

# 組織ドプラ法を用いた心機能評価による 心臓手術後変力作用薬補助予測の有用性

今井 英一

新潟大学医歯学総合研究科麻酔科学分野

(主任：馬場 洋教授)

## Intraoperative Tissue Doppler Imaging is Useful for Predicting the Need for Inotropic Support After Cardiac Surgery

Hidekazu IMAI

Department of Anesthesiology,

Niigata University Graduate School of Medical and Dental Sciences

(Director: Prof. Hiroshi BABA)

### 要 旨

【目的】術前左室低駆出率 (EF) は心臓手術後変力作用薬補助の必要性を予測する因子として知られている。しかし、EF はある状況下では誤解釈を招き、また計測自体が困難なことすらある。組織ドプラ法 (TDI) は、心筋速度を計測する比較的新しいエコー手法である。本研究では、術前 EF と比較し、TDI 測定値が心臓手術後変力作用薬補助の必要性をより正確に予測し得るかを検討した。

【方法】成人心臓手術患者を対象とし、ペースメーカー調律、非正常洞調律患者は除外され、48 名が本研究に含まれた。術前 EF は直近の経胸壁心エコーによる計測値を使用した。術中 TDI 測定は経食道心エコーを用いて、胸骨正中切開前の血行動態安定下で行った。収縮期僧帽弁輪心筋速度 (Sm)、拡張早期僧帽弁輪心筋速度 (Em)、Em・拡張後期僧帽弁輪心筋速度比 (Em/Am)、拡張早期左室流入血流速度・Em 比 (E/Em) をそれぞれ計測した。本研究の結果事象は術後 12 時間以上の変力作用薬補助とした。心臓手術後変力作用薬補助の予測因子を同定するため、術前・術中・エコーそれぞれの因子を多重ロジスティック回帰分析に投入した。

【結果】3 名の患者を統計解析から除外し、残りの 45 名のうち 12 名 (26.7%) が術後 12 時間以上の変力作用薬補助を要した。単変量解析で、人工心肺 (CPB) 時間 ( $p < 0.001$ )、大動脈遮断時間 ( $p = 0.008$ )、Sm ( $p = 0.002$ ) と変力作用薬補助の関連を認めた。多重ロジスティック回帰分析では、CPB 時間のみ独立予測因子と認めた (オッズ比 1.015 ; 95%信頼区間 [1.004 - 1.025] ;  $p = 0.004$ )。12 時間以上の変力作用薬補助を要した 12 名の患者を含む、CPB 時間が 200 分以上に及んだ 25 名の患者に対して統計解析を追加した。この解析で、Sm のみが 12 時間以上の変力作用薬補助と関連を認めた ( $p = 0.027$ )。

【結論】術中 TDI 測定値である Sm は、特に CPB 時間が 200 分以上に及んだ患者で、術後変

Reprint requests to: Hidekazu IMAI  
Department of Anesthesiology  
Niigata University Graduate School of Medical  
and Dental Sciences  
1-757 Asahimachi-dori Chuo-ku,  
Niigata 951-8510 Japan

別刷請求先：〒951-8510 新潟市中央区旭町通 1-757  
新潟大学医歯学総合研究科麻酔科学分野

今井 英一

力作用薬補助の高度な予測因子であった一方、術前 EF は予測因子と認められなかった。本研究により Sm が減少し、かつ CPB 時間が延長した患者では、左室 EF が保たれていても術後強力な薬理的補助を必要とする可能性が高いことが示された。

キーワード：組織ドブラ法 (TDI)、僧帽弁輪心筋速度、変力作用薬補助、心臓手術

## 緒 言

心臓血管麻酔科医にとって、経食道心エコー (TEE) による理想的な術中心機能評価とは、簡便に周術期管理に使用でき、変力作用の変化に鋭敏で、心臓の大きさ・形・負荷状態に影響を受けにくいことが挙げられる<sup>1)</sup>。エコーによる定量的な左室収縮能評価は駆出率 (EF) が中心であった。しかし、EF やその他の定量的測定法は、異常な心形態、壁運動異常、心室肥大、不明瞭な心内膜境界の存在下では難しい<sup>2)3)</sup>。さらに、これらの測定法は負荷依存性や長軸像での短縮性を含む測定誤差を生じ易いといった問題がある<sup>3)</sup>。

