

《原 著》

## <sup>99m</sup>Tc multigated 心プール SPECT による 心機能および左室壁運動の評価

石 野 洋 一\*

**要旨** 心プール SPECT による心室容積の計測, および左室局所壁運動の評価を各種心疾患計 43 例に行い, その臨床的有用性を検討した. カットオフ法により求めた左室拡張末期容積, 収縮末期容積, 駆出分画は, LVG や MRI で求めた値とよく相関し, 特に水平長軸断層像が有用であった. 短絡や逆流性疾患のない症例の右室 1 回拍出量は, 水平長軸断層像で求めると左室とよく相関した. しかし必ずしもその左右比は理論値の 1 にならず, 右室の構造や収縮様式を考慮してスライス面を選択するなどさらに工夫が必要である. 左室局所壁運動の評価は輪郭表示と位相解析により行ったが, いずれもプラナー法に比し有意に優れていた. 本法はデータ収集に 32 分を要するが, 処理装置の進歩により解析に要する時間は約 50 分に短縮されており, 日常の臨床に有用な検査であると結論される.

(核医学 29: 1069-1081, 1992)

### I. はじめに

Kuhl らにより考案された断層イメージである single photon emission computed tomography (以下 SPECT) は, 回転型ガンマ・カメラの普及とともに広く臨床に利用されており, 最近では心電図同期下に心プールシンチグラフィにも応用されるようになってきている<sup>2-6)</sup>. SPECT は左室や右室を分離して描出でき, 様々な断層面から心室の収縮を観察することが可能である. また画像を構成する最小単位である voxel 数を加算し, これに 1 voxel の容積を乗ずることにより心室容積を正確に求め, 心機能を計測することもできる. しかし一症例あたりデータ処理に数時間も要したため, これまでのところあまり広く普及するには至っていない. 本研究では, コンピュータ技術の進歩とともに簡便にデータ処理が行えるようになった現

時点における心電図同期心プールシンチグラフィ断層法の有用性について, 拡張末期, 収縮末期の左右心室容積を測定することによる心機能解析と, 左室局所壁運動の評価を中心に検討を加えることを目的とした.

### II. 対象および方法

#### 1. 基礎的検討

使用した装置は低エネルギー汎用コリメータを装着した回転型ガンマカメラ SNC-510R およびこれとオンラインで接続した核医学データ処理装置 Scintipac 7000 (島津製作所製) である. ファントムによる基礎的検討には心臓動態ファントム Cardiac III (安西総業社製)<sup>7)</sup>を使用した.

このファントム心腔内に <sup>99m</sup>Tc 溶液を満たし, さらに周囲の胴体部にこれより希釈した <sup>99m</sup>Tc 溶液を入れて, 様々なバックグラウンドを設定した. ファントムの拡張末期容積は 100 ml とし, 収縮末期容積を 40 ml および 60 ml に変えてデータを収集した. SPECT は 32 方向 (360°) より, 1 方向 60 秒のデータ収集を 1 周期を 10 分割して行った. マトリックスサイズは 64×64 で 1.25 倍拡大

\* 産業医科大学放射線科学教室

受付: 4 年 3 月 27 日

最終稿受付: 4 年 5 月 27 日

別刷請求先: 北九州市八幡西区医生ヶ丘 1-1 (☎ 807)

産業医科大学放射線科学教室

石 野 洋 一

収集モードを使用した。得られた各投影像は、Butterworth and Wiener filter にて前処理を行った後、Shepp and Logan のフィルターを用いた filtered back projection 法により短軸断層像を再構成し2倍に拡大した。得られた短軸断層像の拡張末期の最高カウントに対するカットオフ値を種々に変化させて心室辺縁を決定した。

次に心室部を囲む関心領域 (ROI) 内の総 voxel 数を全スライスで合計して、これに1 voxel の容積 (0.065 ml) を乗じて容積算出を行った。真の拡張末期容積と一致したときのカットオフ値をもって最適カットオフ値とし、各バックグラウンドごとにこれを求めた。また拡張末期像より求めたカットオフ値でそれぞれ収縮末期容積を算出し、真の容積と比較検討した。

## 2. 臨床的検討

### 1) 対象

対象は1989年11月8日から1990年12月12日までに心電図同期心プールシンチグラフィ断層法を施行した計43例で、その内訳は心筋梗塞症29例、狭心症8例、心弁膜症3例、肥大型心筋症1例、拡張型心筋症1例、およびWPW症候群1

例である。年齢は平均  $59 \pm 13$  歳 (mean  $\pm$  SD) (20-87歳) である。

### 2) 心プールシンチグラフィ

(プラナー法および SPECT)

プラナー心プールシンチグラフィは  $^{99m}\text{Tc}$  740 MBq (20 mCi) による in vivo 赤血球標識法により行い、スラントホールコリメータを使用した。右前斜位 (RAO) よりファーストパスのデータを収集し、次いで左室、右室を最も明瞭に区別できる左前斜位 (LAO) より1フレーム40 msec のマルチゲート法で500心拍データを採取した。

SPECT はプラナー法に引き続き施行した。基礎的検討と同じ条件で心電図同期下にデータ収集を行い、得られた体軸横断断層像より左室水平、矢状長軸および短軸断層面に平行な断層像を再構成し (それぞれ H-long, V-long, short), それぞれを2倍に拡大した。各長軸断層像では房室弁口部と心尖部を含む左室の面積が最も大きいスライスを、また短軸断層像のうち左室中央部を通るスライスを選択し、おのおの拡張末期から収縮末期までの4~5フレームの左室辺縁を等カウント法で

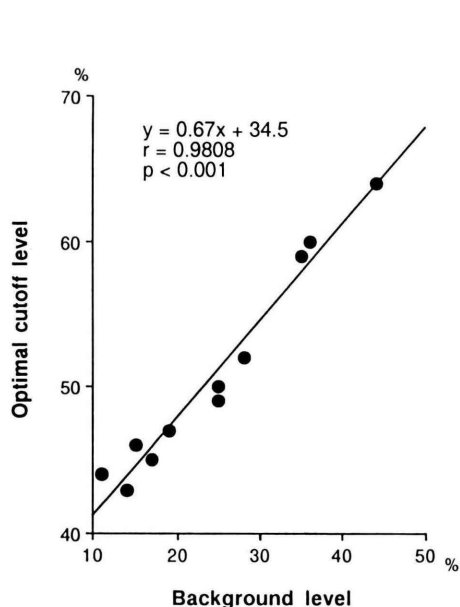


Fig. 1 Relationship between optimal cutoff level and background level in phantom study.

