

Automated Contour Tracking 法による左室駆出率の計測：心プールシンチグラフィーとの対比

Evaluation of Left Ventricular Ejection Fraction Using an Automated Contour Tracking Method : Comparison With Equilibrium Radionuclide Angiography

濱田 富雄
吉田 清
穂積 健之
赤阪 隆史
高木 力
米沢 嘉啓
緒方裕美子
八木登志員
川井 順一
伊藤 秀臣
盛岡 茂文
吉岡 秀樹*¹
西浦 正英*¹
渡辺 睦*¹
吉川 純一*²

Tomio HAMADA, MD
Kiyoshi YOSHIDA, MD, FJCC
Takeshi HOZUMI, MD
Takashi AKASAKA, MD, FJCC
Tsutomu TAKAGI, MD
Yoshihiro YONEZAWA, MD
Yumiko OGATA, MD
Toshikazu YAGI
Junichi KAWAI
Hidetomi ITO
Shigefumi MORIOKA, MD, FJCC
Hideki YOSHIOKA*¹
Masahide NISHIURA*¹
Mutsumi WATANABE*¹
Junichi YOSHIKAWA, MD, FJCC*²

Abstract

A recently developed contour tracking method provides automated edge detection of left ventricular endocardium without a region of interest. The accuracy of this automated contour tracking (ACT) method in the evaluation of left ventricular ejection fraction was assessed in 20 patients (16 males and 4 females, mean age 58 years) using both the ACT method and equilibrium radionuclide angiography. Ejection fractions measured by the ACT method correlated well with those measured by equilibrium radionuclide angiography ($y=0.8x+11.9$, $r=0.91$, $SEE=4.0\%$, $p<0.01$).

The ACT method provides an accurate estimate of left ventricular ejection fraction.

Key Words

Echocardiography (transthoracic), Ejection fraction, Radionuclide imaging

はじめに

左室駆出率 (percent ejection fraction : %EF) は心機能

の定量評価法の一つとして、臨床上確立された指標として用いられている¹⁾。特に左心室造影検査と核医学検査 (心プールシンチグラフィー) で得られた %EF は、

神戸市立中央市民病院 循環器センター内科：〒650 神戸市中央区港島中町4-6; *¹東芝関西研究所, 神戸; *²大阪市立大学医学部 第一内科, 大阪

Division of Cardiology, Kobe General Hospital, Kobe; *¹Toshiba Kansai Research Laboratories, Kobe; *²The First Department of Internal Medicine, Osaka City University Medical School, Osaka

Address for reprints : YOSHIDA K, MD, FJCC, Division of Cardiology, Kobe General Hospital, Minatojima-nakamachi 4-6, Chuo-ku, Kobe 650
Manuscript received December 16, 1996; accepted January 20, 1997

Selected abbreviations and acronyms

ACT=automated contour tracking
 EDV=end-diastolic volume
 ESV=end-systolic volume
 %EF=percent ejection fraction
 ROI=region of interest

信頼性の高いものとして臨床上広く用いられている²⁻⁴⁾。近年では断層心エコー図によっても、比較的簡略に短時間で左室容積、駆出率が求められるようになってきた。

現在、断層心エコー図により左室容積、駆出率を求める場合、用手法で左室内膜をトレースするのが一般的であるが⁵⁾、心内膜の自動描出法についてはこれまでもいくつかの報告がある⁵⁻¹¹⁾。最近では、acoustic quantification (AQ) 法が自動心機能計測において、臨床上有用であることも報告されている^{10,11)}。本法にはオンライン解析によるリアルタイム計測が可能であるという利点がある反面、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不可能であり、また関心領域 (region of interest: ROI) の設定^{9,12)}が必要であった。

今回、新たに開発された自動輪郭追跡 (automated contour tracking: ACT) 法によれば、左室内腔に1ポイントを設定すれば、各フレームごとに心内膜トレースが自動的に行われ、用手法と同程度の心内膜トレースが可能である^{13,14)}。更に Simpson の変法を適用すれば左室容積、駆出率の自動計測も可能であり、心機能評価での有用性が期待される^{13,14)}。

