

原著

麻酔中の心筋虚血モニターとしての
経食道心エコーの有用性の検討

岩出宗代*

要 旨

近年、麻酔科領域で経食道心エコー (Transesophageal echocardiography; TEE) による心筋壁運動異常 (Systolic wall motion abnormality; SWMA) を、心筋虚血の診断に用いることが試みられている。今回、予定冠血行再建術患者21例を対象とし、心電図や血行動態モニターとともに TEE 像を経時的に観察した。TEE 像は、左室短軸像乳頭筋レベルの他、計5つの像を描出し、評価に際しては American Heart Association による左室造影の評価方法を参考に左室壁を7区域に区分した。従来、単独で用いられてきた左室短軸像乳頭筋レベルの異常検出率は全 SWMA 検出部位の34.5%と低く、他の像を検索することは SWMA の検出には有用と考えられた。また心電図や血行動態の変化と SWMA との相関は少なく、心筋虚血のモニターとしては TEE が有用であると考えられた。

はじめに

周術期における心筋虚血や心筋梗塞の発症は術後急性期の死亡率が高く¹⁾²⁾、また遠隔期においても心臓死やうっ血性心不全をきたす率が高い³⁾といわれ、臨床上大きな問題である。麻酔中の心臓モニターとして心電図やスワンガンツカテーテルによる血行動態モニターなどが使用されているが、十分なモニターとはいえない。そこで近年注目されてきたのが経食道心エコー (Transesophageal Echocardiography; TEE) である。TEE は1976年 Frazin ら⁴⁾により初めて臨床

応用されたが、意識下患者にとって侵襲的検査法であるなどの理由で普及には至らなかった。その後1980年代になって米国で非意識下患者、特に麻酔下の患者についての左室機能評価⁵⁾や、空気塞栓の検出⁶⁾などの研究が行なわれるようになり麻酔科領域で用いられるようになってきた。TEE による心筋虚血の検出に関する試みもあり、心電図や血行動態の変化より鋭敏であると報告されている⁷⁾。今回、冠動脈再建術患者を対象に、麻酔中の心筋虚血に関するモニターとしての TEE の有用性を検討したので報告する。

対象と方法

対象：予定冠血行再建術患者21例、男性17例、女性4例であった (Table 1)。

方法：麻酔方法は、導入時に就眠量のジアゼパムとフェンタニール 30 $\mu\text{g}/\text{kg}$ を投与し、麻酔維持は酸素、空気、フェンタニールを用いたが、個々の症例において適宜増減し、あるいは吸入麻酔薬を併用した。

心電図は I, II, III, aV_R, aV_L, aV_F, V₅ を記録し、ST-T 変化を計測した。心電図は low cut filter 0.05 Hz, high cut filter 80 Hz で解析し、ST-T 変化の評価は、Horizontal または Downsloping に 0.1 mV 以上 ST 部分が低下しているもの、J-60 において 0.1 mV 以上低下しているもの、あるいは Q 波のない誘導において 0.2 mV 以上上昇しているものを陽性所見とした。

血行動態としては、麻酔導入前に動脈圧カテーテル、スワンガンツカテーテルを挿入し、心拍数、動脈圧、心拍出量、肺動脈楔入圧を測定し、RPP (Rate Pressure Product) を算出した。挿管後に TEE を挿入し、執刀前の安定した時期に TEE

*東京女子医科大学麻酔学教室

Table 1 Preoperative and operative variables of patients.

Patient Number	(n)	21
Age (mean±SD)	(yr)	61.6±7.0
Male; Female	(n)	17; 4
Angina Pectoris	(n)	10
Angina+OMI	(n)	10
OMI	(n)	1
1 CABG	(n)	2
2 CABG	(n)	8
3 CABG	(n)	11
IABP +; -	(n)	10; 11

OMI, Old Myocardial Infarction
 CABG, Coronary Artery Bypass Graft
 1 CABG, 1 Graft
 2 CABG, 2 Grafts
 3 CABG, 3 Grafts
 IABP, Intra-aortic Ballon Pumping (inserted preoperatively in all cases)

像および心電図, 血行動態を記録し, これをコントロールとした. なお TEE はアロカ社製 SSD870 を使用し, 探触子は BIPLANE タイプ (直径 9 mm) を用いた. 測定時期は, 挿入後をコントロールとし, 執刀後, 胸骨切開後, 人工心肺離脱 5 分後, 離脱30分後, 閉胸後, 皮膚閉鎖後とした.

