

## 手術中の循環動態不安定時の TEE

平井明子\* 小出康弘\*

## はじめに

経食道心エコー(TEE)は心臓大血管手術の麻酔管理に有用であり<sup>1)</sup>, 実際に筆者らの施設でもほぼルーチンに, 使用している. 昨年より JBPOT による TEE の試験もはじまり, ますます麻酔科医にとって TEE は身近で重要な存在となってきている. エコーは断層法による形態の観察と, カラー Doppler 法による血流の観察, パルス Doppler, 連続波 Doppler による圧の測定により, 形態的機能的診断が可能となる. 超音波の原理や機能, 定量評価などはややとつきにくく敬遠しがちであるが, 断層法では解剖を理解していれば, 直接的に 2 次元の画像として形態学的な変化を観察することができる.

心臓大血管手術の麻酔管理ばかりではなく, 手術中に循環動態が不安定となった場合, TEE はその威力を発揮し, 最も簡便な断層法やカラー Doppler 法を用いて, 形態学的変化から病態を迅速に診断し治療へと結びつけることができる.

実際に, 術中の循環動態の変化を TEE を用いて診断し, 治療を行った症例について紹介する.

## 麻酔中の循環動態の変化

麻酔中手術中には循環動態を変化させる様々な要因がある. 例えば, 麻酔導入時には麻酔薬や筋弛緩薬の投与, 気管挿管の刺激, また, 術中では出血やそれに伴う輸液負荷, 手術操作による刺激など, これらは循環動態の変化の要因となり, 個々の症例の病態によりそれらは大きな影響を及ぼす可能性がある.

多くの麻酔導入薬は, 血管拡張や交感神経緊張

低下による前負荷減少, 体血管抵抗低下, 心収縮力の低下作用を持ち血圧を低下させる. 循環血液量の減少している症例や心不全など交感神経が過緊張となっている症例では血圧の低下が大きくなる. 筋弛緩薬として頻用されているベクロニウムは作用そのものに循環動態への影響はないが, 筋弛緩作用に伴い陽圧呼吸が必要となる. 自発呼吸から陽圧呼吸にかわることで, 胸腔内圧が変化し心内シャントのある症例ではシャント量の変化により酸素飽和度の低下が生じ, 心タンポナーデでは血圧の低下を生じる. 気管挿管抜管の刺激により血圧の上昇や頻脈が起こり, 虚血性心疾患の症例では心筋虚血の起こりやすい状態となる. 術中の出血や不感蒸泄は前負荷を減少させ, 手術刺激により交感神経が刺激され後負荷の増加, 心収縮力の増強が生じる.

その他に, 術中に循環虚脱を起こす原因として肺塞栓, 左室流出路狭窄を有する心筋症などが考えられる.

2000 年から 2005 年にかけて術中循環動態が不安定となり TEE を用いて管理した症例 8 例 (Ebstein 奇形, 急性肺血栓塞栓症, 急性大動脈解離, 閉塞性肥大型心筋症, 空気塞栓, 心筋虚血 3 例) について以下に述べる.

## A. Ebstein 奇形

60 歳, 女性. 卵巣癌のため根治術が行われた. 幼少時より心雑音があり, Ebstein 奇形と診断されていた. 心不全の既往はなかった. 術前の経胸壁心エコー (TTE) 所見では, 右心系拡大と中等度三尖弁逆流, 右房化右室があったが, 心房中隔欠損は診断されていなかった.