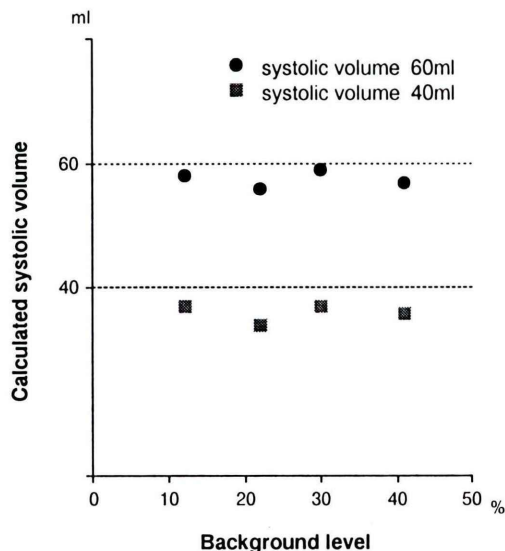
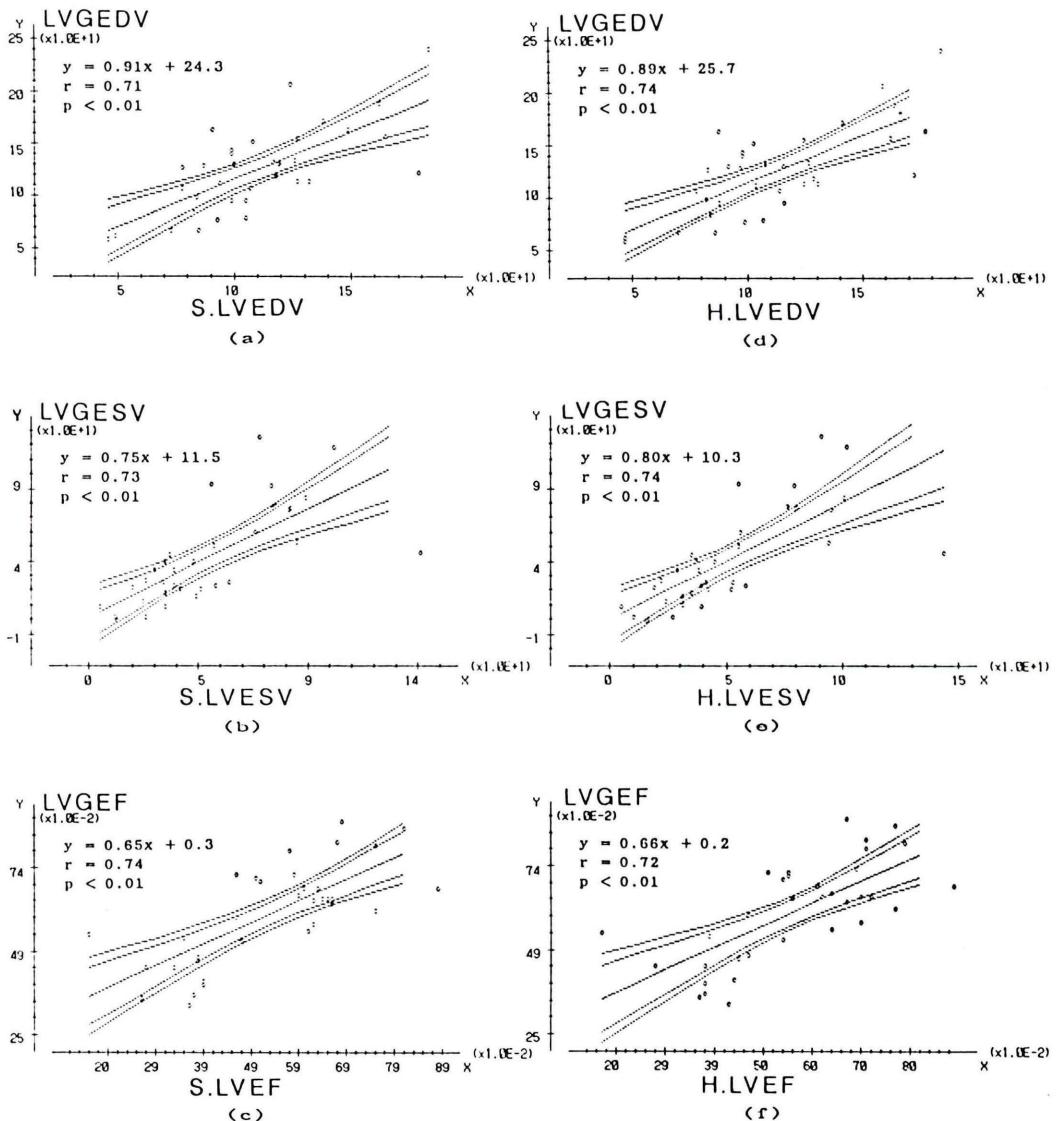


Fig. 2 Calculated systolic volumes of the phantom at various background levels using a cutoff level with which accurate diastolic volume can be obtained.

抽出し、これらを重ね合わせて表示する収縮輪郭像を作成した。この際、水平長軸断層像を用いて収縮末期に左室外側に弧状のバックグラウンド ROI を設定し、スライス内の左室最高カウントに対するバックグラウンドを求めた上で、先のファ

ントム実験により得られたバックグラウンドと最適カットオフ値の関係式を用いてカットオフレベルを決定した。位相像はこの3断層面で各ピクセルごとに1心拍10フレームよりなる連続したカウントの変化をフーリエ関数で近似して作成した。



**Fig. 3** Correlation of LV volume and LV ejection fraction (LVEF) between LVG and SPECT (n=35). Volumes and LVEF calculated using both short axial view ((a)–(c)) and horizontal long axial view ((d)–(f)) showed a good correlation. S: short axial view, H: horizontal long axial view, EDV: end-diastolic volume, ESV: end-systolic volume.



### 3) 心室容積算出および機能解析

左室および右室の拡張末期容積, 収縮末期容積は, 水平長軸および短軸断層像を用いてそれぞれ算出した. 水平長軸断層像では前述の収縮輪郭像と位相像を参考に, 左室と左房, 左室と右室の分離を行い, 心室の輪郭を手動 ROI で設定した. 短軸断層像では左室中央部で左室の輪郭を, 心基部寄りの最も右室面積が広い断層面で右室の輪郭をそれぞれ手動 ROI で囲んだ. 容積は収縮輪郭像を作成する際に算出したカットオフ値を上回る voxel 数を, 左室, 右室別々にこれを含む全断層面で合計し, 前もって算出しておいた 1 voxel あたりの容積 0.065 ml を乗じて求めた. 短軸断層像の場合, 房室境界部の決定に位相像が参考にできないので, 各スライスの収縮様式を動画で観察して心基部を決定し, これから心尖部までの断層面を加算した.

