

## 《原 著》

## 心筋ゲート SPECT による心筋収縮・弛緩機能の評価

足立 至*	杉岡 靖*	田渕耕次郎*	山本 和宏*
辰 吉光*	雑賀 良典*	西垣 洋*	松井 律夫*
末吉 公三*	植林 勇*	田本 重美**	大竹 義章***

**要旨** 心筋ゲート SPECT を施行し自動輪郭抽出法による心筋容量曲線の作成を 24 症例に試みたところ以下の結果を得た。集積異常のない心筋や肥大した心筋では閾値 50–60% の自動輪郭抽出法を用いて同一平面上で心筋の移動に追従することができ、また心筋梗塞などの集積低下した部位では閾値 20% 程度で輪郭抽出できた。健常者的心筋容量曲線は拡張期に急速に心筋の弛緩があり、統いて緩徐に弛緩するパターンが得られた (N 型)。心筋容量曲線の収縮遅延パターン (DC 型) は心筋集積低下を認めた部位で多く見られ、弛緩遅延パターン (DR 型) は心筋集積増加部位で多く見られ、心筋の梗塞部位や肥厚部位の性状と心筋容量変化の関連が示唆された。下壁が腹部臓器との重なりのために心筋容量曲線の作成が困難な症例も見られた。心筋容量曲線の視覚的な分類においても心筋の収縮期の収縮機能のみならず拡張期の心筋の弛緩能も評価可能と考えられた。

(核医学 31: 1453–1463, 1994)

## I. 目 的

心電図同期による心筋ゲート法は  $^{201}\text{TI}$  や単検出器型ガンマカメラでも検討されていたが、近年開発された  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  心筋製剤や多検出器型ガンマカメラと高速な処理装置で SPECT (single photon emission computed tomography) を行い、さらに詳細な検討が見られるようになった<sup>1–9</sup>。しかし多くの心筋ゲート SPECT の検討は左室収縮機能に関するものであり、左室拡張機能の評価は心ブルシンチグラフィでの検討が多い。今回われわれは新しい心筋血流製剤である  $^{99\text{m}}\text{Tc-tetrofosmin}$  と

3 検出器型ガンマカメラを使用し、心筋ゲート SPECT を行い各スライスでの心筋容量変化の曲線表示を行い、心筋の収縮期機能のみならず拡張期機能も検討したので報告する。

## II. 対 象

対象は 1994 年 4 月から 6 月までに心筋ゲート SPECT を施行した 24 症例、平均年齢  $53 \pm 12$  歳、男性 19 例、女性 5 例である (Table 1)。健常ボランティア 3 例と疾患例 21 例で、内訳は種々の心筋症 10 例、冠動脈疾患 10 例、その他 1 例であり、詳細は Table 1 の通りである。

## III. 方 法

使用装置はシーメンス社製 ZLC-7500 型ガンマカメラ、島津社製シンチパック 2400 型データ処理装置ならびに東芝社製 3 検出器型ガンマカメラ GCA-9300A、データ処理装置として GMS-5500A である。負荷方法は臥位自転車エルゴメータに

\* 大阪医科大学放射線科

\*\* 同 第一内科

\*\*\* 同 第三内科

受付: 6 年 7 月 18 日

最終稿受付: 6 年 10 月 3 日

別刷請求先: 高槻市大学町 2-7 (〒 569)

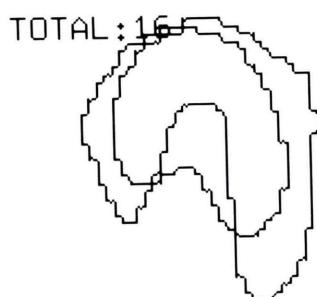
大阪医科大学放射線科

足 立 至

**Table 1** Characteristics of the cases in this study

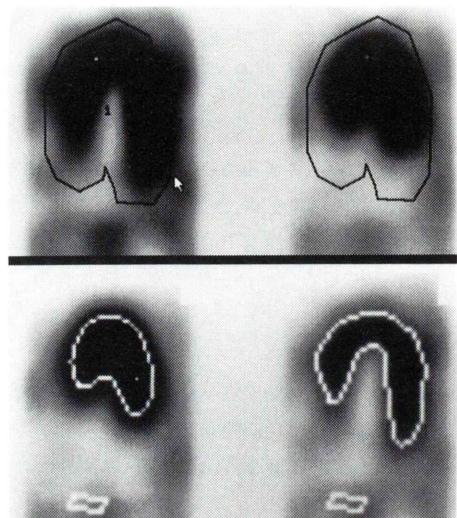
Case No.	Age	Sex	Clinical Diagnosis
1	37	M	Volunteer
2	33	M	Volunteer
3	32	M	Volunteer
4	53	M	OMI
5	62	M	Apical HCM
6	47	M	d-HCM
7	48	F	AP
8	51	F	HCM
9	46	M	Apical HCM
10	63	F	AR, HHD
11	44	M	OMI
12	60	M	HCN
13	71	M	OMI
14	54	M	Apical HCM
15	41	M	HCM
16	61	M	OMI
17	51	M	OMI, p/s CABG
18	70	M	OMI
19	63	M	HCM
20	45	M	OMI
21	75	F	AP
22	42	M	d-HCM
23	68	F	AP, p/s CABG
24	65	M	DCM

Abbreviations: OMI: old myocardial infarction, HCM: hypertrophic cardiomyopathy, d-HCM: hypertrophic cardiomyopathy (dilated phase), AP: angina pectoris, AR: aortic regurgitation, HHD: hypertensive heart disease, p/s CABG: postoperative status of aortocoronary bypass grafting, DCM: dilated cardiomyopathy.

