

## 《短 報》

# <sup>99m</sup>Tc-Tetrofosmin 心拍同期心筋 SPECT データを用いた 左室収縮能評価

——左室辺縁自動抽出法による容量算出に基づく機能解析——

汲田伸一郎\* 趙 圭一\* 水村 直\* 木島 鉄仁\*  
 石原眞木子\* 鳥羽 正浩\* 井上 幸平\* 隈崎 達夫\*  
 佐野 純子\*\* 多田祐美子\*\* 哲翁 弥生\*\* 酒井 俊太\*\*  
 草間 芳樹\*\* 宗像 一雄\*\*

**要旨** 各種心疾患 33 例に <sup>99m</sup>Tc-Tetrofosmin 555~740 MBq を静注, 30~60 分後より ADAC 社製 2 検出器型ガンマカメラ VERTEX システムを用い, 心拍同期心筋 SPECT データ収集を行った. 得られた SPECT データより左室辺縁抽出法に基づき左室容量および左室駆出分画 (LVEF) を算出, 生データより機能解析終了までおよそ 3 分 30 秒の所要時間であった. 2 名の検者により任意の 10 症例に対し, LVEF および左室拡張末期容量の算出を行ったところ, 検者間の解析値の比較ではそれぞれ相関係数  $r=0.996$ ,  $r=0.988$  ときわめて良好な再現性を示した. また SPECT データより算出した LVEF は, 心プールシンチグラフィにより得られたそれとの比較にて  $r=0.91$  と良好な相関を示した. 本機能解析法は再現性, 信頼性に富み, かつきわめて短時間内の処理が可能であるため, 臨床的に有用な検査手法であると考えられる.

(核医学 34: 237-242, 1997)

## I. はじめに

<sup>99m</sup>Tc-1,2-bis[bis(2-ethoxyethyl)phosphino]ethane (<sup>99m</sup>Tc-Tetrofosmin), <sup>99m</sup>Tc-methoxy-isobutyl isonitrite (<sup>99m</sup>Tc-MIBI) などのテクネチウム標識心筋血流トレーサは, データ収集時に心電図同期法を併用することにより, 心機能の同時評価が可能である. 心電図同期心筋 SPECT データを用いた機能解析法としては, 収縮時の心筋 count density の上

昇率を算出する方法<sup>1)</sup>と左室内腔を抽出する方法<sup>2,3)</sup>等が存在するが, それぞれの解析法においては客観性, 再現性といった事項が重要となる.

今回, 著者らは ADAC 社製 2 検出器型ガンマカメラ VERTEX を用い, 左室内腔自動抽出法を基本とした機能解析を各種心疾患症例に対し使用し, 解析データの信頼性, 臨床的有用性につき検討を行った.

## II. 対 象

対象は各種心疾患 33 例, 男性 26 例, 女性 7 例, 平均年齢 63 歳である. 心疾患の内訳は, 心筋梗塞 21 例, 労作性狭心症 7 例, 弁膜症 1 例, 不整脈 2 例, 心筋症 2 例である.

\* 日本医科大学放射線科

\*\* 同 第一内科

受付: 9 年 1 月 17 日

最終稿受付: 9 年 3 月 6 日

別刷請求先: 東京都文京区千駄木 1-1-5 (☎ 113)

日本医科大学附属病院放射線科

汲 田 伸 一 郎

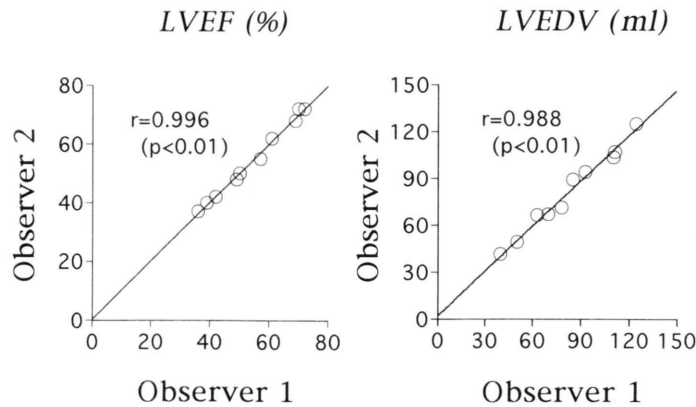


Fig. 1 Reproducibility of measurement of LVEF and LVEDV calculated from gated myocardial SPECT.