このようにして求めた左室拡張末期容積 (LVEDV), 収縮末期容積 (LVESV) および両者より計算した左室駆出率 (LVEF) に関して, LVG

および MRI で求めた値との相関を検討した. またこれらの指標を短軸断層像と水平長軸断層像と比較した.

LVG は 35 例 (Sones 法 3 例, Judkins 法 32 例) に施行し, 左右前斜位の 2 方向より行った. LVEDV および LVESV は area length 法で求めた<sup>8)</sup>. MRI は FLASH 法 (fast low-angle shot) により 1 心拍を 15 分割したシネ撮像を 26 例に行い, 左室長軸矢状断層像の拡張末期像と収縮末期像を視覚的に選び, それぞれの容積を area length 法にて算出した. 右室容積に関しては, 短絡や逆流性疾患のない 28 例を選び, 左右の駆出量 (SV) を求めてその相関を検討した.

### 4) 左室壁運動の検討

LVG とプラナー心プールシンチグラフィ法では RAO, LAO 像を, SPECT では先に位相像と収縮輪郭像を作成した 3 断層面を用い, 対応する各 segment を American Heart Association (AHA) の基準に基づき 7 segment に分割した. 壁運動は各検査について segment 別に normal, hypokine-

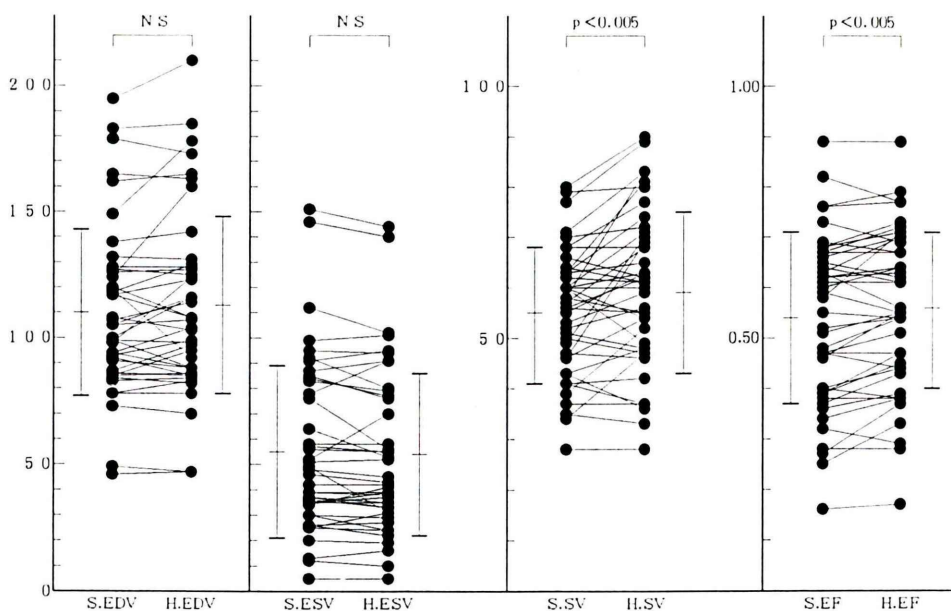


Fig. 4 Comparison of left ventricular volumes calculated using short-axial and horizontal-long-axial view of SPECT (n=43). SV: stroke volume, NS: statistically not significant.



sis, akinesis, dyskinesis に分類し, segment 別および評価された壁運動別に, プラナー像, SPECT それぞれの結果と LVG との一致率を比較した. またこれらの壁運動を normal 0 点, hypokinesis 1 点, akinesis 2 点, dyskinesis 3 点にスコア化し, segment 別に各検査での値を求め, LVG との相関をプラナー像および SPECT で比較した. プラナー像と SPECT で作成した位相像に関しては, segment 別に明らかな位相遅延の有無 (色分け表

示を視覚的に  $60^\circ$  以上の遅延の有無で判定) を調べ, LVG による局所壁運動所見を基に両者を比較した.

### 5) 統計解析

各群の平均値は  $\text{mean} \pm \text{SD}$  で示した. 2 群間の相関性の検討は, 容積に関しては直線回帰分析を行い, スコア化した壁運動の評価に関しては Spearman の順位相関係数を用いた. 心室容積に関して 2 群間の平均値の差の検定は Student t 検定で行い, また比率の差の検定には  $\chi^2$  検定を用いた.

## III. 結 果

### 1. 基礎的検討

拡張末期像より求めたバックグラウンドと最適カットオフ値の関係を Fig. 1 に示す. 最適カットオフ値とバックグラウンドレベルは  $r=0.981$  と良好な正の相関を示し, その直線回帰式は  $Y=0.67X+34.5$  (%) ( $Y$ : 最適カットオフ値,  $X$ : バックグラウンド値) となった. また拡張末期容積を正確に導き出す最適カットオフ値より求めたそれぞれの収縮末期容積と真の容積との一致については, いずれのバックグラウンドレベルでもほぼ正確に算出できた (Fig. 2).

### 2. 臨床的検討

#### 1) 心室容積算出および機能解析

ファントム実験の結果を基に算出した臨床例の最適カットオフ値は平均  $47.6 \pm 1.3\%$  (45–50%) であり, これを容積算出に応用した. SPECT 短軸