陽性変力作用薬による補助は、心臓手術後しばしば必要となる。以前の研究により、心臓手術後変力作用薬補助の必要性は、心機能低下や有害な短期予後の予測因子であることが示されている<sup>4)–6)</sup>。左室 EF の低下は、冠動脈バイパス術 (CABG) または弁手術後変力作用薬補助の必要性を予測する因子であることが示されている<sup>7)8)</sup>。しかしながら、大動脈弁狭窄症、僧帽弁閉鎖不全症、左室肥大患者では必ずしも EF が収縮性を反映するわけではない<sup>1)</sup>。さらに、心不全患者の約半数は正常な左室 EF が保たれているが、長軸方向の収縮能には異常があるといわれている<sup>9)</sup>。

組織ドブラ法 (TDI) は心筋速度を計測できる比較的新しいエコー手法である。TDI は様々な臨床状況で左室収縮能・拡張能評価に用いられてきた<sup>10)</sup>。僧帽弁輪速度は左室長軸方向の機能を反映し、TDI を用いて簡単に計測できる<sup>11)</sup>。最近の研究で TDI 測定値が、様々な主要心疾患患者、さらに健常人においても長期予後を判定するのに有用であることが報告された<sup>12)13)</sup>。現在、ほとんどの超音波装置でグローバルな左心機能を評価するため TDI を使用できる。このように、TDI は心臓手術患者に対する麻酔管理で、理想的な術中心機

能評価法になり得る可能性がある。しかし、TDI 測定値が心臓手術後の短期予後を予測できるかどうか、よく分かっていない。本研究では、術前 EF と比較して術中 TDI 測定値が術後変力作用薬補助の必要性を、より正確に予測できるという仮説を立て検証した。

## 材料と方法

### 対象・データ収集

対象となったすべての患者から書面で同意を得た。2007 年 10 月から 2009 年 7 月までに心臓手術を受けた連続した 48 名の成人患者が本研究に含まれた。ペースメーカー調律、非正常洞調律患者は除外した。年齢、性別、高血圧・糖尿病・高脂血症・腎不全・末梢血管病変を含む術前合併症、術前 EF を収集した。EF は経胸壁心エコーで計測した直近の値を記録した。術中データは手術術式、人工心肺 (CPB) 時間、大動脈遮断時間を収集した。

### 麻酔管理・CPB 管理

麻酔導入は、ミダゾラムもしくはプロポフォールと、フェンタニル、レミフェンタニルで行った。筋弛緩状態はベクロニウムもしくはロクロニウムで達成した。セボフルランもしくはプロポフォール、フェンタニル、レミフェンタニルで麻酔を維持した。術中は Bispectral index (Aspect Medical System, Norwood, MA, USA) を 40 ~ 50 で麻酔管理した。5 点誘導心電図、パルスオキシメトリ、カプノグラフィ、観血的動脈圧、咽頭・膀胱温、肺動脈カテーテル、TEE で患者をモニターした。

CPB は中等度低体温 (32.0°C ~ 33.5°C)、 $\alpha$ -stat による pH 管理、平均灌流圧 60 ~ 80 mmHg、ポンプ流量 2.4 ~ 2.6 L/min/m<sup>2</sup>、ヘマトクリット 23

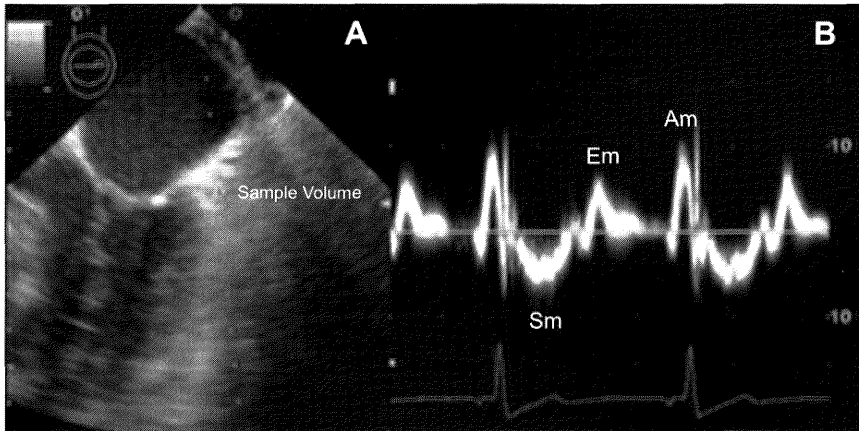


図1 僧帽弁輪側壁 TDI 波形 (大動脈弁狭窄症患者)