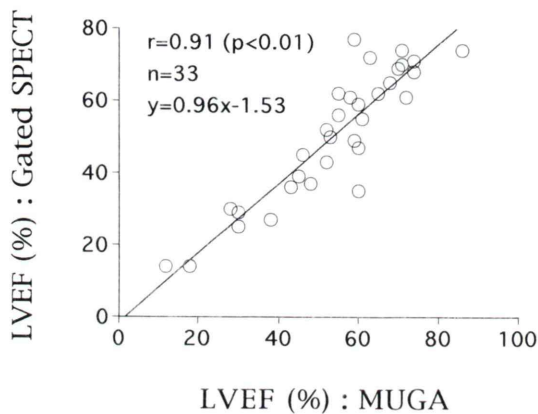


Fig. 2 Correlation between LVEF calculated from radionuclide ventriculography (MUGA) with  $^{99m}\text{Tc}$ -HSAD and gated myocardial SPECT with  $^{99m}\text{Tc}$ -Tetrofosmin.

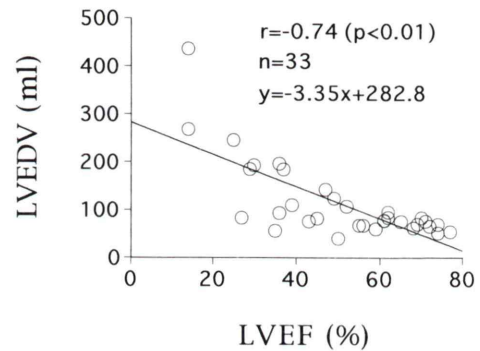


Fig. 3 Correlation between LVEF and LVEDV calculated from gated myocardial SPECT with  $^{99m}\text{Tc}$ -Tetrofosmin.