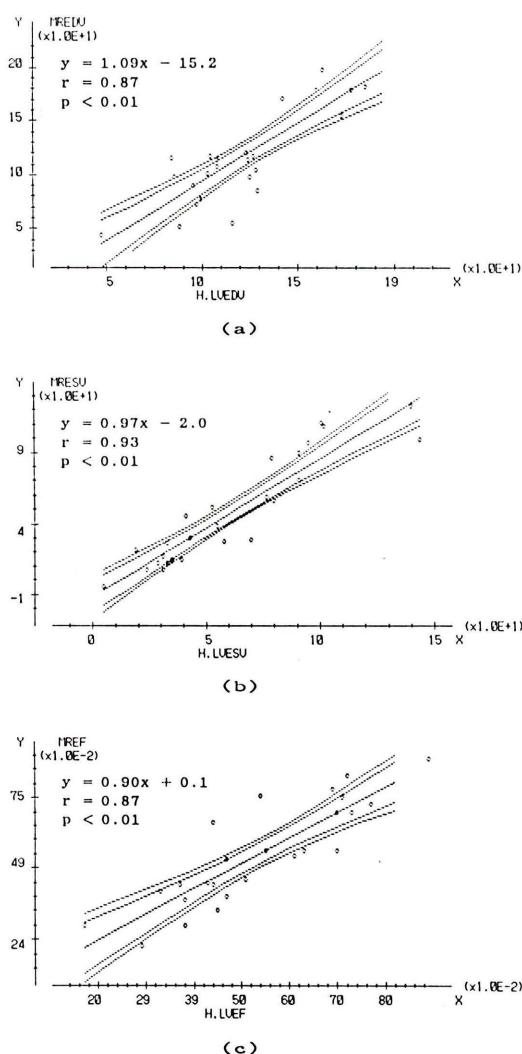
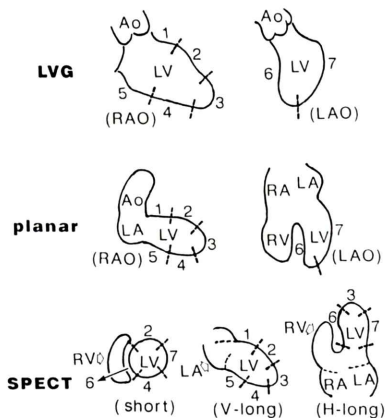


Fig. 5 Correlation of LV volume and LVEF between MRI and SPECT ( $n=26$ ).

Table 1 Stroke volumes of left and right ventricles and ratios calculated with short axial and horizontal long axial view of SPECT

	Mean $\pm$ SD	L/R ratio	Correlation coefficient
S • LVSV	56 $\pm$ 10	1.51	$r=0.58, p<0.01$
S • RVSV	37 $\pm$ 12		
H • LVSV	59 $\pm$ 13	1.28	$r=0.69, p<0.01$
H • RVSV	46 $\pm$ 11		

S: short axial view, H: horizontal long axial view, SV: stroke volume (ml), L: left, R: right ( $n=28$ )



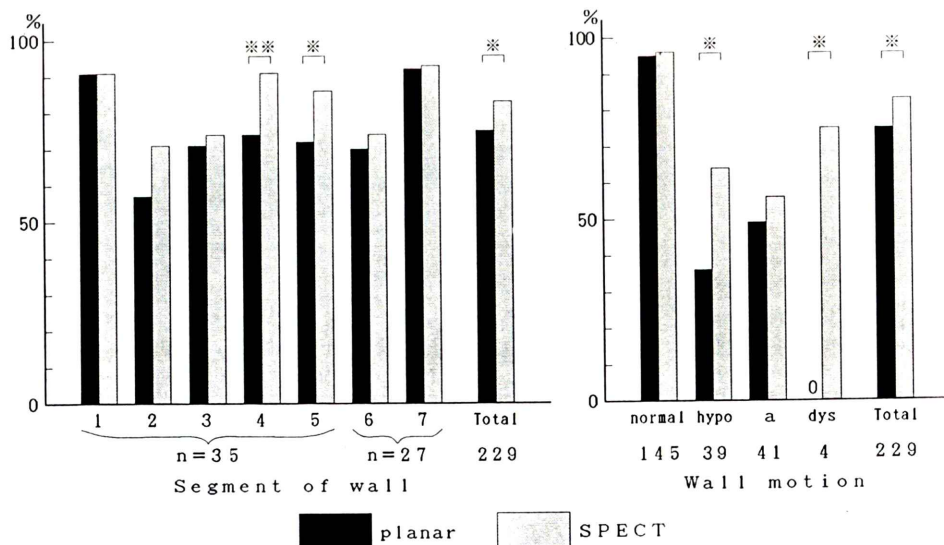
Comparison of regional LV wall motion

**Fig. 6** Seven segments of LV wall according to the criteria of American Heart Association (AHA). LVG: left ventriculography, planar: planar gated cardiac blood pool images. SPECT: gated cardiac blood pool SPECT, RAO: right anterior oblique view, LAO: left anterior oblique view, Ao: aorta, LV: left ventricle, LA: left atrium, RV: right ventricle, RA: right atrium, short: short axial view, V-long: vertical long axial view, H-long: horizontal long axial view.

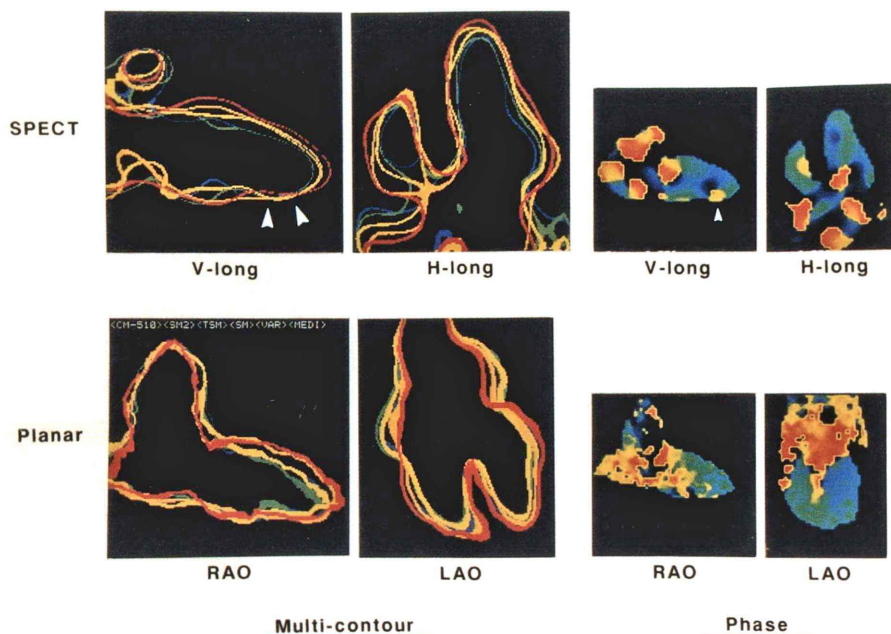
断層像で求めた LVEDV, LVESV, LVEF と LVG より求めた値との間には, それぞれ  $r=0.751$ ,  $r=0.726$ ,  $r=0.745$  (いずれも  $p<0.01$ ) の相関がみられた. 水平長軸断層像で求めた LVEDV, LVESV, LVEF と LVG より求めた値との間には, それぞれ  $r=0.743$ ,  $r=0.739$ ,  $r=0.713$  (いずれも  $p<0.01$ ) の相関がみられた (Fig. 3). 短軸断層像と水平長軸断層像とを比較すると, LVEDV と LVESV では両者に差がなかったが, 駆出量 (LVSV) と LVEF では有意差を認めた (Fig. 4). 短軸断層像では房室境界の確定が難しいことが, 両者の不一致の原因とも考えられたため, MRI との関係は水平長軸断層像だけに限って検討した. LVEDV, LVESV, LVEF とともに SPECT と MRI との間には良好な相関を認めた (Fig. 5). 右室容積に関しては, 短軸, 水平長軸断層像ともに両室の駆出量の間には相関を認めたものの, 後者の方が相関は高く, 駆出量比も理論値の 1 に近かった (Table 1).