TEE による画像は, 1) 左室短軸像乳頭筋レベル, 2) 左室短軸像僧帽弁レベル, 3) 四腔像, 4) 四腔像左室流出路レベル, 5) 左室長軸像をそれぞれ 5 心拍以上描出し, ビデオテープに録画した. 5つの TEE 像は以下のメルクマールにより描出した (Fig. 1).

- 1) 左室短軸像乳頭筋レベル; 胃上部までプローベを挿入し, 左室短軸方向で前後の乳頭筋を含むレベルでの像.
- 2) 左室短軸像僧帽弁レベル; 1) よりやや口側で, 左室短軸方向, 僧帽弁の開閉が最も大きくみえるレベルでの像.
- 3) 四腔像; 2) よりさらに口側で, 左房後方にプローベを置き down をかけることにより, 右房, 右室, 左房, 左室の四腔と三尖弁, 僧帽弁の二弁が最も明確にみえるレベルでの像.

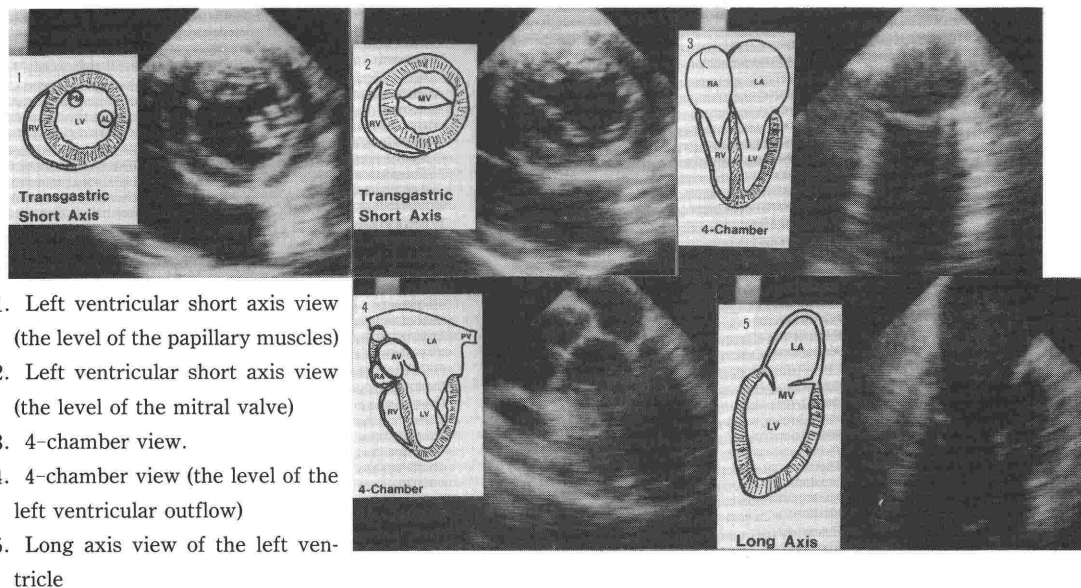


Fig. 1 Five TEE views monitoring intraoperative SWMA.
 LV, left ventricle. AL, anterior papillary muscle.
 RV, right ventricle. PM, posterior papillary muscle.
 LA, left atrium. MV, mitral valve.
 RA, right atrium. AV, aortic valve.
 PV, pulmonary vein.

4) 四腔像左室流出路レベル; 3) の位置でのプローベ先端の down を解除することで得られる, 左室長軸方向から大動脈弁がみられ, 左室長径が最も長くみえるレベル.

5) 左室長軸像; 長軸方向のプローベを用い, 左房, 左室, 僧帽弁が最も明確にみえ, 左室長径が最も長くみえるレベル.

TEE の画像はビデオテープを再生し評価した. 評価に際しては American Heart Association による左室造影時の左室壁区分に準じ⁸⁾, 左室壁を 7 区域に分けた. 7 区域とは 1) Anterobasal, 2) Anterolateral, 3) Apical, 4) Diaphragmatic, 5) Posterobasal, 6) Septal Wall, 7) Posterolateral とした. このうち 6) Septal wall は 6a) Anterior, 6p) Posterior に分けた (Fig. 2). 壁運動は Normal, Mild Hypokinesia, Severe Hypokinesia, Akinesia, Dyskinesia の 5 段階に分け⁹⁾, 評価した (Table 2). 評価する人物は固定した二人とし, 別々に行ない, 後に照合した. 二人が一致すると

ころはそのまま採用し, 一致しないところは三人目の評価者をまじえ協議し, 決定した.

