart or a change of posture. The long-axis view of the left heart can be visualized in all patients and is useful for detecting air at the LV apex and in the RUPV, facilitating : effective removal of the air before resumption of blood flow; intraoperative assessment of the removal technique; and minimized hazard of systemic arterial air embolism.

## Key words

Transesophageal echocardiography

Coronary artery bypass grafting

Intracardiac air

Intraoperative monitoring

## 緒 言

OkaらはMモードの経食道心エコー図法を用いて、心臓手術中の心内遺残空気の頻度を報告した<sup>1)</sup>。遺残空気は心臓切開を伴う手術において73%

と高率に検出されたのみならず、心臓切開を伴わない冠動脈大動脈バイパス術 (coronary artery bypass grafting : CABG) においても、11% とまれならず認められた。さらに、さまざまな方法で空気除去を行い、その結果をMモード経食道心エコー

広島大学医学部 第一外科  
広島市南区霞 1-2-3 (〒734)

The First Department of Surgery, Hiroshima University  
School of Medicine, Kasumi 1-2-3, Minami-ku, Hiroshima  
734

Received for publication November 15, 1991; accepted October 26, 1992 (Ref. No. 39-216)

図法で評価した<sup>2)</sup>。しかしこれらの報告では空気の由来についてはいまだ不明瞭であった。今回われわれはCABG症例において、Bモード経食道心エコー図法を用い、心内空気遺残の頻度およびその所在を検討した。

### 対象と方法

対象は35例のCABG患者で男27例、女8例、年齢は3-83歳であった。装置は東芝製の3.75 MHz食道探触子(ESB-37LR)を心エコー装置(SSH-65A)に接続し、術中モニターとして用いる一方で、体外循環離脱時、麻酔科医がルーチンに行っている肺の過膨張後の左心系長軸像で心内遺残空気を調べた。

Fig. 1は術中のモニターとして用いている左心系長軸像の模式図であるが、この像では左心系の全体すなわち肺静脈から左房、左室、左室流出路、さらに上行大動脈にいたるまでが一度に描出される。左房、左室に空気の像がみられた場合には、その源が4本の肺静脈のいずれであるかの検索を行った。各肺静脈の描出は以前報告した方法によった<sup>3)</sup>。すなわち、左心系長軸像のスキャン面で探触子を時計方向に回転すると、画面上左房の左下隅で、上行大動脈と上大静脈の直上に、右上方向に走行して左房に入る右上肺静脈が描出される。また探触子を反時計方向に回転すれば、左房の右上隅で、胸部下行大動脈の直下に左方向に走行し、左房に流入する左下肺静脈が現れる。さらに右上肺静脈が描出できる位置から探触子を1-2 cm進めれば、左房の左上隅に右方向に走行して左房に流入する右下肺静脈が、また左下肺静脈が描出できる位置から探触子を1-2 cm引けば、左房の右上隅で、胸部下行大動脈と左心耳の間で、左上方向に走行して左房に流入する左上肺静脈が認められる。