## 2) 左室壁運動の検討

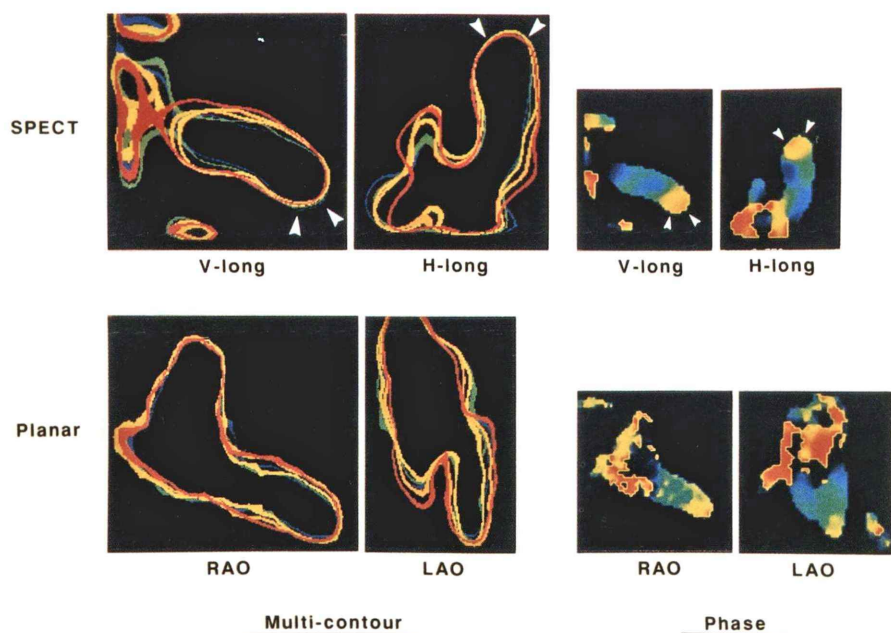
LVG, プラナー心プールシンチグラフィおよび SPECT で設定した各 segment を Fig. 6 に示す. segment 別に壁運動を LVG と比較すると, 各



**Fig. 7** Comparison of agreement ratios with LVG of left ventricular contraction pattern on SPECT and planar images according to wall segment and motion. hypo: hypokinesis, a: akinesis, dys: dyskinesis, \*:  $p<0.05$ , \*\*:  $p<0.1$ .



**Fig. 8** A case of inferior old myocardial infarction. A severe hypokinetic wall motion was more clearly seen on the multi-contour systolic display and phase image of gated SPECT (arrowheads) than on planar images.



**Fig. 9** A case of anterior myocardial infarction forming LV aneurysm. Gated SPECT shows an apical dyskinesia wall motion clearly along with the delineation of the abnormal location (arrowheads). On gated planar image, the abnormality is vaguely seen.



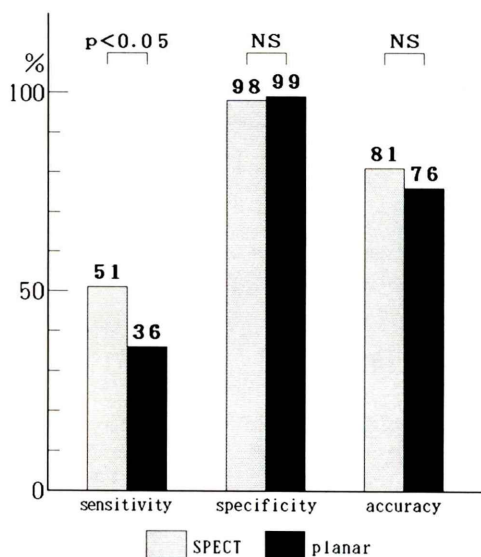


Fig. 10 Comparison of detectability of abnormal wall motion by phase analysis between SPECT and planar images.

Table 2 Correlation of regional wall motion score between LVG and SPECT or planar images

	Correlation coefficient		n
	SPECT	Planar	
Seg. 1	0.623	0.623	35
Seg. 2	0.839	0.839	35
Seg. 3	0.909	0.855	35
Seg. 4	0.946	0.829	35
Seg. 5	0.800	0.675	35
Seg. 6	0.937	0.955	27
Seg. 7	0.939	0.928	27
Total	0.898	0.822	229

segment とも所見の完全一致率はプラナー像より SPECT の方がやや高く、特に segment 4, 5 において両者の差が目立った (Figs. 7, 8). 壁運動の状態別に LVG との一致率をみても SPECT の方がプラナー像に優っており、segment 数は少なかったものの dyskinesia は SPECT でのみ一致した (Figs. 7, 9). 壁運動の状態を segment 別にスコア化し検討を加えても、やはり全体に SPECT の方が LVG との相関が高かった (Table 2). 位相像による異常壁運動の検出を比較すると、有病正診率

は SPECT の方が有意に高かったが、無病正診率および全体の正確度では有意差を認めなかった (Fig. 10). 有病正診率に関しては SPECT, プラナー像ともにやや低値であった.

#### IV. 考 察

心プール SPECT により容積算出を正確に行い、壁運動を評価するためには、いくつかの解決すべき条件がある<sup>9,10</sup>. Table 3 に自験例およびこれまでの報告における各条件を示す<sup>11-21</sup>. まずデータは、今回 1 方向あたり 60 秒, 32 ステップの収集を 360° より行なった. 軸偏位の少ない症例では 180° でも実用に耐えるとの報告<sup>22</sup>もあるが、再構成時のアーチファクトを軽減し像の歪みを抑えるには 360° 収集が望ましいと思われる<sup>15,23,24</sup>. また駆出分画を求めるだけなら拡張末期, 収縮末期のデータ収集で十分であるが、今回壁運動の評価を十分行えるように 1 心拍を 10 フレームに分割して収集を行った. この場合 1 フレームあたり時間幅にして約 70-100 msec のデータとなる. 拡張, 収縮時の各種心機能パラメータを詳細に検討するには 30 msec 程度の時間分解能が必要であるが、この場合 1 フレームあたりのカウント数が低下し、また再構成やデータ処理に要する時間が長くなるなど問題点も残る<sup>25</sup>.

