

Automated Contour Tracking 法による左室拡張能の計測: 心プールシンチグラフィーとの対比

Measurement of Left Ventricular Filling by Automated Contour Tracking Method in Echocardiography: Comparison With Radio-nuclide Ventriculography

神崎裕美子
吉田 清*¹
穂積 健之
赤阪 隆史
高木 力
米沢 嘉啓
八木登志員
盛岡 茂文
伊藤 秀臣
吉岡 秀樹*²
西浦 正英*²
渡辺 睦*²
吉川 純一*³

Yumiko KANZAKI, MD
Kiyoshi YOSHIDA, MD, FJCC*¹
Takeshi HOZUMI, MD
Takashi AKASAKA, MD, FJCC
Tutomu TAKAGI, MD
Yoshihiro YONEZAWA, MD
Toshikazu YAGI
Shigefumi MORIOKA, MD, FJCC
Hideomi ITO
Hideki YOSHIOKA*²
Masahide NISHIURA*²
Mutsumi WATANABE*²
Junichi YOSHIKAWA, MD, FJCC*³

Abstract

Recent development of an automated contour tracking (ACT) method using the energy minimization principle provides automated edge detection and tracking of the endocardial boundary of the left ventricle, without tracing a region of interest. This study determined whether left ventricular filling indexes obtained from the ACT method provide a reliable estimate of left ventricular diastolic filling.

Fourteen patients were examined by the ACT method and equilibrium radionuclide ventriculography. The volume-time wave form for ACT measurements was obtained from the 4-chamber views. Peak filling rate and time to peak filling rate measured by the ACT method were compared with those determined by radionuclide ventriculography. Peak filling rate and time to peak filling rate by the ACT method were closely correlated with those determined by radionuclide ventriculography (peak filling rate: $r = 0.88$, $y = 0.71x + 0.36$, $SEE = 0.54$ ml/end-diastolic volume/sec, time to peak filling rate: $r = 0.89$, $y = 0.72x + 30.0$, $SEE = 0.02$ msec, respectively)

The ACT method is useful for the assessment of left ventricular diastolic filling.

J Cardiol 1999; 34(4): 207-210

Key Words

■ Echocardiography (transthoracic)

■ Diastole

■ Radionuclide imaging

神戸市立中央市民病院循環器センター 内科: 〒650-0046 神戸市中央区港島中町4-6; *¹(現)川崎医科大学 循環器内科: 〒701-0114 岡山県倉敷市松島577; *²東芝関西研究所, 神戸; *³大阪市立大学医学部 第一内科, 大阪

Division of Cardiology, Kobe General Hospital, Kobe; *¹(present) Department of Cardiology, Kawasaki Medical School, Okayama; *²Toshiba Kansai Research Laboratory, Kobe; *³The First Department of Internal Medicine, Osaka City University School of Medicine, Osaka

Address for reprints: YOSHIDA K, MD, FJCC, Department of Cardiology, Kawasaki Medical School, Matsushima 577, Kurashiki, Okayama 701-0114