今回の研究目的は、断層心エコー図で ACT 法を用いて左室駆出率の自動計測を行い、心プールシンチグラフィで得られた左室駆出率と比較することにより、ACT 法の心機能評価における臨床的有用性を検討することである。

対象と方法

1. ACT 法の原理

最初に心腔内にある1つのポイントを設定すると、複数個の離散点 (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、次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方法である。この輪郭変形には、エネルギー最小化原理と重み付き分離度法が用いられている¹³⁻¹⁵⁾。

2. 対象

対象は、断層心エコー図法により心尖部四腔断面像あるいは心尖部二腔断面像で心内膜が連続的に描出でき、局所壁運動異常がない洞調律の20例 (男16例、女4例、平均年齢58歳) である。

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 フレーム/秒でワークステーション (AS4080) に取り込み、オフラインで本法により左室内膜の自動トレースを1心周期にわたって行った。Simpson 変法から、拡張末期容積 (end-diastolic volume: EDV), 収縮末期容積 (end-systolic volume: ESV) を求めた (Fig. 1)。次いで、次式より %EF を求めた。

$$\%EF = (EDV - ESV) / EDV \times 100$$

心プールシンチグラフィ (平衡法): General Electric 製 400AC 低エネルギー用平衡コリメーターおよび General Electric 製 Starcam 解析装置を使用した。対象例に対して、pyrophosphate で前処置した ^{99m}Tc 740 MBq を安静時静注し、左前斜位 45° で心電図 RR 同期 400 心拍を撮像した。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 EDV, ESV から ACT 法と同様に %EF を求めた。

分析: ACT 法および心プールシンチグラフィにより求められた %EF を、直線回帰分析により比較検討した。

結 果

処理速度は1フレーム当たり2-3秒で行われ、ACT 法により求められた %EF は、心プールシンチグラフィと極めて良好な相関を示した ($y=0.8x+11.9, r=0.91, SEE=4.0\%, p<0.01$; Fig. 2)。

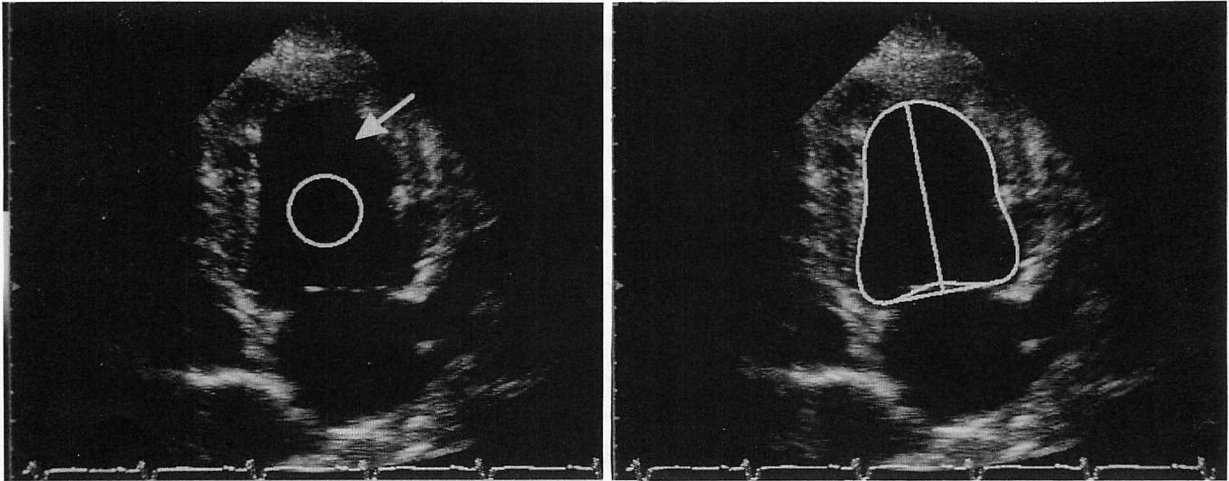


Fig. 1 Detection of left ventricular endocardium by the automated contour tracking method