今回の検討で用いた心エコー図法における空気の定義は次のとおりである。

- 1) 高度の可動性を持つ点状の高エコー
- 2) 浮揚性あり

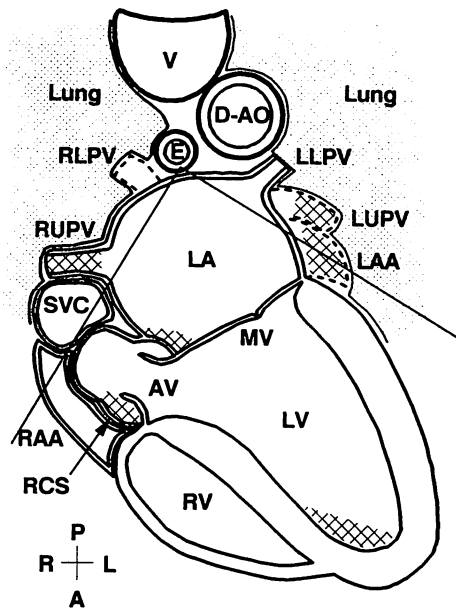


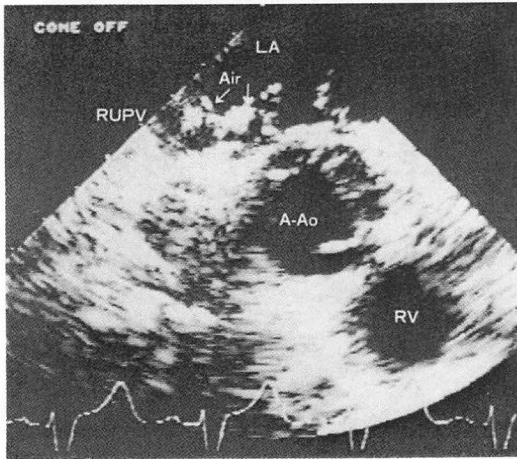
Fig. 1. Schematic illustration of the long-axis view of the left heart and pulmonary veins.

This view shows the entire left heart, including the pulmonary vein, left atrium, left ventricle, left ventricular outflow tract, and ascending aorta. The shadowed areas indicate possible sites of air retention.

V=vertebra; D-Ao=descending aorta; E=esophagus; LA=left atrium; LV=left ventricle; RV=right ventricle; MV=mitral valve; AV=aortic valve; RAA=right atrial appendage; LAA=left atrial appendage; RCS=right coronary sinus; LUPV=left upper pulmonary vein; LLPV=left lower pulmonary vein; RUPV=right upper pulmonary vein; RLPV=right lower pulmonary vein; SVC=superior vena cava.

### 3) 血液中で消失しない

空気は無エコーの心腔内に高度の可動性を持つ多数の点状の高エコーとして描出され、しばしばサイドローブと音響陰影を伴っている。同様な点状エコーは、血流の緩徐なときに現れるモヤモヤエコーでもみられるが、上記の2), 3)はモヤモヤエコーと空気との差異を示している。まず、モヤモヤエコーには浮揚性は認められないのに対し、空気は浮力を有し、心腔内で高い位置に集まる傾向がある。例えば、左房内では僧帽弁前尖起始



**Fig. 2.** Echocardiogram showing air bubbles flowing out of the right upper pulmonary vein.

Air retained in this location begins to appear when the pulmonary vein flow resumes.

Abbreviations as in Fig. 1.

部、左室内では心尖部-心室中隔移行部、上行大動脈内では右冠動脈洞内などである。ただし、この傾向は血流の緩徐などときには著明であるが、血流の速いときには空気は洗い流され停滞しにくくなる。さらに、モヤモヤエコーは血流再開に伴い数 cm 移動するうちに消失し始め、大動脈弁を通過するころにはほとんど見えなくなるが、一方、空気は血流が速くなくても消失せず、上行大動脈内に出ていくのが見え、さらに数秒遅れて下行大動脈内を通過していくのがみられる。

## 結 果

心内遺残空気は、35 症例中 10 例 (28.6%) に認められたが、この 10 例のうち 9 例では右上肺静脈から空気が出てくるのが認められ、7 例では左室心尖部に空気の貯留を認めた。左室心尖部に空気を認めた 7 例中 6 例では、右上肺静脈からの空気を認めており、肺静脈から流れ出た空気が左室心尖部に再貯留したものと考えられた。

