

## 組織ドプラ法による心室中隔壁の 心筋収縮速度は壁厚増加率を反映する

比企美加\*, 渡部功三\*  
新見能成\*, 森田茂穂\*

### 要 旨

組織ドプラ法を用いた心筋収縮速度の測定は、心エコーによる心筋虚血の客観的・定量的診断方法として注目されている。今回、冠動脈バイパス手術中の心室中隔の壁厚増加率と組織ドプラ法による最大収縮速度および最大拡張速度の関係を調べた。壁厚増加率が高いほど最大収縮速度は速い傾向にあったが、最大拡張速度にははっきりとした関係を認めなかった。また、壁厚増加率が2段階以上低下したとき、最大収縮速度は有意に低下し、反対に上昇したときは有意に上昇した。心室中隔の長軸方向における最大収縮速度は、壁厚増加率と関係することが示された。

### はじめに

心臓手術中の心筋虚血モニターとして経食道心臓エコー(TEE)が用いられてきた。しかし、エコー上の壁運動異常による心筋虚血の検出は、特異度が低いこと<sup>1)</sup>、半定量評価であること、またその評価が心内膜の内方移動や心筋の収縮期壁厚増加率の主観的な観察に基づくこと<sup>2,3)</sup>などから、その有用性に疑問がもたれるようになった。

近年、局所壁運動能を評価する手法として組織ドプラ法が開発され、注目されている。組織ドプラ法は心室壁の動きに由来するドプラ信号を取り出して解析する方法であり、局所心機能の定量的かつ客観的評価を可能にする<sup>4,5)</sup>。本研究は、冠動脈バイパス手術中における心室中隔壁の長軸方向

運動の評価を、従来より用いられてきた壁厚増加率と、組織ドプラ法で得られた速度の双方から行い、その関係を調べることを目的とした。

### 対象と方法

冠動脈バイパス術を施行した NYHA II 度から IV 度の虚血性心疾患患者 18 症例(男性 16 名, 女性 2 名, 年齢 55~82 歳, 平均年齢 67.17±7.29 歳)を対象とした。うち 5 例ではオフポンプ手術が行われた。手術室入室後、心電図(5 極)、観血的動脈圧をモニターし、プロポフォル、ミダゾラム、フェンタニル、ベクロニウムにて全身麻酔の導入を行った。麻酔導入後、右内頸静脈より肺動脈カテーテル(Baxter 社製, Swan-Ganz CCO catheter)を挿入し、ついで、経食道心エコー(TEE: Vivid 7, GE Medical Systems)のプロープを挿入した。TEE では経中部食道四腔像を描出し、ASE/SCA のガイドラインの 16 分割モデルにおける #6(心基部中隔)、#12(中間部中隔)を対象領域として<sup>6)</sup>、壁厚増加率と組織ドプラ法による最大収縮速度、および最大拡張速度を測定した。組織ドプラ法のサンプルボリュームは長径 8mm とし、心周期を通じてサンプルボリュームが対象領域から外れないよう注意して測定した。壁厚増加率は、1. normal(壁厚増加率 30%以上)、2. mildly hypokinetic(10~30%)、3. severely hypokinetic(<10%)、4. akinetic(0%)、5. dyskinetic(<0%)の 5 段階で半定量評価した。測定時期は、①麻酔導入後、②心膜切開後、③体外循環離脱後(人工心肺使用症例のみ)、④胸骨閉鎖後の 4 点とした。壁厚増加率ごとの最大収縮速度、最大拡張速度の変化を検討した。また、同時

\*帝京大学麻酔科学講座

に手術経過中、連続した測定時点で壁厚増加率が2段階以上変化した症例での最大収縮速度の変化を検討した。測定結果は平均値±標準偏差で表記した。統計学的処理は反復測定分散分析(repeated measures ANOVA)とFisher's PLSD法を用い、 $p < 0.05$ を有意差ありとした。