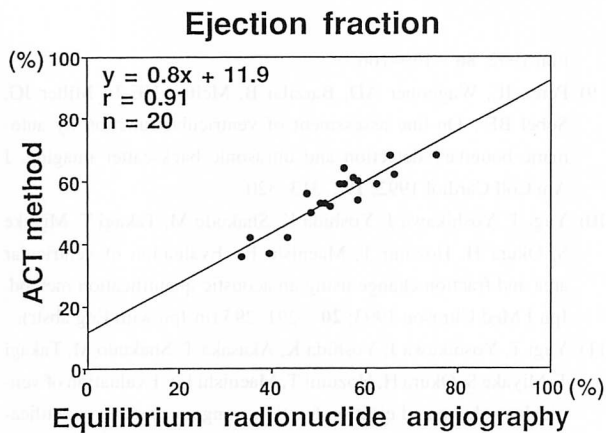


Fig. 2 Comparison of ejection fraction measured by the automated contour tracking method and equilibrium radionuclide angiography

考 察

心内膜の自動描出法については、これまでもいくつかの報告がある⁵⁻¹¹⁾。従来の方法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、ROI設定の必要性和⁹⁻¹¹⁾、それに伴う弁輪部(僧帽弁)の動きという問題点があった¹²⁾。またAQ法では、オンライン解析によるリアルタイム計測が可能であるという利点がある一方、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るという欠点があった。

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方法^{13,14)}、最初に心腔内に1つのポイント設定すればこれが変形して初期輪郭が描出され、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、ROI設定も必要なく、それに伴う弁輪部の動きの問題も生じない。本法では、Kassらによって提案されたエネルギー最小化原理による輪郭描出法(snakes)¹⁶⁾を基本とするが、一連のエネルギー最小化過程を心壁エッジ検出過程(引力)と輪郭形状整形過程(弾性力)の2つに独立させて処理している^{13,14)}。更に、心内腔に比較して心筋部の輝度が高いという特徴を重み係数に反映させた重み付き分離度法^{14,15)}を新たに取り入れ、心内膜の自動描出も効果的に行いえたものである。

左室内腔面積・容積計測において、ACT法は用手法との間に良好な相関を示すことは報告されているが^{17,18)}、既に確立された検査法との比較については十分に検討されていない。今回の研究では、左室駆出率計測に関しては非侵襲的で左室形態に影響されないことから、信頼性の高いものとして広く用いられている心プールシンチグラフィ²⁻⁴⁾と、ACT法を比較検討した。両法による%EFはよく一致しており、ACT法は臨床的に使用しうるものと思われた。ただし現在のところ、本法はリアルタイム計測が不可能であり、ビデオ記録よりオフライン解析しなければならず、今後更なる処理速度の向上が望まれる。

結 語

ACT法により得られた左室駆出率は、心プールシンチグラフィによるそれとよく一致しており、心機能自動計測において臨床的に使用可能と思われる。

要 約

新たに開発された自動輪郭追跡 (automated contour tracking : ACT) 法によれば, 断層心エコー図上で, 左室内腔に 1 ポイントを設定すれば, 関心領域 (ROI) 設定の必要なく自動的に心内膜トレースが行われる。更に Simpson 変法により, 左室容積および駆出率の自動計測も可能である。

今回の研究目的は, ACT 法における左室駆出率を核医学検査 (心プールシンチグラフィ) のそれと比較し, ACT 法の臨床的有用性を検討することである。

対象は断層心エコー図で良好な画像が得られた 20 例 (男 16 例, 女 4 例, 平均年齢 58 歳) である。

ACT 法により求められた %EF は, 心プールシンチグラフィにより得られた値と極めて良好な相関を示した ($y=0.8x+11.9$, $r=0.91$, $SEE=4.0\%$, $p<0.01$)。このように, ACT 法による左室駆出率の自動計測は, 臨床的に使用可能であると考えられた。

