

《原 著》

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

木 村 元 政*

要旨 心拍同期 SPECT および非同期 SPECT から左室拡張末期容積を算出する場合の心内腔輪郭を決定するために用いるカットオフ値(C)について、心臓動態ファントムを用いて基礎的検討を行った。心拍同期 SPECT (G-SPECT) では、心腔内最高カウント・サンプリング時間・駆出率ともにあまりカットオフ値に影響を与えなかったが、バックグラウンド (BG) との間には $C=0.69BG+32.5$ (%) ($r=0.997$) の相関が認められた。心拍非同期 SPECT (NG-SPECT) では、バックグラウンドとの間に $C=0.79BG+22.7$ (%) ($r=0.998$) の相関があり、また駆出率 (EF) との間にも $C=-0.169EF+36.4$ (%) ($r=-0.97$) の相関が認められた。各種心疾患 13 例で SPECT によりおのおの最適カットオフ値で算出した容積は、左室造影 (LVG) から求めた左室拡張末期容積とは G-SPECT $=1.06LVG-15.3$ (ml) ($r=0.97$)、NG-SPECT $=1.15LVG-26.5$ (ml) ($r=0.96$) の良い相関を示した。しかしカットオフ値を心拍同期 SPECT で 45%、心拍非同期 SPECT で 40% と一定にしてもそれぞれ左室造影との相関は G-SPECT $=1.03LVG-1.4$ (ml) ($r=0.97$)、NG-SPECT $=1.01LVG-3.7$ (ml) ($r=0.98$) と良好であり、方法が簡単なことからカットオフ値を一定にして容積を算出しても臨床上是十分であると思われた。

I. はじめに

心容積を非侵襲的に求める工夫は近年各種画像診断法で試みられている。特に断層像を用いる方法は、X 線 CT¹⁻³⁾ および MRI (magnetic resonance imaging)^{4,5)} でも試みられているが、心臓核医学の領域では Single photon emission computed tomography (SPECT) を用いて心容積を算出することが可能で、特に心電図 R 波をトリガーとした心拍同期 SPECT に関する報告はいくつか見うけられる⁶⁻⁸⁾。一方心拍非同期 SPECT は、データ収集に要する時間が短いこと、弁膜症および拡張型心筋症など不整脈を有する症例についても施行可能なことから、今後臨床的には心拍同期

SPECT 同様有用な方法となる可能性があると思われる。しかし SPECT を用いて容積を算出する場合に、最も重要となる心内腔の輪郭を決定するために必要となる最適カットオフ値については報告により異なる値が用いられている⁹⁻¹²⁾。

本研究では、容積および駆出率を適宜変えられる心臓動態ファントムを用いて、最適カットオフ値に影響を与えると思われる種々の要因について心拍同期 SPECT および心拍非同期 SPECT の双方において検討した。また、臨床例において contrast cineangiography 左室造影と対比検討した。

II. 方 法

1. 心臓動態ファントムでの検討

心臓動態ファントムは安西総業社製 Cardiac II^{13,14)} を用い、心拍数 (HR) は 60/分と一定にして、拡張末期容積 (EDV)・1 回拍出量 (SV)・駆出率 (EF) を適宜変化させて、最適カットオフ

* 新潟大学医学部放射線科

受付：62 年 12 月 14 日

最終稿受付：63 年 3 月 4 日

別刷請求先：新潟市旭町通一番町 (☎ 951)

新潟大学医学部放射線科

木 村 元 政

値に与える影響を検討した。使用した装置は、低エネルギー汎用型コリメータを装着した対向型ロータカメラ ZLC 7500 とデータ処理装置シンチバック 2400 である。対向したカメラのコリメータ間距離は 49 cm と一定とし、マトリックスサイズ 64×64 で 10 度ごと 36 方向より 360 度データを収集した¹⁵⁾。

心拍同期 SPECT は、平衡時心電図同期 planar 法より駆出時間を算出し、拡張末期像は R 波より 0 msec、収縮末期像は R 波より駆出時間 -40 msec から通常サンプリング時間 80 msec として拡張末期像および収縮末期像のデータを収集した。得られた各投影像をバターワース・フィルタ¹⁶⁾で処理した後、吸収補正は行わずに Shepp and Logan フィルタ¹⁷⁾を用いて画像を再構成し、得られた横断像よりファントム内の最高カウントに対するカットオフ % 値を変化させて自動的に輪郭抽出を行い総ボクセル数を求め、1 ボクセルの体積 0.244 ml を乗じて容積を算出した。また心拍非同期 SPECT についても同様な処理を行い容積を算出した (Fig. 1)。