TEE 上, コントロールに比べ心筋壁運動の評価が 1 段階以上増悪したものを TEE⁺ とし, 心電図 ST-T 変化が新たに陽性となったもの, または増悪したものを ECG⁺ とした. 心拍数は 100/min 以上を HR⁺ とし 100/min 未満を HR⁻ とした. RPP 12000 以上を RPP⁺, RPP 12000 未満を RPP⁻, 心拍出量がコントロールの 30% 以上増減したものを CO⁺, それ以外を CO⁻ とした. 個々の測定時期 (執刀後, 胸骨切開後など) を測定ポイントとしそれぞれを 1 ポイントを数えた.

統計処理はカイ二乗検定により, $p < 0.05$ を有意差ありとした.

結 果

患者の背景因子は Table 1 に示した.

(1) TEE による壁運動異常 (SWMA) と心電

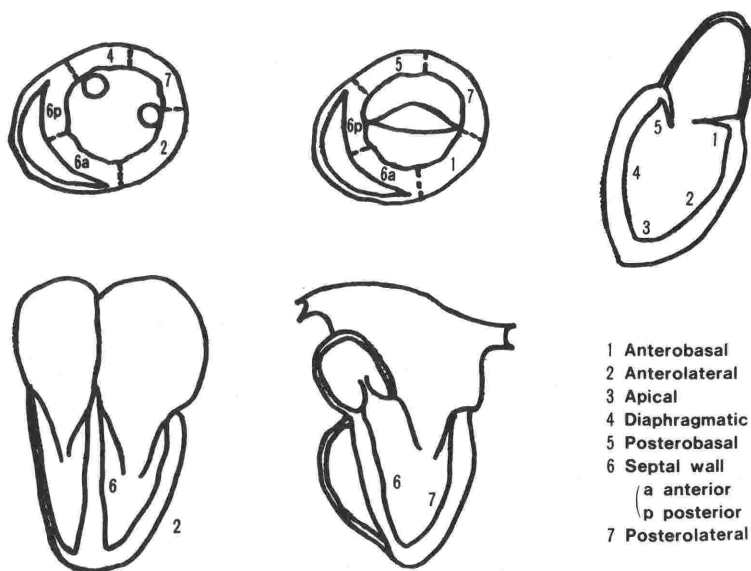


Fig. 2 Seven left ventricular segments used for analysis of TEE views.

Table 2 Criteria for qualitative scoring of systolic wall motion abnormality.

Grade	Endocardial Excursion	Wall Thickening
Normal	>30%	30-50%
Mild Hypokinesia	10-30%	30-50%
Severe Hypokinesia	<10%	<30%
Akinesia	Absent	Absent
Dyskinesia	Outward bulging	Absent or systolic thinning

図の虚血性変化

TEE⁺ のものは21症例中17例 (81.0%), 総測定ポイント122中54ポイント (44.3%) であった。その中で, ECG⁺ を伴ったものは21.3% (23/122), ECG⁻ のものは23.0% (28/122) であった。人工心肺前後を比較すると, 人工心肺前では TEE⁺ のものは53.7% (22/41) であり, そのうち

TEE⁺ で ECG⁺ のものは17.0% (7/41), TEE⁺ で ECG⁻ のものは36.6% (15/41) であった。人工心肺後 TEE⁺ のものは39.5% (32/81) であり, TEE⁺ で ECG⁺ のものは23.5% (19/81), TEE⁺ で ECG⁻ のものは16.0% (13/81) であった。TEE, ECG 間には有意差はなかった (Table 3).

Table 3 Comparison of TEE and Intraoperative ECG, HR, RPP, and CO monitoring.