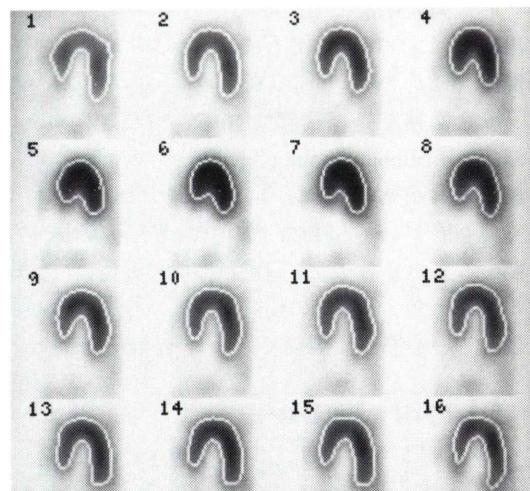


**Fig. 1b** The delineation of left ventricular myocardium was determined tightly by 50% of the threshold using automatic edge detection method.

よる多段階運動負荷法にて行い、<sup>99m</sup>Tc-tetrofosmin 心筋シンチグラフィは最大運動負荷時に 185–259 MBq を静注後さらに 1 分 30 秒間運動負荷を続け、約 15 分後から撮像を開始した。4 時



**Fig. 1a** The slice in the center of vertical long axis was displayed for both the ED (end-diastole) and ES (end-systole). The operator drew roughly the delineation of left ventricular myocardium.



**Fig. 1c** Sixteen region of interest (ROI) was setted automatically over the 16 frames of vertical long axis or horizontal long axis images respectively by variable size ROI method.

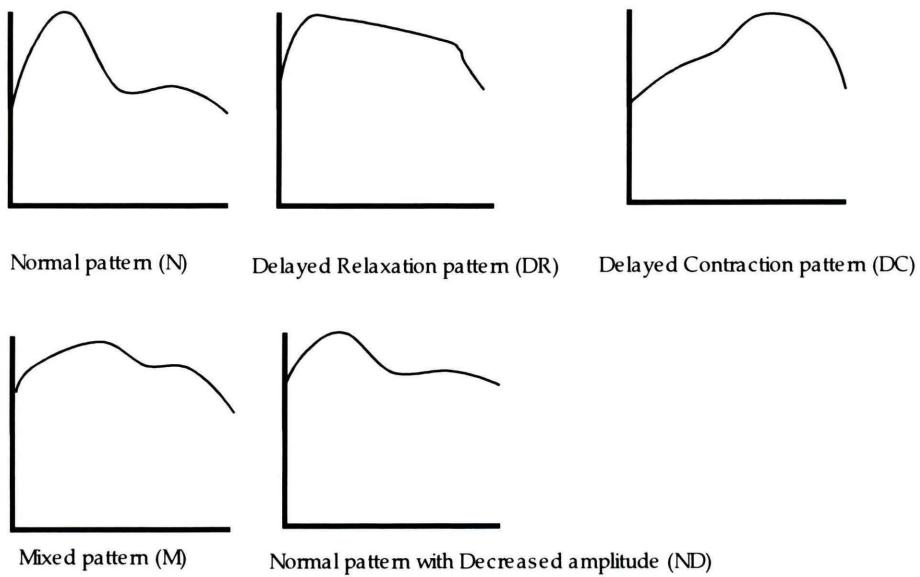


Fig. 2 Schema for the patterns of the myocardial volume.

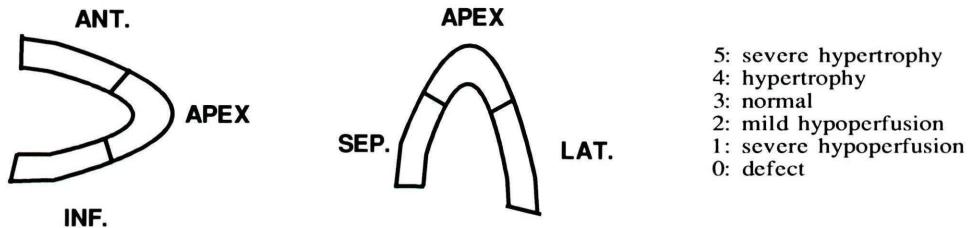


Fig. 3 Schema of segmental analysis. Abbreviations: VLA: vertical long axis view, HLA: horizontal long axis view, ANT.: anterior wall, INF.: inferior wall, SEP.: septum, LAT.: lateral wall.

間後の安静時に 555 MBq 再度静注し、約 30 分後から撮像を開始した。またすべて生理的食塩水 20 ml でフラッシュし、利胆目的として安静時は飲食を可とした。

通常の SPECT の撮像方法は ZLC-7500 型ガンマカメラを使用し右前斜位 45°から左後斜位 45°の 180°回転 32 方向から 1 方向 20 秒でデータ収集を行った。データ処理は空間スムージング後、Shepp & Logan フィルターにて再構成し、短軸、垂直長軸、水平長軸断層像を得た。Planar 像は 5 分間の収集で前面像のみを撮像した。

心筋ゲート SPECT は安静時のみに GCA-9300A 型ガンマカメラを使用しデータ収集はエネルギー

ピーク 140 KeV、エネルギー幅  $\pm 10\%$ 、心電図同期法で R-R 間隔を 16 分割 (16 フレーム) し  $64 \times 64$  マトリックスで、1 方向 60 秒、60 方向 (約 24 分間) で行った。データ処理は前処理に Butterworth フィルター、再構成に Ramp フィルターを使用し短軸、垂直長軸、水平長軸断層像を 1 フレームごとに収縮期から拡張期まで 16 フレームすべてを再構成した。心プールシンチグラフィ用のソフトウェアを応用し、得られた断層像の拡張末期像に心筋全体、前壁、中隔、心尖部、下壁、側壁にやや大きめに关心領域 (ROI) を設定し、さらに心尖部または心基部から離れた部位にバックグラウンド ROI を設定した (Fig. 1)。設定された

