

狭心症患者における経胸壁ドプラ心エコー検査による 左前下行枝近位部狭窄の診断能

杉山 祐公¹ 鈴木 理代¹ 平野 圭一¹ 中村啓二郎¹ 高橋 真生¹
清水 一寛¹ 飯塚 卓夫¹ 田端 強志² 野池 博文¹ 東丸 貴信^{1,2}

要 旨：経胸壁ドプラ心エコー検査による冠動脈の描出が可能となり、冠血流速波形の解析から冠循環の評価が行われるようになってきた。冠動脈遠位部は検出率が高く、その血流評価に対する多数の報告がなされているのに対して、冠動脈近位部を評価した報告は少ない。今回我々は、狭心症患者 52 例を対象に、冠動脈造影検査前に、心エコー法で左冠動脈主幹部から左前下行枝近位部を描出し、加速血流シグナルの有無と拡張期最大血流速度とを求め、同部位の非侵襲的な狭窄診断が可能であるか否かを検討した。心エコー検査による左冠動脈主幹部から左前下行枝近位部の描出率は 81% であり、左前下行枝近位部の平均観察距離は 19 mm であった。カラードプラエコー検査で 10 例に左前下行枝近位部の加速血流シグナルが認められ、同部位の拡張期最大血流速度は、加速血流シグナルのない 32 例と比較して有意に高値であった。心エコー検査による冠動脈の描出範囲内において、冠動脈造影検査所見との一致率は 93% と良好な結果が得られた。心エコー検査で左冠動脈近位部を直接描出し、ドプラ法を併用することで冠動脈近位部狭窄の有無を非侵襲的に予測することが可能であると考えられた。(J Jpn Coll Angiol, 2010, 50: 175-181)

Key words: transthoracic Doppler echocardiography, proximal left coronary artery stenosis, color aliasing, diastolic coronary flow velocity, angina pectoris

はじめに

心エコー検査は、心形態および心機能評価に有用な検査法であるが、冠動脈の評価は困難とされてきた。しかし、超音波診断装置の進歩に伴い、経胸壁ドプラ心エコー検査による冠動脈の描出が可能となり、冠血流速波形の解析から冠循環の評価が行われるようになってきた。冠動脈遠位部、特に左前下行枝の遠位部は検出率が高く、その冠血流速波形を解析した報告¹⁻¹⁵⁾が多数なされている一方で、成人例において、冠動脈近位部血流を評価した報告は少ない¹⁶⁻¹⁹⁾。

今回我々は、狭心症患者を対象に、冠動脈造影検査前に、経胸壁ドプラ心エコー検査を行い、左冠動脈主幹

部から左前下行枝近位部を直接描出し、カラードプラ法による加速血流シグナルの有無とパルスドプラ法による拡張期最大血流速度を求め、非侵襲的に冠動脈近位部狭窄の予測が可能であるか否かを検討した。

対象と方法

2007 年 4 月から 2008 年 4 月までに、心臓カテーテル検査目的で入院し、冠動脈造影検査前に経胸壁ドプラ心エコー検査を行い、左冠動脈主幹部(分節 5)から左前下行枝近位部(分節 6)の描出を試みた 52 例(男性 39 例、女性 13 例、平均年齢 67 ± 9 歳)を対象とした。

心エコー装置は、GE 社製 Vivid 7、探触子は 1.9~4.0 MHz の広帯域セクター探触子(M4S)を使用した。初めに通常の経胸壁心エコー検査を施行した後に、左冠動

¹東邦大学医療センター佐倉病院循環器センター

²東邦大学医療センター佐倉病院生理機能検査部

2009 年 1 月 27 日受付 2009 年 12 月 4 日受理

脈主幹部から左前下行枝近位部の描出を試みた。大動脈弁レベルの短軸像から探触子を少し上方に傾け左バルサルバ洞より起始する左冠動脈主幹部の開口部を確認した後、探触子を少し時計方向に回転させ、左前下行枝近位部を描出した。カラードプラ法の流速レンジは、冠動脈血流速度に合わせて20~25 cm/sec前後とし、狭窄部の血流シグナルが、折り返し現象による加速血流(color aliasing)として同定できるように設定した。左前下行枝近位部の観察距離は、カラードプラ法を併用して回旋枝の分岐部を確認した後、分節6入口部から末梢側までの距離を計測して求めた。次に、パルスドプラ法を用いて、同部位の拡張期最大血流速度を計測した。サンプルボリュームの幅は2 mmとし、ドプラ入射角が60度以内となるように角度補正を行った。