		TEE ⁺	TEE ⁻
PRE ECC	ECG ⁺ (%)	7 (17.0)	4 (9.5)
POINTS 41	ECG ⁺ (%)	15 (36.6)	15 (36.6)
POST ECC	ECG ⁺ (%)	19 (23.5)	24 (29.6)
POINTS 81	ECG ⁻ (%)	13 (16.0)	25 (30.9)
TOTAL	ECG ⁺ (%)	26 (21.3)	28 (23.0)
POINTS 122	ECG ⁻ (%)	28 (23.0)	40 (32.7)
PRE ECC	HR ⁺ (%)	0 (0.0)	0 (0.0)
POINTS* 38	HR ⁺ (%)	14 (36.8)	24 (63.2)
POST ECC	HR ⁺ (%)	13 (15.9)	18 (21.9)
POINTS 82	HR ⁻ (%)	25 (30.5)	26 (31.7)
TOTAL	HR ⁺ (%)	13 (10.8)	18 (15.0)
POINTS 120	HR ⁻ (%)	39 (32.5)	50 (41.7)
PRE ECC	RPP ⁺ (%)	0 (0.0)	3 (10.9)
POINTS 28	RPP ⁻ (%)	12 (42.9)	13 (42.9)
POST ECC	RPP ⁺ (%)	5 (9.8)	8 (15.7)
POINTS 51	RPP ⁻ (%)	9 (17.6)	29 (56.9)
TOTAL	RPP ⁺ (%)	5 (6.3)	11 (13.9)
POINTS 79	RPP ⁻ (%)	21 (26.6)	42 (53.2)
PRE ECC	CO ⁺ (%)	6 (18.1)	0 (0.0)
POINTS 33	CO ⁻ (%)	17 (51.5)	10 (30.4)
POST ECC	CO ⁺ (%)	12 (21.1)	26 (45.6)
POINTS 57	CO ⁻ (%)	9 (15.8)	10 (17.5)
TOTAL	CO ⁺ (%)	16 (17.8)	26 (28.9)
POINTS 90	CO ⁻ (%)	26 (28.9)	20 (24.4)

* p<0.05 by chi-squared analysis

ECC, Extracorporeal circulation.

TEE⁺, new or worsened SWMA.

TEE⁻, no new or worsened SWMA.

ECC⁺, positive ST-T change.

ECG⁻, no ST-T change.

HR⁺, Heart rate \geq 100/min.

HR⁻, Heart rate < 100/min.

RPP⁺, Rate Pressure Product \geq 12000,

RPP⁻, Rate Pressure Product < 12000.

CO⁺, Cardiac output \geq \pm 30% of control.

CO⁻, Cardiac output < \pm 30% of control.

TEE+ を有した例のうち、皮膚閉鎖後まで持続したものは21例中8例 (38.1%) あり、いずれも人工心肺後に出現した TEE+ であった。とくに離脱30分以後に TEE+ が出現し皮膚閉鎖後まで持続した例は、8例中7例 (87.5%) と高率であった (Table 4)。周術期心筋梗塞 (Perioperative Myocardial Infarction:PMI) を生じたものは、21例中1例 (4.8%) であった。

(2) SWMA と血行動態の変化

TEE+ で HR+ のものは、測定ポイント120のうち13ポイント (10.8%)、TEE+ で HR- のものは39ポイント (32.5%) であった。人工心肺後は、TEE+ で HR+ ものは15.9% (13/82)、TEE+ で HR- は30.5% (25/82) であった。人工心肺前には HR+ は1ポイントもなく、この時期の TEE, HR 間に有意差があった (Table 3)。

TEE+ で RPP+ のものは、測定ポイント79のうち5ポイント (6.3%)、TEE+ で RPP- のものは21ポイント (26.6%) であった。人工心肺前には、TEE+ で RPP+ のものは無く、TEE+ で RPP- のものは42.9% (12/28) であった。人工心肺後は TEE+ で RPP+ は9.8% (5/51)、TEE+ で RPP- は17.6% (9/51) であった。

Table 4 Time of onset on new or worsened SWMA lasting until skin closure.

Onset time	N (%)
Skin incision	0 (0.0)
Sternotomy	0 (0.0)
5min. after weaning from the ECC	1 (12.5)
30min. after weaning from the ECC	6 (75.0)
Chest wall closure	1 (12.5)
Skin closure	0 (0.0)
Total	8 (100.0)

ECC, Extracorporeal circulation.