**Fig. 2** は 1 例で認められた心内遺残空気である。この症例では右上肺静脈から出てきている。空気は partial bypass になるころから少しずつ現れ始

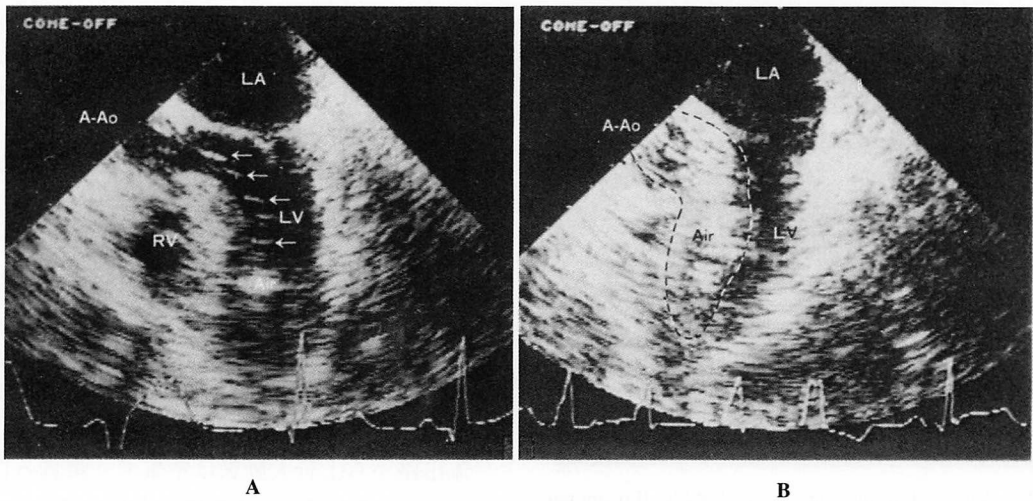
め、完全離脱のころ最も著明になり、次第に少なくなる。空気は肺静脈血流に乗って拍動性に左房内に吹き出してくるが、吸気時、気道内圧が高くなることにより著明になる。

**Fig. 3** は他の 1 例で認められた左室心尖部の空気である。空気は一定面積を持つ高エコー領域として描出され、心拍動に合わせて収縮期に飛び上がるようにみえる (**Fig. 3A**)。一方で空気は、少しずつ気泡になって舞い上がり、上行大動脈に流れ去っていくのがみられる。この症例では、外科医が左室心尖部を動かした瞬間、心尖部にみえた空気が一気に上行大動脈に流出した (**Fig. 3B**)。左室流出路から上行大動脈は空気で一瞬真っ白になり、少し遅れて下行大動脈内も真っ白になった。その後心尖部の高エコー領域は小さくなり、10-20 分後には消失した。

## 考 按

心内遺残空気は心臓手術の合併症の一つとして重要視され、右上肺静脈が空気遺残に大きな意味を持つことは早くから指摘されていたが<sup>4)</sup>、Okara<sup>1,2)</sup>が M モード経食道心エコー図法を術中の心内遺残空気の検出に応用してからも、空気の存在は主に心臓壁を透かしてみたり、盲目的に心臓を穿刺したりすることによって判断されてきたのが現状である。その後 B モード経食道心エコー図法が開発され、左室短軸像を用いて検討した報告<sup>5)</sup>も出されたが、空気の由来や解決法については言及されていない。今回われわれが用いた左心系長軸像は、これらの方法に比べていくつかの利点を有する。**Fig. 4** に、心内遺残空気の貯留部位と心エコー図法でのスキャン方法との関係を示す。

M モードではアイスピック状に、また左室短軸像ではスライス状にスキャンされるが、いずれも空気はスキャン部分に直交するように通過し、エコーではその一部を、しかも瞬間的にしか検出することができない。また、肺静脈や心尖部に貯留している空気を見逃す可能性がある。一方、左心系長軸像では、空気はスキャン面に沿って流れて



**Fig. 3. Echocardiograms showing air retention at the left ventricular apex.**

A: Air appears as an area of high echo density, popping up in the systolic phase.

B: Air was flushed into the ascending aorta when the heart was manipulated.

Abbreviations as in Fig. 1.

いき, 空気の貯留部位およびその経路をともに一画面でみることができる。前回のMモードによる検討に比べ, 空気の検出頻度が高くなった理由の一つに, この要因が考えられる。

心内遺残空気は, 心臓の切開を伴わないCABG症例においてもまれではなく, その源は主に右上肺静脈と左室心尖部であることが今回の検討で判明した。この空気の由来には, 右心系の空気が体外循環中に肺を通過して右上肺静脈に貯留する, 体外循環直前に左室ペントを挿入するさいに右上肺静脈に吸引される, などの可能性があるが, 現時点では不明であり, 今後の検討が必要である。