心エコー検査で、冠動脈狭窄の非侵襲的な予測が可能であるか否かを検討するため、左冠動脈近位部を直接描出した後、カラードプラ法によるcolor aliasingの有無と、パルスドプラ法により拡張期最大血流速度とを求めて、冠動脈有意狭窄の有無に関して、冠動脈造影検査法と比較検討した。冠動脈造影検査では、実質狭窄率75%以上の狭窄を認めた場合に有意狭窄ありとした。

統計解析はStat View Windows Ver. 5.0を使用し、データはmean ± SDで表記し、2群間比較にはStudent-t検定(対応なし)を用いて、p < 0.05を統計学的有意とした。

結 果

対象52例中、経胸壁ドプラ心エコー検査で左冠動脈主幹部(分節5)から左前下行枝近位部(分節6)の評価が可能であったのは42例(81%)であり、分節6入口部から末梢側への観察距離は平均19 mm(10~35 mm)であった。

カラードプラ法で42例中の10例にcolor aliasingを認め、32例はcolor aliasingを認めなかった。color aliasingを認めた10例中、冠動脈造影検査で分節5に有意狭窄を認めた例はなく、分節6近位部から中間部に7例で有意狭窄を認めた。color aliasingを認めた残りの3例は、冠動脈造影検査で同部位に有意狭窄を認めなかった(Table 1)。冠動脈造影検査で有意狭窄を認めた7例のパルスドプラ法による拡張期最大血流速度は全例90 cm/秒以上であった(Table 2)。一方、color aliasingを認めなかった32例は、いずれも冠動脈造影検査で有意狭窄病変を認めなかった(Table 1)。

以上のことから、心エコー検査で観察し得た、分節5

Table 1 Relationship between localized color aliasing by TTDE and significant stenosis of the proximal LAD by CAG

		Significant stenosis of the proximal LAD by CAG	
		Presence	Absence
Localized color aliasing by TTDE	Presence	7	3
	Absence	0	32

TTDE: transthoracic Doppler echocardiography, CAG: coronary angiography, LAD: left anterior descending coronary artery

Table 2 Ten cases of the color aliasing were observed by TTDE

Case	Peak diastolic coronary flow velocity (cm/s)	Coronary artery stenosis (%)
1	134	99
2	104	99
3	203	99
4	90	90
5	90	99
6	111	75
7	90	75
8	70	50
9	80	50
10	78	25

TTDE: transthoracic Doppler echocardiography

と分節6近位部から中間部(分節6入口部からの平均観察距離19 mm)の限られた範囲内での結果であるが、color aliasingの有無から判断した冠動脈有意狭窄病変の診断能は、42例中の39例で一致し、一致率93%であった(Table 1)。パルスドプラ法による拡張期最大血流速度に関しては、color aliasingを認めた10例の拡張期最大血流速度が、color aliasingを認めなかった32例と比較して有意に高値(105 ± 39 cm/秒 vs 32 ± 13 cm/秒, P < 0.001)であった(Fig. 1)。また、冠動脈造影検査で分節6に有意狭窄を認めた7例の拡張期最大血流速度は、有意狭窄病変を認めなかった35例と比較して有意に高値(117 ± 40 cm/秒 vs 35 ± 17 cm/秒, P < 0.001)であった(Fig. 2)。

経胸壁ドプラ心エコー検査で、分節6にcolor aliasingが認められ、冠動脈造影検査で同部位に高度狭窄を有し、経皮的冠動脈形成術を施行し良好な拡張が得られた症例を呈示する。

症例は胸痛を主訴に来院した79歳の男性。2007年4

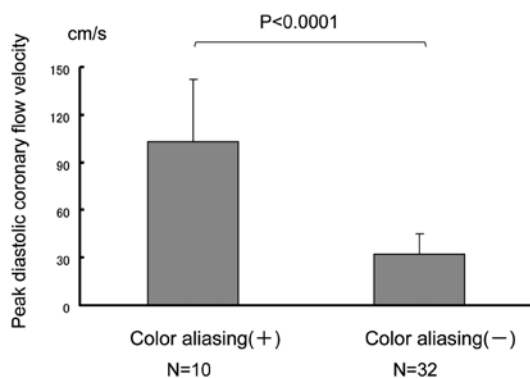


Figure 1 Peak diastolic coronary flow velocity at the proximal left anterior descending coronary artery.