Table 2 Results of the each cases in this study

Case No.	VLA			HLA			VLA			HLA				
	ANT.	APEX	INF.	SEP.	APEX	LAT.	WHOLE	ANT.	APEX	INF.	WHOLE	SEP.	APEX	LAT.
1	3	3	3	3	3	3	ND	N	N	ND	N	N	N	N
2	3	3	3	3	3	3	N	N	N	N	N	N	N	ND
3	3	3	3	3	3	3	N	N	N	N	N	N	N	N
4	3	2	3	3	2	3	N	N	N	N	N	N	N	ND
5	3	2→4	3	3	2→4	3	N	N	ND	N	DR	DR	ND	DR
6	3	2→3	3	2→3	2→3	3	DR	N	DR	N	DR	DC	DR	ND
7	3	2→3	3	3	2→3	3	DR	N	DC	DR	DC	DC	DC	DR
8	3	3→5	3	3	3→5	3	N	N	DR	N	N	N	DR	N
9	4	5	3	4	5	4	ND	N	DR	ND	ND	N	DR	N
10	4	2	4	4	2	4	DR	M	DR	M	M	M	DR	M
11	3	2	0→1	1→2	3	3	ND	N	N	ND	ND	N	N	ND
12	4	4	4	4	3→4	4	N	N	DR	N	N	N	DR	N
13	3	3	3	3	3	2	N	ND	N	N	ND	N	ND	DR
14	3	2→4	3	3	2→4	3	N	N	DR	N	N	DR	DR	N
15	3	4	4	4	4	4	ND	N	DR	M	ND	N	DR	N
16	1	0	3	1	0	3	N	DC	DS	N	ND	DC	DC	N
17	3	2	3	2	2	3	N	N	N	ND	N	N	N	ND
18	3	3	2	3	3	3	N	N	N	ND	N	N	DR	ND
19	4	4	4	4	4	4	N	N	DR	ND	N	N	ND	DR
20	3	3	0→1	3	3	2→3	DC	N	DC	M	DC	DC	N	DC
21	3	3	3	3	3	3	N	ND	N	M	N	N	N	DC
22	1→2	3	2	2	3	3	DR	M	DR	M	ND	ND	N	ND
23	3	3	3	3	3	3	ND	N	N	DC	N	N	N	DR
24	3	3	2→3	2→3	3	3	DR	M	ND	DR	M	M	DR	M

Abbreviations: VLA: vertical long axis view, HLA: horizontal long axis view, ANT.: anterior wall, INF.: inferior wall, SEP.: septum, LAT.: lateral wall, 5: severe increased uptake, 4: increased uptake, 3: normal, 2: decreased uptake, 1: severe decreased uptake, 0: defect, →: fill in; For example, 2→4 means decreased uptake (2) at the early image changing to increased uptake (4).

Table 3 Comparison between the grade of myocardial uptake and the pattern of myocardial volume curve

	0	1	2	3	4	5	0,1→1,2	1,2→3	1,2→4,5	Total
N			6	53	11		1			71
ND			2	14	2		1		2	21
DC	2	2		5				4		13
DR			3	9	5	2		3	5	27
M			1	3	5		2	1		12
Total	2	2	12	84	23	2	4	8	7	144

ROIをおのののフレームごとに閾値(threshold)50–60%で自動輪郭抽出し<sup>19)</sup>、心筋カウント数の変化をR-R間隔にあわせて時間放射能曲線を作成した。作成された曲線は心筋容量曲線(Mycardial volume curve (MVC))として健常者や各疾患における曲線パターンを視覚的に検討した。

検討方法は曲線パターンを視覚的に正常パターン(N型), 弛緩遅延パターン(DR型), 収縮遅延パターン(DC型), 混合パターン(M型), 振幅の低い正常パターン(ND型)の5型に分類した(Fig. 2)。心筋を垂直長軸断層像から前壁(ANT.), 心尖部(APEX), 下壁(INF.)に分割し, 水平長軸断層

像を中隔 (SEP.), 心尖部 (APEX), 側壁 (LAT.) の計 6 segment に分割し区域ごとに心筋摂取の欠損 (0) から著しい心筋肥厚 (5) の 6 段階に分類し比較検討した (Fig. 3).

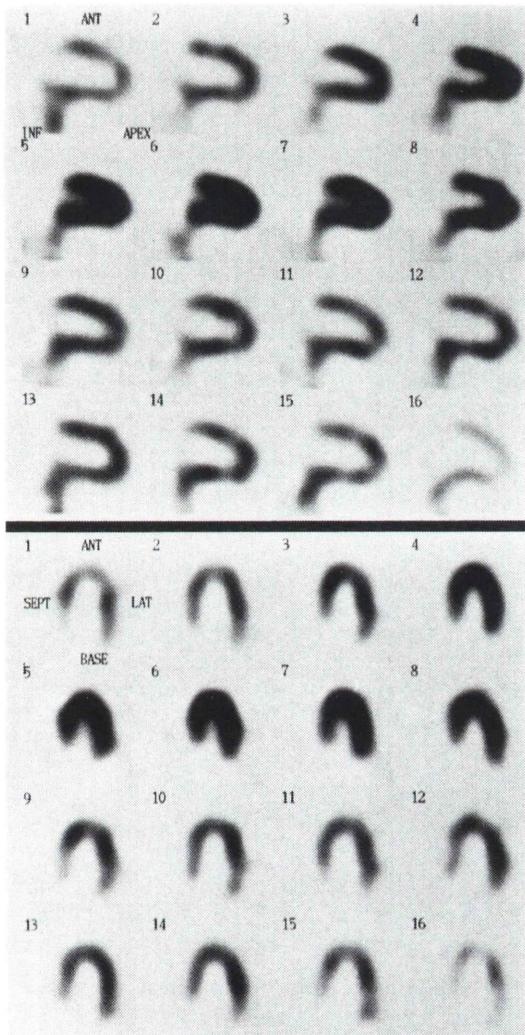


Fig. 4  $^{99m}$ Tc-tetrofosmin multi-gated myocardial SPECT in a case of normal volunteer.

Fig. 4a Upper: A series of vertical long axis view in a cardiac cycle divided to 16 frames. Lower: A series of horizontal long axis view in a cardiac cycle divided to 16 frames. Myocardial contraction and relaxation was clearly observed.