**結 果**

対象とした18症例のうち、#6において、のべ72点の計測点のうち11点(15.3%)が測定不能であった。#12においては15点(20.8%)が測定不能であった。

壁厚増加率ごとの最大収縮速度の変化は、#6において壁厚増加率が

1の最大収縮速度は、 $-3.77 \pm 1.44 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$  ( $n=30$ )、壁厚増加率が2では $-2.48 \pm 0.44 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$  ( $n=13$ )、壁厚増加率が3では $-1.77 \pm 0.27 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$  ( $n=16$ )、壁厚増加率が4では $-1.65 \pm 0.21 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$  ( $n=2$ )であった。

#12において壁厚増加率が1の最大収縮速度は $-3.08 \pm 1.03 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$  ( $n=31$ )、壁厚増加率が2では $-2.79 \pm 0.51 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$  ( $n=14$ )、壁厚増加率が3では $-1.75 \pm 0.48 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$  ( $n=12$ )、

壁厚増加率が4では $-1.2 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$  ( $n=1$ )であった(図1)。

壁厚増加率ごとの最大拡張速度の変化は、#6において壁厚増加率が

1の最大拡張速度は $3.07 \pm 1.38 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$  ( $n=30$ )、壁厚増加率が2では $2.58 \pm 1.29 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$  ( $n=13$ )、壁厚増加率が3では $2.7 \pm 0.94 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$  ( $n=16$ )、壁厚増加率が4では $1.2 \pm 0.28 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$  ( $n=2$ )であった。

#12において壁厚増加率が1の最大拡張速度は $2.54 \pm 1.36 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$  ( $n=31$ )、壁厚増加率が2では $2.14 \pm 1.29 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$  ( $n=14$ )、壁厚増加率が3では $2.23 \pm 0.94 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$  ( $n=12$ )、壁厚増加率が4では $1.8 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$  ( $n=1$ )であった(図2)。

手術経過中、連続した測定時点で壁厚増加率が2段階上昇した症例での最大収縮速度は、上昇前が $-1.54 \pm 0.57 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$  ( $n=11$ )で、上昇後が $-3.52 \pm 1.09 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ で有意に上昇した( $p < 0.0001$ )。また、壁厚増加率が2段階減少した症例での最大収縮速度は、減少前が $-2.79 \pm 0.62 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$  ( $n=8$ )で、減少後が $-1.48 \pm 0.2 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ で有意に減少した( $p < 0.0001$ ) (図3)。

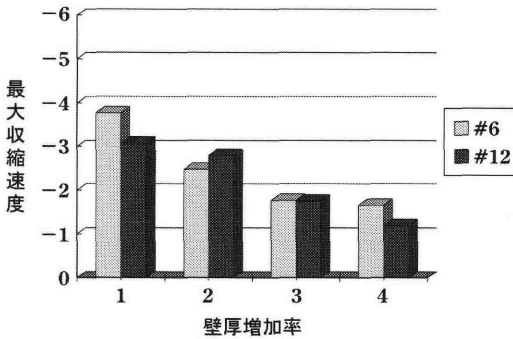


図1 最大収縮速度と壁厚増加率

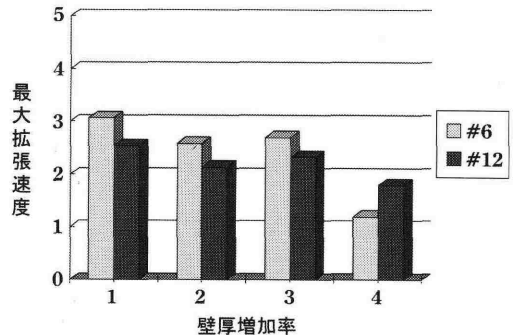


図2 最大拡張速度と壁厚増加率

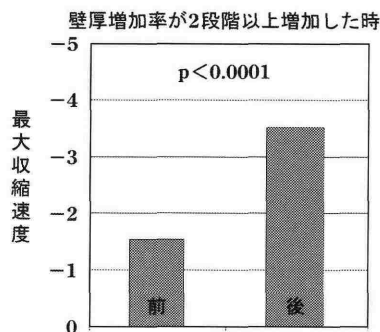
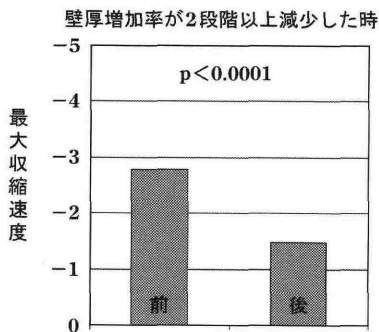


