

Mモード心エコー図法を用いた Tei Index の評価: 拡張型心筋症における検討

Tei Index Evaluated by M-Mode Echocardiography in Patients With Dilated Cardiomyopathy

三角 郁夫
原田 栄作
土井 英樹
早崎 剛典
梶原 栄徳*
元島 留美*
祝原 久香*

Ikuo MISUMI, MD
Eisaku HARADA, MD
Hideki DOI, MD
Takanori HAYASAKI, MD
Eitoku KAJIHARA*
Rumi MOTOSHIMA*
Hisaka IWAIHARA*

Abstract

Objectives. The Tei index obtained by the Doppler method is effective for analysis of global cardiac dysfunction. M-mode recordings of the aortic valve and mitral valve can also provide this index.

Methods. Forty-two patients with cardiomyopathy (idiopathic 15 and ischemic 27) with left ventricular ejection fraction < 40%, and 85 normal subjects were enrolled in the study. The M-mode Tei index (Tei-M) was obtained from the ejection time and closing period of the mitral valve in the same manner as the Tei index obtained by the Doppler method (Tei-D).

Results. The values of Tei-D and Tei-M were closely correlated ($r = 0.75, p < 0.0001$). Using index ≥ 0.45 as the cut off value, patients with cardiomyopathy were identified with a sensitivity of 86% and a specificity of 78% by Tei-D, and 67% and 73% by Tei-M, respectively. In patients with mitral B-bump on M-mode echogram ($n = 10$), there was no mitral inflow during B-bump. Thus, Tei-M was smaller than Tei-D in these patients. Using the new criteria of Tei-M ≥ 0.45 and presence of B-bump, patients with cardiomyopathy were identified with a sensitivity of 86% and specificity 73% by Tei-M which were comparable with Tei-D.

Conclusions. The Tei-M is a simple and effective index for the analysis of cardiac dysfunction in patients with cardiomyopathy.

J Cardiol 2002 Feb; 39(2): 85-91

Key Words

■Echocardiography, transthoracic ■Cardiomyopathies, dilated
■Doppler ultrasound ■Ventricular function (Tei index)

はじめに

心不全の症例では、収縮能のみでなく、拡張能も障害されている例がある¹⁾。Mモード心エコー図法やBモード法を用いた左室駆出率の測定は収縮能のみの評価であり、心機能を十分に反映したものではない²⁾。拡張能の指標としては僧房弁流入速波形での、拡張早

期波最大流速(E波高)と心房収縮期波最大流速(A波高)の比(E/A比)や³⁾、E波の減速時間⁴⁾が重要であるが、これらの指標の評価には偽正常化現象(pseudonormalization)⁵⁾や、心拍数の影響⁶⁾なども考慮しなくてはならない。

パルス・ドップラー法を用いた新しい心機能の指標である Tei index は、収縮能の指標である等容収縮期

天草地域医療センター 循環器科, *生理検査室: 〒863-0046 熊本県本渡市亀場町食場 854-1
Division of Cardiology and *Laboratory of Physiology, Amakusa Medical Center, Kumamoto

Address for correspondence: MISUMI I, MD, Division of Cardiology, Amakusa Medical Center, Jikiba 854-1, Kameba-machi, Hondo, Kumamoto 863-0046

Manuscript received July 30, 2001; revised November 21, 2001; accepted November 21, 2001

と、拡張能の指標である等容拡張期の和を駆出時間で割った値であり、心拍数に関係なく心機能を再現性と信頼性をもって測定できる⁷⁾。さらに、Tei indexは心不全症例における予後の予測についても最も信頼性があるとされる^{8,9)}。Tei indexはパルス・ドップラー法を用いて僧帽弁流入血流と大動脈口駆出血流から算出するが、Mモード法によっても僧帽弁と大動脈弁の開放と閉鎖の時間を計測できることから、同様にTei indexを算出できる可能性がある。今回我々は、Mモード法を用いてTei indexを算出し、パルス・ドップラー法で求められるTei indexと比較検討した。

