

# 左室内非同期検出における任意方向Mモード法の有用性

Utility of Anatomical M-Mode Echocardiography as a Screening Method of Left Ventricular Dyssynchrony

酒巻 文子<sup>1</sup> 瀬尾 由広<sup>2,\*</sup> 石津 智子<sup>2</sup> 五十嵐 都<sup>2</sup> 文蔵 優子<sup>3</sup> 河野 了<sup>2</sup> 野口 祐一<sup>3</sup> 渡辺 重行<sup>2</sup>  
青沼 和隆<sup>2</sup>

Fumiko SAKAMAKI, RDCS<sup>1</sup>, Yoshihiro SEO, MD, FJCC<sup>2,\*</sup>, Tomoko ISHIZU, MD<sup>2</sup>, Miyako IGARASHI, MD<sup>2</sup>,  
Yuuko FUMIKURA, MD<sup>3</sup>, Satoru KAWANO, MD<sup>2</sup>, Yuuichi NOGUCHI, MD<sup>3</sup>, Shigeyuki WATANABE, MD, FJCC<sup>2</sup>,  
Kazutaka AONUMA, MD, FJCC<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 筑波大学附属病院検査部, <sup>2</sup> 筑波大学大学院人間総合科学研究科臨床医学系循環器内科, <sup>3</sup> 筑波メディカルセンター病院循環器内科

## 要 約

**目的** Mモード法で左室内非同期 (dyssynchrony) を定量する指標 septal to posterior wall motion delay (SPWMD) の有用性は一定の見解が得られていない。本研究の目的は SPWMD の評価に任意方向 M モード (anatomical M-mode; AMM) 法を応用し dyssynchrony 検出に関する有用性を検討することである。

**方法** 左室駆出分画45%未満の左室収縮機能低下を伴った左脚ブロック症例25例を対象とし、健常者30例をコントロールとした。Pitzalisらによる SPWMD に加え収縮期最早期ピーク点を用いた first peak-SPWMD を計測した。また AMM 法では下壁中隔-側壁間にまで広げて壁運動解析を行ない、得られた AMM 像において中隔の収縮期最早期変位点と後壁の最遅延変位点との時相差を AMM-SPWMD として計測した。また、スペックルトラッキング法により左室短軸像の radial strain 解析を行い、最大 radial strain 値の最早期と最遅延セグメントとの時間差 (Td) を計測した。コントロール例における Td の平均+2標準偏差値が 90 ms であったことから、それ以上を dyssynchrony 有りとして dyssynchrony 判定の基準とした。

**結果** 中隔の変位点が不明瞭なため SPWMD 計測が不能であった6症例ならびに first peak-SPWMD の計測が不能であった8症例においては、AMM-SPWMD で変位点が明瞭となり計測可能となった。その結果、測定可能率は SPWMD 19例 (76%)、first peak-SPWMD 15例 (60%) と低率であったが AMM-SPWMD では 23例 (92%) へと改善した。AMM-SPWMD 法における最早期および最遅延セグメントはスペックルトラッキング法における両セグメントと高い一致率を示し (最早期 96%、最遅延 83%)、AMM-SPWMD と Td との間には最も強い正の相関関係が認められた ( $R^2 = 0.86$ ,  $p < 0.001$ )。一方、SPWMD はスペックルトラッキング法の最早期および最遅延セグメントとの一致率は低く (最早期セグメント 42%、最遅延セグメント 37%)、Td との相関は最も弱い結果となった ( $R^2 = 0.39$ ,  $p < 0.001$ )。また first peak-SPWMD におけるスペックルトラッキング法とのセグメント一致率は最早期 80%、最遅延 67% と SPWMD に比べると高く、Td と最も良好な相関関係 ( $R^2 = 0.76$ ,  $p < 0.001$ ) が認められた。SPWMD と first peak SPWMD は 106 ms をカットオフ値とした場合、dyssynchrony 検出の感度、特異度、正診率は 60.0%、96.5%、81.6% および 92.8%、96.3%、93.0% であった。一方、AMM-SPWMD は 104 ms をカットオフ値とした場合、感度、特異度、正診率は 95.7%、100%、98.1% であった。

**結論** AMM-SPWMD は従来の SPWMD および first peak SPWMD に比較して多くの症例で、かつ正確に dyssynchrony の判定が可能であった。したがって、AMM-SPWMD は臨床的に有用な dyssynchrony の検出指標であることが示唆された。

<Keywords> 心エコー法 (経胸壁)  
心不全  
心ブロック

J Cardiol Jpn Ed 2009; 4: 20 - 28

\* 筑波大学大学院人間総合科学研究科臨床医学系循環器内科  
305-8575 つくば市天王台 1-1-1  
E-mail: yo-seo@md.tsukuba.ac.jp  
2008年9月3日受付, 2009年1月21日改訂, 2009年1月27日受理

## はじめに

ドプラ心エコー法により左室内非同期 (dyssynchrony) を検出することは心臓再同期療法の適応を決定するうえで重要である<sup>1)</sup>。Pitzalisら<sup>2)</sup>はMモード法による指標 septal-to-posterior wall motion delay (SPWMD) を報告したが、本指標にはいくつかの問題が存在すると考えられる。その一つはSPWMD計測における定義である。すなわちSPWMDは時相に関係なく中隔および後壁の最大変位部位の間で計測すると定義されており、ときには後壁より遅延した中隔の変位点を代表点としてSPWMDを計測する症例が経験される。この場合、典型的な左脚ブロックにみられる収縮期早期の中隔の収縮から収縮期末期の自由壁側の収縮へと伝播する dyssynchrony パターンに合致していない<sup>3)</sup>。しかし、これまでにMモード中隔像上の最早期変位点を代表点とした場合の dyssynchrony 評価については検討されていない。