J Cardiol 1997; 29: 225-229

文 献

- 1) Schiller NB, Shah PM, Crawford M, DeMaria A, Devereux R, Feigenbaum H: Recommendations for quantitation of the left ventricle by two-dimensional echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 1989; 2: 358-367
- 2) Burow RD, Strauss HW, Singleton R, Pond M, Rehn T, Bailey IK, Griffith LC, Nickoloff E, Pitt B: Analysis of left ventricular function from multiple gated acquisition (MUGA) cardiac blood pool imaging: Comparison to contrast angiography. *Circulation* 1977; 56: 1024-1028
- 3) Wackers FJT, Berger HJ, Johnstone DE, Goldman L, Reduto LA, Langou RA, Gottschalk A, Zaret BL: Multiple gated cardiac blood pool imaging for left ventricular ejection fraction: Validation of the technique and assessment of variability. *Am J Cardiol* 1979; 43: 1159-1166
- 4) Sorensen SG, Hamilton GW, Williams DL, Ritchie JL: R-wave synchronized blood pool imaging: A comparison of the accuracy and reproducibility of fixed and computer automated varying regions-of-interest for determining the left ventricular ejection fraction. *Radiology* 1979; 131: 473-478
- 5) Melton HE Jr, Collins SM, Skorton DJ: Automatic real-time endocardial edge detection in two-dimensional echocardiography. *Ultrason Imaging* 1983; 5: 300-307
- 6) 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
- 7) Bosch JG, Reiber JHC, Burken G, Gerbrands JJ, Kostov A, Goor AJ, Deal MERM, Roelandt JRTC: Development towards real-time frame-to-frame automatic contour detection on echocardiograms. *Comput Cardiol* 1990; 435-438
- 8) Vandenberg BF, Rath LS, Stuhlmüller 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
- 9) Pérez 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
- 10) Yagi T, Yoshikawa J, Yoshida K, Shakudo M, Takagi T, Miyake S, Okura H, Hozumi T, Maenishi F: Evaluation of ventricular area and fraction change using an acoustic quantification method. *Jpn J Med Ultrason* 1993; 20: 291-295 (in Jpn with Eng abstr).
- 11) Yagi T, Yoshikawa J, Yoshida K, Akasaka T, Shakudo M, Takagi T, Miyake S, Okura H, Hozumi T, Maenishi F: Evaluation of ventricular volume and ejection fraction using an acoustic quantification method. *Jpn J Med Ultrason* 1993; 20: 669-673 (in Jpn with Eng abstr)
- 12) Yagi T, Yoshikawa J, Yoshida K, Akasaka T, Hozumi T, Shakudo M, Miyake S, Okura H, Honda Y: The effects of a track-ball-derived region of interest on left ventricular volume using an acoustic quantification method. *Jpn J Med Ultrason* 1994; 21: 489-491 (in Jpn with Eng abstr)
- 13) Yoshioka H, Yuasa M, Yoshikawa J, Yoshida K, Hozumi T, Yagi T: Heart wall contour extraction on ultra sound image by using ACC (automatic contour chase) method. *Med Imaging Technol* 1995; 4: 653-654 (in Jpn with Eng abstr)
- 14) Yoshioka H, Yuasa M: Heart wall contour extraction on ultrasound image using the automatic contour tracking (ACT) method. *Jpn Soc Med Imaging Technol* 1997; in press (in Jpn with Eng abstr)
- 15) Fukui K: Edge extraction based on separability of image features. *Comput Vision* 1994; 87: 43-49 (in Jpn with Eng abstr)
- 16) Kass M, Witkin A, Terzopolos D: Snakes: Active contour models. *Int J Comput Vision* 1988; 321-331
- 17) Yoshida K, Yoshikawa J, Hozumi T, Akasaka T, Takagi T, Yoshioka H: Improved quantitation of left ventricular area and fractional area change by automatic contour chase: A new method for automated border detection without tracing a region of

interest. *J Am Coll Cardiol* 1995; **25** (Suppl): 56A (abstr)
18) Hozumi T, Yoshikawa J, Yoshida K, Takagi T, Yamamuro A,
Yoshioka H: Automatic quantitation of left ventricular volume by

new automated border detection method without tracing a region
of interest (automatic contour chase method). *Circulation* 1995; **92**
(Suppl I): I-779-I-780 (abstr)