図3 壁厚増加率が2段階以上変化した時の最大収縮速度の変化

## 考 案

冠動脈バイパス手術において TEE を用いた組織ドプラ法により心室中隔壁運動の長軸方向の運動を評価した結果、壁厚増加率が高いほど最大収縮速度は速い傾向があった。主観的な観察に基づく壁厚増加率の半定量評価では、その再現性を高めるために 2 段階以上の変化を有意な変化とするのが一般的である<sup>7)</sup>。本研究では、連続した測定時点で壁厚増加率が 2 段階以上変化すると、最大収縮速度も有意に変化することが示された。この結果は、左室前壁運動において最大収縮速度と壁運動の重症度との相関を認めた Skarvan ら<sup>8)</sup>の研究を支持するものといえる。

一方、壁厚増加率と最大拡張速度には関連がみられなかった。拡張速度と壁運動の重症度については、関連するとの報告<sup>8)</sup>と反対に関連しないとの報告<sup>9)</sup>もあり、一定した見解は得られていない。しかし、その定義からみても壁厚増加率は局所収縮能の指標であり、拡張能の指標とはなり難い。拡張速度は拡張能のほか、左房機能、前負荷<sup>10)</sup>、左室コンプライアンス、右室機能など多くの因子の影響を受けるものと考えられる。

健常者において、心筋運動速度は測定部位により異なることが報告されている<sup>11,12)</sup>。本研究においても壁運動が正常であるとき、心尖部中隔の最大収縮速度は心基部中隔の最大収縮速度より遅かった。このことは、心筋速度が心拍動に伴う心臓全体の動き、いわゆるモーションアーチファクトの影響を受けることによる。組織ドプラ法では定量評価は可能であるが、得られる心筋速度はプローブに対する相対的な速度であり、心臓全体の rotation や translation などの心筋運動以外のベクトルが加算される。すなわち、心収縮時には心基部が心尖部方向に移動する結果、心基部中隔の速度が速くなるものと考えられる。したがって、心筋運動速度を局所心機能や心筋虚血の指標とする場合は、その絶対値ではなく、経時的な変化を観察する必要がある。また、心筋速度は隣り合った組織の影響も受けるため (tethering 効果)、無収縮の領域に隣接した部の心筋運動速度は実際より低い値となる<sup>13)</sup>。本研究において、壁厚増加率の低い群 (半定量評価の 3 群と 4 群) ではっきりした差が

みられなかったのも、隣り合った組織が影響した可能性もある。

組織ドプラ法から得られた心筋速度をデジタル処理することによって得られる、ストレイン (心筋初期長からの % 変化) とストレインレート (心筋初期長の変化速度) は<sup>14)</sup>、モーションアーチファクトを除外して局所壁運動能を評価できる指標であり<sup>14)</sup>、今後、その有用性に関する研究が期待される。

## 結 語

本研究の結果より、壁厚増加率が高いほど最大収縮速度は速い傾向にあり、特に壁厚増加率の 2 段階以上の増減では最大収縮速度も有意に変化することが示された。組織ドプラ法における最大収縮速度は、局所壁運動の定量評価に有用であることが示唆された。