### III. 方 法

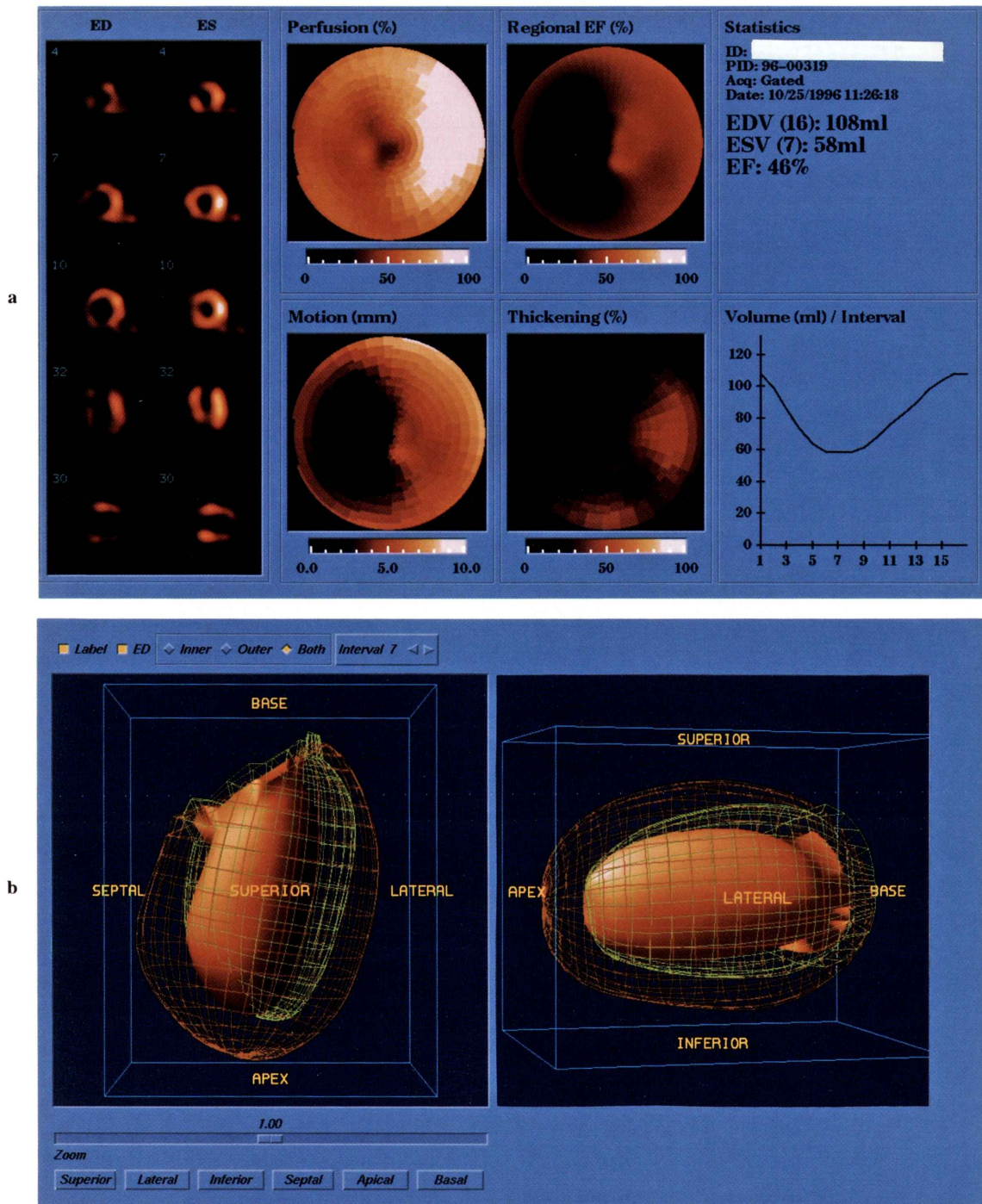
#### 1. 心電図同期心筋 SPECT データ収集

安静時の被験者に  $^{99m}\text{Tc}$ -Tetrofosmin 555~740 MBq を静注, 30~60 分後より ADAC 社製 2 検出器型ガンマカメラ VERTEX を用い心筋 SPECT データ収集を行った. 安静仰臥位の被験者に心電図モニタリングを行い R 波をトリガーし, 低エネルギー汎用型コリメータを装着した 2 検出器を 90 度 L 字型に設定, 1 方向 50 秒, 5 度ごと 18 方向

( $\times 2$ ) にて RAO 45 度から LPO 45 度までの 180 度心拍同期心筋 SPECT データ収集を行った. ここで R-R 間隔は 16 分割, matrix は  $64 \times 64$  とした.

#### 2. 心電図同期 SPECT データを用いた左室機能解析

SPECT データは, 前処理として Butterworth filter (order=10, critical frequency=0.2 cycles/pixel, slice thickness=6.5 mm) を用い, filtered backprojection (ramp filter) により再構成を行った. ついで得られた心筋 SPECT データより, 処理装置 Pegasus を用い左室内腔を自動抽出し, 左室拡張末期容積 (LVEDV; ml), 左室収縮末期容積およ



**Fig. 4** A 65-year-old male with anterior myocardial infarction. a) The results display myocardial hypoperfusion and regional hypocontractility in the anterior to anteroseptal wall. SPECT EF quantification shows an EF of 46%. b) The 3D cine displays show akinesis in the anterior to anteroseptal wall. The outer wire cage: the epicardial surface at end systole. The inner wire cage: the endocardial surface at end diastole. The solid surface: the endocardial surface at end systole

び左室駆出分画 (LVEF; %) の算出を行った。

ここで左室容量および機能値の自動解析であるが<sup>2,3)</sup>, はじめに SPECT データに threshold 法に基づく三次元的な二値化を行い, 左室を一つの集合体として認識させる. ついで集合体の中心点より放射状直線を引き, circumferential profile analysis における max pixel をもって心筋部の中心点を設定, これをつなぎ合わせるにより左室の骨格 (midmyocardium) を作成する. 次に左室内腔中心点と midmyocardium 各構成点とを結ぶ直線上のカウント正規分布を計算する. midmyocardium から内外に向けてカウント分布の標準偏差に対する 65% 値点を認識させ, それぞれ心内膜面, 心外膜面として自動抽出を行う. ここで標準偏差の 65% という値は, Germano らのファントム実験<sup>3)</sup> に基づきプログラム内に設定されている値である. この操作を R-R 16 分割像に対し施行することにより, 心拍動に伴う容積変化を捉えることが可能となる.