Manuscript received March 15, 1999; accepted July 1, 1999

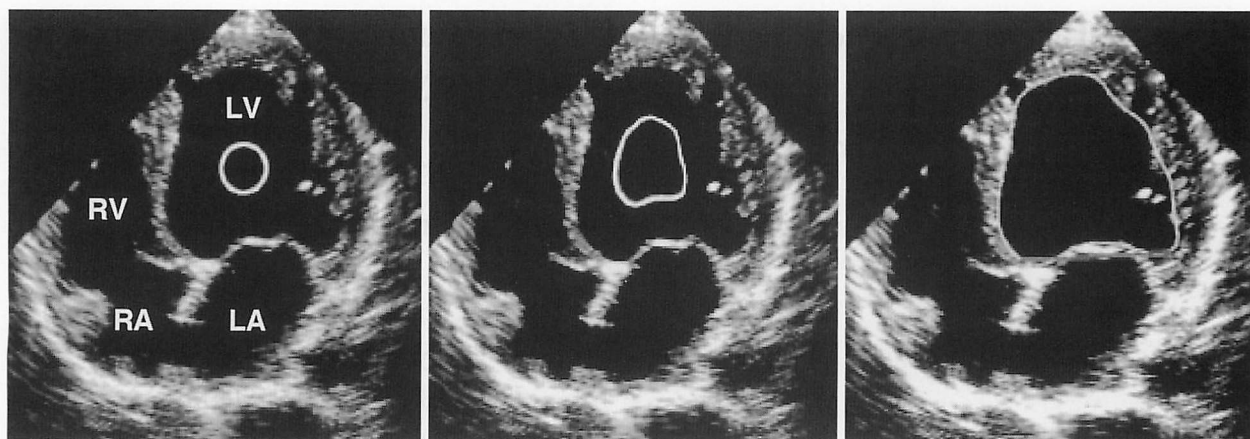


Fig. 1 Detection of left ventricular endocardium by the automated contour tracking method

LV = left ventricle; RV = right ventricle; LA = left atrium; RA = right atrium.

はじめに

核医学検査(心プールシンチグラフィ)による時間-左室容量曲線から得られる左室最大充満速度と収縮末期から最大充満速度までの時間である最大充満時間は、左室拡張能の評価の指標として用いられている^{1,2)}。

新たに開発された自動輪郭追跡(automated contour tracking: ACT)法³⁻⁶⁾を用いれば、ビデオ記録された経胸壁心エコー図法において、左室内腔に初期輪郭を設定することにより、各フレームごとの左室内腔トレースが自動的に行われ、時間-左室容量曲線の表示が可能である。今回の研究目的は、ACT法より得られた時間-左室容量曲線から、最大充満速度および最大充満時間を算出し、心プールシンチグラフィの各計測値と比較し、左室拡張能評価におけるACT法の有用性を検討することである。

対象と方法

1. ACT法の原理

エネルギー最小化原理と重み付き分離度法を用いた方法で、最初に心腔内に初期輪郭を設定すると、複数の離散点(制御点)からなる初期輪郭が自動的に設定され、これが変形しながら心内膜を検出して最初のフレームの輪郭描出が行われる。以後のフレームでは、1つ前の輪郭描出結果を初期輪郭として認識し、つぎの追跡演算処理が行われる。こうして絶えず1つ前の結果をもとに高速演算処理が繰り返されながら輪郭が

構成される³⁾。

2. 対象

対象は断層心エコー図法にて、心尖部四腔断面像で心内膜が連続的に描出でき、局所壁運動異常のない洞調律の連続14例(男性10例、女性4例、平均年齢 55 ± 15 歳)であった。

3. 方法

使用装置: 東芝製 SSA-380A, Hewlett Packard 製 SONOS-2500, 使用探触子 2.5 MHz.

ACT法: 各症例から得られた断層心エコー図像をS-VHSビデオテープに収録した。同画像を30 frames/secでパーソナルコンピュータに取り込み、オフラインでACT法にて、左室内膜の自動トレースを1心周期にわたって行った(**Fig. 1**)。1フレームごとのSimpson変法を用いた左室容量から、それを左室拡張末期容量で基準化した時間-左室容積曲線を作成した。その曲線を一次微分し、微分容積曲線を得た。得られた微分容積曲線から最大充満速度と最大充満時間を算出した。

心プールシンチグラフィ(平衡法): 使用装置はGeneral Electric製400AC低エネルギー用平衡コリメーターおよびStarcam解析装置であった。対象例に対して、ピロリン酸で前処置した^{99m}Tc 740 MBqを安静時に静注し、左前斜位45°で心電図RR同期400心拍を撮像し、1心拍当たり24フレームのダイナミックカーブを作成し、得られた時間-左室容積曲線から一次微分

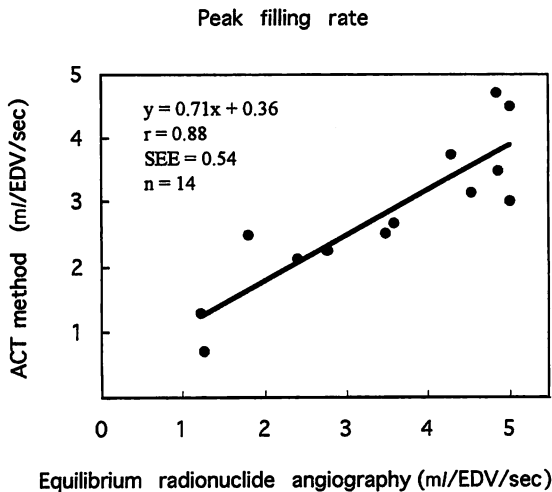


Fig. 2 Comparison of peak filling rate measured by both the automated contour tracking method and equilibrium radionuclide angiography
ACT = automated contour tracking; EDV = end-diastolic volume.