対象と方法

対象は当院にてパルス・ドップラー法とMモード法の両方でTei indexを測定しえた症例で、かつ心肥大や心臓弁膜症を有さず、心エコー図法による左室駆出率40%未満の心筋症42例(特発性拡張型心筋症15例、虚血性心筋症27例)である(心筋症群)。心筋症の診断は、冠動脈造影で有意狭窄がなく、左室全体の壁運動が低下している症例を拡張型心筋症、有意の冠動脈病変を有し、心筋の壊死や重度の心筋虚血を有している症例を虚血性心筋症とした。心筋生検による組織診断は行っていない。心機能正常の85例を対照とした(正常群)。

心エコー図装置は、ATL製HDI 5000を用いた。左室駆出率はBモード左室断層像からmodified Simpson

法¹⁰⁾を用いて記録した。また、僧帽弁流入速波形を記録し、E波高、A波高、E波の減速時間を測定した。パルス・ドップラー法によるTei index(Tei-D)は、Fig. 1 - 上に示すように、僧帽弁口での左室流入血流速波形の終了から開始までの時間をa時間、左室流出路での左室駆出血流速波形での駆出時間をb時間とし、 $(a - b)/b$ の式で算出した。Mモード法によるTei index(Tei-M)の算出はパルス・ドップラー法と同様に行った。すなわち、Fig. 1 - 下で示すように、僧帽弁閉鎖から開放までの時間をa'時間、大動脈弁の開放から閉鎖までの時間をb'時間とし、 $(a' - b')$ の式で算出した。

統計的数値は平均±標準偏差で表した。各群間の数値の比較検定にはStudentのt検定を用い、2指標の相関は最小二乗法により回帰直線を求めた。いずれも $p < 0.05$ を有意差の判定とした。