左室心尖部の空気は, いったんこの部位に潜んでいて, 後に心臓の操作や体位変換などにより一気に大動脈に流出する可能性があり, とくに注意をする必要があると考えられる。

左心系長軸像は, 経食道心エコー図法を用いるとほぼ例外なく描出できる像であり, この像を用いると, 心尖部の空気の検出は容易であり, さらに, 右上肺静脈内に潜んでいる空気もある程度検出でき, 血流再開前にそれを効率よく穿刺吸引することにより, 空気の大循環への流出を未然に防

ぐのに有用であると考ええる。さらにその空気除去の結果をリアルタイムで評価することができ, われわれは術中のルーチンワークの一つとしている。

こうして経食道心エコー図法でみつかった空気の臨床的意義についてはまだ明らかでない。一般に超音波は空気に対して非常に敏感であり,  $5\mu$  という小さな空気も検出できるとされている<sup>9)</sup>。また, 経食道心エコー図法で心内遺残空気が検出されても有意な合併症は起こらないという報告もある<sup>9)</sup>。しかし, 0.1-0.2 mlの空気でイヌに心筋梗塞を引き起こすという報告<sup>7)</sup>や, 弁手術後に心筋梗塞が発生し, その原因として空気塞栓が最も考えられたとする報告<sup>8)</sup>もある。Fig. 3に示した症例でも一過性の左室局所壁運動異常と血圧低下を認めている。

超音波が非常に敏感であるということは, 検出された空気が十分小さいということを保証するものではない。またわれわれは最近同様な所見を認めた症例で経食道心エコー図法誘導下に穿刺を行い, 2-6 mlの空気を吸引している。この量の空気の有意性については意見の分かれるとこ

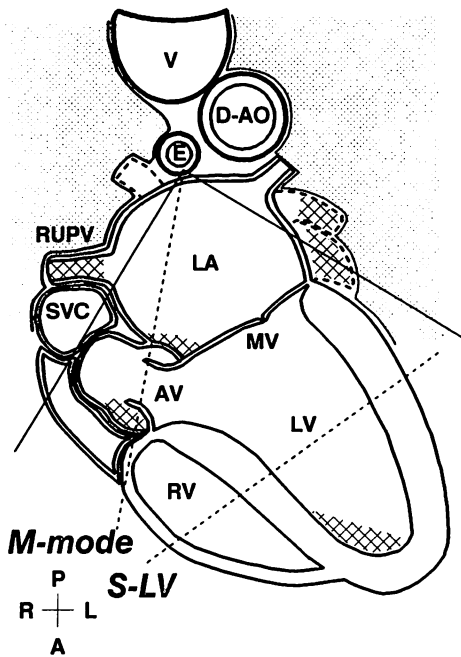


Fig. 4. Schematic diagram of the locations of intracardiac air retention and the scanning plane of echocardiography.

Both M-mode and ventricular short-axis views do not include the 2 sites of air retention and the scanning planes are perpendicular to the course of air bubbles, so retained air may not be detected.

M-mode=scanning plane for M-mode; S-LV=scanning plane for ventricular short-axis view. Other abbreviations as in Fig. 1.

ろであろうが、もしこれを有意でないとするならば、体外循環開始前に、目にみえるすべての気泡を回路中から除去しようとする外科医の努力と費やされる時間は無意味であることになる。経食道心エコー図法がすでに術中モニターとして用いられており、その誘導下に数 ml の空気を効率的に除去できるのなら、われわれは積極的に除去を試みたいと思う。

## 結 論

1. 心臓切開を伴わない CABG において、心内遺残空気は 28.6% (10/35) に認められ、その貯留部位

は右上肺静脈および左室心尖部であった。

2. 心尖部の空気は、右上肺静脈からの空気が再貯留したと考えられ、心臓操作や体位変換により、一気に大動脈に流出する可能性があり、要注意である。

3. 左心系長軸像は心内遺残空気の検出、除去、および除去後の評価に有用である。

## 要 約

Oka らは、M モードの経食道心エコー図法を用いて遺残空気を検討し、心臓切開を伴わない冠動脈大動脈バイパス術 (CABG) においても 11% と、まれならず認められたと報告した。今回 35 例の CABG 症例で B モードを用い、心内空気遺残の頻度およびその所在を検討した。体外循環離脱時、左心系長軸像で左房・左室に空気の像がみられた場合には、その源が 4 本の肺静脈のいずれであるかの検索を行った。空気は、高度の可動性を持つ点状の高エコー、浮揚性、血流中で消失しない、の 3 点で定義した。