## 文 献

- 1) Bergquist BD, Leung JM, Bellows WH, et al: Transesophageal echocardiography in myocardial revascularization: I. Accuracy of intraoperative real-time interpretation. *Anesth Analg* 1996; 82: 1132-8.
- 2) Picano E, Lattanzi F, Orlandini A, et al: Stress echocardiography and the human factor: the importance of being expert. *J Am Coll Cardiol* 1991; 17: 666-9.
- 3) Schiller NB, Shah PM, Crawford M, et al: Recommendations for quantitation of the left ventricle by two-dimensional echocardiography. American Society of Echocardiography Committee on Standards, Subcommittee on Quantitation of Two-Dimensional Echocardiograms. *J Am Soc Echocardiogr* 1989; 2: 358-67.
- 4) Sutherland GR, Stewart MJ, et al: Color Doppler myocardial imaging: a new technique for the assessment of myocardial function. *J Am Soc Echocardiogr* 1994; 7: 441-58.
- 5) Miyatake K, Yamagishi M, Tanaka N, et al: New method for evaluating left ventricular wall motion by color-coded tissue Doppler imaging: in vitro and in vivo studies. *J Am Coll Cardiol* 1995; 25: 717-24.
- 6) Shanewise JS, Cheung AT, et al: ASE/SCA guidelines for performing a comprehensive intraoperative multiplane transesophageal echocardiography examination: recommendations of the American Society of Echocardiography Council for Intraoperative Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists Task Force for Certification in Perioperative Transesophageal Echocardiography. *Anesth Analg* 1999; 89: 870-84.
- 7) Smith JS, Cahalan MK, Benefiel DJ, et al: Intraoperative

- detection of myocardial ischemia in high-risk patients: electrocardiography versus two-dimensional transthoracic echocardiography. *Circulation* 1985; 72: 1015-21.
- 8) Skarvan K, Filipovic M, Wang J, et al: Use of myocardial tissue Doppler imaging for intraoperative monitoring of left ventricular function. *Br J Anaesth* 2003; 91: 473-80.
  - 9) Derumeaux G, Ovize M, Loufoua J, et al: Doppler tissue imaging quantitates regional wall motion during myocardial ischemia and reperfusion. *Circulation* 1998; 97: 1970-7.
  - 10) Firstenberg MS, Greenberg NL, Main ML, et al: Determinants of diastolic myocardial tissue Doppler velocities: influences of relaxation and preload. *J Appl Physiol* 2001; 90: 299-307.
  - 11) Galiuto L, Ignone G, DeMaria AN: Contraction and relaxation velocities of the normal left ventricle using pulsed-wave tissue Doppler echocardiography. *Am J Cardiol* 1998; 81: 609-14.
  - 12) Price DJ, Wallbridge DR, Stewart MJ: Tissue Doppler imaging: current and potential clinical applications. *Heart* 2000; 84: (Suppl 2): II 11-8.
  - 13) Garcia MJ, Thomas JD, Klein AL: New Doppler echocardiographic applications for the study of diastolic function. *J Am Coll Cardiol* 1998; 32: 865-75.
  - 14) Greenberg NL, Firstenberg MS, et al: Doppler-derived myocardial systolic strain rate is a strong index of left ventricular contractility. *Circulation* 2002; 105: 99-105.

### Myocardial Systolic Velocity at the Septum Reflects the Extent of Myocardial Wall Thickening in Patients Undergoing Coronary Artery Bypass Grafting

Mika Hiki\*, Kozo Watanabe\*, Yoshinari Niimi\*, Shigeho Morita\*

\*Department of Anesthesiology, Teikyo University, Tokyo, Japan

Tissue Doppler imaging is a new technique that is based on color Doppler imaging principles and enables the quantification of intramural myocardial velocities by the detection of consecutive phase shifts of the ultrasound signal reflected from the contracting myocardium. We evaluated a correlation between myocardial velocity and the extent of wall motion thickening. In 31 patients undergoing coronary artery bypass grafting, the myocardial peak systolic velocity, peak diastolic velocity, and

wall motion thickening were assessed in the basal and mid septum during surgery. A correlation was observed between myocardial peak systolic velocity and the extent of wall motion thickening. However, no significant correlation was observed between myocardial diastolic velocity and wall motion thickening. Myocardial systolic velocity which was derived from tissue Doppler imaging appears to be useful for quantification of regional left ventricular function.

**Key word** : tissue Doppler imaging, myocardial velocity, coronary artery bypass grafting, wall motion score

(*Circ Cont* 2004; 25: 382-385.)