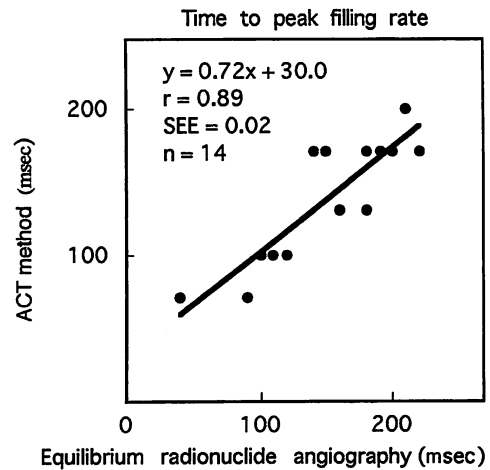


Fig. 3 Comparison of time to peak filling rate measured by both the automated contour tracking method and equilibrium radionuclide angiography
Abbreviation as in Fig. 2.

曲線を作成し、ACT法と同様に最大充満速度、最大充満時間を求めた。

分析: ACT法および心プールシンチグラフィにて求められた最大充満速度、最大充満時間を直線回帰分析により比較検討した。

結 果

ACT法により求められた最大充満速度、最大充満時間は、心プールシンチグラフィと良好な相関を示した(最大充満速度: $r = 0.88$, $y = 0.71x + 0.36$, $SEE = 0.54$ ml/end-diastolic volume/sec; **Fig. 2**; 最大充満時間: $r = 0.89$, $y = 0.72x + 30.0$, $SEE = 0.02$ msec; **Fig. 3**).

考 察

従来の心エコー図法を用いた心内膜自動描出法⁷⁻¹¹⁾の多くは、輝度勾配を用いて心内膜を検出する方法であり、関心領域設定の必要性の問題点があった¹¹⁾。また現在使用されている acoustic quantification 法¹¹⁻¹³⁾では、利点としてオンライン解析によるリアルタイム計測が可能である反面、過去の検査や他機種での記録をオフライン解析することが困難であった。

それに対して、今回開発されたACT法は、エネルギー最小化原理に基づく輪郭モデルの自動的変形によ

り、心内膜の境界を描出する新しい方法である³⁾。心腔内に初期輪郭設定をすれば、これが変形して心内膜を検出する。以後のフレームでは、1つ前の輪郭描出結果をもとに、追跡演算処理を繰り返しながら心内膜輪郭を構成する。このためACT法では、関心領域設定も必要ないという特徴がある。また、オフライン解析により左室容積の自動計測、時間-左室容量曲線を得ることが可能である。左室内腔面積・容積計測において、ACT法は用手法、心プールシンチグラフィ、左室造影法との間に良好な相関関係があることは報告されている⁴⁻⁶⁾が、本法による拡張能の評価に関しての報告はされていない。

今回の研究では、左室拡張能に関して、心プールシンチグラフィ^{1,2)}とACT法を比較検討した。両法による最大充満速度、最大充満時間は、よく相関しており、臨床的に使用しうるものと思われた。しかしながら、現在のところ本法は、リアルタイム計測が不可能であり、記録画像よりオフライン解析しなければならず、今後の装置の改善が望まれる。

結 語

左室拡張能評価において、ACT法は臨床的に有用であると考えられた。

要 約

最近開発された自動輪郭追跡(ACT)法は、エネルギー最小化原理に基づき、断層心エコー図上で関心領域を設定することなく心内膜の境界を自動描出することが可能である。本研究の目的は、ACT法から得られた左室拡張能の指標の有用性を検討することである。