### 3. 左室容量および左室駆出分画算出における再現性の評価

対象のうち任意の 10 例を選択し, 2 名の検者により心電図同期心筋データを用いた LVEDV, LVEF 算出を行った. 2 名の検者は当然のことながら互いの解析データを参照せず, また心エコー, 心プールシンチグラフィなど他のモダリティによる左室解析値も参考としなかった. ここで SPECT 画像再構成後の左室辺縁抽出はすべて自動的に行われるため, 生データからの再構成過程を含め 2 名の解析値比較とした.

### 4. 心プールシンチグラフィとの機能解析値比較

対象 33 例に対し, 心電図同期心筋シンチグラフィと平均  $12.9 \pm 16.0$  日の間隔をあけ  $^{99m}\text{Tc}$ -HSAD 740 MBq を用いた心プールシンチグラフィを施行した. 東芝社製ガンマカメラ GCA 602A を用い, 平衡時左前斜位像 (best septal position) より 10 分間のデータ収集を行い LVEF を算出, 心電図同期心筋 SPECT データより求めた LVEF との比較を行った. ここで両シンチグラフィ間には,

臨床症状の変化, 心筋逸脱酵素の上昇などは認めなかった.

## IV. 結 果

R-R 間隔を 16 分割した生データから心筋 SPECT 画像再構成に要する時間は約 3 分, また再構成データより左室容積および機能解析値算出までは約 30 秒ときわめて短時間内の処理が可能であった. さらに解析値算出と同時に三次元左室シネモードの描出をも行うことができた.

生データをもとに 2 名の検者が行った 10 症例の解析結果の比較では, LVEF (%) は相関係数  $r = 0.996$  ( $p < 0.01$ ), 回帰直線  $y = 0.99x + 0.46$ , LVEDV (ml) は  $r = 0.988$  ( $p < 0.01$ ),  $y = 0.96x + 0.18$  と両者ともにきわめて良好な再現性が得られた (Fig. 1).

つぎに対象 33 例における心プールシンチグラフィ (=x) と心電図同期心筋 SPECT データ (=y) により得られた LVEF (%) の比較では,  $r = 0.91$  ( $p < 0.01$ ),  $y = 0.96x - 1.53$  と良好な相関が得られた (Fig. 2). また SPECT データより算出した LVEF (=x) と LVEDV (=y) との比較では,  $r = -0.74$  ( $p < 0.01$ ),  $y = -3.35x + 282.8$  と良好な逆相関を示した (Fig. 3).

### 【症例呈示】

65 歳, 男性, 前壁心筋梗塞症例. 画像再構成から約 30 秒後に R-R 16 分割データに基づく左室容量曲線が描出され, 算出された LVEF は 46% と低下, LVEDV は 108 ml であった. 各種 Bull's eye polar map により前壁から前壁中隔に及ぶ心筋血流, 局所収縮能低下が明瞭に捉えられている (Fig. 4a). 同時 3 次元シネモードを動画にて参照すると, 前壁から心尖部, 遠位中隔はほぼ akinesis であった (Fig. 4b). マウス操作により on time にて任意の視点よりの観察が可能であった.

## V. 考 察

$^{99m}\text{Tc}$ -Tetrofosmin,  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI といったテクネチウム標識心筋血流製剤の臨床使用に伴い, 心筋血流イメージに加えて, 心電図同期法を併用した

心機能解析の臨床応用が行われるようになった。一般臨床検査として心拍同期心筋シンチグラフィを行う場合には、データ収集時間の短縮、機能解析を含めたデータ処理時間の短縮が必須となる。データ収集に関しては、3 検出器型ガンマカメラあるいは本検討に用いた 90 度 L 字型に設定可能な 2 検出器型ガンマカメラ等の開発により、収集効率の向上が得られた。またデータ処理に関しても、処理装置の発達に伴い、一般臨床検査として対処可能な時間内の解析が行われるようになってきている。本検討において用いたデータ処理装置 Pegasys でも R-R 間を 16 分割した生データからの画像再構成に約 3 分、引き続き行った機能解析および同時三次元シネモード表示まで約 30 秒と、きわめて短時間内のデータ処理が可能であった。

本検討では左室内腔抽出による容積変化を基本とした機能解析を行った。辺縁抽出法において問題となるのは、シンチグラフィ上で広い欠損像として表現される梗塞部心筋および僧帽弁領域の認識である。前者に対しては左室中心点の逐次補正を伴った左室辺縁の楕円近似により、また後者に対しては count threshold 法に基づいた自動抽出法により対処している<sup>2,3)</sup>。