## 〔術中経過〕

入室時経皮的酸素飽和度は 95% (吸入酸素濃度  $[F_{iO_2}]$  0.21) であったが, 麻酔導入後に動脈血酸

\*横浜市立大学附属市民総合医療センター  
麻酔科

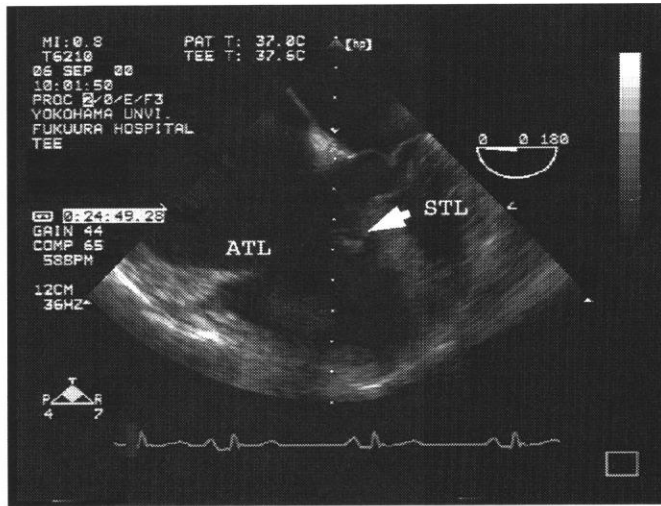


図1

三尖弁中隔尖(STL)の付着部が僧帽弁付着部より大きく心尖部側へ落ち込んでいる。また、右心系が拡大している。

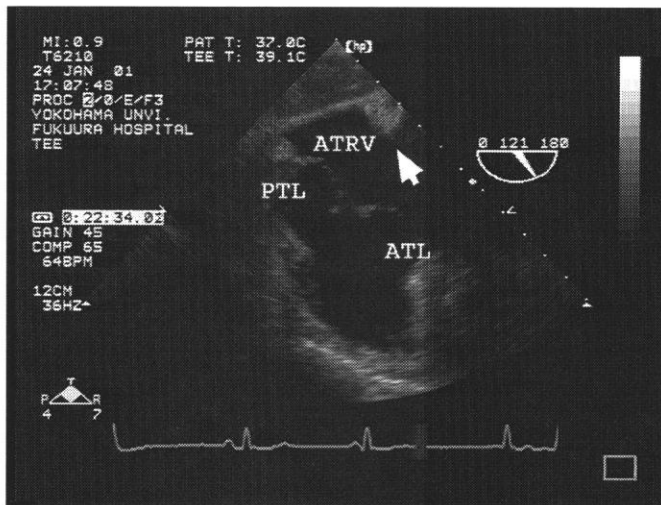


図2

三尖弁後尖(PTL)の付着部が本来の弁輪部(矢印)より右室心尖部側へ落ち込み右房化した右室(ATRV)が観察される。

素分圧 85mmHg(FiO<sub>2</sub> 0.65)と酸素化が悪化した。Ebstein 奇形に伴うことがある心房中隔欠損による右左シャントの存在を疑い TEE を挿入した。術前のエコー所見に加え(図1, 2), カラー Doppler 法で右房から左房へ向かう血流が観察された(図3)。陽圧呼吸による右左シャントの増加による酸素化の悪化と判断し、陽圧呼吸から自発呼吸へともどしたところ、酸素化は改善した。

TEE は TTE に比較し心房中隔の描出に優れて

いる。そのため術前の TTE で発見できなかった心房中隔欠損を発見することができた。また、カラー Doppler 法は血流情報の検出が容易で、シャント血流の存在やその方向も描出が可能である。TEE で右左シャントの存在を確認できなければ、酸素化悪化に対する通常的手段として呼気終末持続陽圧(PEEP)をかけ、シャント血流の増加によるさらなる酸素化の悪化が起こったと予想される。成人の約 25%に卵円孔の開存があるといった剖検結果