また、Mモード法を使用しているため壁運動の解析部位が前壁中隔と後壁の2極間に限定されていることも本指標の問題点と考えられる<sup>4-7)</sup>。すなわち左脚ブロックなど心室内伝導障害例における左室内最早期収縮および最遅延収縮部位が下壁中隔や側壁側に存在する場合、Mモード法では dyssynchrony を正確に把握できない可能性がある。この問題を改善するには任意の2点間の壁運動を解析できる手法が必要である。Bモード像から任意方向のMモード像を構築する anatomical M-mode (AMM) 法は前壁中隔と後壁の2極間に限らず、より広い範囲の壁運動を対象として解析が可能である。従ってAMM法をSPWMD評価に応用することにより、SPWMD測定の問題点を補える可能性がある<sup>8)</sup>。しかし、これまでにAMM法を用いた左室内 dyssynchrony 評価に関する検討は十分に行われておらず、その有用性についても検討されていない。

そこで、本研究の目的は、第一にSPWMD計測に使用する中隔変位点を中隔最早期変位点を使用した場合、第二にSPWMD計測にAMM法を応用した場合について、従来の定義に従って計測したSPWMDと比較して dyssynchrony 評価の有用性について検討することである。

## 方法

### 1. 対象

対象は左脚ブロックを伴う左室駆出分画45%未満の左室機能低下例25例で、健常者30例をコントロールとした (Table

1)。虚血性心疾患、心房細動、高度僧帽弁閉鎖不全または狭窄症、中等度以上の大動脈閉鎖不全症、および解析に使用可能な画像が得られなかった症例は除外した。本研究に際し全対象患者には詳細な説明を行い承諾を得た。

## 2. 心エコー図法

心エコー図検査は左側臥位で施行し、胸骨左縁左室長軸、短軸断層像および心尖部断層像を記録した。超音波診断装置はGE社製 Vivid 7、解析装置はEchoPacを使用して解析を行った。左室拡張末期容量、収縮末期容量および左室駆出分画は二断面修正 Simpson 法により算出した。左室拡張末期径、収縮末期径、および心室中隔壁厚は胸骨左縁左室乳頭筋レベル左室短軸断層のMモード像、左房径は収縮末期の長軸断層像において計測した。パルスドプラ法による左室流入血流速波形はサンプルボリュームを僧帽弁尖に設定し、拡張早期左室流入血流最大速度、心房収縮期左室流入血流最大速度およびその比 E/A を計測した。また組織ドプラ法によって左室側壁および中隔の拡張早期僧帽弁輪最大移動速度の平均値を求め、拡張早期左室流入血流最大速度と拡張早期僧帽弁輪最大移動速度の平均値の比 (E/e') を算出した。

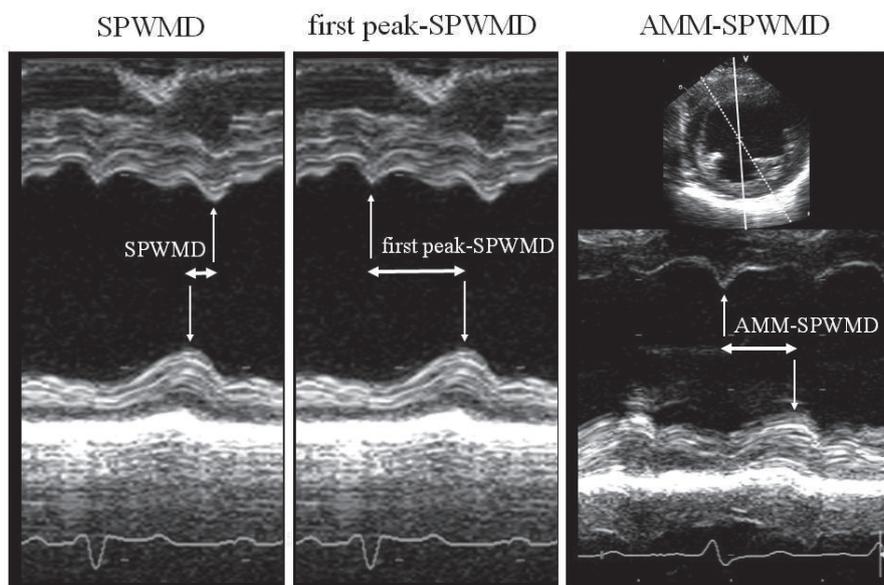
### 1) M-mode法の計測方法

Mモード像は胸骨左縁左室乳頭筋レベル短軸断層像において、左室中央を通過するようにMモードビームを入射させ、frame rate 50-90 frames/s、sweep speed 50 mm/s で記録した。Mモード像において、心室中隔と後壁間の最短かつ最大変位の部位での時相差をSPWMDとして測定した<sup>2)</sup> (Fig. 1)。また心室中隔のMモード像において、収縮期最早期に出現する変位部位 (first peak) と後壁の最大変位部位との時間差を first peak-SPWMD と定義し測定した (Fig. 1)。AMM法では短軸像で左室中央を通過する関心領域を示すMモードラインを反時計回転させてMモード像を構築した。AMM法でコントロール群のSPWMDを計測した結果、40°以内で回転した場合には0°におけるSPWMDと有意差が生じないことから、Mモードラインの許容回転角度を最大40°とした (0° SPWMD 55 ± 15 ms ; 10°-40° SPWMD 58 ± 18-65 ± 15 ms,  $p = 0.23-0.06$  v.s. 0° ; 50° SPWMD 95 ± 29 ms,  $p = 0.001$  v.s. 0°)。SPWMD測定時に検出されなかった first peak がAMM法で新たに出現した場合、もしくは不明瞭であった peak が明瞭になった場合の画像を解析対象と