2. 臨床例での検討

対象は、虚血性心疾患 7 例 (狭心症 3 例・前壁梗塞 2 例・下壁梗塞 2 例)、大動脈弁逆流症 3 例、僧帽弁逆流症 1 例、心房中隔欠損症 1 例、肥大型心筋症 1 例の計 13 例で、いずれの症例にも心臓カテーテル検査施行 1 週間以内に行われた心プールシンチグラフィ施行時に心拍同期 SPECT・非同期 SPECT を行った。

心プールシンチグラフィは、^{99m}Tc in vivo 赤血球標識法を用い、ピロリン酸 10 mg 静注 30 分後に ^{99m}Tc パーテクネチートを 30 mCi 静注し、平衡に達する 10 分後よりまず平衡時心電図同期 planar 法を行い駆出率および駆出時間を求めた。心拍同期 SPECT は、駆出時間を参考にして拡張末期と収縮末期のみをサンプリング時間 80 msec・1 方向あたりの収集時間 60 sec・マトリックスサイズ 64×64 ・10 度ごと 36 方向より 360 度データを収集した。非同期 SPECT は、1 方向あたりの収集時間を 10 sec として 10 度ごと 36 方向より 360 度デー

タを収集した。得られた各投影像をバターワース・フィルタで処理した後、吸収補正は行わずに画像を再構成し四腔断層像を作成した。四腔断層像を作成する場合、心長軸を設定するとき、でき上がった断層像にて心房心室境界が各スライスでほぼ一致するように注意して軸を設定した。心拍同期 SPECT では、得られた四腔断層像から拡張末期像のみを取りだし面積が最大となる断層面にて用手法により左室辺縁に関心領域 (ROI) を設定し、カットオフ値を 40%・45%・50% およびファントム実験より求めた最適カットオフ値にして自動的に ROI 内の総ボクセル数を求め、1 ボクセルの体積 0.244 ml を乗じて左室拡張末期容積を算出した (Fig. 2)。以上の過程において、マスク処理後に得られた各スライスの左心室に右心室・左心房が含まれていないかどうか確認し、誤っていれば ROI を修正しながら容積算出を行った。非同期 SPECT では、面積が最大となる断層面にて ROI を設定し、カットオフ値を 35%・40%・45% およびファントム実験より求めた最適カットオフ値にして心拍同期 SPECT 同様に左室拡張末期容積を算出した。

III. 結 果

1. ファントム内比放射能

2,000 ml のタンクを含むファントム心腔内に ^{99m}Tc パーテクネチートを 10 mCi から 5 mCi ずつ追加し 40 mCi までの 7 段階で、EDV 150 ml・SV 90 ml・EF 60%・HR 60/min に設定して心拍同期 SPECT・非同期 SPECT を行った。

心拍同期 SPECT では、心腔内最高カウントは 124/pixel から 518/pixel まで変化したが、算出した容積が 150 ml に最も近くなるカットオフ値は 36-38% とほぼ一定であった。非同期 SPECT でも最高カウントは 263/pixel から 1,124/pixel まで変化したが、カットオフ値は 27-29% とほぼ一定であった。しかし、どちらの SPECT にしても最高カウントが高いもののほど、カットオフ値は僅かに高い傾向が見られた。

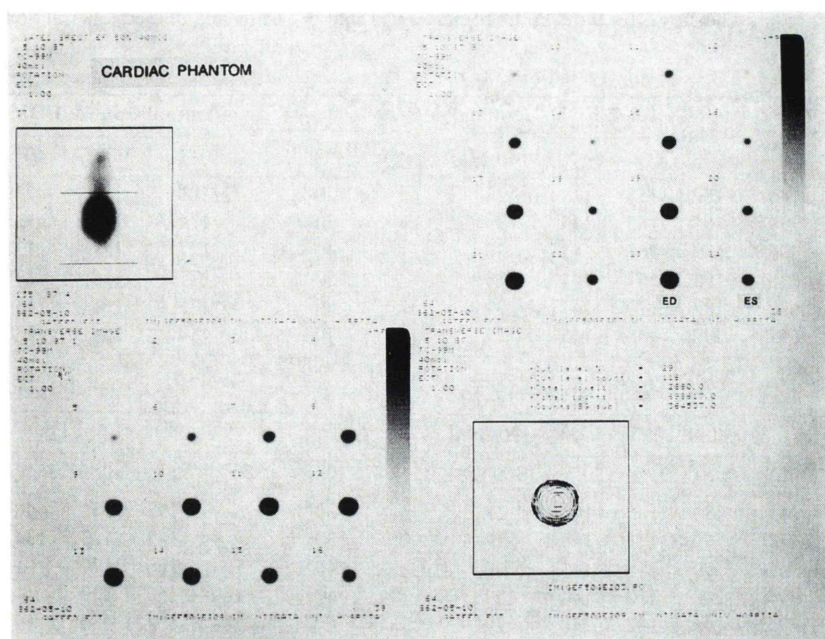


Fig. 1 The procedure of semiautomatic calculation of phantom volume from gated SPECT.