結 果

1. 患者背景

患者背景をTable 1に示す。年齢および性は両群間で差はなかった。収縮期血圧と拡張期血圧は正常群で高く、心拍数は心筋症群で多かった。

2. 心エコー図所見

心エコー図所見の両群間での比較をTable 2に示す。左室駆出率は正常群のほうが良好であった。E波高、

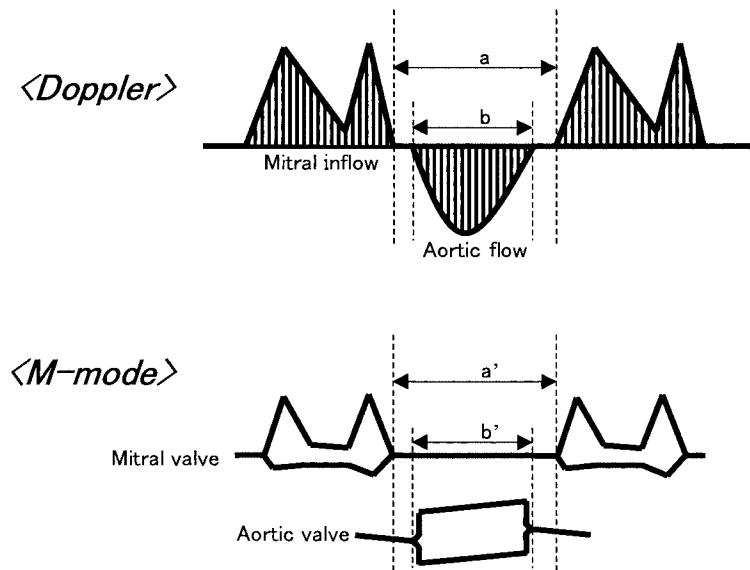
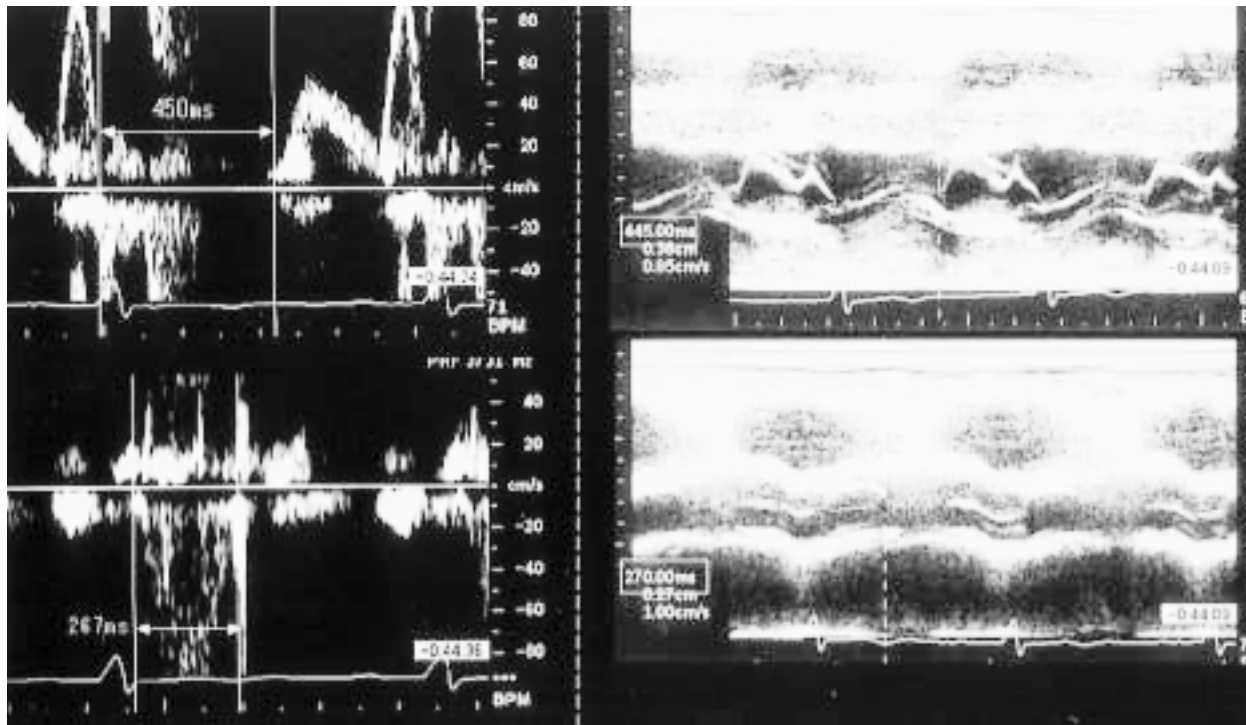


Fig. 1 Measurement of Tei indices by Doppler(Tei-D, upper) and M-mode(Tei-M, lower) echocardiography

Tei-D was defined as $(a - b)/b$ where: a is the interval between cessation and onset of the mitral flow and b is the ejection time of the left ventricular outflow. Tei-M was defined as $(a' - b')/b'$ where: a' is the interval between closure and opening of the mitral valve and b' is the ejection time of the aortic valve.



$$\text{Tei-D} = \frac{450 - 267}{267} = 0.69$$

$$\text{Tei-M} = \frac{445 - 270}{270} = 0.65$$

Fig. 2 Representative case of measurement of Tei-D (left) and Tei-M (right)
 The value of Tei-D (0.69) was comparable to that of Tei-M (0.65).
 Abbreviations as in Fig. 1.

Table 1 Clinical characteristics

	Normal (n = 85)	Cardiomyopathy (n = 42)	p value
Age (yr)	67 ± 12	71 ± 12	NS
Male (%)	65	76	NS
SBP (mmHg)	136 ± 25	125 ± 18	< 0.05
DBP (mmHg)	80 ± 12	72 ± 13	< 0.01
Heart rate (beats/min)	67 ± 12	72 ± 10	< 0.05

Continuous values are mean ± SD.
 SBP = systolic blood pressure; DBP = diastolic blood pressure.