TEE 中部食道四腔像で、組織パルスドプラ法のサンプルボリューム位置を示す (A)。僧帽弁輪側壁心筋速度波形を示す (B)。Sm : 収縮期僧帽弁輪心筋速度, Em : 拡張早期僧帽弁輪心筋速度, Am : 拡張後期僧帽弁輪心筋速度。

～26%、膜型人工肺にて行った。大動脈遮断中、心筋保護は概ね20分間隔で順行性、時に逆行性で血液添加心筋保護液で行った。

### TEE 測定

全身麻酔を導入し、気管挿管後、5MHz マルチプレーン TEE プローベ (UST-5293S-5 もしくは UST-52115S, Aloka, Tokyo, Japan) を挿入し、超音波装置 (Prosound ALPHA 10, Aloka, Tokyo, Japan) に接続した。TEE による計測は胸骨正中切開前の血行動態安定下で行った。TDI 測定は超音波装置にプリセットされている TDI コントロール設定を使用し、組織パルスドプラ法で行った (図1)。サンプルボリュームは3mm に設定し、中部食道四腔像において僧帽弁輪側壁に置き、掃引速度を66.7 mm/s で測定した。オフラインでの分析のため、すべての測定を S-VHS ビデオテープに記録した。収縮期僧帽弁輪心筋速度 (Sm)、拡張早期僧帽弁輪心筋速度 (Em)、Em・拡張後期僧帽弁輪心筋速度比 (Em/Am) をそれぞれ測定した。また、左室流入血流波形を中部食道四腔像において僧帽弁尖先端部で描出し、拡張早期左室流入血流速度・Em 比 (E/Em) を測定した。

すべての測定は、呼気終末で連続3心周期行い、その平均値を算出した。TEE 測定はすべて、日本周術期経食道心エコー認定を有する筆者自身で行った。

### 結果事象設定

本研究の主要結果事象は、心臓手術後12時間以上に及ぶ変力作用薬補助とした。ドーパミン、ドブタミン、エピネフリン、オルプリノンまたはミルリノンの持続静注を受けている患者を補助有りと定義した。但し、ドーパミン単独投与は、過去の文献を参考に、 $4\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$  以上で補助有りと判定した<sup>4)6)–8)</sup>。当施設では、過去の文献<sup>5)7)8)14)</sup>とは対照的に、CPB 離脱中・後の陽性変力作用薬をルーチンで投与している。そして、集中治療室 (ICU) で収縮期血圧90 mmHg 以上、心係数  $2.2\text{ L}/\text{min}/\text{m}^2$  以上が保たれていれば投与速度を漸減し、翌朝までに投与を終了している。そのため、本研究では12時間以上の変力作用薬補助を有害事象として判定した。術後の循環動態管理は、TDI 測定値を知らされていない心臓血管外科医が担当した。

## 統計解析

連続変数は平均値±標準偏差で示し、Mann-Whitney U 検定を用いた。カテゴリ変数は患者数 (%) で示し、 $\chi^2$  検定もしくは Fisher の直接確立検定を用いた。心臓手術後 inotropic support の独立予測因子を同定するために、多重ロジスティック回帰分析を用いた。単変量解析で  $p < 0.05$  の独立変数をステップワイズ変数選択法でロジスティックモデルに投入した。P 値  $< 0.05$  を統計学的に有意とした。統計処理は StatFlex software, Version 6 (Artech Co. Ltd., Osaka, Japan) で行った。

## 結 果

TEE 測定時の間欠的心房性不整脈と血行動態不安定のため 2 名の患者を除外した。その他 1 名の患者を術当日に起こった突然の心停止のため除外した。残りの 45 名の手術内容は、CABG 14 名 (on-pump 6, off pump 8), 弁手術 18 名 (大動脈弁 10; 僧帽弁 3; 大動脈弁+僧帽弁 1; 大動脈弁+僧帽弁+三尖弁 4), 大動脈弁, CABG 複合手術 6 名, その他 7 名 (Bentall 手術 4; 左房粘液腫切除 2; 心房中隔欠損閉鎖術 1) であった。12 時間以上の変力作用薬補助を受けた 1 名の患者で Am が不明瞭のため得られず、さらに変力作用薬補助が 12 時間未満であった 1 名の患者で、左室流入波形不明瞭のため E/Em が得られなかった。その他の 43 名の患者では、TEE による測定値はすべて統計処理に使用できた。