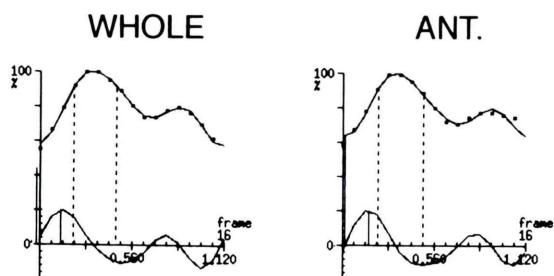


Fig. 4b Four myocardial volume curves of vertical long axis view. WHOLE: a ROI set over the whole myocardium in the center slice of vertical long axis view. ANT., APEX or INF.: ROIs set over the anterior, apical or inferior wall in the center slice of vertical long axis view.

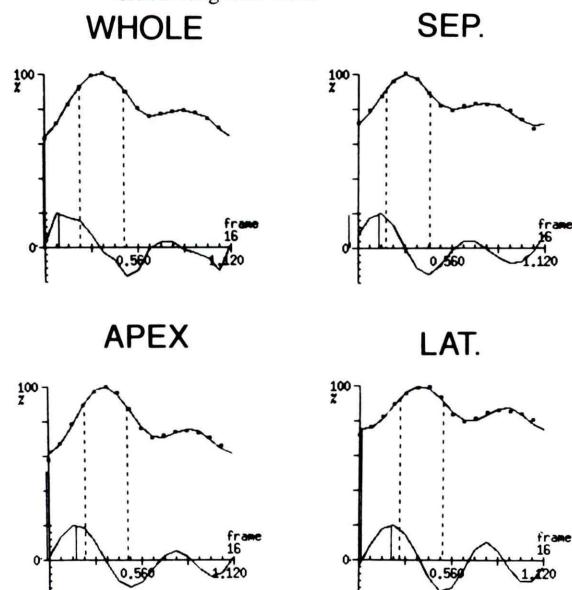
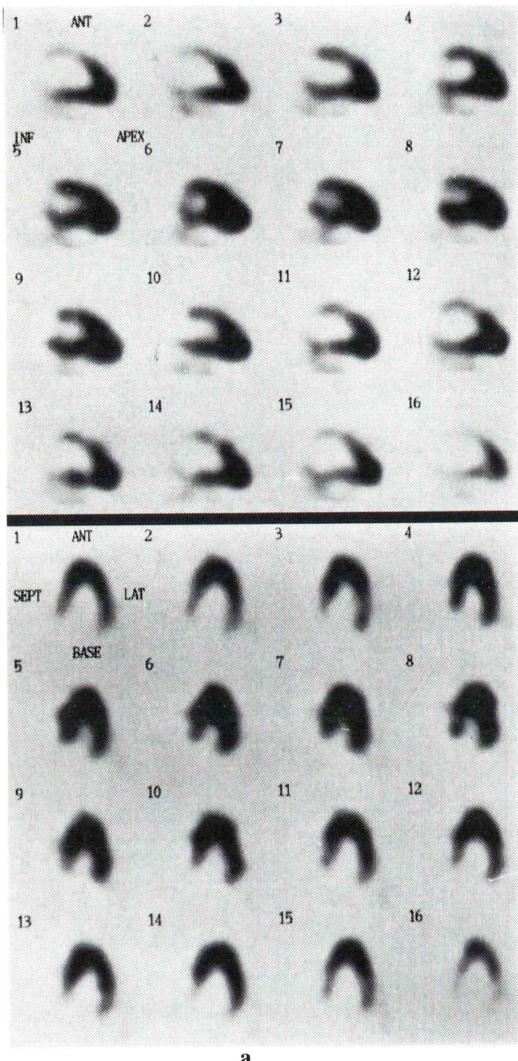


Fig. 4c Four myocardial volume curves of horizontal long axis view. WHOLE: a ROI set over the whole myocardium in the center slice of vertical long axis view. SEP., APEX or LAT.: ROIs set over the septal, apical or lateral wall in the center slice of vertical long axis view.

## IV. 結 果 (Table 2, 3)

健常者での検討では心筋全体に対する自動輪郭



a

抽出は閾値 50% で十分可能であり、収縮期から拡張期まで 16 フレームのすべての輪郭を容易に設定できた。各部位別の検討でも閾値 60% 程度で容易に輪郭抽出可能であり、いずれの部位でも心筋容量曲線を作成できた。また肥大型心筋症症例においても心筋全体ならびに各部位の輪郭抽出は全例可能であり心筋容量曲線を作成することは容易であった。しかし心筋梗塞症例では梗塞部位の輪郭抽出は閾値 50% ではできず、20% 程度で可能な症例も見られた。また短軸断層像と垂直長軸断層像では下壁が肝臓や腸管といった腹部臓器との重なりのために輪郭抽出時に含まれてしまい心筋容量曲線の作成が困難な症例も見られた。