**Table 1** Baseline characteristics and echocardiographic variables.

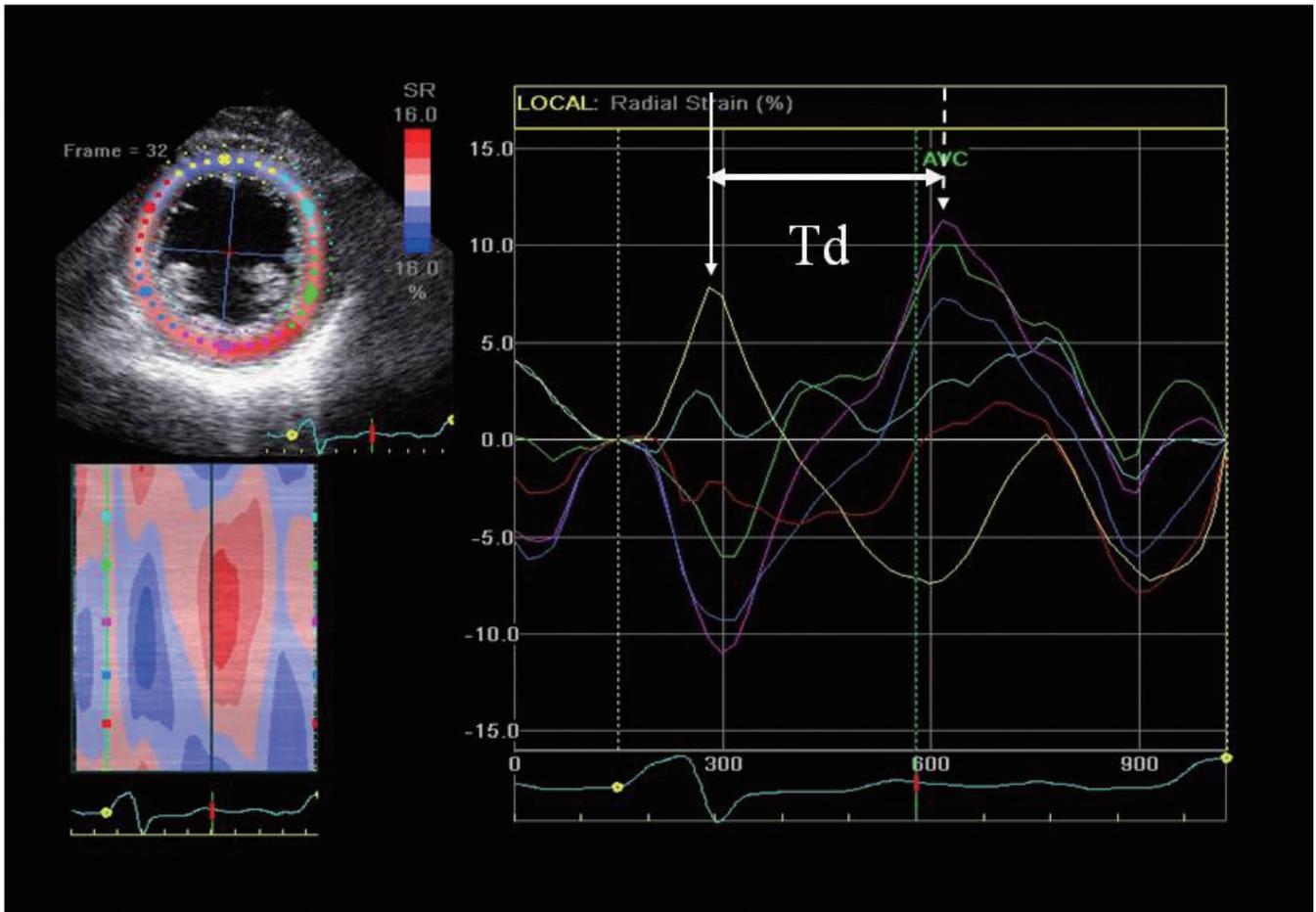
	Control (n = 30)	LBBB (n = 25)	p value
Age (yr)	43 ± 13	57 ± 16	< 0.001
Male/female	10/20	12/13	0.269
NYHA class	–	II/III : 15/10	–
QRS (ms)	91 ± 9	156 ± 18	< 0.001
LVEF (%)	71 ± 7	29 ± 6	< 0.001
IVST (mm)	9.3 ± 0.7	10.4 ± 1.5	0.915
LAD (mm)	32 ± 5	45 ± 10	< 0.001
LVDd (mm)	44 ± 4	62 ± 8	< 0.001
LVDs (mm)	28 ± 6	56 ± 13	< 0.001
LVEDV (ml)	90 ± 24	222 ± 87	< 0.001
LVESV (ml)	29 ± 15	166 ± 80	< 0.001
E/A	1.5 ± 0.4	1.1 ± 1.0	0.993
E/e'	7.2 ± 2.2	12.4 ± 2.6	< 0.001

LBBB, left bundle branch block; NYHA, New York Heart Association; QRS, QRS time of electrocardiography; LVEF, left ventricular ejection fraction; IVST, inter ventricular septal thickness; LAD, left atrial diameter; LVDd, left ventricular end-diastolic diameter; LVDs, left ventricular end-systolic diameter; LVEDV, left ventricular end-diastolic volume; LVESV, left ventricular end-systolic volume; E/A, ratio of peak velocities of early (E) to late (A) of transmitral flow; E/e', ratio of peak velocity of early transmitral flow (E) to early mitral annular motion (e').