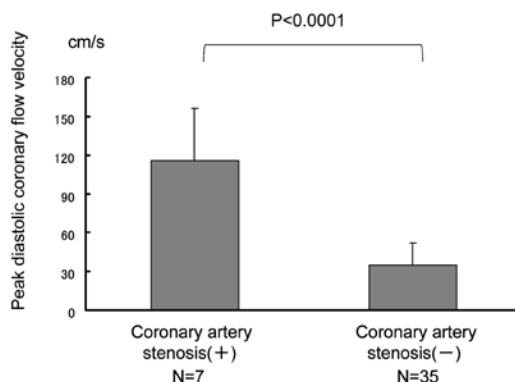


Figure 2 Peak diastolic coronary flow velocity at the proximal left anterior descending coronary artery.

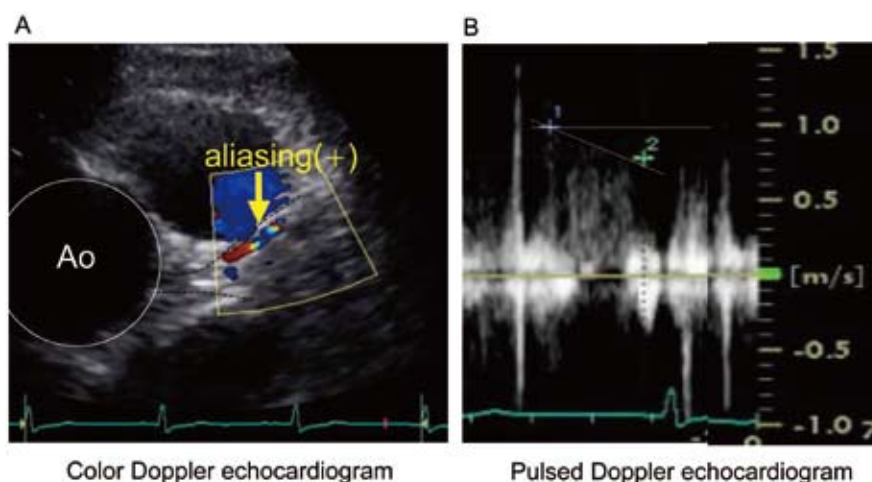


Figure 3 Prestenosing transthoracic Doppler echocardiogram in the short-axis view at the aortic valve level. A: Color Doppler echocardiogram showing aliasing in the proximal left anterior descending coronary artery. B: Increased peak diastolic flow velocity in the proximal left descending coronary artery measured by using pulsed Doppler echocardiography.

月中旬から労作時胸痛を自覚するようになり、次第に症状が増悪するため不安定狭心症の診断で入院した。心電図では心拍数 65/分の正常洞調律で II, III, aVF, V₃₋₆ で ST 低下を認めた。経胸壁ドプラ心エコー検査で左室拡張末期径は 48 mm, 左室収縮末期径は 30 mm, 左室心尖部で若干の壁運動低下を認めたが左室駆出率は 67%と正常であった。続いて、大動脈弁レベルの短軸像を描出し、左右冠動脈の近位部血流を観察したところ、左前下行枝の分節 6 に color aliasing を伴う加速血流シグナルが認められ(Fig. 3A), 同部位にサンプルを合わせ、

パルスドプラ法で拡張期最大血流速度を測定したところ 104 cm/秒と高速血流であった(Fig. 3B)。冠動脈造影検査では、分節 6 に 99%狭窄, 分節 7 にも 75%狭窄を認め(Fig. 4A), 分節 6 および分節 7 に Vision ステンツ 3.5 mm × 23 mm および同ステンツ 3.0 mm × 18 mm を留置し良好な拡張を得た(Fig. 4B)。ステント留置術後の心エコー検査で分節 6 の加速血流は消失し(Fig. 5A), 拡張期最大血流速度は 40 cm/秒と正常化(Fig. 5B)した。よって、ステント留置術前に認められた分節 6 の加速血流は、同部位の狭窄病変を非侵襲的に捉えたものと判断した。