心臓手術後 12 時間以上の変力作用薬補助は 12 名 (26.7%) の患者で必要とした。術後 12 時間以上の変力作用薬補助を要した群、要さなかった群の術前・術中・エコー因子を表 1 に示す。単変量解析では CPB 時間, 大動脈遮断時間, Sm と変力作用薬補助との間に関連を認めた。術前 EF は 2 群間で有意差はなかった。12 時間以上の変力作用薬補助群の患者は、より長い人工呼吸管理 ( $8.8 \pm 39.1$  時間 vs  $13.7 \pm 21.8$  時間,  $P = 0.006$ ) と術後 ICU 滞在 ( $1.5 \pm 2.1$  日 vs  $2.3 \pm 1.6$  H,  $P < 0.001$ ) を必要とした。

多重ロジスティック回帰分析で、CPB 時間のみ術後 12 時間以上に及ぶ変力作用薬補助の独立予測因子と認められた (オッズ比: 1.015, 95% 信頼区間 [1.004-1.025],  $P = 0.004$ )。両群の CPB 時間分布を図 2 に示す。12 時間以上の変力作用薬補助を要した 12 名の患者は、すべて CPB 時間が 200 分以上に達した一方で、12 時間未満の変力作用薬補助群は 13 名 (39.4%) のみ 200 分に達した。このことから、CPB 時間による影響を調整するため、CPB 時間が 200 分以上に達した 25 名の患者で追加解析を行った。CPB 時間は  $< 12$  時間群では  $263 \pm 70$  分,  $\geq 12$  時間群で  $283 \pm 46$  分であった ( $P = 0.20$ )。この解析で、Sm のみ 12 時間以上に及ぶ術後変力作用薬補助の必要性和関連が認められた ( $6.5 \pm 1.7$  cm/s vs  $5.2 \pm 1.7$  cm/s,  $P = 0.027$ )。術前 EF ( $58.2 \pm 14.3\%$  vs  $57.8 \pm 17.5\%$ ,  $P = 0.91$ ) を含めたその他の因子は 2 群間で有意差はなかった。

10 症例をランダムに選出し、TDI 測定値の観察者内変動及び観察者間変動を求めた。変動は標準偏差を平均値で除して算出した。Sm の観察者内変動及び観察者間変動は、それぞれ  $3.2 \pm 2.9\%$ ,  $6.5 \pm 4.8\%$  であった。

## 考 察

筆者が知る限り、本研究は術中 TDI 測定値と心臓手術後陽性変力作用薬補助の必要性との関連に着目した初めての報告である。本研究では、27% の患者が 12 時間以上に及ぶ変力作用薬補助を要した。これらの患者は、より長い人工呼吸管理と ICU 滞在を必要とした。CPB 時間は変力作用薬補助の必要性を予測する最も強力な因子であった。本研究で最も重要な所見は、術前 EF は術後変力作用薬補助の必要性と関連がなかったが、術中低 Sm は CPB 時間で補正後も有意に関連があったことである。

左室 EF の減少は、心臓手術後低心拍出量症候群や変力作用薬補助の予測因子であるとした過去の報告と本研究結果は相反する<sup>4)6)-8)</sup>。しかし、EF などの定量的な心機能評価と変力作用薬補助