**Fig. 1** Difference in measurement methods and points in SPWMD.

Septal to posterior wall motion delay (SPWMD) is measured at the shortest interval between the maximal posterior displacement of the septum and the posterior wall (left panel). First peak-SPWMD (middle panel) is measured between the first peak of the septum in systolic phase and the maximal displacement of the posterior wall. Note that measurement points differ between SPWMD and first peak-SPWMD in the same case. SPWMD with anatomical M-mode (AMM-SPWMD) is measured by rotation (dotted line in right upper panel) of the conventional M-mode beam (solid line in right upper panel) within 40-degree of arc (right lower panel). When the septal notch is apparent, we determine the images to be optimal.



**Fig. 2** Assessment of dyssynchrony by speckle tracking imaging method in patients with left bundle branch block.

Myocardial radial strain-time curves in 6 left ventricular segments are shown. The solid vertical arrow indicates the earliest radial strain peak (anteroseptal wall), and the dotted vertical arrow indicates the latest radial strain peak (posterior wall). The time difference (Td) between the solid and dotted arrows is measured as a dyssynchrony parameter.

した。このAMM法によって得られた対象画像上で計測したfirst peak SPWMDをAMM-SPWMDと定義した (Fig. 1)。

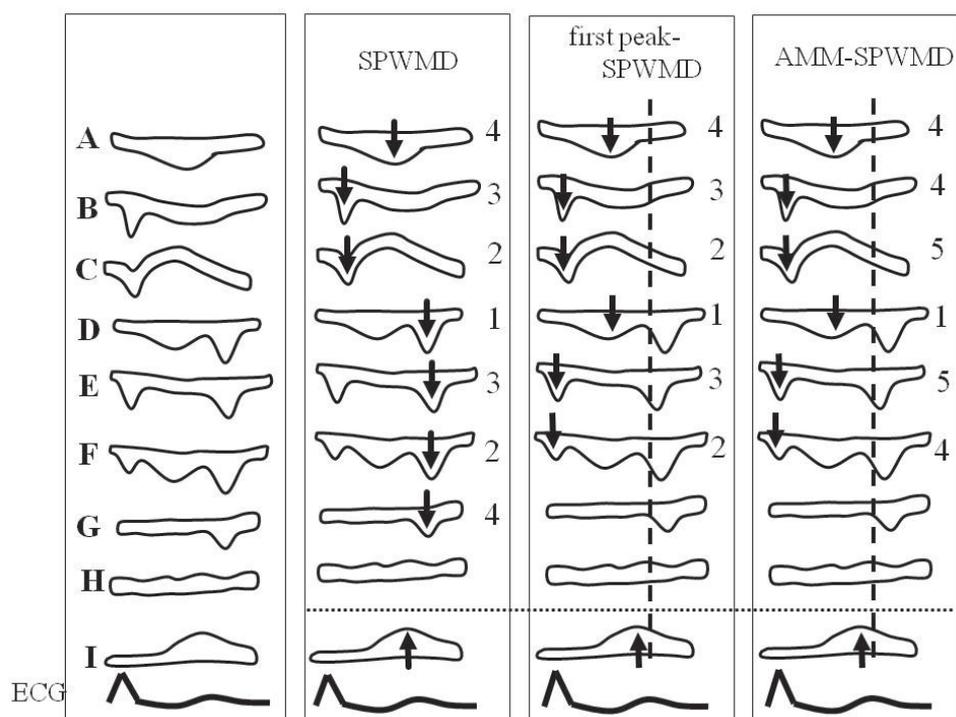
## 2) スペックルトラッキング法によるstrain解析とdyssynchrony指標

Dyssynchrony判定の基準となる評価方法としてスペックルトラッキング法による左室壁運動解析を行った。AMM-SPWMDを計測した同一の左室短軸断層像において、スペックルトラッキング法によるradial strain解析を行った。スペックルトラッキング法は左室内膜および外膜を手動的に決定し、関心領域を設定後、解析ソフトにより自動的に前壁中隔、前壁、側壁、後壁、下壁および下壁中隔の計6セグメントの

時間-radial strainカーブを構築した<sup>9)</sup>。得られた時間-strainカーブ上で、最早期と最遅延セグメントにおけるradial strainピークの時間差 (Td: time difference) をdyssynchronyの指標として測定した (Fig. 2)。複数のピークを有する時間-strainカーブではその最早期ピークを計測対象とした。

## 3) Dyssynchronyの定義

コントロール群における平均 + 2標準偏差値をSPWMD, first peak-SPWMD, AMM-SPWMDおよびTdそれぞれのdyssynchronyのカットオフ値とした。スペックルトラッキング法で求めたTd値によって決定したdyssynchronyの有無を基準とし、SPWMD, first peak-SPWMDおよびAMM-SPWMDそれぞれのカットオフ値で判定したdyssynchrony



**Fig. 3** M-mode images in patients with LBBB.

Rows A through H display septal M-mode patterns and row I displays a posterior M-mode image. Each arrow indicates a surrogate point for SPWMD, first peak-SPWMD, and AMM-SPWMD measurements. The vertical dotted lines indicate a point at end-systole. Numbers indicate number of measurable cases. ECG, electrocardiogram; SPWMD, septal to posterior wall motion delay; AMM, anatomical M-mode.

