

2Dティッシュトラッキング法による 収縮性心膜炎評価

Evaluation of Constrictive Pericarditis Using 2D Tissue Tracking Method

田中 旬 Jun Tanaka

中谷 敏 Satoshi Nakatani

国立循環器病センター 心臓血管内科

2Dティッシュトラッキング(2DTT)法は、パターンマッチング法を用いて断層心エコー図の上に置いた任意の関心領域(ROI)を自動追跡する新しい手法である。Mモードエコー法との比較において、そのトラッキングの精度は臨床応用上問題ないことはすでに検証されている。

心臓MRIは局所心筋の軌跡を表示することができ、MRI tagging法は収縮性心膜炎による癒着の有無やその部位を診断することができ、日常臨床で使用されている。2DTT法はMRI tagging法同様に収縮性心膜炎による癒着の有無やその部位を非侵襲的かつ簡便に診断することができ、さらにその定量も可能であると思われ臨床での応用が期待できる。

Two-dimensional tissue tracking (2DTT) technique is a novel method that can trace regional myocardial tissue using the pattern matching method. Validation of 2DTT echocardiography has been done by using M-mode echocardiographic measurements as the standard showing that this method is clinically accurate. Cardiac MRI is feasible to evaluate the motion of local cardiac tissue and tagged cine MRI is able to demonstrate adhesion of the pericardium to the myocardium in pericardial constriction. This has been recognized by persistent concordance of tagged signals between the pericardium and the myocardium throughout the cardiac cycle. 2DTT can show the presence of pericardial adhesion by the concordance of pericardial and myocardial motion as is shown in MRI tagging. It also may quantify the adhesion severity by the motion distance of the pericardium and the myocardium. Thus, 2DTT technique may be a good noninvasive method to assess constrictive pericarditis at bed-side.

Key Words: Two-Dimensional Tissue Tracking, MRI Tagging, Constrictive Pericarditis, Ultrasound Myocardial Tagging Method

1. はじめに

最近、日立メディコによって断層心エコー図の上に置いた任意の関心領域(ROI)を自動的に追跡する断層組織トラッキング法(2DTT)が開発された。追跡処理に用いられているアルゴリズムはパターンマッチング法であり、描出された模様(パターン)を照合(マッチング)しながら追跡を行う(図1)¹⁾。す

なわち、まず追跡したい部位を指定し、ついで指定した部位を含む小さな領域を切り出す。次にその切り出した領域の心筋輝度分布パターンに最も類似した領域を次のフレームから探索する。これをフレームごとに繰り返しながら追跡していくという方法である。この方法を用いることで心筋上のあら

ゆる点の任意の方向の移動距離やストレイン、ストレインレートなどを求めることが可能である。

臨床例におけるトラッキングの精度検証にはMモードエコー法が用いられている。この検討では、乳頭筋レベル左室短軸断面において左室前壁中隔—後壁(A-A')方向の心内膜面においたサンプルポイントを、2DTTを用いてトラッキングさせ、その一心周期中における変化から得られる最大径(max A-A')、最小径(min A-A')、その変化率(ストレイン)を、それぞれMモード法で計測した前後径から得られる左室拡張末期径(LVDd)、収縮末期径(LVDs)、左室内径短縮率(LVFS)と比較検討している(図2)²⁾。それによると2DTT法で求めたmax A-A'とMモードエコー法のLVDd($r=0.92$)、2DTTで求めたmin A-A'とMモードエコー法のLVDs($r=0.91$)は良好な相関を認め、さらに、A-A'方向のTime-Strain Curveから求め

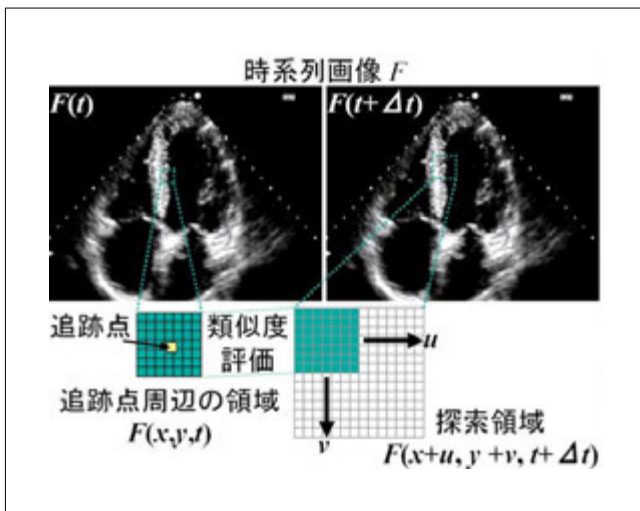


図1：パターン・マッチング法の基本概念

時系列画像 F の時刻 t の画像にある追跡点周辺の領域 $F(x, y, t)$ に最もよく一致する領域を時刻 $t + \Delta t$ の画像の領域 $F(x + u, y + v, t + \Delta t)$ から探索するようすを示している。