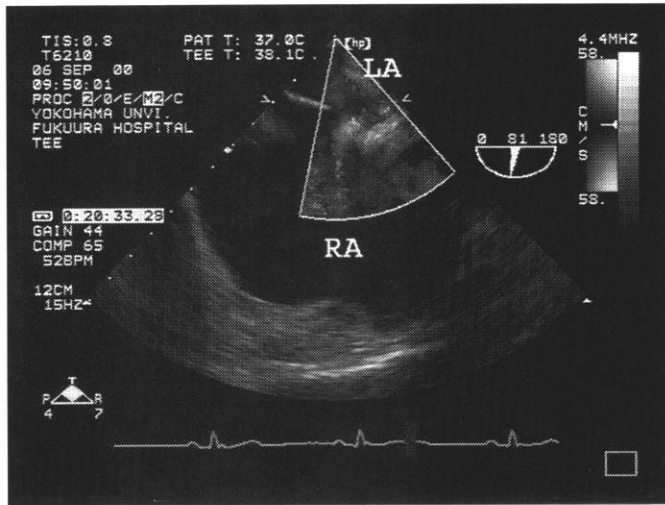


図3

心房中隔欠損を介して、右房(RA)から左房(LA)へのシャント血流がみられる。

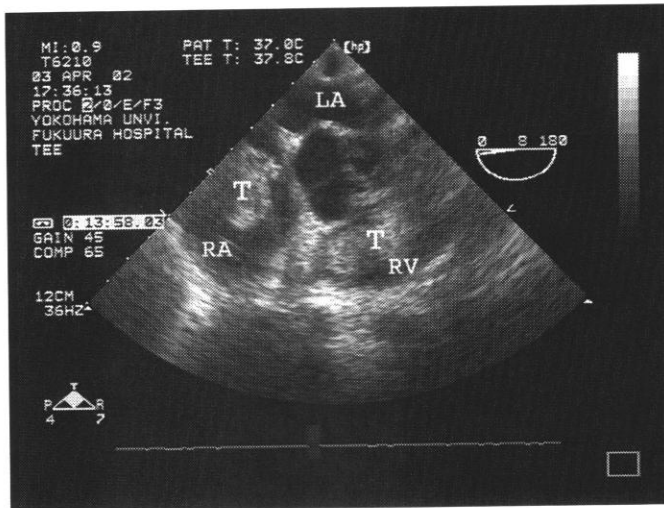


図4

中部食道大動脈弁短軸像で、右房(RA)、右室(RV)内に充満する血栓(T)が観察され、左房(LA)は虚脱している。

の報告があり<sup>2)</sup>、TEEでの心房中隔の観察は重要である。

### B. 急性肺血栓塞栓症

66歳、女性。乳癌の骨転移による大腿骨転子下骨折のため、骨折後8日目に人工股関節全置換術が行われた。

#### [術中経過]

全身麻酔下で手術が行われ、大腿骨内に骨セメントを注入開始したところ心停止となった。心肺蘇生を施行したが血行動態の改善はなかった。悪性腫瘍、人工関節手術、長期臥床、セメント挿入

時の変化など危険因子から肺塞栓を疑いTEEを挿入した。TEEでは右房、右室、肺動脈本幹のほぼ全体を占める塞栓子と左室の虚脱、右室の拡張といった右心負荷所見が著明であった(図4~6)。TEE所見は、深部静脈血栓による肺塞栓の所見とは異なるものであったが、右房内、肺動脈内の塞栓子は血栓であることを疑い、tPAを投与した。tPA投与後TEEでは血栓が溶解していく様子が観察された。