の有無を比較して、各々の測定法における dyssynchrony 検出における感度、特異度および正診率を求めた。

#### 4) 再現性

任意に選択した20症例において、SPWMD、first peak-SPWMDおよびAMM-SPWMDの再現性について検者内および検者間誤差を測定した。検者内誤差は、同一検者（FS）において1カ月の期間を空けた前後で2回の測定し計測した。検者間誤差は、一人目の検者（FS）の測定情報を持たない二人目の検者（SK）の測定値との間で計測した。検者内および検者間誤差は2つの計測値の差の絶対値を両者の平均値で除して評価した。

### 3. 統計解析

数値は平均 ± 標準偏差により表示した。連続変数の2群間の比較にはunpaired-*t*検定、多群間の比較には分散分析の後、Scheffe法による多重比較検定を行った。カテゴリー

間または二分する変数間の比較は $\chi^2$ 乗検定を行った。連続変数の相関はピアソンの相関係数により評価した。いずれも $p < 0.05$ を有意差の判定基準とした。Dyssynchrony 診断におけるカットオフ値は、感度と特異度の総和が最大となる値を選択した。統計解析にはStat View J-5.0 (Abacus Concepts, Inc, Berkeley, CA, USA)を使用した。

## 結 果

### 1. 患者背景

コントロール群および左脚ブロック群の臨床背景および心エコー図指標の比較を表1に示した。左脚ブロック群の左室駆出分画はコントロール群に比べ有意に小であり、左房径、左室拡張末期径、収縮末期径、左室拡張末期容量、収縮末期容量、および拡張早期左室流入血流最大速度と拡張早期僧帽弁輪最大移動速度の平均値の比は健常群に比べ有意に大であった。

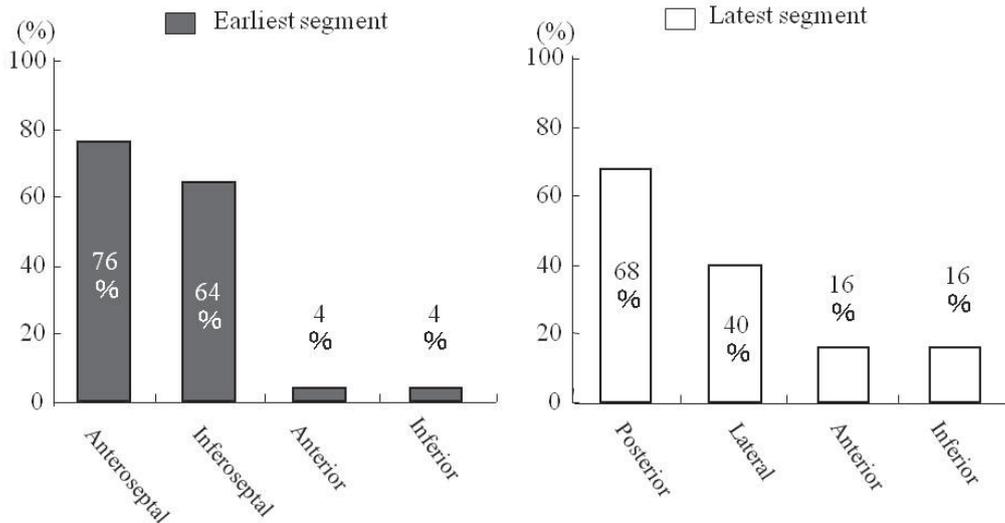


Fig. 4 Distribution of the earliest and latest contraction segments by speckle tracking imaging.

## 2. Dyssynchronyカットオフ値

Tdのdyssynchronyのカットオフ値は90 ms, SPWMDおよびfirst peak-SPWMDは108 ms, そしてAMM-SPWMDは107 msであった。

## 3. 中隔Mモード像分類とSPWMD測定可能率

左脚ブロック群における中隔のMモード像は8パターンに分類された (Fig. 3)。SPWMD, first peak-SPWMD およびAMM-SPWMDを測定した部位は図中の矢印で示した。SPWMDと収縮期時相内に限定した他の2つの測定法においてはD, EおよびFパターンで測定時相が異なり, Gパターンではfirst peak-SPWMD およびAMM-SPWMDが測定不可であった。中隔の最大変位点が後壁より遅延して認められた10症例 (Dパターン1例, Eパターン3例, Fパターン2例, Gパターン4例) ではSPWMDとfirst peak-SPWMD およびAMM-SPWMDとの間で測定点の乖離が認められた。また中隔の変位点が不明瞭であるためにSPWMDの計測が不能であった6症例ならびにfirst peak-SPWMDの計測が不能であった8症例においては, AMM-SPWMDで変位点が明瞭となり計測可能となった。この結果, 測定可能例 (率) は, SPWMDが19例 (76%), first peak-SPWMDが15例 (60%) であったのに対し, AMM-SPWMDでは23例 (92%) と増加した。またfirst peak-SPWMDおよびAMM-SPWMDはSPWMDと比較し有意に高値であった ( $286 \pm$

117,  $319 \pm 92$  v.s.  $171 \pm 109$  ms ;  $p < 0.005$ ).