今回のように等計数法で正確な容積算出を行うには、心室内最高カウントに対する最適カットオフ値を求めることにより心室の辺縁を正確に決定することが必要である<sup>26,27</sup>. Tauxe ら<sup>26</sup> は臓器容積 1 l 以下では 45% が適当と報告しており、当初はバックグラウンド値に関わらず一律のカットオフ値を用いて辺縁決定を行う報告が多くみられた<sup>11-13,15-17,20</sup>. しかし心プールのように周囲に高いバックグラウンドがあると、最適カットオフ値はバックグラウンドに影響されるため、両者の関係を求めて症例ごとに最適カットオフ値を決定することが必要である<sup>28</sup>. このためまず心臓動態ファントムを用い、より生理的な条件に近づけて検討を行ったが、バックグラウンドと最適カットオフ値の間にはきわめて高い相関がみられ ( $r =$

**Table 3** Summary of technical data on gated cardiac blood pool SPECT

Study	Data acquisition			Data sampling	Image	Cutoff
	Angle	Steps	Time (sec/step)			
Stadius et al, 1985 <sup>11)</sup>	180°	64	10 <sup>4</sup> counts/step	ED 80 & ES 50*	S	45%
Bunker et al, 1985 <sup>12)</sup>	180°	30	60	ED 50*	T	48%
Underwood et al, 1985 <sup>13)</sup>	180°	32	60	ED 100 & ES 100*	H	43%
Taki et al, 1986 <sup>14)</sup>	360°	36	60	12**	H	optimal
Gill et al, 1986 <sup>15)</sup>	360°	60	25	16**	S	37%
Katohno et al, 1987 <sup>16)</sup>	180°	32	50–60 beats	ED 50 & ES 50*	V	45%
Ziada et al, 1987 <sup>17)</sup>	180°	32	60 beats	ED 60 & ES 60*	H	35%
Kimura, 1987 <sup>18)</sup>	360°	36	60	ED 80 & ES 80*	H	45%
Hiraki et al, 1988 <sup>19)</sup>	360°	64	30	ED & ES	H	optimal
Yamagishi et al, 1988 <sup>20)</sup>	180°	18	60	16**	H	42%
Narita et al, 1991 <sup>21)</sup>	360°	32	50	16**	S	optimal
Present Study	360°	32	60	10**	H, S	optimal

ED: end-diastolic, ES: end-systolic, \*: msec/cardiac cycle, \*\*: frames/cardiac cycle, T: transaxial view, H: horizontal long axial view, V: vertical long axial view, S: short axial view, optimal: optimal cutoff level determined by phantom study

0.981), 直線回帰式によりカットオフ値を求めて容積算出を行うのは妥当と思われた。最適カットオフ値は臓器容積にも影響され、これが小さいと、より大きなカットオフレベルを要するといわれている<sup>9)</sup>。このため比較的複雑な方法により収縮末期、拡張末期でのおのの最適カットオフ値を求める試みも報告されているが<sup>21)</sup>、今回のファントム実験では拡張期に求めたカットオフ値によりほぼ正確に収縮末期容積を算出することを証明でき、臨床例にも応用可能であった。

断層面については水平長軸像と短軸断層像を作成し、それぞれ左室容積の算出に利用したが、いずれも LVG と良好な相関関係が得られた。左室は回転楕円体に近い比較的単純な形態を有しているため、どの断層面を用いても結果に大きな差が現れなかったものと考えられる<sup>16)</sup>。しかし拡張末期容積と収縮末期容積では差がなかったものの、一回拍出量と駆出率では両者の間に有意差を認めた。短軸断層像では左房や大動脈と左室の境界が不明瞭で<sup>13)</sup>、収縮に伴い僧帽弁弁輪が収縮中心部に移動することも考えられ、拡張期に左室全体を十分加算していなかったり、収縮期に左房の一部を加算してしまう危険性がある。正確な評価には、房室境界が明瞭で、拡張期、収縮期で別々に ROI

を設定できる水平長軸断層像の方が優れている。

最近では MRI による心機能の評価も行われるようになってきたので<sup>29,30)</sup>、今回は LVG との比較に加えて MRI とも比較し検討した。その結果、水平長軸断層像による SPECT のデータは MRI とも良好な相関を示した。今回基準とした LVG, MRI ではともに area length 法をもとに容積算出を行っているが、これは前述のごとく左室が回転楕円体に近いという前提条件を満たしてはじめて正確な計測が可能である。大きな心室瘤を形成するなどしてこの条件を満たさない場合は、むしろ多断層面を用いて voxel 数を加算する SPECT の方が正確に容積算出を行える可能性も考えられる。

右室容積に関しては、短絡や逆流性疾患のない症例で左右の駆出量を比較し、その相関を検討したが、やはり房室境界が明瞭な水平長軸断層像の方が相関が高く、駆出量比も理論値の 1 に近かった。理論値と完全に一致しなかったのは、右室の収縮様式が複雑で固定された ROI では右室全体を正確に囲めなかったり、水平長軸断層像を用いても右室流出路と肺動脈の境界が不明瞭な場合があったりして、正確な右室容積算出ができなかったためと思われる。可変 ROI で右室辺縁を捉えるなどさらに工夫を加えることにより全例で駆出



量比を正確に求めることができれば、理論的には逆流性疾患の定量的評価も可能であろう<sup>31,32)</sup>。

SPECTは右室や大血管と重なることなく左室を描出できるため、左室壁運動の評価に関してはプラナー法に比べ優れているといわれるが<sup>4-6,21)</sup>、今回の検討でも全体にLVGとより良好な相関を示していた。今回プラナー法のRAO像はファーストパス法で得たため下壁部に重なる右室の影響はマルチゲート法ほどはないと思われたが、それでもやはり全体のカウント数が少なかったためか下壁から後壁中隔にかけての壁運動の評価はSPECTの方が優れていた。壁運動の状態別にLVGとの一致率を比較すると、プラナー法に比べて有意に優れているとはいえ、akinesis, hypokinesisに関してはSPECTとLVGの一致率が十分高いとはいえなかった。これは二次的に壁運動を評価するLVGと三次元的に断層像を作製するSPECTで観察する輪郭が多少ずれていることも原因として考えられる。しかし軽度の壁運動異常やdyskineticな動きをより明瞭に検出でき、任意の方向から壁運動を観察できるSPECTは、プラナー法と比較して明らかに有用である。