周術期肺血栓塞栓症の発生率は2003年の日本麻酔科学会のアンケート調査結果で4.78人(対1万症

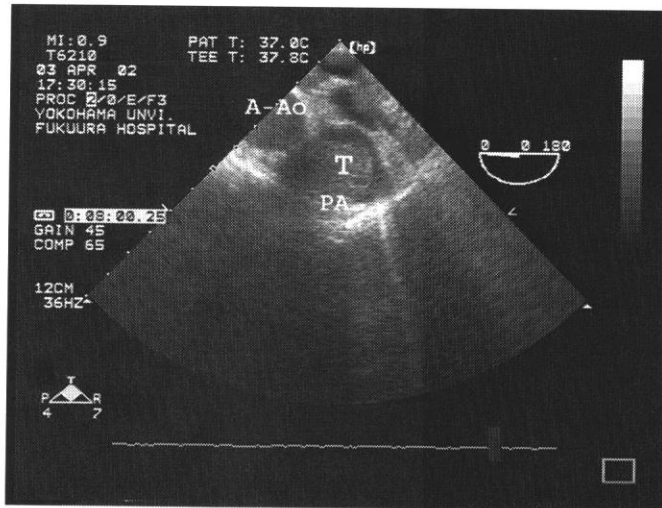


図5

肺動脈本幹(PA)のほぼ全体を占める血栓が観察される。

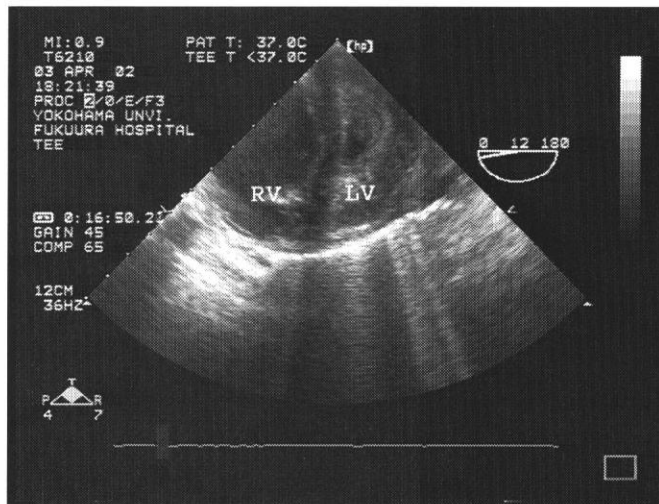


図6 右心負荷所見

心室中隔は左室側へ凸となり、右室(RV)は拡大し、左室(LV)は虚脱している。

例), その死亡率は18.9%と報告されており, 特に循環不全で発症した場合の死亡率は高率である<sup>3)</sup>. また, 循環不全で発症した場合, 迅速な診断と治療が行われた場合死亡率は19%, 診断が遅れた場合の死亡率91%とする報告もある<sup>4)</sup>. 確定診断には肺動脈造影か肺血流シンチ, 造影CTなどが必要だが, 循環不全を伴う肺塞栓症の場合, 迅速な診断が救命率を上げるため, 一刻も早い診断のためには心エコー, とくにTEEが有用となる。

TEEでは右室流出路から肺動脈本幹, 左右肺動脈の分岐部から基部が観察できる(左肺動脈は左主

気管支と重なるため分岐部以後は観察しづらい). 循環不全を伴う広汎肺塞栓症ではTEEで観察できる肺動脈本幹に塞栓が観察できることが多く, 塞栓子が観察されれば確定診断となる. また, 確定診断とはならないが肺塞栓を強く疑う所見として右心負荷が重要である. 経胃中部短軸像で左室の虚脱と右室の拡大, 心室中隔の直線化や左室側へ突出などが著明な右心負荷所見となる. 診断が確定し, 血栓溶解剤による治療へと進んだ場合には, 塞栓子の変化から治療の効果の判定を行うことができる。

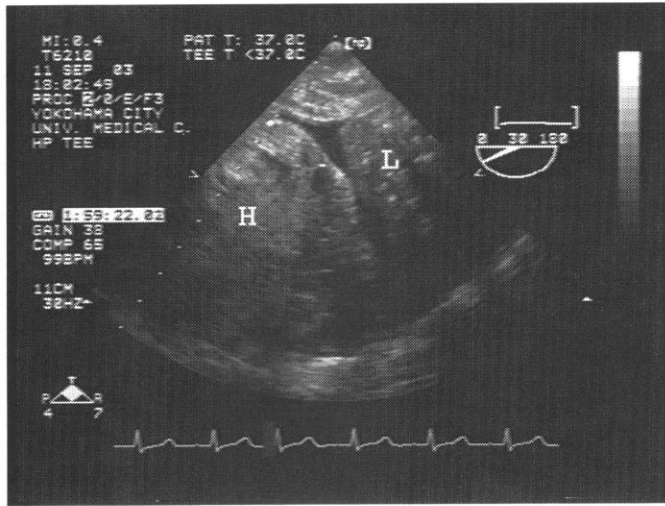


図7

右胸腔内に血腫(H)と圧排された肺(L)が観察される。

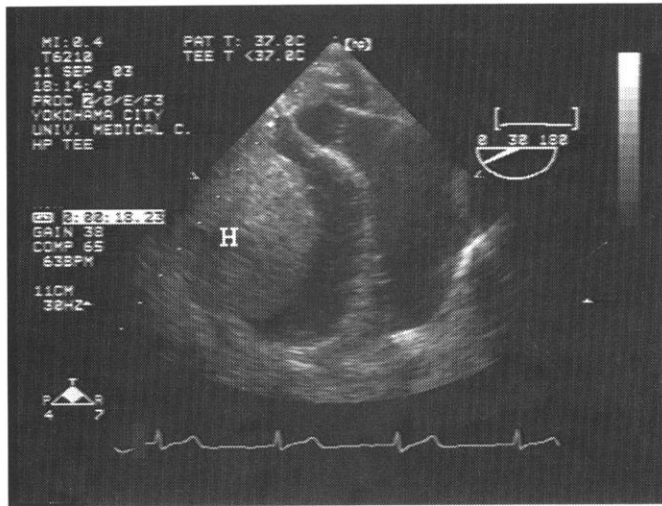


図8

図7と比較し、液体成分が増加し肺は観察されなくなっている。

### C. 急性大動脈解離

12歳、男性。水泳中強い胸痛が出現し急性大動脈解離(Stanford B)，下行大動脈破裂の診断で下行大動脈置換術が緊急に行われた。

#### 〔術中経過〕

麻酔導入後のTEEでは、鎖骨下動脈直下のentry，下行大動脈の解離腔，右胸腔内の血腫と血液と思われる液体成分の貯留があった(図7)。右側臥位への体位変換の10分後、血圧が50mmHg台へと低下した5分後に心停止となった。TEEでは右胸腔内の液体成分が増加し再破裂が起こり、緊張性胸胸か