## 4. スペックルトラッキング法との比較

最早期セグメントは, 前壁中隔だけでなく下壁中隔にも多く, また最遅延セグメントは後壁だけでなく側壁にも多く認められた (Fig. 4)。スペックルトラッキング法における最早期および最遅延セグメントとSPWMD, first peak-SPWMD およびAMM-SPWMDを測定した最早期および最遅延両セグメントの一致率を比較すると, AMM-SPWMDがSPWMD, first peak-SPWMDと比較して良好な一致率が認められた (最早期セグメント一致率: 96%, 42%, 80%,  $p < 0.05$ , 最遅延セグメント一致率: 83%, 37%, 67%,  $p < 0.05$ ).

またAMM-SPWMDとTdとの間で最も強い正の相関関係が認められた (AMM-SPWMD,  $R^2 = 0.869$ ,  $p < 0.001$ , first peak-SPWMD  $R^2 = 0.756$ ,  $p < 0.001$ , SPWMD ;  $R^2 = 0.394$ ,  $p < 0.001$ , Fig. 5).

## 5. Dyssynchronyの検出率

Dyssynchrony有無の診断に関する感度, 特異度および正診率はSPWMDが60.0%, 96.5%, 81.6%に対し, first peak-SPWMDは92.8%, 96.3%, 93.0%, AMM-SPWMDは95.7%, 100%, 98.1%であった。

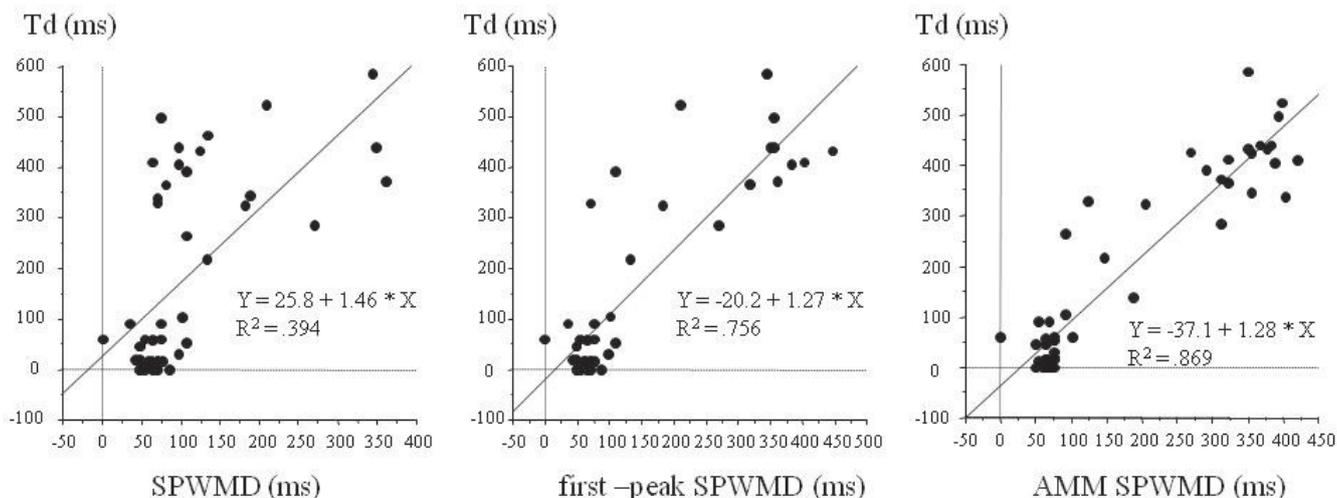


Fig. 5 Correlations between measurements of septal to posterior wall motion delay (SPWMD) and time difference (Td) by speckle tracking imaging.

AMM, anatomical M-mode.

## 6. 検者内および検者間誤差

SPWMDの検者内誤差は $4.9 \pm 11.5\%$ 、検者間誤差は $8.0 \pm 12.5\%$ 、first peak-SPWMDではそれぞれ $10.4 \pm 10.3\%$ 、 $12.0 \pm 10.3\%$ であったのに対し、AMM-SPWMDの検者内誤差は $0.9 \pm 0.7\%$ 、検者間誤差は $2.1 \pm 2.0\%$ であった。

## 考 察

本研究は左脚ブロック症例のSPWMD測定に心室中隔における測定部位を収縮最早期変位点を用い、その検出にAMM法を応用したAMM-SPWMDが高いdyssynchrony検出率を有することを示した。

### 1. 左脚ブロック症例における中隔Mモード像

本研究はSPWMDによるdyssynchronyの正診率が低いことを示した。その原因は中隔Mモード像の多様性がPitzalisらによって定義されたSPWMD計測方法を複雑にしているためであると考えられる。左脚ブロック例において収縮早期に認められる中隔の後方変位は左脚ブロックに特徴的なseptal beakとして広く知られている<sup>10)</sup>が、心機能低下例ではseptal beakの変位量が小さくseptal beakが不明瞭な場合や確認されない症例が経験される。左脚ブロック症例における中隔収縮の低下については様々な検討が行われており、中隔心筋内血流の減少や中隔心筋のリモデリング