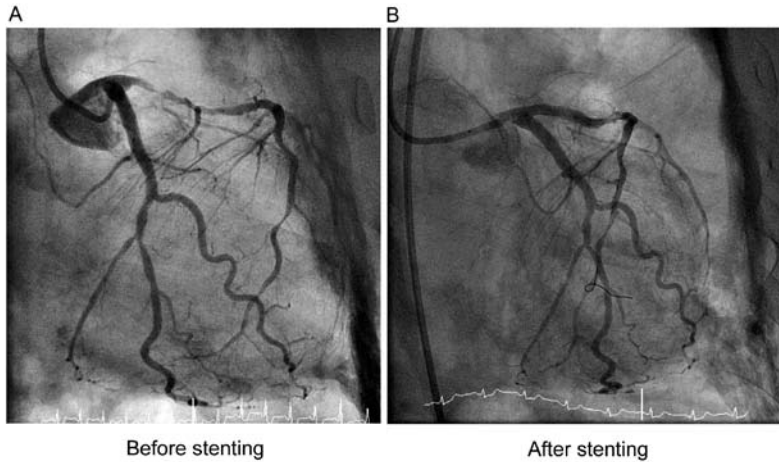


Figure 4 Left coronary angiograms obtained before and after stent implantation.
 A: Right anterior oblique view showing 99% stenosis in segment 6 before stent implantation.
 B: Successful dilatation after stent implantation is shown.

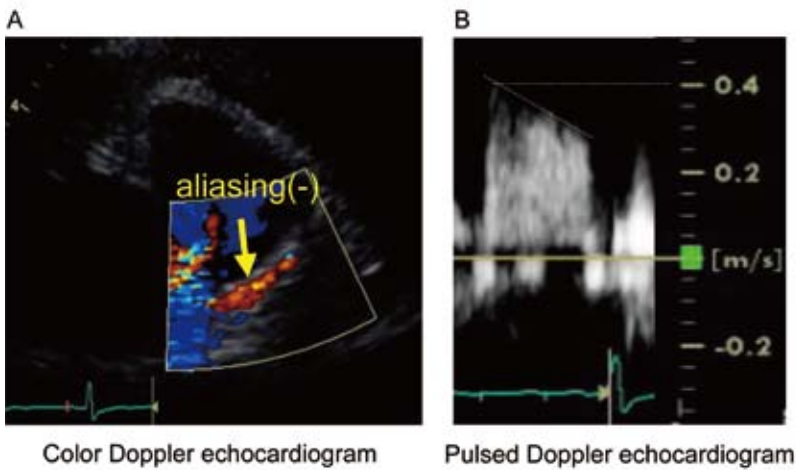


Figure 5 Poststenting transthoracic Doppler echocardiogram in the short-axis view at the aortic valve level.
 A: Color Doppler echocardiogram showing aliasing in the proximal left anterior descending coronary artery to have disappeared after stent implantation.
 B: Pulsed Doppler echocardiogram showing peak diastolic flow velocity in the proximal left anterior descending coronary artery to have decreased after stent implantation.

考 察

経胸壁ドプラ心エコー検査により、左冠動脈主幹部、左前下行枝、左回旋枝、右冠動脈の3枝すべてを描出でき⁹⁾、各冠動脈の近位部と遠位部および心筋内血流の評価が可能となってきた。特に左前下行枝遠位部は検出

率が高く、多数の報告¹⁻¹⁵⁾がなされているのに対して、冠動脈近位部血流を評価した報告¹⁶⁻¹⁹⁾は少ない。

経胸壁ドプラ心エコー法で冠動脈を観察する際、冠動脈遠位部は胸壁に近く描出しやすいのに対して、冠動脈近位部は胸壁から深部にあり、心拍動に伴う冠動脈の移動などから描出困難となる場合がある。心エコー法を用い

た冠動脈近位部の観察は、主に小児科領域で川崎病における冠動脈瘤の評価²⁰⁾に用いられてきた。最近では、高周波探触子の開発と超音波分解能の向上により、成人においても冠動脈近位部の明瞭な描出が可能となり、狭窄病変の診断に際しても、ドプラ法を併用することで非侵襲的に示される可能性が示されている¹⁹⁾。