健常者的心筋容量曲線は収縮期ではカウント数が増加し、拡張早期は急速にカウント数が減少し

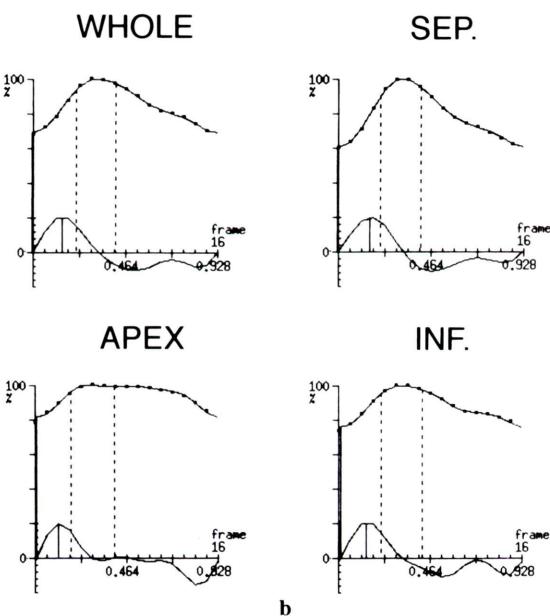
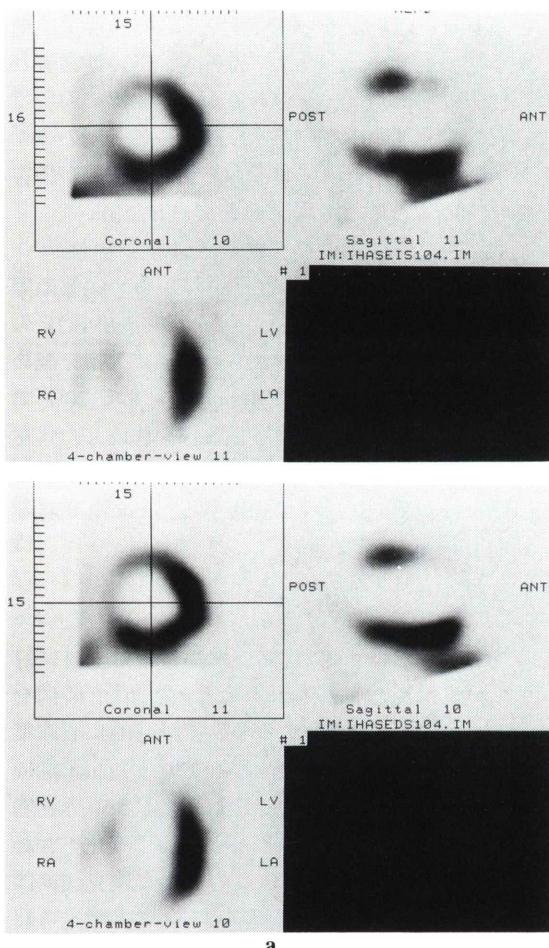


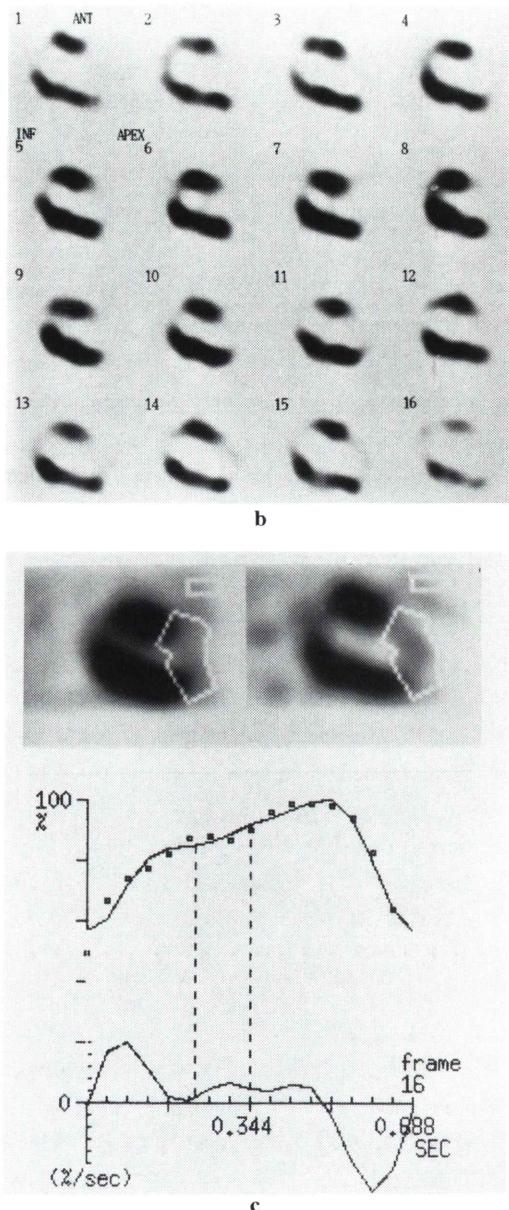
Fig. 5  $^{99m}$ Tc-tetrofosmin multi-gated myocardial SPECT in a patient with apical cardiomyopathy.

a: Upper: A series of vertical long axis view in a cardiac cycle divided to 16 frames. Lower: A series of horizontal long axis view in a cardiac cycle divided to 16 frames. Myocardial wall motion in the apex was not moved smoothly.  
 b: Four myocardial volume curves of a horizontal long axis view. A myocardial volume curve of the apex showed decreased amplitude and delayed relaxation (DR). WHOLE: a ROI set over the whole myocardium in the center slice of vertical long axis view. SEP., APEX. or LAT.: ROIs set over the septal, apical or lateral wall in the center slice of vertical long axis view.

一度休止し拡張末期にさらに減少する曲線が心筋全体のみならず各部別の検討でも得られた (Fig. 4c)。心尖部肥大型心筋症の症例では心筋全体では健常者と同様の曲線が得られたが、肥厚部位では収縮期にカウント数の増加に乏しく、拡張期にはカウント数の低下が遅れる症例が見られた



**Fig. 6**  $^{99m}\text{Tc}$ -tetrofosmin myocardial SPECT in a patient with old myocardial infarction.  
 a: Upper: Exercise SPECT images. Lower: reinjection SPECT images. These images shows persistent perfusion defect at the antero-septal wall and apex. b: A series of vertical long axis view in a cardiac cycle divided to 16 frames. Myocardial uptake of the antero-apical wall was increased slightly in the diastolic phase. c: Upper: The end-systolic and end-diastolic phase of  $^{99m}\text{Tc}$ -tetrofosmin multi-gated myocardial SPECT in a patient with old myocardial infarction. The delineation of infarcted area was determined by 20% of the threshold using automatic edge detection method. Lower: A myocardial volume curve of the infarcted area showed delayed contraction (DC).



(Fig. 5b). 心筋梗塞の梗塞部位では心筋の収縮が遅れる症例も見られた (Fig. 6c).