A波高, およびE/A比は両群間で差はなかった. E波の減速時間は正常群 229 ± 50 msec, 心筋症群 189 ± 50 msec と心筋症群で短縮していた ($p < 0.001$). Tei-Dは正常群 0.38 ± 0.10, 心筋症群 0.65 ± 0.24 と心筋症群で高値であった ($p < 0.0001$). また, Tei-Mも正常群 0.36 ± 0.13, 心筋症群 0.58 ± 0.27 と心筋症群で高値であった ($p < 0.0001$).

Table 2 Comparison of echocardiographic parameters between the two groups

	Normal	Cardiomyopathy	p value
LVEF (%)	70 ± 7	35 ± 9	< 0.0001
E (cm/sec)	65 ± 16	64 ± 26	NS
A (cm/sec)	81 ± 19	75 ± 18	NS
E/A ratio	0.85 ± 0.29	0.93 ± 0.49	NS
DcT (msec)	229 ± 50	189 ± 50	< 0.001
Tei-D	0.38 ± 0.10	0.65 ± 0.24*	< 0.0001
Tei-M	0.36 ± 0.13	0.58 ± 0.27*	< 0.0001

Values are mean ± SD. * $p < 0.05$, Tei-D vs Tei-M in the cardiomyopathy group.

LVEF = left ventricular ejection fraction; DcT = deceleration time. Other abbreviations as in Fig. 1.

3. Tei-DとTei-Mの関係

Tei-DとTei-Mの値の関係を調べてみると, Fig. 2の症例およびFig. 3のように多くの症例でTei-DとTei-Mはかなり近似していた ($r = 0.75, p < 0.0001$). ただ, Tei-Dの値とTei-Mの値はすべて近似していたわけ

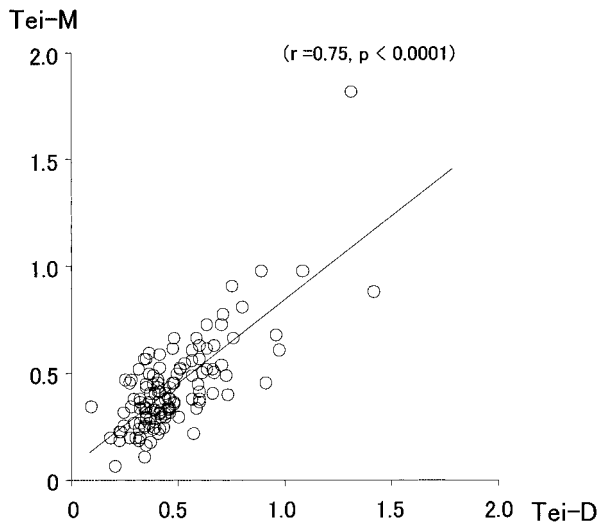


Fig. 3 Relationship between Tei-D and Tei-M in all patients
 Tei-D and Tei-M were closely correlated ($r = 0.75, p < 0.0001$)
 Abbreviations as in Fig. 1.

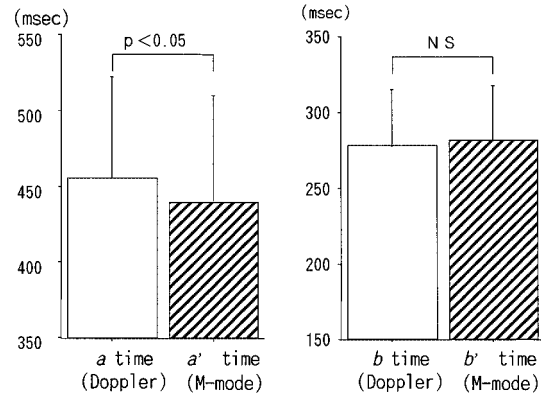


Fig. 4 Comparison between a time and a' time (left), and b time and b' time (right) in patients with cardiomyopathy
 Although there was no difference between b time and b' time, a time was shorter than a' time.