TEE と RPP 間に有意差は無かった (Table 3)。

測定ポイント90のうち、TEE+ で CO+ は17.8% (16/90)あり、TEE+ で CO- は28.9% (26/90) であった。人工心肺前では、TEE+ で CO+ は18.1% (6/33)、TEE+ で CO- は51.5% (17/33)、人工心肺後は同様に21.1% (12/57)、15.8% (9/57) であった。TEE, CO 間に有意差は無かった (Table 3)。

肺動脈楔入圧は全例 18 mmHg 以下であり、肺うっ血を示した例はなかった。

(3) SWMA 検出部位

挿管後にとったコントロールでは、21例中19例 (90.5%) に SWMA がみられた。検出部位別にみる出現率は、左室短軸像乳頭筋レベル68.4%、左室短軸像僧帽弁レベル68.4%、四腔像79.0%、四腔像左室流出路レベル21.0%、長軸像84.2% であった。コントロール以後に出現した新たな SWMA および SWMA の増悪の検出は合計で55ポイントであった。その検出部位は、検出率の高いものから 1) 短軸僧帽弁レベル45.5%、2) 短軸乳頭筋レベル34.5%、3) 長軸像29.1%、4) 四腔像20.0%、5) 四腔左室流出路レベル12.7% であった。人工心肺前では、同じく 1) 短軸僧帽弁レベル47.0%、2) 短軸乳頭筋レベル38.7%、3) 四腔像28.6%、4) 長軸像19.0%、5) 四腔左室流出路レベル4.8% であり、人工心肺後では、1) 短軸僧帽弁レベル44.0%、2) 短軸乳頭筋レベル44.1%、3) 長軸像35.3%、4) 四腔左室流出路レベル17.6%、5) 四腔像14.7% であった。短軸乳頭筋レベルの検出率はコントロールで68.4%、コントロール以後では人工心肺前が38.1%、人工心肺後が68.7%、計34.5% であった (Table 5, Fig. 3)。短軸乳頭筋レベルで検出されたポイント数と短軸乳頭筋レベル以外の像で検出されたポイント数を

Table 5 TEE views detecting new or worsened SWMA.

	LV short ax. PM level	LV short ax. MV level	4-chamber view	4-chamber outflow level	Long ax. view	Total SWMA points
CONTROL N (%)	13 (68.4)	13 (68.4)	15 (79.0)	4 (21.0)	16 (84.2)	19 (100.0)
After CONTROL						
PRE ECC POINT (%)	8 (38.1)	10 (47.6)	6 (28.6)	1 (4.8)	4 (19.0)	21 (100.0)
POST ECC POINTS (%)	11 (68.7)	15 (44.1)	5 (14.7)	6 (17.6)	12 (35.3)	34 (100.0)
TOTAL POINTS (%)	19 (34.5)	25 (45.5)	11 (20.0)	7 (12.7)	16 (29.1)	55 (100.0)

LV, left ventricle. PM, papillary muscle.

MV, mitral valve. ECC, Extracorporeal circulation.

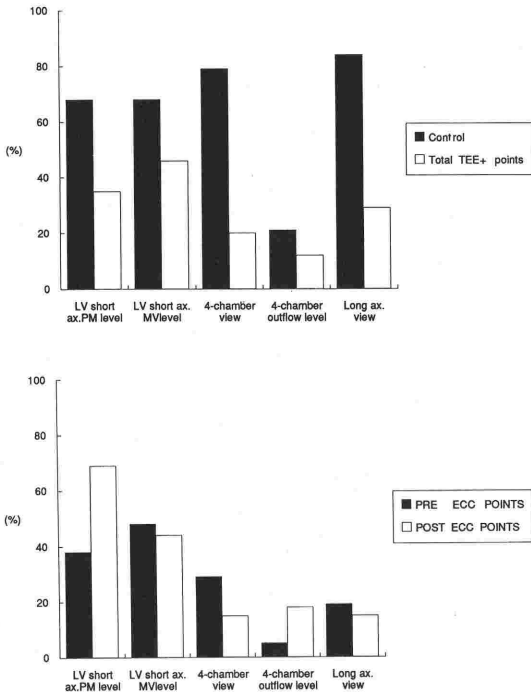


Fig. 3 Detection of new or worsened SWMA in various TEE views.

- LV, left ventricle.
- PM, papillary muscle.
- MV, mitral valve.
- ECC, Extracorporeal circulation.
- TEE+, new or worsened SWMA.