各 segment ごとの検討では心筋容量曲線が正常パターン (N 型) となった部位では 71 segment 中 53 segment (74.6%) は心筋に集積増加や集積低下を認めない segment (3) であったが、残り 18 segment では集積異常が見られた。振幅の低い正常パターン (ND 型) は心筋集積異常のない segment (3) が 21 segment 中 14 segment (66.7%) と多かった。収縮遅延パターン (DC 型) は心筋集積異常のない segment (3) が 13 segment 中 5 segment (38.5%) であるのに対して集積低下を認めた segment (0 または 1 または 1, 2→3) では 13 segment 中 8 segment (61.5%) と多かった。弛緩遅延パターン (DR 型) は心筋集積異常のない segment (3) が 27 segment 中 9 segment (33.3%) であるのに対して集積増加を認めた segment (4 または 5 または 1, 2→4, 5) では 27 segment 中 11 segment (44.4%) と多かった。混合パターン (M 型) は心筋集積異常のない segment (3) が 12 segment 中 3 segment (25%) であるのに対して集積増加を認めた segment (4) では 12 segment 中 5 segment (41.7%) および集積低下を認めた segment (1 または 0, 1→1, 2 または 1, 2→3) が 12 segment 中 4 segment (33.3%) と多かった (Table 2, Table 3).

## V. 症例呈示 (Fig. 4, 5, 6)

### 【症例 1】 健常ボランティア 33 歳、男性。

R-R 間隔を 16 分割した心筋ゲート SPECT 像の垂直長軸断層像、水平長軸断層像では収縮期での心筋の収縮、拡張期での心筋の弛緩する様子が観察できた (Fig. 4a)。垂直長軸断層像における左室心筋全体、前壁、心尖部、下壁の心筋容量曲線であるがいずれも最大カウント数 (収縮末期) を 100% として表示し、X 軸に沿っての曲線は一次微分曲線である。収縮期には心筋のカウント数が増加し、拡張早期には急速にカウント数が減少し、引き続いて緩徐に減少するパターンが心筋全体のみならず、いずれの部位でも観察された (Fig. 4b)。水平長軸断層像における、左室心筋全

体、中隔、心尖部、側壁の心筋容量曲線でも側壁はカウント数の変化に乏しいが、垂直長軸断層像で得られた曲線と同様の曲線が得られた (Fig. 4c).

### 【症例 2】 心尖部肥大型心筋症 51 歳、女性。

R-R 間隔を 16 分割した心筋ゲート SPECT 像の垂直長軸断層像、水平長軸断層像では収縮期、拡張期ともに心筋の心尖部の肥厚が明瞭に観察できた (Fig. 5a)。垂直長軸断層像での心筋容量曲線からは心筋全体、前壁、下壁については健常者と類似した曲線パターンであるが、心尖部においては収縮の程度が少ないのみならず、拡張期のカウント数の減少が遅れており、心筋の弛緩能が傷害されているものとも考えられた (Fig. 5b).

### 【症例 3】 陳旧性心筋梗塞 61 歳、男性。

通常の SPECT 像では前壁中隔から心尖部の固定性欠損を認め (Fig. 6a)、心筋ゲート SPECT の垂直長軸断層像でも前壁から心尖部に欠損を認めた (Fig. 6b)。本例では梗塞部位に対して 20% で自動輪郭抽出を行い心筋容量曲線を作成した。左室壁運動異常によると思われる収縮の遅れが明瞭に見られ、その後急速に弛緩するパターンが得られた (Fig. 6c).

## VI. 考 案

$^{99m}\text{Tc}$ -tetrofosmin は心筋への集積率は全身に対しては安静時は 1.2% と低いが、投与後 2 時間を経ても 10% 程度低下するのみで経時的に心筋集積は安定している。通常の SPECT と Planar 像に心筋ゲート SPECT を追加すれば全部で 50 分程度の時間を要するが、長時間心筋集積に変化をきたさない  $^{99m}\text{Tc}$ -tetrofosmin はこのような検査法には最適な心筋イメージング製剤のひとつと考えられた<sup>10~15)</sup>。

従来われわれは  $^{201}\text{Tl}$ ,  $^{99m}\text{Tc}$ -tetrofosmin を使用し R-R 8 分割の心筋ゲート SPECT を施行し percent wall thickening (%WT) の算出を試みてきた<sup>8,15)</sup>。しかし心ピール法での心機能の評価では Planar, SPECT 法いずれにおいても R-R 間隔を 16 分割以上で行われることが多く、特に左室容量曲線による心駆出率 (ejection fraction) の算出や肥大心等

における拡張早期指標を求める際には細かい R-R 間隔の分割は重要と考えられる。今回われわれも収縮期のみならず拡張期の評価のために R-R 間隔を 16 分割した心筋ゲート SPECT を試みたが、検査を施行した全例で比較的明瞭な画像が得られ心筋容量曲線の作成は可能であった。

心プール法では収縮期と拡張期では心内腔の大きさが異なり心内腔の大きさに応じた関心領域の設定が望ましいため自動輪郭抽出法で心内腔を決めることが多い<sup>19)</sup>。心筋ゲート SPECT の 1 心周期のおののの画像を見ると収縮期と拡張期とでは心筋の収縮弛緩で明らかに異なった画像であり、それぞれの画像に関心領域の設定が望ましいと考えられた。このためわれわれは自動輪郭抽出法を用い閾値 50% で行ったところ、心筋全体および各部位で全例適正な輪郭抽出が可能かつ容易であった。心筋は収縮期に時計方向・反時計方向に回転することが知られており、心筋ゲート SPECT の評価の問題点となっている。これを克服するために単軸断層像で回転を補正する試みも見られる<sup>5)</sup>。この方法は他の断面から回転して移動する心筋には追従できないが、同一断面での心筋の移動に自動的に追従するため、心臓の収縮拡張時的心筋の移動に対処するための方法のひとつとして優れているものと考えられる<sup>18)</sup>。今回作成した心筋容量曲線は輪郭抽出された関心領域内のカウント数の変化を捉えているだけであり実際の容積変化とは異なっているものと考えられる。今後ファントム実験による基礎的な検討や心臓超音波検査、磁気共鳴検査等の結果と対比し、今回は視覚的に心内腔・心臓外縁の判別が容易であったために閾値 50–60% が最適と考えられたが、心筋の容積との関係を明らかにする必要があるものと考えられる。正常例または正常部位で N 型を呈した症例では拡張期にわずかながらカウント数の再上昇が見られた。他の検査ではこのようなことが必ずしも見られず新しい知見とも考えられるが、方法論も踏まえて今後検討を要するものと思われた。また肥大部位は閾値 60% でも十分輪郭抽出が可能であった。しかし梗塞部位のような集