対象は心プールシンチグラフィとACT法を施行した14症例であった。四腔断面像を用いACT法にて左室容量曲線を作成した。ACT法により最大充満速度と最大充満時間を算出し、心プールシンチグラフィの各計測値と比較した。ACT法により求められた最大充満速度、最大充満時間は、心プールシンチグラフィにより得られた値と良好な相関を示した(最大充満速度: $r = 0.88$, $y = 0.71x + 0.36$, $SEE = 0.54 \text{ ml/end-diastolic volume/sec}$, 最大充満時間: $r = 0.89$, $y = 0.72x + 30.0$, $SEE = 0.02 \text{ msec}$)。

ACT法による左室拡張能評価は有用であると考えられた。

J Cardiol 1999; 34(4): 207-210

文 献

- 1) Hammermeister KE, Warbasse JR: The rate of change of left ventricular volume in man: II. Diastolic events in health and disease. *Circulation* 1974; **49**: 739-747
- 2) Spirito P, Maron BJ, Bonow RO: Noninvasive assessment of left ventricular diastolic function: Comparative analysis of Doppler echocardiographic and radionuclide angiographic techniques. *J Am Coll Cardiol* 1986; **7**: 518-526
- 3) Yoshioka H, Yuasa M: Heart wall contour extraction on ultrasound images using the automatic contour tracking (ACT) method. *Jpn Soc Med Imag Technol* 1997; **15**: 42-50 (in Jpn with Eng abstr)
- 4) Yagi T, Yoshida K, Hozumi T, Akasaka T, Takagi T, Yamamuro A, Kawai J, Yoshioka H, Yoshikawa J: Automatic assessment of left ventricular cavity area by the automated contour tracking method. *J Cardiol* 1996; **28**: 345-348 (in Jpn with Eng abstr)
- 5) Hozumi T, Yoshida K, Yoshioka H, Yagi T, Akasaka T, Takagi T, Nishiura M, Watanabe M, Yoshikawa J: Echocardiographic estimation of left ventricular cavity area with a newly developed automated contour tracking method. *J Am Soc Echocardiogr* 1997; **10**: 822-829
- 6) Hamada T, Yoshida K, Hozumi T, Akasaka T, Takagi T, Yonezawa Y, Ogata Y, Yagi T, Kawai J, Ito H, Morioka S, Yoshioka H, Nishiura M, Watanabe M, Yoshikawa J: Evaluation of left ventricular ejection fraction using an automated contour tracking method: Comparison with equilibrium radionuclide angiography. *J Cardiol* 1997; **29**: 225-229 (in Jpn with Eng abstr)
- 7) Melton HE Jr, Collins SM, Skorton DJ: Automatic real-time endocardial edge detection in two-dimensional echocardiography. *Ultrasonic Imaging* 1983; **5**: 300-307
- 8) Collins SM, Skorton DJ, Geiser EA, Nichols JA, Conetta DA, Pandian NG, Kerber RE: Computer-assisted edge detection in two-dimensional echocardiography: Comparison with anatomic data. *Am J Cardiol* 1984; **53**: 1380-1387
- 9) Bosch JG, Reiber JHC, Burken G, Gerbrands JJ, Kostov A, Goor AJ, Deale MERM, Roelandt JR TC: Development towards real-time frame-to-frame automatic contour detection on echocardiograms. *Comput Cardiol* 1990; 435-438
- 10) Vandenberg BF, Rath LS, Stuhlmuller P, Melton HE Jr, Skorton DJ: Estimation of left ventricular cavity area with an on-line, semiautomated echocardiographic edge detection system. *Circulation* 1992; **86**: 159-166
- 11) Perez JE, Waggoner AD, Barzilai B, Melton HE Jr, Miller JG, Sobel BE: On-line assessment of ventricular function by automatic boundary detection and ultrasonic backscatter imaging. *J Am Coll Cardiol* 1992; **19**: 313-320
- 12) Vitarelli A, Penco M, Ferro-Luzzi M, Rosanio S, Dagianti A, Fedele F, Dagianti A: Assessment of diastolic left ventricular filling by echocardiographic automated border detection and comparison with radionuclide ventriculography. *J Am Soc Echocardiogr* 1996; **9**: 135-146
- 13) Chenzbraun A, Pinto FJ, Popylisen S, Schnitger I, Popp RL: Filling patterns in left ventricular hypertrophy: A combined acoustic quantification and Doppler study. *J Am Coll Cardiol* 1994; **23**: 1179-1185