はなく、正常群ではTei-Dは 0.38 ± 0.10 でTei-Mは 0.36 ± 0.13 と差がなかったが、心筋症群ではTei-Mは 0.58 ± 0.27 と、Tei-Dの 0.65 ± 0.24 よりも低値であった (Table 2)。そこで、心筋症群においてさらに検討を行った。まず、パルス・ドップラー法のa時間とMモード法のa時間を比較したところ (Fig. 4 - 左)、それぞれ 456 ± 67 と 441 ± 70 msecであり、a時間のほうが平均で15 msec短かった ($p < 0.05$)。つぎにb時間とb時間を比較したが (Fig. 4 - 右)、こちらはそれぞれ 279 ± 37 , 282 ± 37 msecと差がなかった。つまり、心筋症群ではa時間が短縮している可能性が考えられた。

とくにB-bumpを有する10症例でa時間が短縮しており、その1例をFig. 5に呈示する。本症例におけるパルスドップラー法でのa時間は480 msecであったが、Mモード法でのa時間は405 msecと短縮を認めた。

4. 心筋症群の診断における Tei-D, Tei-Mの感度, 特異度 (Fig. 6)

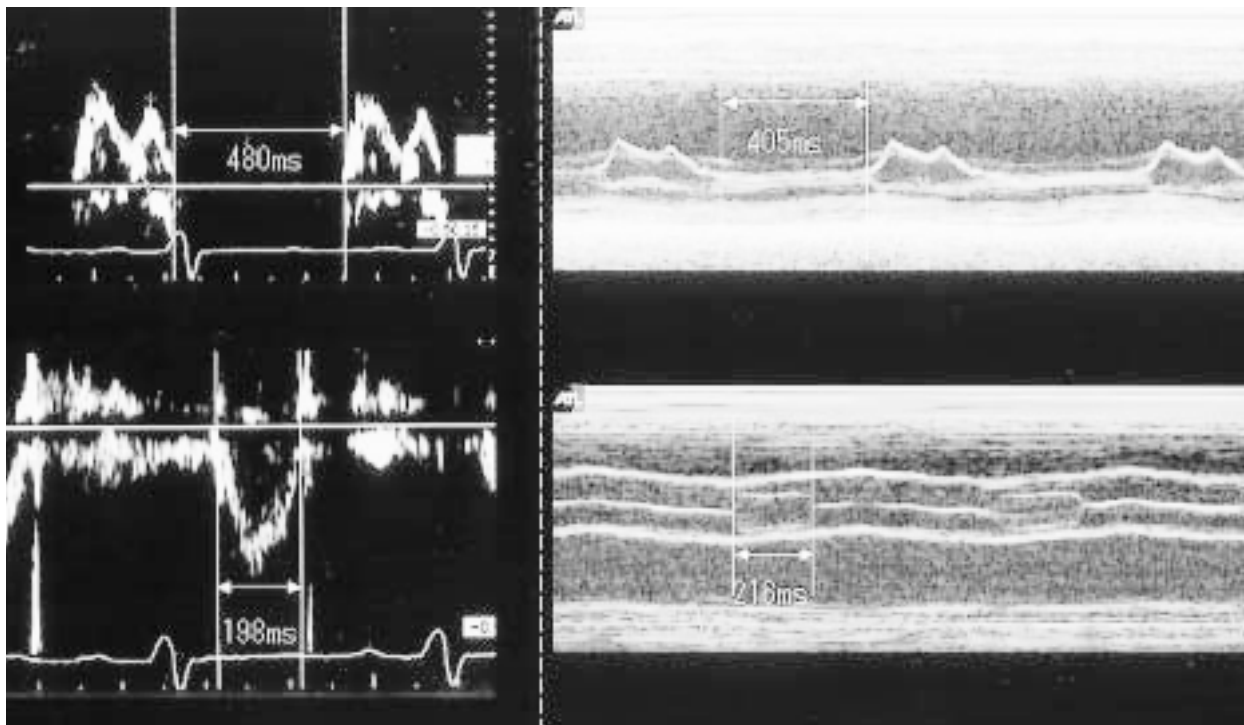
Tei indexが0.45以上を異常, 0.45未満を正常と定義すると^{11,12)}, 今回の心筋症群の診断において、Tei-Dの感度は86%, 特異度は78%であった。これに対しTei-Mの感度は67%, 特異度は73%と低い値を示した。