積低下の見られる部位では 40% であっても病変部位を輪郭抽出できず 20% で行うことがあった。完全に欠損像を呈していればバックグラウンドを含めてしまう可能性も示唆され、心筋容量曲線を作成する際には考慮するべき点と考えられた。したがって現状では心筋梗塞症例の局所心筋の収縮弛緩の評価には充分とはいえないが、肥大型心筋症における心筋全体または局所心筋の収縮弛緩の評価に有用な方法と期待される。

各部位でのパターン分類では正常パターン (N 型) であっても心筋集積低下増加が見られることもあるが、収縮遅延パターン (DC 型) は心筋集積低下を認めた部位で多く見られ、弛緩遅延パターン (DR 型) は心筋集積増加部位で多く見られ、心筋の梗塞部位や肥厚部位の性状と心筋容量変化の関連が示唆された。

今回の検討では同一症例に心プール SPECT を行っていないが、健常者に見られた拡張期のカウント数減少のパターンは心プールシンチグラフィで見られる拡張期流入パターンと類似しているものと考えられた<sup>16,17)</sup>。また肥大型心筋症の肥厚部位に見られた拡張期のカウント数減少の遅れも心プールシンチグラフィで指摘されている拡張早期流入障害パターンを反映したものと考えられる。今回の検討では同一症例に心プール SPECT を行っておらず充分とはいえないが、心筋自体の容量変化を直接評価できるので今後とも有用な検査法となるものと考えられる。

## VII. 結語

健常ボランティアを含んだ 24 症例に心筋ゲート SPECT を施行し自動輪郭抽出法による心筋容量曲線を作成し以下の結果を得た。

(1) 集積異常のない心筋や肥大した心筋では閾値 50–60% の自動輪郭抽出法を用いることで同一平面上で心筋の移動に追従することができた。心筋梗塞などの集積の低下した部位では 20% 程度で輪郭抽出できた。

(2) 健常者的心筋容量曲線は拡張期に急速に心筋の弛緩があり、続いて緩徐に弛緩するパター

ンが得られた(N型)。

(3) 心筋容量曲線の収縮遅延パターン(DC型)は心筋集積低下を認めた部位で多く見られ、弛緩遅延パターン(DR型)は心筋集積増加部位で多く見られ、心筋の梗塞部位や肥厚部位の性状と心筋容量変化の関連が示唆された。

(4) 心筋容量曲線がN型であっても心筋の肥厚、集積低下が見られることがあった。また心筋集積異常を認めない症例であっても下壁、側壁は心筋容量曲線がN型にならないことがあった。

今回は心プールシンチグラフィの手法を応用したため定量的な評価はできなかったが、心筋容量曲線を作成することによって視覚的な判定においても心筋の収縮期の収縮機能のみならず拡張期の心筋の弛緩能も評価可能と考えられた。