ら血圧の低下が起こったと診断した(図8)。手術準備を急ぎ心停止から15分後に人工心肺が確立した。

急性大動脈解離では、冠動脈、弓部3分枝への解離の進展や心タンポナーデ、大動脈弁閉鎖不全の有無やentryの確認などTEEの所見が術式の決定にも重要となる。術中にもこれらの所見は上記のような体位変換や血圧の上昇、カニューレションなどに伴い変化しうるため、TEEによる経時的な観察と、迅速な対処が必要である。

### D. 閉塞性肥大型心筋症

61歳、女性。SLEによる膝関節炎のため右膝関

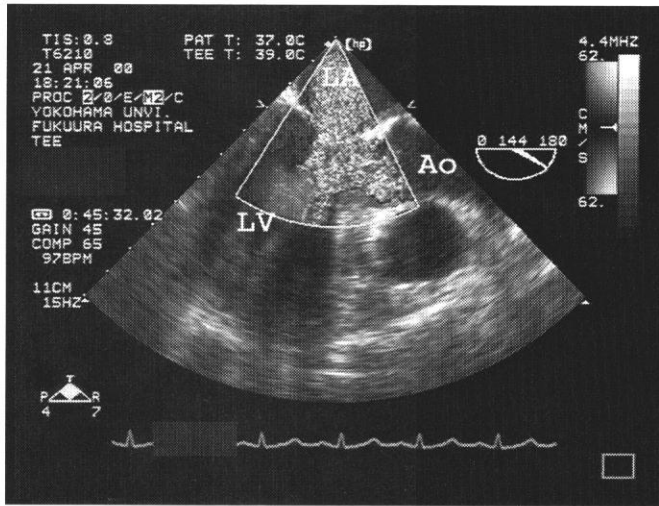


図9

中部食道大動脈長軸断面で、左室流出路内にモザイクを伴ったジェット血流があり、僧帽弁逆流が認められる。

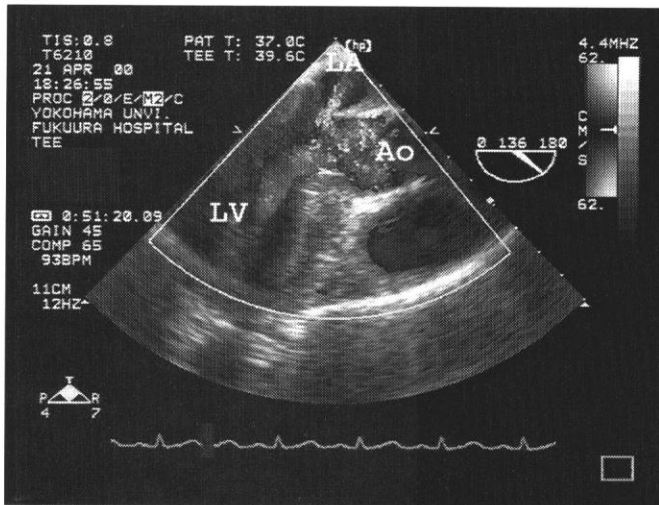


図10

図9と比較し、左室流出路内のモザイク状ジェット血流は消失し、僧帽弁逆流も改善している。

節全置換術が行われた。合併症として喘息、高血圧、大動脈弁狭窄症 (AS)、僧帽弁閉鎖不全症 (MR) があり、狭心症も疑われた。術前 TTE では中等度 MR、軽度 AS (圧較差 30mmHg)、軽度左室肥大と軽度左房拡大を認め左室駆出率は 79% であった。Holter 心電図で頻脈時の ST 低下があったため心筋シンチを行ったが、積極的に虚血を疑わせる所見はなかった。

#### 【術中経過】

麻酔導入後 TEE を挿入した。TEE では AS はなく肥厚した心室中隔 (sigmoid-shaped septum) と軽

度 MR があった。手術開始 4 時間後出血量が急激に増え 2000ml を超えた時点から血圧の低下と CVP の上昇、および心電図で ST 変化が生じた。TEE で僧帽弁収縮期前方運動 (SAM) とそれに伴う左室流出路狭窄の増強、MR が悪化していたため (図9)、麻酔深度を深くし、輸液負荷、disopyramide の投与を行った。その結果、左室流出路狭窄は軽減し、MR も改善し、血圧上昇、CVP も低下し心電図変化も改善した (図10)。