比較すると、コントロール以後の合計124ポイント中前者は17ポイント、後者は107ポイントであり、短軸乳頭筋レベルよりもそれ以外の像における検出が有意に多かった。

(4) TEE による壁運動改善と冠血行再建路との位置関係

皮膚閉鎖時にコントロールに比し心筋壁運動が改善している部位のある例は、21例中17例 (81.0%) であった。冠血行再建部位との位置関係をみると部位の一致しているものは総グラフト数50本のうち31本 (62%) であった。

考 察

従来、術中 TEE による心筋壁運動異常 (Systolic Wall Motion Abnormality; SWMA) の評価には左室短軸像乳頭筋レベルを4~8区域に分けて評価し報告⁷⁾⁹⁾¹⁰⁾ しているものが多い。American Heart Association では、虚血性心疾

患患者の左室造影にさいし、左室壁を冠動脈支配領域に一致した7区域に分けて評価することを提案している⁸⁾。経胸壁心エコーにおいても同様に左室壁を区分する試みがなされており¹¹⁾、診断や治療の評価に用いられている。今回の研究では複数の心エコー像を観察したが、その SWMA の評価に際し American Heart Association にならって左室壁を7区域に区分した。造影所見はその面の壁運動の総和であり、一方エコーは壁の一面を観察するものであることから、もよより両者は同一のものではない。しかし、AHA 区分は広く普及しており簡便なことより、左室造影とは異なることを理解したうえで使用するのには差しつかえないと考えられた。

今回の研究では、左室短軸像乳頭筋レベルの他計5つの像を検索することにより、SWMA の検出率を向上することができた。従来、SWMA の検出は左室短軸乳頭筋レベルでの検索が主であったが、それだけでは解剖学的に左室全体を把握するのは不可能である。そこで、短軸乳頭筋レベルの他、短軸僧帽弁レベル、四腔像、四腔左室流出路レベル、長軸像の5つの像を描出し検討した。短軸乳頭筋レベルでの検出率は総測定ポイントの34.5%に過ぎず、短軸乳頭筋レベル以外の像による検出率が有意に高かった。また、今回経験した術後心筋梗塞の一例は、後下壁梗塞であったが、術中の TEE では長軸像でのみ SWMA が認められ、短軸乳頭筋レベルでは異常はなかった。これらのことより短軸乳頭筋レベルのみでは SWMA の検出には不十分であり、今回施行したような複数の画面を検索することが必要であると考えられた。

複数の画面を経時的に追うことは、プローベの位置を固定出来ないという欠点があり、また厳密な意味で同一時刻の像とはいえない。しかし、左室短軸像乳頭筋レベルのみを検索する場合でも多くの場合はプローベ先端に up をかける必要があり、up をかけたまま固定することは安全上問題が多い¹²⁾。そのためプローベ先端の操作を繰り返し行なわねばならず、精密に完全な定位置にプローベを固定するのは不可能である。今回の研究で用いた複数の像を描出する方法は、プローベ先端のみならず全体を数センチメートル移動させる必要があるが、方法の項で述べたメルクマールを

参考になればほぼ同一の画面を描出することは容易であると考えられた。しかし今後複数の像を画面に出したり、コントロールとなる像を繰り返し呼び出せるようなエコー機器本体の改良が望まれる。

Tennant と Wiggers¹³⁾ は、冠動脈を閉塞させたところその領域に SWMA が出現したと報告し、SWMA は虚血を示す重要な所見であることが確認された。動物実験では虚血後数秒の単位で SWMA が出現し、それは ECG 変化に先行するとすでに報告されている¹⁴⁾¹⁵⁾。临床上でも、Smith ら⁷⁾ は、50例の血管手術症例の術中 TEE 所見と ECG 変化を検討し、TEE による SWMA の検出は ECG 変化に先行していたと報告している。今回の結果では、TEE による SWMA の検出と ECG 変化が一致しているものは全測定ポイント中21.3% (26/122)、TEE⁺ ポイント中では48.1% (26/54) と少なく、ECG 変化がなく TEE⁺ のもの (全測定ポイント中28%、TEE⁺ ポイント中では51.9%) とほぼ同率であった。ECG のみでは心筋虚血のモニターには不十分であり、約半数の SWMA は検出されないと考えられた。

ECG 変化のみのもものが全体の23.0% (28/122) にあったが、その85.6% (24/28) は人工心肺後のものであった。これは、心肺後には心臓の位置や軸の変化、手術操作による心外膜や心筋の炎症性変化がおこっていることが原因の一つと考えられ、人工心肺後の ECG 変化は SWMA を示さないものが含まれていると考えられ、TEE の併用による観察が必要である。