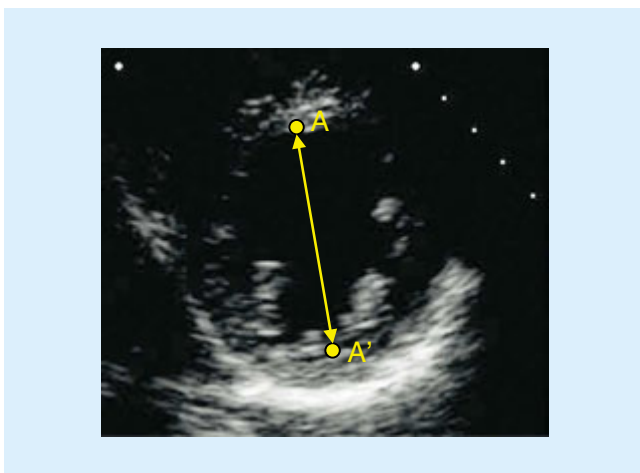


図2：2DTT法

用いた断層心エコー図の断面とサンプルポイントの位置を示す。左室前壁中隔—後壁方をA-A'方向とした。

(文献2)より改変引用)

たPeak Negative StrainとMモードエコー法のLVFSとの間にも良好な相関を認めたという($y=0.67x + 2.47$ ($r=0.85$))。

心筋組織のトラッキングということではMRI法が以前から用いられている(tagging法)。Alistairらは健常例にMRIを用いて局所心筋の軌跡を表示し、さらにその移動距離を算出することができると報告している³⁾。2DTT法を用いて検討したところ、MRI同様に局所心筋の軌跡を表示することが可能であった(図3)。得られた像がMRI tagging法で得られる像と極めて似ているということから、われわれはこれをUltrasound Myocardial Tagging Method(UMT法)と呼んでいる。

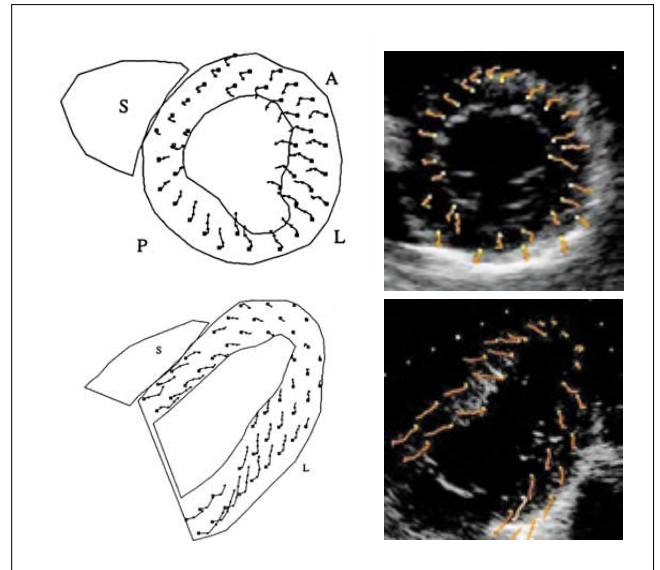


図3：MRI tagging法とUMT法

MRI taggingで表示された拡張末期から収縮末期における局所心筋の軌跡(左)

A：anterior、L：lateral、P：posterior、S：septal
(文献3)より引用)

Ultrasound Myocardial Tagging Method：UMT法(右)

MRI tagging法同様に局所心筋の軌跡を表示することができる。

2. UMT法の臨床的有用性の検討

2.1 心筋の壁運動の定量評価

Mモードエコー法において心室中隔の内方運動は、左室後壁と比較して健常例であっても低下しており、特に傍胸骨左室短軸断層像での壁運動評価の際にしばしば問題となる。そこでわれわれは、なぜ心室中隔は後壁に比べて低収縮に見えるのかをUMT法を用いて検討した。対象は健常男性10例(30±0.9歳)、フレームレートは65fps、傍胸骨左室長軸断層像および傍胸骨左室短軸断層像にて評価した。左室短軸断層像においてMモード法で心室中隔と後壁の収縮期移動距離を評価したところ、それぞれ7.6mm、10.6mm($p < 0.001$)と心室中隔の移動距離は有意に小さかった。次に、UMT法を用いて心室中隔と後壁の心内膜側にROIを設定し最大移動距離を計測したところ、それぞれ7.5mm、9.8mmとMモード