左室流出路は中部食道大動脈弁長軸断面で観察し、同部位の狭窄はカラードプラ法によってモザ



イクを伴ったジェット血流として診断される。重症度はパルスドプラ法を用い最も流速の速い部位で圧較差を測定し診断する。治療は、前負荷を保つための輸液、輸血や浅麻酔を避ける、カテコラミン投与中であれば中止、その他 $\beta$ 遮断薬、カルシウム拮抗薬、disopyramideの投与が有効とされている<sup>5)</sup>。

術中は冠動脈病変による心筋虚血でも同様の変化は起こりうるが、我々麻酔科医が通常用いるであろう亜硝酸剤は前負荷を減少させ流出路狭窄を増強する可能性があり、術前評価から左室肥大が疑われる症例では、TEEによる左室流出路の観察は鑑別診断として重要である。

### E. 空気塞栓

59歳、男性。気管支腫瘍のため放射線療法、化学療法を施行し、その後同部位の狭窄のためバルーン拡張術、ステント挿入術を行ったが再狭窄となったため右主気管支へレーザー焼灼術が行われた。

#### 【術中経過】

気管挿管下にレーザー焼灼を開始した。2時間後、突然の徐脈、心電図上ST上昇、血圧低下(50mmHg台)が起こった。昇圧剤にも反応せず、心肺蘇生を開始し、PCPSを挿入した。急性心筋梗塞を疑いカテ室へ移動し緊急心臓カテーテル検査を施行したが、有意狭窄はなかった。しかし、心陰影と重なる透亮像があったため、空気塞栓を疑いTEEを挿入した。TEEで左室心尖部に空気の貯留を認めたため、再び心臓カテーテルを行い空気の吸引を行った。この症例での空気の侵入経路については特定できなかった。

空気流入が生じる可能性があるといわれている手術は、脳外科座位手術、人工心肺使用手術、大腿骨頭手術、帝王切開、肝臓切除術などがあり、卵円孔開存や心室中隔欠損、心房中隔欠損など右左シャントが存在した場合、冠循環や脳循環へ空気が侵入し空気塞栓症を生じる。レーザーは先端冷却、視野確保のため、プローブ先端から空気が流されているため、空気塞栓の原因となりえ、死亡例の報告もある<sup>6,7)</sup>。TEEは空気の検出に優れ、また卵円孔開存や心室中隔欠損、心房中隔欠損の診断にも優れているため、空気塞栓の診断、原因を考える上で有用である。上記のような手術また、空気の流入の可能性のある手術で空気塞栓を疑った場合、TEEは迅速な検査、治療へと進むために

有用である。

### F. 心筋虚血

症例1: 76歳、男性。6年前にCABG 3枝(左ITA-LAD, SVG-OM, SVG-RCA)を行っているが、右冠動脈領域の虚血のため、右冠動脈へのoff pump CABGが行われた。

麻酔導入後のTEEでは下壁の壁運動の低下があるがその他の領域の壁運動は良好であった。手術開始後、心膜操作や胸壁の挙上で血圧低下を繰り返した。血圧低下時のTEEでは、経胃中部短軸断面で後壁から側壁の壁運動が低下していた。術操作と考え合わせ開存しているはずのSVG-OMのグラフトの機械的圧迫によるものと判断された。術操作の調節で壁運動、循環動態は改善した。

症例2: 81歳、女性。急性大動脈解離(StanfordA)のため上行弓部大動脈置換術が緊急で行われた。

麻酔導入後のTEEでは経胃中部短軸断面で左冠動脈領域の壁運動の低下があり、左冠動脈への解離の進展が疑われた。中部食道大動脈弁短軸断面で冠動脈を観察すると左冠動脈へ解離が及んでいたため、術者へ報告した(図11)。

症例3: 63歳、男性。僧帽弁逆流、大動脈弁逆流のため僧帽弁・大動脈弁置換術が行われた。

人工心肺離脱45分後血圧低下、徐脈となった。TEEでそれまでなかった右冠動脈領域の壁運動の低下があったため、術者に報告した。止血操作に伴って右冠動脈を結紮していたことがわかり、その解除により壁運動、血行動態は改善した。