人工心肺前に出現した SWMA は、手術終了まで持続したものはなく一過性であった。これはこの時期に麻酔薬による心抑制の影響が最も現われるためと考えられた。心肺後では離脱5分後の SWMA が多かったが一過性のものが多く、心肺離脱早期では心筋酸素需給バランスが十分に復帰していないためと考えられた。今回の21症例のうち術後に周術期心筋梗塞を起こしたものは1例あったが、その例では心肺後30分より ECG 変化を伴わない SWMA が 4) Diahpragmatic, 5) Posterobasal に出現し、皮膚閉鎖時まで持続した。ICU 入室数時間後に ECG 変化が出現し PMI と診断されたが、その部位は術中に SWMA のみら

れた部位と一致していた。Smith らの報告⁷⁾ に比し PMI の例が少ないため比較検討はできないが、この例では SWMA の検出は ECG 変化に数時間先行していたことになる。PMI は術前術中の ECG の虚血変化や術中の血行動態からその発生を予測しえないとされ¹⁶⁾、急性期のみならず遠隔期にも心臓死やうつ血性心不全などの危険が高い¹⁾²⁾³⁾。また皮膚閉鎖時までには新たな、あるいは増悪した SWMA が持続した例は8例にあったが、このうち7例 (87.5%) が人工心肺離脱30分後以降に出現したものであり、さらにうち1例 (14.3%) が前述の PMI を生じた例であった。これより人工心肺離脱早期を過ぎた後の持続する SWMA は特に重要であると考えられた。

Jacqueline¹⁰⁾ や London⁹⁾ らのグループは、SWMA の検出と術中の心拍数、収縮期血圧などの血行動態との関係を調べ、SWMA は血行動態の変動がほとんどない時期におこっている、と報告している。彼等は、SWMA は血行動態の変動がトリガーとはならず、心筋酸素需要の増加よりも供給の低下が主因であるとしている。今回の研究では、心拍数、RPP、心拍出量と SWMA の出現率を検討したが、そのいずれとも関係は認められなかった。また、前負荷の指標として肺動脈楔入圧を測定したが、全例 18 mmHg 以下であり、前負荷の増加によって SWMA を来たしたと考えられた例はなかった。前述の報告と同様に、術中の血行動態の変化から SWMA、すなわち心筋虚血は予想しえないと考えられた。

手術終了時である皮膚閉鎖時にコントロールに比し SWMA の改善していたものは21例中17例 (80.9%) にあった。冠動脈バイパス総数50本のうち、その灌流領域に一致して改善を認めたものは62.2%であった。この値をどのように評価するかは難しいが、少なくとも手術終了時にはそれだけの冠動脈バイパスが有効であったことになる。コントロール時には Akinesis であった部位が冠動脈バイパス後に hypokeinesis に改善した症例もあり、“Stunned Myocardium”¹⁷⁾ の問題も含め今後の検討課題としたい。

ま と め

1. 冠血行再建術患者を対象に、TEE による SWMA と心電図および血行動態との関係を調

べた。また、TEE の断面別による検出率を検討した。

2. 心電図変化は SWMA の約半数にすぎず、心電図は心筋虚血の有効なモニターではないと考えられた。
3. SWMA と心拍数、RPP、心拍出量の変化との相関は認められず、血行動態の変化から心筋虚血を推測することは困難であると考えられた。
4. SWMA の短軸乳頭筋レベルでの出現率は必ずしも高くなく、他の断面を観察することも重要である。

稿を終えるにあたり、御指導と御校閲を賜った東京女子医科大学麻酔学教室藤田昌雄教授に深謝いたします。また東京女子医科大学麻酔学教室野村実助手の御指導に深謝いたします。