心内遺残空気は 35 症例中 10 例 (28.6%) に認められた。うち 9 例では右上肺静脈に、7 例では左室心尖部にみられた。後者の 7 例中 6 例では右上肺静脈からの空気を認めており、肺静脈由来の空気が左室心尖部に再貯留したものと考えられた。右上肺静脈からの空気は肺血流開始とともに左房内に吹き出して来るようにみえた。心尖部の空気は一定面積を持つ高エコー領域として描出され、心拍動に合わせて収縮期に飛び上がるようにみえた。一方で空気は少しずつ気泡になって舞い上がり、上行大動脈に流れていた。1 例では外科医が心臓を動かした瞬間、心尖部の空気が一気に上行大動脈に流出した。心内遺残空気は、CABG 症例においてもまれではなく、その源は主に右上肺静脈であった。左室心尖部の空気はいったんこの部位に貯留し、後に心臓の操作や体位変換などにより一気に大動脈に流出する可能性があり、注意が必要と考えられる。

左心系長軸像は、経食道心エコー図法を用いる

とほぼ例外なく描出できる像であり, この像を用いると, 心尖部の空気の検出は容易である。さらに, 右上肺静脈内の空気もある程度検出でき, 血流再開前にそれを効率よく穿刺吸引することにより, 空気の大循環への流出を未然に防ぐのに有用であると考えられる。さらにその空気除去の結果をリアルタイムで評価することができ, われわれはこの方法を術中のルーチンワークの一つとしている。

#### 謝 辞

本研究にあたり, 症例の提供をいただき, ご指導を賜ったアルバート・アインシュタイン医科大学麻酔科, 丘ヤス教授に深甚なる謝意を捧げる。

#### 文 献

- 1) Oka Y, Moriwaki KM, Hong Y, Chuculate C, Strom J, Andrews IC, Frater RWM: Detection of air emboli in the left heart by M-mode transesophageal echocardiography following cardiopulmonary bypass. *Anesthesiology* **63**: 109-113, 1985
- 2) Oka Y, Inoue T, Hong Y, Sisto DA, Strom JA, Frater RWM: Retained intracardiac air: Transesophageal echocardiography for definition of incidence and monitoring removal by improved techniques. *J Thorac Cardiovasc Surg* **91**: 329-338, 1986
- 3) Orihashi K, Goldiner PL, Oka Y: Intraoperative assessment of pulmonary vein flow: Echocardiography. *J Cardiovasc Ultrasound Allied Tech* **7**: 261-271, 1990
- 4) Fishman NH, Carlsson E, Roe BB: The importance of the pulmonary veins in systemic air embolism following open-heart surgery. *Surgery* **66**: 655-662, 1969
- 5) Topol EJ, Humphrey LS, Borkon AM, Baumgartner WA, Dorsey DL, Reitz BA, Weiss JL: Value of intraoperative left ventricular microbubbles detected by transesophageal two-dimensional echocardiography in predicting neurologic outcome after cardiac operations. *Am J Cardiol* **56**: 773-775, 1985
- 6) Meltzer RS, Tickner EG, Popp RL: Why do the lungs clear ultrasonic contrast? *Ultrasound Med Biol* **6**: 263-269, 1980
- 7) Goldfarb D, Bahnson HT: Early and late effects on the heart of small amounts of air in the coronary circulation. *J Thorac Cardiovasc Surg* **46**: 368-378, 1963
- 8) 岡村吉隆, 竹内靖夫, 五味昭彦, 長嶋光樹, 森 秀暁, 服部 淳: 人工弁置換術時の perioperative myocardial infarction (PMI) 発症例の検討. *胸部外科* **42**: 1012-1015, 1989