冠動脈に狭窄病変が存在すると、狭窄部を通過する血流は高速血流となり、ドプラ法で記録した場合、折り返し現象(aliasing)を生じる。この現象は、ある一定値以上の高速血流信号が、折り返して表示される現象であり、パルスドプラ法とカラードプラ法の両方で認められるが、カラードプラ法で折り返し現象を認めた場合は、赤青の色調が反転して表示されるため、高速血流シグナルの識別が容易になると考えられている。パルスドプラ法で冠動脈血流速度を記録した場合、収縮期血流速度は拡張期血流速度と比較して検出率が低くなるが、冠動脈血流は拡張期優位という特徴があるため、本検討のように拡張期血流のみの評価であっても、臨床的には、大きな問題はないと思われる。

経胸壁ドプラ心エコー検査による、左冠動脈主幹部から左前下行枝近位部の描出率は81%であり、残りの19%は描出できなかった。この原因として、肥満や肺気腫等の体型的な問題のほか、左冠動脈近位部は、解剖学的に超音波のドプラビームと直交しやすいため、血流評価が難しいことなどがあげられる。

経胸壁ドプラ心エコー検査を用いて、冠動脈狭窄を予測する方法としては、実在する狭窄部よりも遠位部で冠動脈血流速度を計測する方法^{3,4)}と、冠動脈の狭窄部を直接描出する方法^{1,2)}とがある。冠動脈遠位部に狭窄を有する場合は、パルスドプラ法を用いて狭窄部の血流速度と、狭窄部より少し手前の非狭窄部の血流速度とを求め、連続の式から狭窄度を推定する方法が報告¹⁾されているが、今回は、冠動脈近位部の狭窄病変を対象としているため、手技的な煩雑さもあり、連続の式を用いた検討は行わなかった。

我々は、左冠動脈主幹部から左前下行枝近位部を直接描出した後、カラードプラ法によるcolor aliasingの有無と、パルスドプラ法による拡張期最大血流速度とを求めることで、同部位の狭窄診断が非侵襲的に予測可能であるか否かを検討した。心エコー検査では、分節6の全体像を観察することは困難な場合が多く、心エコー法で左冠動脈近位部の描出し得た範囲内、すなわち、分節5と分節

6近位部から中間部(分節6入口部からの平均観察距離19mm)に限り、color aliasingの有無から冠動脈狭窄病変の有無を推定した。その結果、全体の症例数は少ないものの、冠動脈造影所見との一致率は93%と良好な成績が得られた。

冠動脈血流速度は、冠動脈狭窄の有無の他にも、心拍出量、心筋の厚さや性状、血圧などにより規定されている。今回、心エコー検査で加速血流シグナルを認め、冠動脈狭窄が疑われたが、冠動脈造影検査で有意狭窄を認めなかった3例は、いずれも左室駆出率や左室拡張末期径は正常であり、左室肥大所見もなく、血圧もほぼ正常にコントロールされていた。よって、冠動脈近位部に有意狭窄がないにもかかわらず、心エコー検査で加速血流シグナルが認められた理由として、冠動脈の分岐や屈曲、石灰化といった冠動脈形態が影響していたものと考えられる。すなわち、冠動脈の分岐や屈曲に伴う血流方向や速度の変化、内膜下や内膜中膜複合体に形成された石灰化病変に伴う血流の乱れなどが加速血流シグナルの出現に関与した可能性がある。本検討において、冠動脈有意狭窄の診断は冠動脈造影所見をもとに行っているが、今後は、血管内超音波を用いた冠動脈内腔の詳細な検討が必要かと思われる。また、パルスドプラ法で左冠動脈近位部の血流速度を計測する場合、解剖学的にドプラ入射角が大きくなりやすいため、角度補正を行っていても計測誤差を生じやすいといった問題点もあげられる。