ここで、新たに $Tei-M \geq 0.45$ とB-bumpのどちらかがあれば異常と定義すれば、その感度は86%, 特異度は73%となり、Tei-Dに近い値となった。なお、Fig. 6には示していないが、僧帽弁流入速波形での減速時間の異常値を < 160 msec未満とすると、減速時間による心筋症群診断の感度は33%, 特異度は93%であった。

考 察

Tei indexは、パルス・ドップラー法を用いて等容収縮期と等容拡張期の和を駆出時間で割ることで得られる心機能の指標である⁷⁾。Tei indexの心不全に対する診断精度は高く、感度, 特異度とも80%以上¹¹⁾と報告されている。本研究においても、心筋症の診断では感度が86%, 特異度が78%であった。

今回我々は、Mモード法によるTei indexの算出を試みた。Mモード法自体は、今日では断層像の補助的な役割となり、あまり施行されていないが、距離・時間分解能に優れ、心筋や弁のわずかの動きも記録することができる。そこで、僧帽弁や大動脈弁開閉の時相をMモード法で記録することにより、パルス・ドップラー法同様にTei index (Tei-M)を測定できると考えた。実際、Tei-MとTei-Dは非常に近似していた。Tei-DとTei-Mの間には有意の相関がみられ ($r = 0.75, p < 0.0001$)、正常群においてはTei-DとTei-Mの間に



$$\text{Tei-D} = \frac{480 - 198}{198} = 1.42$$

$$\text{Tei-M} = \frac{405 - 216}{216} = 0.88$$

Fig. 5 Measurements of Tei-D (left) and Tei-M (right) in a patient with B-bump

In this patient, Tei-M was smaller than Tei-D because of the early cessation of mitral inflow during B-bump. Abbreviations as in Fig. 1.

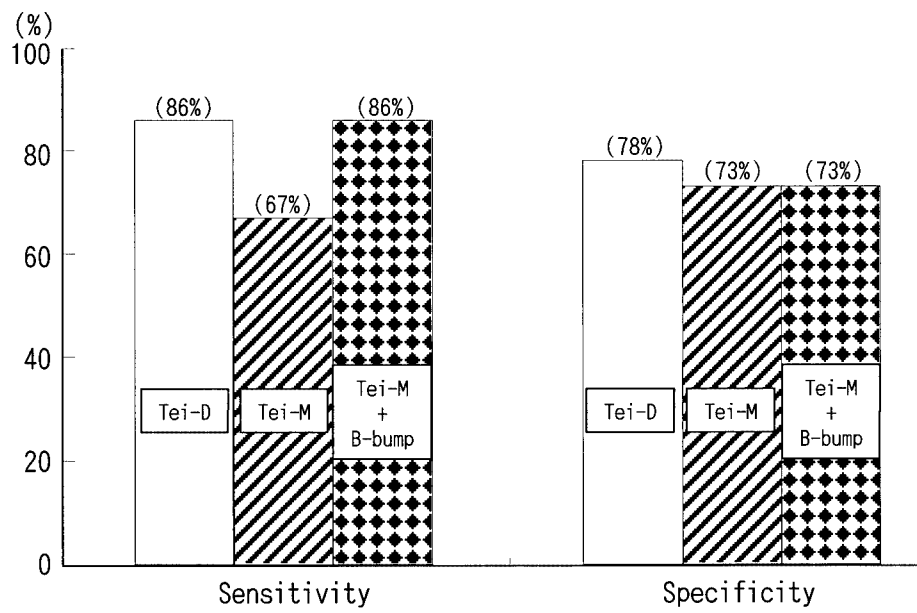


Fig. 6 Sensitivity and specificity of Tei-D and Tei-M for the diagnosis of cardiomyopathy

Using indices ≥ 0.45 as the cut-point, cardiomyopathy was identified with a sensitivity of 86% and a specificity of 78% by Tei-D, and 67% and 73% by Tei-M. Although sensitivity and specificity were lower by Tei-M, the new criteria of $\text{Tei-M} \geq 0.45$ and B-bump showed comparable sensitivity to Tei-D. Abbreviations as in Fig. 1.