表1 患者背景

	変力作用薬補助	変力作用薬補助	P
	<12 h	≥12 h	
症例数	33 (73.3)	12 (26.7)	
術前データ			
年齢 (yr)	66.7 ± 13.6	62.0 ± 14.6	0.22
性別			
男性	19 (57.6)	10 (83.3)	0.11
女性	14 (42.4)	2 (16.7)	
高血圧	20 (60.6)	4 (33.3)	0.10
糖尿病	8 (24.2)	2 (16.7)	0.59
高脂血症	8 (24.2)	2 (16.7)	0.59
腎不全	3 (9.1)	4 (33.3)	0.07
末梢血管病変	4 (12.1)	1 (8.3)	1.00
EF (%)	63.5 ± 13.5	57.7 ± 17.5	0.22
手術術式			
Off-pump CABG	8 (24.2)	0	0.09
CABG	4 (12.1)	2 (16.7)	1.00
Valve surgery	13 (39.4)	5 (41.6)	0.89
Valve and CABG	3 (9.1)	3 (25.0)	0.32
Others	5 (15.2)	2 (16.7)	1.00
人工心肺時間 (min)	150 ± 114	283 ± 46	<0.001
大動脈遮断時間 (min)	88 ± 81	159 ± 82	0.008
術中TDI測定値			
Sm (cm/s)	7.4 ± 2.5	5.2 ± 1.7	0.002
Em (cm/s)	6.6 ± 2.8	6.1 ± 3.9	0.24
Em/Am <1	17 (51.5)	6 (54.5)*	0.86
E/Em >15	10 (31.3)†	6 (50.0)	0.17

データは平均値±標準偏差または症例数(%)で示す。

\*1名の患者でAmが不明瞭のため統計より除外 (n = 11)。

†1名の患者で左室流入波形不明瞭のため統計より除外 (n = 32)。

との関連がないとするいくつかの研究結果も報告されている<sup>14)15)</sup>。Zaroffら<sup>16)</sup>は、術前低EFは心臓手術直後の予後不良予測因子として知られているが、すべての術前低EF患者が術後変力作用薬補助を要するわけではないとしている。このように、術後変力作用薬補助の必要性を予測する他の因子が望まれる。

本研究では、Am、Eをそれぞれ同定できなかった2人の患者を除いて、TDI測定値は簡単に得ら

れた。Smは単変量解析で変力作用薬補助と有意に関連があった。Smは正常なEF、あるいは見かけ上保たれているが軽度に障害された左室収縮能を示す鋭敏なマーカーである<sup>9)</sup>。EFが収縮能のみを評価するのに対し、TDIは収縮能、拡張能を同時に評価できる。予想に反し、拡張能を表すEm、Em/Am、E/Emは変力作用薬補助の必要性と関連を認めなかった。Bernardら<sup>14)</sup>は術前左室拡張能障害がCPB後変力作用薬補助の独立予

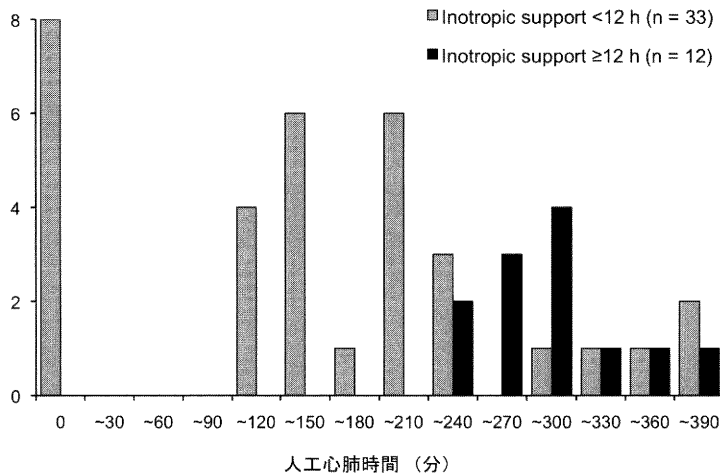


図2 術後変力作用薬補助< 12, ≥ 12時間両群患者のCPB時間分布  
30分間隔で症例数を示す。

測因子であると報告している。彼らの研究では、従来のドプラ計測で拡張能を評価し、対象の心臓手術患者66人のうち大半を占める56人(85%)がCABG単独手術であった。本研究では従来のドプラ計測ではなく、TDIを用いて拡張能評価を行った。従来のドプラ計測では、拡張能を評価するために左室流入、肺静脈両血流波を計測しなければならない<sup>17)</sup>。加えて、前負荷や左房圧変化の影響を考慮しなければならない<sup>10)18)19)</sup>。他方、Emは比較的前負荷に影響を受けない拡張能評価である<sup>18)19)</sup>。いくつかの研究は、Emが心死亡の強力な予測因子であることを明らかにした<sup>20)21)</sup>。このように簡単に迅速に計測できるTDI拡張能測定値は、心臓周術期管理に潜在的な実用性があると考えている。