心エコー検査による冠動脈の直接描出は、短時間で比較的簡単に行える検査法であり、冠動脈造影検査前に冠動脈病変の有無を予測する方法として有用であると考えられるが、実地臨床への応用は十分とは言えない。その理由として、心エコー検査は冠動脈CT検査とは異なり、冠動脈の全体像を観察できないこと、心エコー検査で冠動脈3枝を体系的に近位部から遠位部まで観察するには時間的制約もあり容易ではないこと、さらに、1箇所に加加速血流シグナルを認めても同一枝の別の箇所に狭窄がある場合や多枝病変である場合も多く、加速血流シグナルの検出部位が必ずしも責任病変であるとは断定できないことなどがあげられる。しかし、本検査法は、閉塞した場合に重篤化しやすい冠動脈近位部の狭窄病変を非侵襲的に、しかも短時間で繰り返し評価することが可能であり、何らかの理由で薬物や運動負荷のできない場合や、腎機能障害などの理由で造影検査に向かない場合には、非常に有用な検査法であると考えられる。本検査を冠動脈造影

検査前に行うことは、非侵襲的に冠動脈狭窄の予測が可能となるほか、冠動脈入口部の状態を事前に把握できることから、冠動脈造影検査時に起こりえる合併症の回避にも貢献するものと思われる。

結 論

経胸壁ドプラ心エコー検査による、左冠動脈近位部の描出率は比較的高く、カラードプラ法による加速血流の有無と、パルスドプラ法による拡張期最大血流速度から、冠動脈近位部狭窄の予測が可能であると思われる。

文 献

- Hozumi T, Yoshida K, Akasaka T et al: Value of acceleration flow and the prestenotic to stenotic coronary flow velocity ratio by transthoracic color Doppler echocardiography in non-invasive diagnosis of restenosis after percutaneous transluminal coronary angioplasty. *J Am Coll Cardiol*, 2000, **35**: 164–168.
- Watanabe N, Akasaka T, Yamaura Y et al: Transthoracic Doppler echocardiography can detect coronary flow signals through the coronary stents—Noninvasive direct visualization of in-stent coronary restenosis—. *J Echocardiogr*, 2004, **2**: 61–67.
- Lee S, Otsuji Y, Minagoe S et al: Noninvasive evaluation of coronary reperfusion by transthoracic Doppler echocardiography in patients with anterior acute myocardial infarction before coronary intervention. *Circulation*, 2003, **108**: 2763–2768.
- Takei Y, Tanaka N, Takazawa K et al: Usefulness of coronary flow velocity measurement by transthoracic Doppler echocardiography in patients with acute coronary syndrome. *J Cardiol*, 2003, **43**: 63–71 (in Jpn with Eng abstr).
- Kataoka Y, Nakatani S, Tanaka N et al: Role of transthoracic Doppler-determined coronary flow reserve in patient with chest pain. *Circ J*, 2007, **71**: 891–896.
- Hozumi T, Yoshida K, Ogata Y et al: Noninvasive assessment of significant left anterior descending coronary artery stenosis by coronary flow velocity reserve with transthoracic color Doppler echocardiography. *Circulation*, 1998, **97**: 1557–1562.
- Caiati C, Montaldo C, Zedda N et al: Validation of a new noninvasive method (Contrast-enhanced transthoracic second harmonic echo Doppler) for the evaluation of coronary flow reserve. *J Am Coll Cardiol*, 1999, **34**: 1193–1200.
- Voci P, Pizzuto F, Mariano E et al: Usefulness of coronary flow reserve measured by transthoracic coronary Doppler ultrasound to detect severe left anterior descending coronary artery stenosis. *Am J Cardiol*, 2003, **92**: 1320–1324.
- Fusejima K: Noninvasive measurement of coronary artery blood flow using combined two-dimensional and Doppler echocardiography. *J Am Coll Cardiol*, 1987, **10**: 1024–1031.
- Minagoe S: What can we learn by the coronary artery flow pattern using transthoracic Doppler echocardiography: from the cath. lab. to the bedside. *Jpn J Med Ultrasonics*, 2007, **34**: 3–17 (in Jpn with Eng abstr).
- Watanabe N, Akasaka T, Yamaura Y et al: Noninvasive detection of total occlusion of the left anterior descending coronary artery with transthoracic Doppler echocardiography. *J Am Coll cardio*, 2001, **38**: 1328–1332.
- Takeuchi M, Nohtomi Y, Yoshitani H et al: Enhanced coronary flow velocity during intra-aortic balloon pumping assessed by transthoracic Doppler echocardiography. *J Am Coll Cardiol*, 2004, **43**: 368–376.
- Maekawa K, Kawamoto K, Fuke S et al: Effects of intraaortic balloon pumping on the angiographic no-reflow phenomenon after percutaneous coronary intervention in patients with anterior myocardial infarction. *Circ J*, 2006, **70**: 37–43.
- Shintani Y, Ito H, Iwakura K et al: Usefulness of impairment of coronary microcirculation in predicting left ventricular dilation after acute myocardial infarction. *Am J Cardio*, 2004, **93**: 974–978.
- Katayama M, Yamamuro A, Ueda Y et al: Coronary flow velocity pattern assessed noninvasively by transthoracic color Doppler echocardiography serves as a predictor of adverse cardiac events and left ventricular remodeling in patients with acute myocardial infarction. *J Am Soc Echocardiogr*, 2006, **19**: 335–340.
- Presti CF, Feigenbaum H, Armstrong WF et al: Digital two-dimensional echocardiographic imaging of the proximal left anterior descending coronary artery. *Am J Cardiol*, 1987, **60**: 1254–1259.
- Toyoda T, Ishii S, Satani O et al: Location of stenosis in the proximal coronary artery in a case of angina pectoris diagnosed by transthoracic Doppler echocardiography. *J Med Ultrasonics*, 1998, **25**: 863–867 (in Jpn with Eng abstr).
- Petrovic O, Elsner GB, Wilensky RL et al: Transthoracic echocardiographic detection of coronary atherosclerosis. *Am J Cardiol*, 1996, **77**: 569–574.
- Sugiyama Y, Suzuki M, Hirano K et al: Two cases of unstable angina with proximal coronary artery stenosis diagnosed by transthoracic Doppler echocardiography. *J Med Ultrasonics*, 2008, **35**: 443–449 (in Jpn with Eng abstr).
- Satomi G, Nakamura K, Narai S et al: Systemic visualization of coronary arteries by two-dimensional echocardiography in children and infants: Evaluation in Kawasaki's disease and coronary arteriovenous fistulas. *Am Heart J*, 1984, **107**: 497–505.