が原因として考えられている<sup>11)</sup>。Septal beakが小さいためそれより大きな変位量を示す変位点が遅延した時相で認められる症例や変位点が収縮期には明らかでなく拡張早期のみ認められる症例 (Fig. 3, D-Gパターン) では、収縮伝播が遅延している後側壁最大変位点よりもさらに遅延した中隔の最大変位点でSPWMDを計測することになる。このような計測は左脚ブロックの収縮伝播と明らかに矛盾しており、左室dyssynchronyを正確に反映していないと考えられる。また、複数の変位点は代表点の選択に混乱を生じさせる一因となる。このようなSPWMD測定における問題はMarcusら<sup>5)</sup>やBleekerら<sup>6)</sup>の報告で示されたSPWMD測定可能率の低下だけでなく、dyssynchrony正診率を低下させCRTのレスポンス予測力を悪化させる原因と考えられる。

そこで本研究では左脚ブロック症例のdyssynchrony検出において、中隔の壁運動の代表点として最早期変位点であるfirst peak-SPWMDの計測を行った。従来のSPWMDでは最大変位量を示す点を代表点として定義しているが<sup>2)</sup>、本研究では変位量を無視し、計測時相を重視した。この計測方法は左脚ブロック例に限れば収縮早期の中隔収縮と遅延した自由壁の壁運動を特徴とする収縮伝播に矛盾しない手法である<sup>3)</sup>。左脚ブロックに特徴的な収縮早期のseptal beakは、本研究のFig. 3に示したパターンB, C, E, Fで認められ、今回の研究対象では78%に認められた。この

septal beakは収縮早期に右室圧が左室圧を一過性に上回ることによる受動的な壁運動であると報告されている<sup>10,12)</sup>。一方、最近のMRIによる検討ではこの壁運動が能動的収縮であると報告されている<sup>3)</sup>。我々はスペックルトラッキング法を用いた時間-radial strain解析により、中隔最早期収縮部位がMモード像の最早期変位点と時相が一致し、かつその時相のradial strain値が正の値を示したことから、この変位点は能動的収縮と関連し中隔収縮の開始を反映した変位点であると考えた。その結果SPWMDと比較しfirst peak-SPWMDは有意にdyssynchrony正診率を改善させたが、収縮期にseptal beakが不明瞭または確認できない症例の割合が多いため測定可能率が減少した。これはMarcusら<sup>5)</sup>やBleekerら<sup>6)</sup>の報告を支持する結果となった。

Septal beakだけでなく心周期を通してMモード像は多様であり、本研究では中隔の変位量の大きさや方向、変位点の数および変位点の出現時相に基づいてより詳細に計8パターンに分類した。Hayashiら<sup>13)</sup>は左脚ブロック症例における心室中隔運動パターンを奇異性型、平坦型および正常型の3パターンに分類した。本研究においても中隔が前方へ動く奇異性運動を呈するパターン (Fig. 3 パターンC)、収縮中期に変位点を認めるパターン (パターンA, D, F) そして収縮期時相全体を通して変位点がまったく検出されないパターンが認められた。このような左脚ブロックにおける中隔Mモード像の多様性は両心室間の相互作用、心筋の性状および電気的興奮伝播の多様性が複雑に関係していると考えられるが、その詳細については明らかにされていない。

## 2. AMM-SPWMD

我々はスペックルトラッキング法による解析により前壁中隔と同様に下壁中隔が最早期部位として多いことを示した。従来のMモード法は下壁中隔の評価が困難でありAMM法を応用したことはseptal beakを顕性化しAMM-SPWMD測定可能率の向上に寄与したと考えられる。本研究での最早期および最遅延両セグメントにおけるスペックルトラッキング法との一致率はAMM-SPWMDがSPWMD原法に比べ有意に高く、AMM-SPWMDの有用性を裏付ける結果であると考えられる。一方、AMMによるMモード像はMモードラインの回転角度やBモード画像のframe数による解像度劣化に影響されることが知られている。過去の研究ではMモードラインの回転角は60度以内を許容範囲とする報告がある<sup>8)</sup>。

本研究は40度以内の回転の範囲内ではAMM-SPWMD値に有意な変動がないことを確認した。AMM-SPWMD値はTd値と差がなく、両者に強い相関関係があったことから、AMM-SPWMDの計測に用いた回転範囲が許容される範囲であったと考えられる。

## 3. 測定値の再現性

本研究におけるSPWMDおよびAMM-SPWMDの測定誤差は小さく、特にAMM-SPWMDは再現性に優れていた。最近報告されたPROSPECT studyではSPWMDの検者内誤差は24.3%、検者間誤差は72.1%と著明に低い再現性が示された<sup>14)</sup>。この結果は先述したSPWMD測定時相が明記されていないことや複数の変位点が出現した際の測定基準が明確にされていなかったことが原因と考えられる。一方、本研究のAMM-SPWMDの測定では中隔の測定時相を収縮期最早期と定義したこと、また対象が虚血性心疾患を含めず完全左脚ブロック例に限られていたことが良好な再現性の要因であると考えられる。

## 4. 本研究の限界

AMM法を用いても中隔に測定点が認められない症例 (Fig. 3, G, Hパターン) では、SPWMDの計測は不可能である。しかし、本研究においてAMM法でのSPWMDが計測できなかった症例はGパターンの2症例のみであり、AMM法は臨床的に受容できる計測可能率を有する方法であると考えられる。