謝辞：本研究中に協力をいただいた東芝メディカル二沢佳史氏に深謝いたします。

本論文の要旨は第26回日本核医学会近畿地方会で発表した。

## 文 献

- Marcassa C, Marzullo P, Parodi O, Sambuceti G, L'Abbate A, et al: A new method for noninvasive quantitation of segmental myocardial wall thickening using technetium-99m 2-methoxy-isobutyl-isonitrile scintigraphy results in normal subjects. *J Nucl Med* **31**: 173-177, 1990
- Takeda T, Toyama H, Ishikawa N, Satoh M, Masuoka T, Ajisaka R, et al: Quantitative phase analysis of myocardial wall thickening by technetium-99m-2-methoxy-isobutyl-isonitrile SPECT. *J Nucl Med* **26**: 69-78, 1992
- Cooke CD, Garcia EV, Folks RD, Ziffer JA: Myocardial thickening and phase analysis from Tc-99m sestamibi multiple gated SPECT. *J Nucl Med* **33**: 926-927, 1992
- DePuey EG, Nichols K, Dobrinsky: Left ventricular ejection fraction assessed from gated Technetium-99m-sestamibi SPECT. *J Nucl Med* **34**: 1871-1876, 1993
- 汲田伸一郎, 隅崎達夫:  $^{99m}\text{Tc}$ -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
- 汲田伸一郎, 西村恒彦, 植原敏勇, 下永田剛:  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI を用いた心機能評価——GATED PLANAR IMAGE による検討——. *核医学* **28**: 591-596, 1991
- 今井嘉門, 西尾裕香里, 荒木康史, 小沢友紀雄, 八杉忠男, 鎌田力三郎, 他: 心拍同期  $^{99m}\text{Tc}$ -methoxy isobutyl isonitrile (MIBI) 画像の特性. *核医学* **29**: 695-698, 1992
- 岡山憲一, 倉田千弘, 俵原 敬, 田口貴久, 青島重幸, 小林 明, 他: 陳旧性心筋梗塞における  $^{99m}\text{Tc}$ -methoxy-isonitrile (MIBI) による心電図同期心筋 SPECT の有用性とその限界. *核医学* **29**: 1331-1338, 1992
- 杉岡 靖, 足立 至, 田渕耕次郎, 雜賀良典, 辰吉光, 中田和伸, 他: 3 検出器型装置による心筋ゲート SPECT の基礎的検討. *核医学* **30**: 1111-1119, 1993
- Jain D, Wackers FJTh, Mattera J, McMahon M, Sinusas AJ, Zaret BL: Biokinetics of Technetium-99m-tetrofosmin: Myocardial perfusion imaging agent: Implications for a one-day imaging protocol. *J Nucl Med* **34**: 1254-1259, 1993
- Nakajima K, Taki J, Shuke N, Bunkou H, Takata S, Hisada K: Myocardial perfusion imaging and dynamic analysis with technetium-99m-tetrofosmin. *J Nucl Med* **34**: 1478-1484, 1993
- 久保敦司, 中村佳代子, 橋本 順, 三宮敏和, 岩永史朗, 橋本省三, 他: 新しい心筋イメージング剤  $^{99m}\text{Tc}$ -PPN1011の第I相臨床試験. *核医学* **29**: 1165-1176, 1992
- 佐々木康人, 西村恒彦, 久保敦司, 西川潤一, 分校久志, 玉木長良, 他: 新しい心筋イメージング剤  $^{99m}\text{Tc}$ -tetrofosmin (PPN1011) の臨床的有用性の検討. *核医学* **30**: 257-271, 1993
- 外山卓二, 西村恒彦, 植原敏勇, 下永田剛, 林田孝平, 石田良雄: 虚血性心疾患における  $^{99m}\text{Tc}$ -tetrofosmin を用いた心筋灌流および左室壁運動の同時評価. *核医学* **31**: 1-9, 1994
- 足立 至, 杉岡 靖, 田中康敬, 小倉康晴, 中田和伸, 難波隆一郎, 他: 虚血性心疾患における  $^{99m}\text{Tc}$ -tetrofosmin 心筋シンチグラフィの有用性について—— $^{201}\text{Tl}$  心筋シンチグラフィとの対比——. *核医学* **30**: 351-362, 1993
- 成田充啓, 栗原 正, 村野謙一, 宇佐美暢久, 本田 稔, 金尾啓右: 肥大心における拡張期指標の有用性—— $^{99m}\text{Tc}$ -心プールイメージングによる検討——. *核医学* **20**: 1133-1144, 1983
- 成田充啓, 栗原 正, 村野謙一, 宇佐美暢久, 本田 稔, 金尾啓右: 虚血性心疾患における拡張早期左室充満障害のメカニズムの検討. *核医学* **22**: 961-970, 1985
- Buchalter MB, Wess JL, Rogers WJ, Zerhouni EA, Weisfeldt ML: Noninvasive quantification of left ventricular rotational deformation in normal humans

- using magnetic resonance imaging myocardial tagging. *Circulation* **81**: 1236–1244, 1990
- 19) Lie SP, Reiber JHC, Hoek C, et al: Automated boundary extraction from cardiac scintigrams.
- Proceeding of the 7th international meeting on information processing in medical imaging: 310–328, 1981

## Summary

### Assessment of Myocardial Contraction and Relaxation with $^{99m}$ Tc-Tetrofosmin Multi-Gated Myocardial SPECT

Itaru ADACHI\*, Yasushi SUGIOKA\*, Koujirou TABUCHI\*, Kazuhiro YAMAMOTO\*, Yoshimitsu TATSU\*, Yoshinori SAIKA\*, Hiroshi NISHIGAKI\*, Ritsuo MATSUI\*, Kouzou SUEYOSHI\*, Isamu NARABAYASHI\*, Shigemi TAMOTO\*\*, and Yoshiaki OHTAKE\*\*\*

\*Department of Radiology, \*\*First Department and \*\*\*Third Department of Internal Medicine,  
Osaka Medical College

Myocardial relaxation at the diastolic phase was not evaluated by multi-gated myocardial SPECT, although myocardial contraction at the systolic phase was studied by percent wall thickening and Bull's eye methods. We make out a myocardial volume curve and report to evaluate the myocardial relaxation using multi-gated myocardial SPECT. The study population consisted of 3 normal human subjects (3 male, 32–37 years old), 10 idiopathic cardiomyopathy, 10 coronary artery disease and 1 hypertensive heart disease combined with aortic regurgitaion. All cases were injected 555 MBq of  $^{99m}$ Tc-tetrofosmin (Amersham Healthcare Corporation) intravenously at rest. A triple detector gamma-camera (GCA-9300A, Toshiba Medical, Japan) and a data processing computer (GMS-5500A, Toshiba Medical, Japan) were used in this study. A cardiac cycle (R-R interval) was divided by 16 frames (50–80 msec per 1 frame). Eight myocardial volume curves were calculated at the anterior wall, apex and inferior wall of the vertical long axis view and were calculated at the septal wall, apex and lateral wall of the horizontal long axis view, respectively. The patterns of the myocardial volume curves were classified into 5 patterns (Normal pattern (N), Delayed Contraction pattern (DC), Delayed

Relaxation pattern (DR), Mixed pattern (M) and Normal pattern with Decreased amplitude (ND)).

Myocardial uptake was evaluated visually of grading into severe hypertrophy (5), hypertrophy (4), normal (3), mild hypoperfusion (2), hypoperfusion (1) and perfusion defect (0). We compared patterns of the myocardial volume curves to myocardial uptake in the same segments. It was possible to detect myocardial edge of the total 16 frames with 50–60% threshold in the normal volunteer and in patients with hypertrophic cardiomyopathy and to make a myocardial volume curve. The region of the severe myocardial perfusion defect could be detected with 20% threshold in patients with old myocardial infarction. In comparison with myocardial volume curves and myocardial uptake, 74.6% in the N pattern had a normal uptake (3), 66.7% in the ND pattern had a normal uptake (3), 61.5% in the DC pattern had a hypoperfusion segment (0, 1 or fill-in to normal uptake), 44.4% in the DR pattern had a hypertrophic segment (4, 5 or fill-in to increased uptake). The pattern of myocardial volume curve indicates myocardial contractility and relaxation in each myocardial segment.

**Key words:** Diastolic function,  $^{99m}$ Tc-tetrofosmin, Multi-gated SPECT, Myocardial scintigraphy.