Diagnosis of Proximal Left Anterior Descending Coronary Artery Stenosis by Transthoracic Doppler Echocardiography in Patients with Angina Pectoris

Yuko Sugiyama,¹ Masayo Suzuki,¹ Keiichi hirano,¹ Keijirou Nakamura,¹ Mao Takahashi,¹
Kazuhiro Shimizu,¹ Takuo Iizuka,¹ Tsuyoshi Tabata,² Hirofumi Noike,¹ and Takanobu Tomaru^{1,2}

¹Department of Cardiovascular Center, Toho University Medical Center Sakura Hospital, Chiba, Japan

²Department of Clinical Physiology, Toho University Medical Center Sakura Hospital. Chiba, Japan

Key words: transthoracic Doppler echocardiography, proximal left coronary artery stenosis, color aliasing, diastolic coronary flow velocity, angina pectoris

Transthoracic Doppler echocardiography (TTDE) can describe the coronary artery and evaluate coronary circulation by analyzing coronary flow pattern. While many studies report on the use of TTDE in evaluating the distal coronary artery, few evaluate the proximal coronary artery. The purpose of this study was to determine whether the proximal coronary artery stenosis can be detected by TTDE in patients with angina pectoris. 52 patients with angina pectoris were enrolled in this study, and they underwent both TTDE and coronary angiography (CAG). A modified short-axis view was utilized to identify the left main and proximal left anterior descending arteries (LAD). After searching for localized aliasing with color Doppler echocardiography, peak diastolic coronary flow velocities were measured at the alias site or the normal site. The left main and the proximal LAD were visualized about 81% by the use of TTDE. An average of 19 mm of the proximal LAD could be recorded. Localized aliasing was detected in 10 patients. The peak diastolic coronary flow velocity was significantly higher in the alias site than in the normal site. 93% was agreed with the CAG finding for the detection of significant left proximal coronary artery stenosis by the use of TTDE. TTDE was useful in predicting proximal coronary artery stenosis non-invasively before obtaining a coronary angiogram in patients with angina pectoris.

(J Jpn Coll Angiol, 2010, **50**: 175–181)