心筋虚血が起こった時、TEEでは壁運動(収縮期の心内膜内方移動と壁厚増加)の低下が観察される。これらの術中の観察は冠動脈3分枝の支配領域すべてを含む経胃中部短軸像が適している。この変化は、急性なものであれば心電図の変化よりも早い<sup>8,9)</sup>。症例1, 3は術中に生じた心筋虚血であり、心電図の変化ははっきりしなかったが、TEEでの壁運動の低下は明らかであった。虚血の有無のみならず責任冠動脈を診断できることは、迅速な虚血回避の手段となる。

### ま と め

術中に循環動態が不安定となったとき、TEEは原因の検索、それにもとづいた治療、治療効果の判定について有用であった。

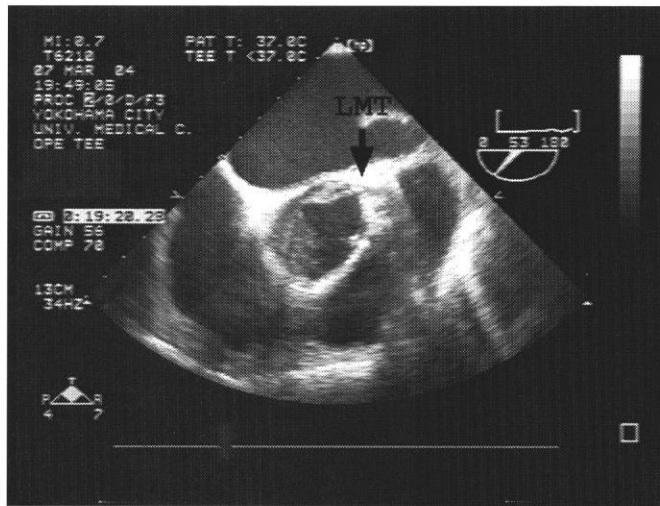


図11

左冠動脈(LMT)へ解離が及んでいる。

手術中であり、循環動態が不安定であることから、術野を妨げず、患者を移動させず、麻酔科医の手で行える検査方法は理想的である。TEEはそれらの条件を満たし、迅速な診断、治療に有用であり、我々麻酔科医がTEEの理解を深めることは手術中の患者の安全性の向上につながっている。

## 文 献

- 1) The task force on perioperative transesophageal echocardiography: Practice guidelines for perioperative transesophageal echocardiography: a report by the American Society of Anesthesiologists and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists Task Force on Transesophageal Echocardiography. *Anesthesiology* 1996; 84: 986-1006.
- 2) Hagen PT, Scholz DG, Edwards WD: Incidence and size of patent foramen ovale during the first 10 decades of life: an autopsy study of 965 normal hearts. *Mayo Clin Proc* 1984; 59: 17-20.
- 3) 黒岩政之, 古家 仁, 瀬尾憲正ら: 2003年周術期肺血栓塞栓症発症アンケート調査結果からみた本邦における発症頻度とその特徴-(社)日本麻酔科学会肺血栓塞栓症研究ワーキンググループ報告-. *麻酔* 2005; 54: 822-8.
- 4) Ota M, Nakamura M, Yamada N, et al: Prognostic significance of early diagnosis in acute pulmonary thromboembolism with circulatory failure. *Heart Vessels* 2002; 17: 7-11.
- 5) Ashidagawa M, Ohara M, Koide Y: An Intraoperative diagnosis of dynamic left ventricular outflow tract obstruction using transesophageal echocardiography leads to the treatment with intravenous disopyramide. *Anesth Analg* 2002; 94: 310-2.
- 6) Peachey T, Eason J, Moxham J, et al: Systemic air embolism during laser bronchoscopy. *Anaesthesia* 1988; 43: 872-5.
- 7) Lang NP, Wait GM, Read RR: Cardio-cerebrovascular complications from Nd: YAG laser treatment of lung cancer. *Am J Surg* 1991; 162: 629-32.
- 8) Battler A, Froelicher VF, Gallagher KP, et al: Dissociation between regional myocardial dysfunction and ECG changes during ischemia in the conscious dog. *Circulation* 1980; 62: 735-44.
- 9) Wohlgeleitner D, Jaffe CC, Cabin HS, et al: Silent ischemia during coronary occlusion produced by balloon inflation: relation to regional myocardial dysfunction. *J Am Coll Cardiol* 1987; 10: 491-8.