法による計測値とはほぼ同様の結果が得られた(図4)。さらに、左室長軸断層像において心室中隔、後壁の心内膜側にROIを設定し、最大移動距離を計測したところ、それぞれ14.0mm、14.3mm(p = ns)と有意差を認めなかった。このことから、心室中隔では長軸方向運動に比して内方運動が低下しており、そのため短軸像で低収縮に見えるものと考えられた。UMT法が局所心筋の壁運動の可視化、さらに定量評価に有用であることを示す好例である。

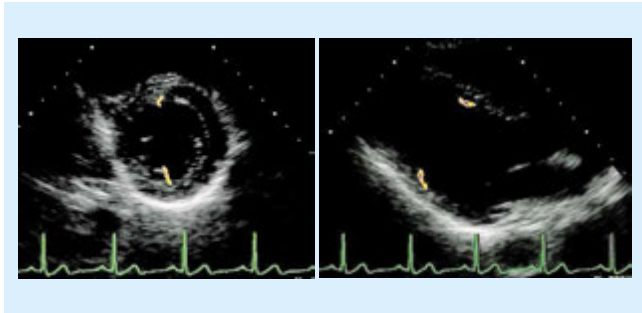


図4：健常例における検討
心室中隔では長軸方向運動に比して内方運動が低下している。

2.2 収縮性心膜炎評価への応用

収縮性心膜炎とは、何らかの原因で心膜の線維性肥厚、心外膜との癒着、石灰化を生じ、そのため拡張障害をきたした疾患である。原因として、特発性、感染性(ウイルス性、結核性など)、心臓手術後、放射線療法後、血液透析後、骨髄移植後、化学療法後、さらに膠原病、悪性腫瘍などさまざまな疾患が知られている。以前は結核性が多かったが、最近では開心術後や放射線療法後が増加傾向にある。一般的に易疲労感、息切れ、体重増加、浮腫といった右心不全症状を呈し、心膜摩擦音を聴取し奇脈を認める。心エコーでは、表1⁴⁾のような所見を呈する。しかし同一症例で各所見がすべて認められるわけでもなく、時に診断に苦慮する例も見受けられる。

表1：収縮性心膜炎のエコー所見

・心房腔拡大
・心室腔狭小化
・心膜肥厚
・心膜癒着
・心房・心室中隔の呼吸性変動(septal bounce)
・左室・右室流入血流拡張早期波の減衰時間の短縮(160ms以下)
・左室流入血流拡張早期波高の呼吸性変動(25%以上) 吸気時に減少、呼気時に増大
・右室流入血流拡張早期波高の呼吸性変動(40%以上) 吸気時に増大、呼気時に減少
・下大静脈径の拡大と呼吸性変動の減弱(50%未満)
・肝静脈血流波形 呼気時に拡張期波が減少または逆行、心房収縮期逆行波が増強

心膜の肥厚や石灰化の有無を評価するには、経胸壁心エコー法以外にCT、MRI、経食道エコー法が有効である。しかし、心膜の肥厚や石灰化がなくても癒着している例が約20%あると言われ⁹⁾、それらだけでは診断の根拠とならない。MRI tagging法は拡張早期から収縮末期にかけて心筋に標識したtagのずれを評価し癒着の有無を判断するもので、収縮性心膜炎の診断において重要な検査法である。