位相解析法は1979年のAdamらの報告<sup>33)</sup>以来、心室局所壁運動の時間的異常を検出できる方法として、虚血性心疾患<sup>34,35)</sup>や心室内興奮伝播異常<sup>36)</sup>の診断等に広く利用されているが、SPECTでは壁運動を三次元的に解析できるためさらに有用と思われる<sup>37)</sup>。今回の検討では異常の判定を60°以上に設定したため軽度のhypokinesisの評価は不十分であったが、輪郭像で明らかな壁運動異常を呈する部分は何のsegmentでも明瞭に位相遅延として捉えられ、プラナー法に比して全体に有病正診率は高かった。特にdyskinesisを呈する心室瘤の範囲は明瞭に示され、シネ画像や収縮輪郭像の観察と組み合わせることにより壁運動の詳細な把握の可能性が示唆された。

今回の方法によるSPECTのデータ収集には32分を、またScintipac 7000による断層像の再構成から容積の算出や局所壁運動を評価するためのデータ処理に至る一連の作業には約50分を要した。

これは日常検査に要する時間として容認できる範囲であろう。特にデータ処理に関しては、これまでの画像解析装置を用いた以前の報告に比べて半分近くまで短縮されており、コンピュータの進歩に伴いさらに短縮されることが期待される。心プールSPECTは心室の形態を立体的に捉えることができ、さらに今後より詳細な機能解析が行えることが期待できる。

## V. 結 語

心プールSPECTの有用性についてまずファントムによる基礎的実験を行い、次いで臨床43例について主としてLVGの結果を基に種々の点から検討を加え次の結論を得た。

1. 心臓動態ファントムを使用したMultigated心プールSPECTでは、カットオフ値とバックグラウンド値の間に $r=0.981$ の相関を認めた。

2. カットオフ法で求めた心プールSPECTによるLVEDV, LVESV, LVEFは、LVGおよびMRIで求めた値とよい相関を示したが、特に水平長軸断層像において良好であった。

3. 短絡や逆流性疾患のない症例の右室1回拍出量は、水平長軸断層像で求めると左室とよく相関したが、左右1回拍出量比は必ずしも理論値の1をとらないことがあった。右室容積算出にはスライス面の選択などさらに検討が必要である。

4. SPECTによる左室局所壁運動の評価はプラナー法に比べ有意に優れており、位相解析も加えることにより、さらに詳細な壁運動の把握が可能である。

本論文の要旨は第31回日本核医学会総会(松山市)にて発表した。

謝辞：ご指導、ご校閲を賜りました産業医科大学放射線科中田肇教授に感謝いたします。臨床例についてご指導、ご協力いただいた第二内科黒岩昭夫教授、同・心カテグループの諸先生、直接ご指導いただいた放射線科塩崎宏助手および放射線部高橋里見主任技師に感謝いたします。



## 文 献

- 1) Kuhl DE, Edwards RQ: Image separation radioisotope scanning. *Radiology* **80**: 653-662, 1963
- 2) Moore ML, Murphy PH, Burdine JA: ECG-gated emission computed tomography of the cardiac blood pool. *Radiology* **134**: 233-235, 1980
- 3) Tamaki N, Mukai T, Ishii Y, Yonekura Y, Yamamoto K, Kadota K, et al: Multiaxial tomography of heart chambers by gated blood pool emission computed tomography using a rotating gamma camera. *Radiology* **147**: 547-554, 1983
- 4) Maublant J, Bailly P, Mestas D, Cassagnes J, Lusson JR, Zurowski S, et al: Feasibility of gated single-photon emission transaxial tomography of the cardiac blood pool. *Radiology* **146**: 837-839, 1983
- 5) Underwood SR, Walton S, Ell PJ, Jarritt PH, Emanuel RW, Swanton RH: Gated blood-pool emission tomography: A new technique for the investigation of cardiac structure and function. *Eur J Nucl Med* **10**: 332-337, 1985
- 6) 渡辺 健, 池部伸彦, 田中 啓, 内藤雄一, 後藤隆之, 後藤義一, 他: 心電図同期心プール断層法による局所壁運動の検討. *核医学* **22**: 1317-1326, 1985
- 7) 井上登美夫, 井上寛一, 岡部昭文, 村山正博, 池田一, 安藤俊雄, 他: 心電図同期心プールシンチグラフィ用心動態ファントムの試作と評価. *核医学* **22**: 261-268, 1985
- 8) Wynne J, Green LH, Mann T, Levin D, Grossman W: Estimation of left ventricular volumes in man from biplane cineangiograms filmed in oblique projections. *Am J Cardiol* **41**: 726-732, 1978
- 9) Iosilevsky G, Israel O, Frenkel A, Even-Sapir E, Ben-Haim S, Front A, et al: A practical SPECT technique for quantitation of drug delivery to human tumors and organ absorbed radiation dose. *Semin Nucl Med* **19**: 33-46, 1989
- 10) 分校久志: SPECT の定量化における問題点. *映像情報* **23**: 1200-1205, 1991
- 11) Stadius ML, Williams DL, Harp G, Cerqueira M, Caldwell JH, Stratton JR, et al: Left ventricular volume determination using single-photon emission computed tomography. *Am J Cardiol* **55**: 1185-1191, 1985
- 12) Bunker SR, Hartshorne MF, Schmidt WP, Cawthon MA, Karl RD, Bauman JM, et al: Left ventricular volume determination from single-photon emission computed tomography. *AJR* **144**: 295-298, 1985
- 13) Underwood SR, Walton S, Laming PJ, Jarritt PH, Ell PJ, Emanuel RW, et al: Left ventricular volume and ejection fraction determined by gated blood pool emission tomography. *Br Heart J* **53**: 216-222, 1985
- 14) 滝 淳一, 分校久志, 中嶋憲一, 南部一郎, 四位例靖, 谷口 充, 他: Single photon emission computed tomography による左右心室容積算出——臨床例における検討——. *核医学* **24**: 143-148, 1987
- 15) Gill JB, Moore RH, Tamaki N, Miller DD, Baralai-Kovach M, Yasuda T, et al: Multigated blood-pool tomography: New method for the assessment of left ventricular function. *J Nucl Med* **27**: 1916-1924, 1986
- 16) 上遠野栄一, 小野和男, 大和田憲司, 藤野彰久, 渡辺直彦, 佐藤 稔, 他: 心拍同期心プール法による心室容積算出の試み. *J Cardiol* **17**: 329-339, 1987
- 17) Ziada G, Mohamed MM, Hayat N, Yousof AM, Abdel-dayem HM, Bahar R, et al: Quantitative analysis of cardiac function: Comparison of electrocardiogram dual gated single photon emission tomography, planar radionuclide ventriculogram and contrast ventriculography in the determination of LV volume and ejection fraction. *Eur J Nucl Med* **12**: 592-597, 1987
- 18) 木村元政: 心拍同期・非同期心プール Single photon emission computed tomography による左室拡張末期容積算出に関する基礎的ならびに臨床的検討. *核医学* **25**: 493-504, 1988
- 19) 平木祥夫, 清水光春, 上者郁夫, 青野 要, 柳 英清, 因藤春秋, 他: Single photon emission computed tomography による左室容量の測定. *核医学* **25**: 1229-1234, 1988
- 20) 山岸 隆, 佐々田孝美, 前田準也, 河野隆任, 吉永憲正, 小川 宏, 他: 心拍同期心プール断層法による左室容積, 駆出率, 1 回心拍出量算出の精度について. *核医学* **26**: 155-163, 1989
- 21) 成田充啓, 栗原 正, 村野謙一, 宇佐美暢久, 本田 稔: 心電図同期心プールシンチ断層法による左心機能の評価. *核医学* **28**: 51-61, 1991
- 22) 大嶽 達, 渡辺俊明, 西川潤一, 百瀬敏光, 小坂昇, 小嶋 馨, 他: Single photon emission CT を用いた心拍同期心プールスキャンにおける 180° スキャンのデータ収集開始位置に関する問題点および血中放射活性の時間的減衰補正の検討. *核医学* **23**: 1693-1707, 1986
- 23) 細羽 実, 和辻秀信, 外山比南子, 村田 啓, 田中栄一: 心プール SPECT の定量性について——180° スキャンと 360° スキャンの比較——. *核医学* **23**: 849-853, 1986
- 24) Knesaurek K, King MA, Glick SJ, Penney BC: Investigation of causes of geometric distortion in 180° and 360° angular sampling in SPECT. *J Nucl Med* **30**: 1666-1675, 1989
- 25) 藤原康史, 望月輝一, 伊藤武俊, 村瀬研也, 浜本研, 濱田希臣, 他: 心電図同期心プール断層法を用