さて本システムにおける自動解析データの再現性に関してであるが、画像再構成後の過程はすべて自動的に処理されるため、生データからの処理をも含め再現性評価を行った。2 名の検者間比較において LVEF (%) は  $r=0.996$ 、LVEDV (%) も  $r=0.988$  ときわめて良好な相関が得られ、優れた再現性が示された。

ここで心電図同期心筋 SPECT データより算出

された LVEF (%) は心プールシンチグラフィにより求めたそれときわめて良好な相関を示し ( $r=0.91$ )、信頼性の高い機能解析値であると考えられる。また LVEF (%) と LVEDV (ml) との比較では  $r=-0.74$  と良好な逆相関が得られており、心機能低下に伴う左室容量負荷を反映する結果が得られているものと考えられる。ただ本検討では LVEDV 算出値と、カテーテル左室造影より求めた左室容量等、他のモダリティとの比較検討は行っていない。本検討にて解析された容量算出値に影響を与え得る因子としては、SPECT 再構成時の前処理 filter における order 値および cut off 値、あるいは内腔抽出処理において固定されている circumferential profile analysis の max point からの偏差比率<sup>3,4)</sup> (本報では 65%) 等が考えられる。今後はファントムを用いた基礎的検討をも踏まえ、各種設定条件における算出容量変化、ならびに臨床的信頼性につき検討を行っていく予定である。

## 文 献

- 1) 汲田伸一郎, 隈崎達夫: <sup>99m</sup>Tc-MIBI 心拍同期心筋シンチグラフィを用いた心機能解析 map の開発——三検出器型ガンマカメラシステムによる臨床応用——. 核医学 31: 43-52, 1994
- 2) Germano G, Kavanagh P, Su HT, Mazzanti M, Kiat H, Hachamoritch R, et al: Automatic reorientation of three-dimensional, transaxial myocardial perfusion SPECT images. J Nucl Med 36: 1107-1119, 1995
- 3) Germano G, Kiat H, Kavanagh P, Moriel M, Mazzanti M, Su H, et al: Automatic quantification of ejection fraction from gated myocardial perfusion SPECT. J Nucl Med 36: 2138-2147, 1995
- 4) Hoffman EJ, Huang SC, Phelps ME: Quantitation in positron emission computed tomography: 1. Effect of object size. J Comput Assist Tomogr 3: 299-308, 1979

## Summary

### Assessment of Left Ventricular Systolic Function Derived from ECG-Gated Myocardial SPECT with <sup>99m</sup>Tc-Tetrofosmin: Automatic Determination of LV Epi- and Endocardial Surface

Shin-ichiro KUMITA\*, Keiichi CHO\*, Sunao MIZUMURA\*, Tetsuji KIJIMA\*, Makiko ISHIHARA\*, Masahiro TOBA\*, Kohei INOUE\*, Tatsuo KUMAZAKI\*, Junko SANO\*\*, Yumiko TADA\*\*, Yayoi TETSUOU\*\*, Shunta SAKAI\*\*, Yoshiki KUSAMA\*\* and Kazuo MUNAKATA\*\*

*\*Department of Radiology, \*\*First Department of Internal Medicine, Nippon Medical School*

Non-invasive assessment of ischemic heart disease requires information of both LV function and myocardial perfusion. Recently, ECG-gated myocardial SPECT with technetium-labeled radiopharmaceuticals can provide both of them. Gated myocardial SPECT were performed in thirty-three patients with cardiac disease using a two-headed rotating gamma camera system (ADAC; VERTEX), 30–60 minutes after resting injection of 555–740 MBq of <sup>99m</sup>Tc-Tetrofosmin. Then, the SPECT data were used to determine the LV epi- and endocardial surface, and LV volume for measurement of LVEF was calculated

automatically. This entire computational process required only 210 seconds per 16 frame study. Inter-observer agreement of EF values obtained from gated SPECT was excellent ( $r=0.996$ ,  $n=10$ ,  $p<0.01$ ). LVEFs obtained from gated SPECT showed good correlation to those calculated from radionuclide ventriculography (MUGA) ( $r=0.91$ ,  $p<0.01$ ).

In conclusion, this automatic method using gated myocardial SPECT data was considered to be useful for assessment of LV function with reproducibility.

**Key words:** Technetium-99m-tetrofosmin, Gated myocardial SPECT, Left ventricular function.