本研究で、CPB時間が術後変力作用薬補助の最も強力な予測因子であったことは驚くべきことではない。この所見は、多重ロジスティック回帰分析を用いてCPB時間が変力作用薬補助の独立予測因子であるとするいくつかの研究結果と一致する<sup>14)15)</sup>。しかしながら、これらの研究と比較すると、本研究の患者はCPB時間がより長期に及んでいる。実際、12時間以上の変力作用薬補助を要

したすべての患者は、CPB時間が200分以上に及んだ(図2)。さらに、off-pump CABGを受けたすべての患者は12時間以上の変力作用薬補助を要さなかった。これらのことは、本研究結果がCPB時間に強く影響を受けていることを表している。

CPB時間の影響を変力作用薬補助から除外するため、200分以上のCPB時間に達した患者のみで追加解析を行った。この追加解析ではSmのみ変力作用薬補助と有意な関連を認めた。まとめると、本結果はSmが低下している患者でCPBが遷延すると、心臓手術後陽性変力作用薬補助を要する可能性が高くなることを示している。

以上の所見は、心臓手術を受ける患者の周術期管理において臨床的意味がある。TDIによる術中心機能評価は、左室EFが良好に保たれているにも関わらず、強力な変力作用薬補助を要することが予想される患者を同定できる。このような患者を同定することは、心臓手術後の最適な薬理的補助を達成する一助となる可能性がある。

陽性変力作用薬の使用は、術後低心拍出量症候群に対する治療への重要なアプローチであるが、TDI測定値と心臓手術後変力作用薬補助の必要と

の関係についてはほとんど知られていない。TDI測定値であるSmが、術後変力作用薬補助延長と有意に負の関連があったことを本研究は示している。しかしながら、本研究にはいくつかの制限がある。第一に、Smを心臓手術後変力作用薬補助のリスクファクターであると断定するにはサンプルサイズが不十分である。本結果の回帰係数に基づくと、有意水準0.05、統計学的パワー0.80で多重ロジスティック回帰分析を用いてSmと変力作用薬補助間の相互作用を評価するには、各群(<12時間と≥12時間の変力作用薬補助)にそれぞれ106例ずつ含む研究が必要である。第二に、EF計測は経胸壁心エコーで行った一方で、TDI計測は全身麻酔下でTEEを用いて行った相違点がある。けれども、本研究はTDI測定値が心臓手術後のより強力な薬理的補助の必要を鋭敏に予測することを示唆する。

## 結 論

術中TDI測定値であるSmは、術前EFは関連がなかった一方で、CPB時間が200分以上でも術後変力作用薬補助の必要性和密接に関連する。Smの低下した患者でCPBが遷延すると、心臓手術後変力作用薬補助の必要性は増加した。本研究は、左室EFが保たれていても、強力な変力作用薬補助を要する患者をTDI測定値で同定できることを示唆している。

## 謝 辞

本研究をご指導賜りました新潟大学医歯学総合研究科麻酔科学分野 馬場 洋教授、統計学的なご助言を賜りました新潟大学医歯学総合病院医療情報部 赤澤宏平教授に深謝いたします。