- いた左室容量曲線の解析. *J Cardiol* **18**: 795-801, 1988
- 26) Tauxe WN, Soussaline F, Todd-Pokropek A, Cao A, Collard P, Richard S, et al: Determination of organ volume by single-photon emission tomography. *J Nucl Med* **23**: 984-987, 1982
- 27) 外山比南子, 与那嶺茂道, 山片 敦, 山田英夫, 田中栄一, 村田 啓: SPECT を用いた臓器容積および摂取率測定法の基礎的検討. *核医学* **24**: 35-45, 1987
- 28) 滝 淳一, 分校久志, 多田 明, 中嶋憲一, 南部一郎, 四位例靖, 他: Single photon emission computed tomography による左右心室容積算出のための基礎的検討. *核医学* **22**: 1539-1544, 1985
- 29) Sechtem U, Pflugfelder PW, Gould RG, Cassidy MM, Higgins CB: Measurement of right and left ventricular volumes in healthy individuals with cine MR imaging. *Radiology* **163**: 697-702, 1987
- 30) Cranney GB, Lotan CS, Dean L, Baxley W, Bouchard A, Pohost GM: Left ventricular volume measurement using cardiac axis nuclear magnetic resonance imaging—validation by calibrated ventricular angiography. *Circulation* **82**: 154-163, 1990
- 31) 滝 淳一: 右心室機能測定法に関する核医学的研究——Single photon emission computed tomography 法を中心として——. *金沢大学十全医学会雑誌* **1**: 99-112, 1986
- 32) 滝 淳一, 分校久志, 中嶋憲一, 南部一郎, 四位例靖, 谷口 充, 他: 心電図同期 Single photon emission computed tomography による左室逆流性疾患の定量的評価. *核医学* **24**: 137-141, 1987
- 33) Adam WE, Tarkowska A, Bitter F, Stauch M, Geffers H: Equilibrium (gated) radionuclide ventriculography. *Cardiovasc Radiol* **2**: 161-173, 1979
- 34) Turner DA, Shima MA, Ruggie N, Behren PLV, Jarosky MJ, Ali A, et al: Coronary artery disease: Detection by phase analysis of rest/exercise radionuclide angiocardiograms. *Radiology* **148**: 539-545, 1983
- 35) Brateman L, Buckley K, Keim SG, Wargovich TJ, Williams CM: Left ventricular regional wall motion assessment by radionuclide ventriculography: A comparison of cine display with Fourier imaging. *J Nucl Med* **32**: 777-782, 1991
- 36) Nakajima K, Bunko H, Tada A, Taki J, Tonami N, Hisada K, et al: Phase analysis in the Wolff-Parkinson-White syndrome with surgically proven accessory conduction pathways: concise communication. *J Nucl Med* **25**: 7-13, 1984
- 37) 津田隆俊, 久保田昌宏, 高橋貞一郎, 森田和夫: 心拍同期心ブール断層法における位相解析——心ファントムによる基礎的検討ならびに臨床応用——. *核医学* **25**: 543-555, 1988

## Summary

### Assessment of Cardiac Function and Left Ventricular Regional Wall Motion by $^{99m}\text{Tc}$ Multigated Cardiac Blood-Pool Emission Computed Tomography

Yoichi ISHINO

*Department of Radiology, University of Occupational and Environmental Health, School of Medicine*

Forty-three patients underwent the analysis of left and right ventricular (LV and RV) volumes, and LV regional wall motion by multigated cardiac blood pool single photon emission computed tomography (SPECT) with  $^{99m}\text{Tc}$ . To calculate the cardiac volume correctly, the optimal cutoff level in relation to background level was first obtained by a phantom study. Left ventricular end-diastolic, end-systolic volume (EDV and ESV) and ejection fraction (EF) calculated thus with SPECT were correlated well with the data obtained with left ventriculography (LVG) and magnetic resonance imaging (MRI), especially using horizontal long axial image. RV stroke volume (SV) without shunt or valvular diseases was also correlated well with

that of LV when it was calculated using horizontal long axial image. However, SV ratio (LVSV/RVSV) was not necessarily ideal numerical 1. In addition LV wall motion was evaluated by multi-contour systolic display and phase analysis in SPECT and gated planar images. The results obtained with SPECT were better correlated with those of LVG than gated planar images. It is concluded that multigated cardiac blood pool SPECT is a clinically useful method for an evaluation of cardiac function and left ventricular regional wall motion.

**Key words:** Gated cardiac blood pool SPECT, Ventricular volumes, Cardiac function, Left ventricular wall motion, Phase analysis.