有意差はみられなかった。ところが、心筋症群においては、Tei-MはTei-Dよりも小さい傾向にあった。その原因の一つとして我々はB-bumpの存在を考えた。B-bumpのとき、僧帽弁は開放しているにもかかわらず左心房と左心室はほぼ同圧と考えられ¹³⁾、パルス・ドップラー法による僧帽弁血流は0もしくは非常に低下している可能性がある。今回の研究でもB-bumpを有する症例はTei-MのほうがTei-Dよりも小さい値であった。心筋症群でTei-MがTei-Dよりも小さくなることは、その診断精度に大きな影響を及ぼす。すなわち、Tei-Dでは0.45以上で心機能異常と診断された症例が、Tei-Mでは0.45未満となり、心機能正常と判断してしまう危険がある。本研究でも心筋症群の診断感度がTei-Dでは86%であったのに対し、Tei-Mは67%と低値を示した。しかし、B-bump(+)も診断基準に加えれば、Tei-Mの感度は86%となり、Tei-Dと同等の値となった。

Tei-Mの利点としては、ドップラー知識に乏しい未熟な検者でも鮮明な傍胸骨長軸断層像を描出できれば、そのまま大動脈弁と僧帽弁のMモード像を連続記録して容易に算出でき、検査時間も短くてすむ可能性があることである。また、症例によりパルス・ドップラーで記録しにくい症例、例えば心尖部アプローチでパルス・ドップラーが入りにくい例や血流の開始や

途絶が弁に当たりわかりにくい症例などでは、Mモード法による弁の開閉のほうがより正確な場合もある。また、B-bumpを有する症例ではTei-DとTei-Mの両方記録することで、パルス・ドップラー法のa時間のほうがMモード法のa時間より短く、等容収縮期の概念を検討するうえで興味深いと考えられる。また、今回の研究でパルス・ドップラー法でのb時間とMモード法でのb時間はかなり近い値であり、Tei-Dでb時間が計測しにくい場合、Mモードでのb時間で代用することも可能と考えられる。

Tei-Mの欠点としては、大動脈弁、僧帽弁ともに開放と閉鎖を同時に記録するのが困難な症例があることである。今回は両弁の開放・閉鎖とも鮮明に記録できる症例についてのみ検討を行ったが、収縮期に見えにくい症例や心基部が心尖部方向へ多く移動する症例では測定は困難となる。また、弁の石灰化が強い症例では弁の開閉を記録できないこともある。これらのことに留意し、Tei-Mを記録する必要がある。

結 論

Mモード法を用いたTei indexは、ドップラー法によるTei index同様、心機能障害の診断に有用で、補完的に使用できる可能性が考えられた。

要 約

目的: パルス・ドップラー法を用いたTei indexは、心機能全体を表す有用な指標である。今回我々は、僧帽弁と大動脈弁のMモード心エコー図記録を用いてTei indexの計測を試みた。

方法: 対象は心肥大や心臓弁膜症を有さない心筋症群42例(拡張型心筋症15例、虚血性心筋症27例)および正常群85例である。左室駆出率、僧帽弁流入速波形のE/A比、E波の減速時間を測定した。Tei indexはパルス・ドップラー法(Tei-D)とMモード法(Tei-M)の両方を記録した。