ROIの位置を追跡する2DTT法はMRI tagging法同様に収縮性心膜炎による心膜癒着の有無や部位を評価することができると思われる。われわれは、収縮性心膜炎での癒着評価にUMT法を適用したので紹介する。本検討では収縮性心膜炎症例に対して、日立メディコ製EUB-8500を用いて癒着評価を試みた。フレームレートは65fpsである。傍胸骨左室長軸断層像および心窩部からの四腔断層像にて評価した。図5のごとくROIを左室後壁および右室一横隔膜面にそれぞれ3箇所(A、B、C)に設定し、一心周期における各点の最大移動距離を算出した。解析はoff-lineで施行した。左室長軸像において、正常例ではA：10.8mm、B：7.5mm、C：7.0mmに対して、収縮性心膜炎ではA：6.4mm、B：6.4mm、C：6.1mmと移動距離は短縮していた。右室一横隔膜面においても、正常例ではA：7.2mm、B：7.4mm、C：5.9mmに対して、収縮性心膜炎ではA：4.4mm、B：1.9mm、C：1.9mmと移動距離は短縮していた。また心窩部よりの四腔断層像において、正常例では設定したROIが心収縮に伴って横方向に移動するのに対し、収縮性心膜炎例では縦方向すなわち心臓に接する横隔膜面が心臓方向に引っ張られるように移動し、癒着を示すものと考えられた。収縮性心膜炎は心膜の癒着により拡張障害が生じ、そのため血行動態が破綻した病態であることから、その診断においては第一義的に癒着の有無を評価することが重要である。

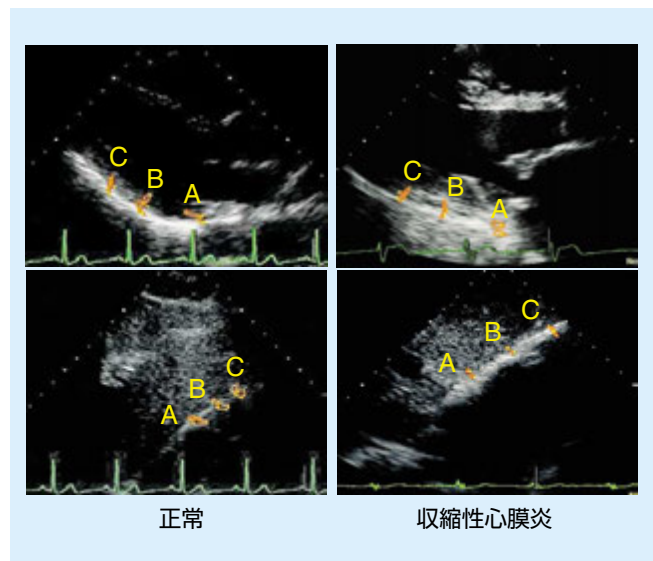


図5：収縮性心膜炎例における心膜癒着と正常例との比較
正常例では心筋は心膜に対して横方向に移動するのに対して、収縮性心膜炎例では縦方向に移動する。

3. まとめ

今回の検討で、2DTT法(UMT法)はMRI tagging法同様、癒着診断に有用であると考えられた。2DTT法はMRIよりも時間分解能が高く、非侵襲的かつ簡便であることから、臨床的有用性は極めて高いと考えられる。今後は多くの症例で検討を行う予定である。ただしこの検討においては、いくつかの問題点もあきらかになっている。まずROIを設定する際に注意が必要である。われわれの経験では追跡点同士の間隔が5mm以下の場合、双方が同一部位と認識されて同じ動きをする可能性があるため、2点間の距離は最低でも5mm以上あける必要があると思われる。また、画質不良例、画像が一部欠落している部位やアーチファクトにより境界が明瞭でない部位を持つ例ではトラッキング自体が困難となる。つまり、トラッキング処理の正確さは画質に依存するという本質的な問題がある。心エコー法では断層法の画質が検査精度を左右する重要なポイントである。今後も、自動追跡能の向上と画質の向上を図ることにより2DTT法が日常臨床において用いられる場面が一層増えていくであろう(表2)。

表2：2DTT法とMRIの比較

	2DTT	MRI
フレームレート(FR/s)	約65	約30
侵襲度	(-)	(±)
簡便性	◎	△
解像度	○ (画質に依存)	◎
部 位	限られる	限られない

参考文献

- 1) 馬場博隆,ほか：2D Tissue Tracking技術の開発. MEDIX, 43 : 19-22, 2005.
- 2) 里見元義：2D ティッシュトラッキング法の検証と臨床応用についての検討. MEDIX, 43 : 14-18, 2005.
- 3) Young AA, et al : Two-dimensional Left Ventricular Deformation During Systole Using Magnetic Resonance Imaging With Spatial Modulation of Magnetization. Circulation, 89 : 740-752, 1994.
- 4) Oh, JK et al : The Echo Manual Third Edition, 289-309, 2007.
- 5) Deepak R, et al : Constrictive Pericarditis in 26 Patients With Histologically Normal Pericardial Thickness Circulation, 108 : 1852-1857, 2003.