## 参 考 文 献

- 1) Carabello BA: Evolution of the study of left ventricular function: everything old is new again. *Circulation* 105: 2701 - 2703, 2002.
- 2) Wandt B, Bojo L, Tolagen K and Wranne B: Echocardiographic assessment of ejection fraction in left ventricular hypertrophy. *Heart* 82: 192 - 198, 1999.
- 3) Mor-Avi V and Lang RM: Echocardiographic quantification of left ventricular volume: what can we do better? *J Am Soc Echocardiogr* 21: 998 - 1000, 2008.
- 4) Rao V, Ivanov J, Weisel RD, Ikonomidis JS, Christakis GT and David TE: Predictors of low cardiac output syndrome after coronary artery bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg* 112: 38 - 51, 1996.
- 5) Muller M, Junger A, Brau M, Kwapisz MM, Schindler E, Akinturk H, Benson M and Hempelmann G: Incidence and risk calculation of inotropic support in patients undergoing cardiac surgery with cardiopulmonary bypass using an automated anaesthesia record-keeping system. *Br J Anaesth* 89: 398 - 404, 2002.
- 6) Maganti MD, Rao V, Borger MA, Ivanov J and David TE: Predictors of low cardiac output syndrome after isolated aortic valve surgery. *Circulation* 112: 1448 - 452, 2005.
- 7) Royster RL, Butterworth JFt, Prough DS, Johnston WE, Thomas JL, Hogan PE, Case LD and Gravlee GP: Preoperative and intraoperative predictors of inotropic support and long-term outcome in patients having coronary artery bypass grafting. *Anesth Analg* 72: 729 - 736, 1991.
- 8) Butterworth JFt, Legault C, Royster RL and Hammon JW, Jr.: Factors that predict the use of positive inotropic drug support after cardiac valve surgery. *Anesth Analg* 86: 461 - 467, 1998.
- 9) Sanderson JE: Heart failure with a normal ejection fraction. *Heart* 93: 155 - 158, 2007.
- 10) Waggoner AD and Bierig SM: Tissue Doppler imaging: a useful echocardiographic method for the cardiac sonographer to assess systolic and diastolic ventricular function. *J Am Soc Echocardiogr* 14: 1143 - 1152, 2001.
- 11) Gulati VK, Katz WE, Follansbee WP and Goresan J, 3rd: Mitral annular descent velocity by tissue Doppler echocardiography as an index of global left ventricular function. *Am J Cardiol* 77: 979 -

- 984, 1996.
- 12) Yu CM, Sanderson JE, Marwick TH and Oh JK: Tissue Doppler imaging a new prognosticator for cardiovascular diseases. *J Am Coll Cardiol* 49: 1903 - 1914, 2007.
- 13) Mogelvang R, Sogaard P, Pedersen SA, Olsen NT, Marott JL, Schnohr P, Goetze JP and Jensen JS: Cardiac dysfunction assessed by echocardiographic tissue Doppler imaging is an independent predictor of mortality in the general population. *Circulation* 119: 2679 - 2685, 2009.
- 14) Bernard F, Denault A, Babin D, Goyer C, Couture P, Couturier A and Buithieu J: Diastolic dysfunction is predictive of difficult weaning from cardiopulmonary bypass. *Anesth Analg* 92: 291 - 298, 2001.
- 15) Tsukui H, Koh E, Yokoyama S and Ogawa M: Which patients can be weaned from inotropic support within 24 hours after cardiac surgery? *Heart Vessels* 19: 225 - 229, 2004.
- 16) Zaroff J, Aronson S, Lee BK, Feinstein SB, Walker R and Wiencek JG: The relationship between immediate outcome after cardiac surgery, homogeneous cardioplegia delivery, and ejection fraction. *Chest* 106: 38 - 45, 1994.
- 17) Rakowski H, Appleton C, Chan KL, Dumesnil JG, Honos G, Jue J, Koilpillai C, Lepage S, Martin RP, Mercier LA, O'Kelly B, Prieur T, Sanfilippo A, Sasson Z, Alvarez N, Pruitt R, Thompson C and Tomlinson C: Canadian consensus recommendations for the measurement and reporting of diastolic dysfunction by echocardiography: from the Investigators of Consensus on Diastolic Dysfunction by Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 9: 736 - 760, 1996.
- 18) Nagueh SF, Middleton KJ, Kopelen HA, Zoghbi WA and Quinones MA: Doppler tissue imaging: a noninvasive technique for evaluation of left ventricular relaxation and estimation of filling pressures. *J Am Coll Cardiol* 30: 1527 - 1533, 1997.
- 19) Garcia MJ, Thomas JD and Klein AL: New Doppler echocardiographic applications for the study of diastolic function. *J Am Coll Cardiol* 32: 865 - 875, 1998.
- 20) Wang M, Yip GW, Wang AY, Zhang Y, Ho PY, Tse MK, Lam PK and Sanderson JE: Peak early diastolic mitral annulus velocity by tissue Doppler imaging adds independent and incremental prognostic value. *J Am Coll Cardiol* 41: 820 - 826, 2003.
- 21) Wang M, Yip G, Yu CM, Zhang Q, Zhang Y, Tse D, Kong SL and Sanderson JE: Independent and incremental prognostic value of early mitral annulus velocity in patients with impaired left ventricular systolic function. *J Am Coll Cardiol* 45: 272 - 277, 2005.

(平成 22 年 6 月 28 日受付)