結果: 正常群と心筋症群の間で、E/A比は差がなく、減速時間は心筋症群で短縮していた。Tei-DとTei-Mはともに心筋症群で高値だった。Tei-DとTei-Mの値は近似していたが($r = 0.75, p < 0.0001$)、心筋症群ではTei-MのほうがTei-Dよりも低値であった($p < 0.05$)。B-bumpを有する10例では全例Tei-Mのほうが低値であった。Tei index ≥ 0.45 を異常と定義すると、心筋症群と診断される感度、特異度は、Tei-Dで86%と78%、Tei-Mで67%と73%であった。Tei-MにB-bumpの有無を入れると感度は86%となり、Tei-Dと近い値となった。

結論: Mモード法を用いたTei indexも、ドップラー法同様、心機能障害の一つの指標となると考えられた。

J Cardiol 2002 Feb; 39(2): 85-91

J Cardiol 2002 Feb; 39(2): 85-91

文 献

- 1) Grossmann W: Diastolic dysfunction in congestive heart failure. *N Engl J Med* 1991; **325**: 1557 - 1564
- 2) Rihal CS, Nishimura RA, Hatle LK, Bailey KR, Tajik AJ: Systolic and diastolic dysfunction in patients with clinical diagnosis of dilated cardiomyopathy: Relation to symptoms and prognosis. *Circulation* 1994; **90**: 2772 - 2779
- 3) Myreng Y, Smiseth OA, Risoe C: Left ventricular filling at elevated diastolic pressures: Relationship between transmitral Doppler flow velocities and atrial contribution. *Am Heart J* 1990; **119**: 620 - 626
- 4) Little WC, Ohno M, Kitzman DW, Thomas JD, Cheng CP: Determination of left ventricular chamber stiffness from the time for deceleration of early left ventricular filling. *Circulation* 1995; **92**: 1933 - 1939
- 5) Appleton CP, Hatle LK, Popp RL: Relation of transmitral flow velocity patterns to left ventricular diastolic function: New insights from a combined hemodynamic and Doppler echocardiographic study. *J Am Coll Cardiol* 1988; **12**: 426 - 440
- 6) Yu CM, Sanderson JE: Right and left ventricular diastolic function in patients with and without heart failure: Effect of age, sex, heart rate, and respiration on Doppler-derived measurements. *Am Heart J* 1997; **134**: 426 - 434
- 7) Tei C, Ling LH, Hodge DO, Bailey KR, Oh JK, Rodeheffer RJ, Tajik AJ, Seward JB: New index of combined systolic and diastolic myocardial performance: A simple and reproducible measure of cardiac function: A study in normals and dilated cardiomyopathy. *J Cardiol* 1995; **26**: 357 - 366
- 8) Tei C, Dujardin KS, Hodge DO, Kyle RA, Tajik AJ, Seward JB: Doppler index combining systolic and diastolic myocardial performance: Clinical value in cardiac amyloidosis. *J Am Coll Cardiol* 1996; **28**: 658 - 664
- 9) Dujardin KS, Tei C, Yeo TC, Hodge DO, Rossi A, Seward JB: Prognostic value of Doppler index combining systolic and diastolic performance in idiopathic-dilated cardiomyopathy. *Am J Cardiol* 1998; **82**: 1071 - 1076
- 10) Schiller NB, Shah PM, Crawford M, DeMaria A, Devereux R, Feigenbaum H, Gutgesell H, Reichek N, Sahn D, Schnittger I, Silverman NH, Tajik AJ: 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 - 367
- 11) Bruch C, Schmermund A, Marin D, Katz M, Bartel T, Schaar J, Erbel R: Tei-index in patients with mild-to-moderate congestive heart failure. *Eur Heart J* 2000; **21**: 1888 - 1895
- 12) Poulsen SH, Jensen SE, Tei C, Seward JB, Egstrup K: Value of the Doppler index of myocardial performance in the early phase of acute myocardial infarction. *J Am Soc Echocardiogr* 2000; **13**: 723 - 730
- 13) Konecke LL, Feigenbaum H, Chang S, Corya BC, Fischer JC: Abnormal mitral valve motion in patients with elevated left ventricular diastolic pressures. *Circulation* 1973; **47**: 989 - 996