本研究は左脚ブロック症例のみを対象としており、非特異的伝導障害や右脚ブロック例におけるAMM-SPWMDの有用性については今後の検討が必要である。また、AMM-SPWMD法の臨床的意義を明らかにするため、心臓再同期療法の効果予測に関する有用性についてSPWMD法、組織ドプラ法、およびスペックルトラッキング法との比較検討が必要である。

## 5. 結論

Mモード法による左脚ブロック症例のdyssynchronyは収縮早期の中隔変位点を計測点とするとより正確に検出可能であり、その検出には任意方向Mモード法が有用であった。任意方向Mモード法を用いた中隔最早期変位点に着目した指標AMM-SPWMDは臨床的に有用な指標であると考えられる。

## 文 献

- 1) Delgado V, Ypenburg C, van Bommel RJ, Tops LF, Mollema SA, Marsan NA, Bleeker GB, Schalij MJ, Bax JJ. Assessment of left ventricular dyssynchrony by speckle tracking strain imaging comparison between longitudinal, circumferential, and radial strain in cardiac resynchronization therapy. *J Am Coll Cardiol* 2008; 51: 1944-1952.
- 2) Pitzalis MV, Iacoviello M, Romito R, Massari F, Rizzon B, Luzzi G, Guida P, Andriani A, Mastropasqua F, Rizzon P, Pitzalis MV, Iacoviello M, Romito R. Cardiac resynchronization therapy tailored by echocardiographic evaluation of ventricular asynchrony. *J Am Coll Cardiol* 2002; 40: 1615-1622.
- 3) Zwanenburg JJ, Götte MJ, Marcus JT, Kuijter JP, Knaapen P, Heethaar RM, van Rossum AC. Propagation of onset and peak time of myocardial shortening in time of myocardial shortening in ischemic versus nonischemic cardiomyopathy: assessment by magnetic resonance imaging myocardial tagging. *J Am Coll Cardiol* 2005; 46: 2215-2222.
- 4) Mele D, Pasanisi G, Capasso F, De Simone A, Morales MA, Poggio D, Capucci A, Tabacchi G, Sallusti L, Ferrari R. Left intraventricular myocardial deformation dyssynchrony identifies responders to cardiac resynchronization therapy in patients with heart failure. *Eur Heart J* 2006; 27: 1070-1078.
- 5) Marcus GM, Rose E, Vitoria EM, Schafer J, De Marco T, Saxon LA, Foster E; VENTAK CHF/CONTAK-CD Biventricular Pacing Study Investigators. Septal to posterior wall motion delay fails to predict reverse remodeling or clinical improvement in patients undergoing cardiac resynchronization therapy. *J Am Coll Cardiol* 2005; 46: 2208-2214.
- 6) Bleeker GB, Schalij MJ, Boersma E, Holman ER, Steendijk P, van der Wall EE, Bax JJ. Relative merits of M-mode echocardiography and tissue doppler imaging for prediction of response to cardiac resynchronization therapy in patients with heart failure secondary to ischemic or idiopathic dilated cardiomyopathy. *Am J Cardiol* 2007; 99: 68-74.
- 7) Díaz-Infante E, Sitges M, Vidal B, Mont L, Delgado V, Marigliano A, Macias A, Tolosana JM, Tamborero D, Azqueta M, Roig E, Paré C, Brugada J. Usefulness of ventricular dyssynchrony measured using M-mode echocardiography to predict response to resynchronization therapy. *Am J Cardiol* 2007; 100: 84-89.
- 8) Carerj S, Micari A, Trono A, Giordano G, Cerrito M, Zito C, Luzzi F, Coglitore S, Arrigo F, Oreto G. Anatomical M-mode: an old-new technique. *Echocardiography* 2003; 20: 357-361.
- 9) Suffoletto MS, Dohi K, Cannesson M, Saba S, Gorcsan J 3rd. Novel speckle tracking radial strain from routine black-and-white echocardiography images to quantify dyssynchrony and predict response to cardiac resynchronization therapy. *Circulation* 2006; 113: 960-968.
- 10) Weyman AE. Principles and Practice of Echocardiography. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 1994. p. 934-946.
- 11) Kevin V, Xander AV, Maaik P, Harry J, Theo A, Richard N, Frits W. Left bundle branch block induces ventricular remodeling and functional septal hypoperfusion. *Eur Heart J* 2005; 26: 91-98.
- 12) Little WC, Reeves RC, Arciniegas J, Katholi RE, Rogers EW. Mechanism of abnormal interventricular septal motion during delayed left ventricular activation. *Circulation* 1982; 65: 1486-1491.
- 13) Hayashi T, Sakai Y, Kobayashi S, Ishii S, Inoue T, Yamaguchi H, Morooka S. Correlation between interventricular septal motion and left ventricular systolic-diastolic function in patients with left bundle branch block. *J Cardiol* 2000; 35: 181-187. (in Japanese with English abst)
- 14) Chung ES, Leon AR, Tavazzi L, Sun JP, Nihoyannopoulos P, Merlino J, Abraham WT, Ghio S, Leclercq C, Bax JJ, Yu CM, Gorcsan J 3rd, St John Sutton M, De Sutter J, Murillo J. Results of the Predictors of Response to CRT (PROSPECT) trial. *Circulation* 2008; 117: 2608-2616.