なお、本稿の一部は第38回日本麻酔学会総会（大阪）および、第12回日本循環制御医学会総会（東京）において報告した。

参考文献

- 1) Marx, G. F., Mateo, C. V., Orkin, L. R.: Computer analysis of postoperative deaths. *Anesthesiology*. 39:54, 1973.
- 2) Brewer, D. L., Bilbro, R. H., Bartel, A. G.: Myocardial infarction as a complication of coronary bypass surgery. *Circulation*. 47:58-64, 1973.
- 3) Thomas, F., Patricia, H., Gary, W., et al.: Perioperative Myocardial Infarction After Coronary Bypass Surgery. *Circulation*. 82:903-912, 1990.
- 4) Frazin, L., Talano, J. V., Steohanides, L., et al.: Esophageal echocardiography. *Circulation*. 54:102-108, 1976.
- 5) Beaupre, P. N., Kremer, P. F., Cahalan, M. K., et al.: Intraoperative detection of changes in left ventricular segmental wall motion by transesophageal two-dimensional echocardiography. *Am. Heart J.* 107:1021-1023, 1984.
- 6) Oka, Y., Morikawa, K. M., Hong, Y., et al.: Detection of air emboli in left heart by M-mode transesophageal echocardiography following cardiopulmonary bypass. *Anesthesiology*. 63:109-113, 1985.
- 7) John, S. Smith, Michael, K. C., David J. B., et al.: Intraoperative detection of myocardial ischemia in high-risk patients: Electrocardiography versus two-dimensional transesophageal echocardiography. *Circulation*. 72:1015-1021, 1985.
- 8) AHA Committee Report. A Reporting System on Patients Evaluated for Coronary Artery Disease. *Circulation*. 51(4), News from the American Heart Association, p. 5, 1975.
- 9) Martin, J. L., Julio, F. T., Martin, G. W., et al.: The "Natural History" of Segmental Wall Motion Abnormalities in Patients Undergoing Noncardiac Surgery. *Anesthesiology*. 73:644-655, 1990.
- 10) Jacqueline, M. L., Brian, F. O., Dennis, T. M., et al.: Relationship of Regional Wall Motion Abnormalities to Hemodynamic Indices of Myocardial Oxygen Supply and Demand in Patients Undergoing CABG Surgery. *Anesthesiology*. 73:802-814, 1990.
- 11) 椎名 明: 無症候性虚血性心疾患における心エコー法の診断的意義. 細田 瑛一, 岸田 浩編: 無症候性虚血性心疾患と心筋虚血. 羊土社, 東京, p. 48, 1989.
- 12) John, H. U., Robert, S. K., Gary, O., et al.: Transesophageal Echocardiography and its Potential for Esophageal Damage. *Anesthesiology*. 72:40-43, 1990.
- 13) Tennant, R., Wiggers, C. J.: The effect of coronary occlusion on myocardial contraction. *Am. J. Physiol.* 112:351, 1935.
- 14) Gallagher, K. P., Kumada, T., Koziol, J. A., et al.: Significance of Regional Wall Thickening Abnormalities Relative to Transmural Myocardial Perfusion in Anesthetized Dogs. *Circulation*. 62:1266-1274, 1980.
- 15) Butler, A., Froelicher, V. F., Gallagher, K. P., et al.: Dissociation between Regional Myocardial Dysfunction and ECG Changes during Ischemia in the Conscious Dog. *Circulation*. 62:735-744, 1980.
- 16) Knight, A. A., Hollenberg, M., London M. J., et al.: Perioperative Myocardial Ischemia: Importance of the Preoperative Ischemic Pattern. *Anesthesiology*. 68:681-688, 1988.
- 17) Kloner, R. A., Przyklenk, K., Patel, B.: Altered myocardial states. The stunned and hibernating myocardium. *Am. J. Med.* 86(suppl 1A):14-22, 1989.

Detection of Myocardial Ischemia during Coronary Arterial Bypass Graft Surgery by Transesophageal Echocardiography

Motoyo Iwade

Department of Anesthesiology, Tokyo Women's Medical College

The effectiveness of transesophageal echocardiography (TEE) for detecting an intraoperative systolic wall motion abnormality (SWMA) has been assessed in 21 patients undergoing coronary arterial bypass graft surgery. Five TEE views, including the left ventricular short axis view at the papillary muscle level, were recorded, as well as an electrocardiogram (ECG), and the measurements of the hemodynamic parameters, i. e., the heart rate, cardiac output, and pulmonary wedge pressure. For SWMA detection, the left ventricular wall was divided into seven segments as recommended by the American Heart Association for analysis of the left ventriculogram.

Previous studies used only the left ventricular short axis view at the papillary muscles to detect SWMA. In this study, the number of SWMAs detected at this level amounted to only

34.5% of the all SWMA. Therefore, obtaining multiple views is grater value for detecting SWMAs.

SWMA with positive ST-T changes was seen in 21.3%, and that without ST-T changes in 23.0% of the subjects. Patients with intraoperative SWMAs did not necessarily have ST-T changes and, conversely, patients with positive ST-T changes did not necessarily reflect SWMAs. Besides, SWMA showed infrequent association with acute changes in hemodynamic parameters.

Based on the above, it appears that TEE may be a more useful monitoring method for the intraoperative myocardial ischemia than the ECG and hemodynamic parameters, and that multiple TEE views are advantageous for detecting SWMA.

Key words: Transesophageal echocardiography, Systolic wall motion abnormality, Intraoperative myocardial ischemia.