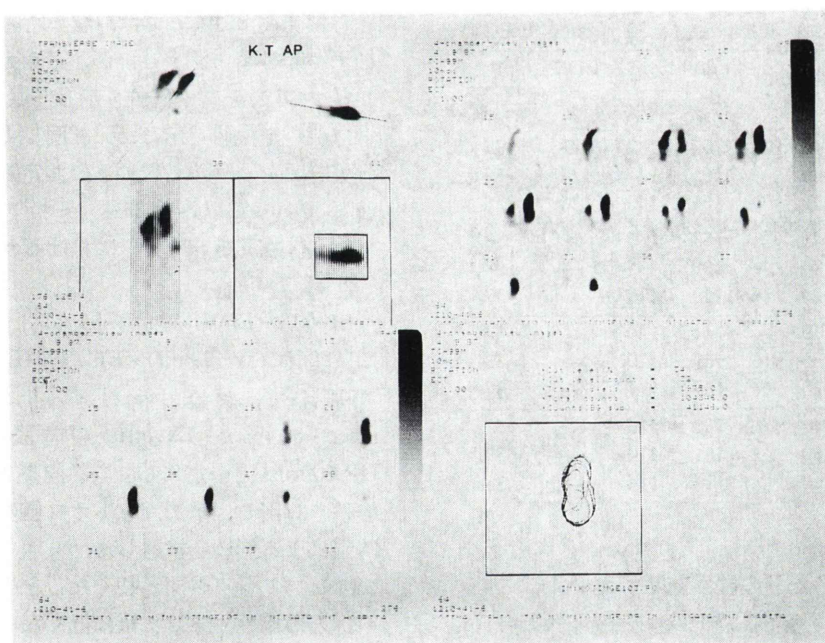


Fig. 2 The procedure to calculate the left ventricular end-diastolic volume by gated SPECT in a case with angina pectoris.

Table 1 Influence of acquisition time on optimal cut off level

Acquisition time	LV max count	Cut off level & EDV			Optimal cut off level (%)
		30%	35%	40%	
20 sec	183	182	155	128	36
30	259	185	165	145	39
40	356	189	165	141	38
50	436	193	167	141	38
60	520	192	170	147	39
80	697	192	168	145	39

(non-gated SPECT)

Acquisition time	LV max count	Cut off level & EDV			Optimal cut off level (%)
		20%	25%	30%	
2 sec	241	194	165	140	28
4	473	199	171	146	29
6	705	199	168	145	29
8	934	200	170	144	29
10	1,200	199	172	146	29
12	1,357	202	172	147	29

(EDV=150 ml, SV=90 ml, EF=60%, HR=60/min)

Table 2 Influence of sampling time on optimal cut off level

Ejection fraction	Sampling time	Cut off level & EDV			Optimal cut off level (%)
		35%	40%	45%	
EF=60% (150 ml)	40 msec	162	142	123	38
	80	165	147	127	39
	120	164	143	125	38
EF=51% (141 ml)	40	153	133	—	38
	80	155	135	—	38
	120	149	128	—	37
EF=37% (129 ml)	40	141	120	—	38
	80	139	120	—	38
	120	137	117	—	37
EF=29% (123 ml)	40	132	112	—	37
	80	131	110	—	37
	120	134	114	—	38

2. 1 方向あたりの収集時間 (Table 1)

ファントム心腔内に ^{99m}Tc パーテクネチドを 40 mCi 注入し, EDV 150 ml・SV 90 ml・EF 60% に設定し, 収集時間 acquisition time を変化させ

Table 3 Influence of ejection fraction on optimal cut off level

Ejection fraction	Cut off level & EDV			Optimal cut off level (%)
	30%	35%	40%	
20%	181	155	139	37
30	174	153	136	36
40	177	151	137	35
50	177	154	138	36
60	175	150	134	35
70	180	154	138	36

(non-gated SPECT)

Ejection fraction	Cut off level & EDV				Optimal cut off level (%)
	20%	25%	30%	35%	
20%	—	193	166	146	34
30	—	179	153	134	31
40	195	166	147	—	29
50	189	159	139	—	27
60	184	157	134	—	27
70	177	150	—	—	25

(EDV=150 ml, SV=30-105 ml, HR=60/min)

て SPECT による容積算出を行った。

心拍同期 SPECT では, 収集時間を 20 秒から 10 秒ずつ 80 秒まで測定したが, 最適カットオフ値は 20 秒で 36% と若干低値を示した以外は, 38-39% とほぼ一定の値を示した。非同期 SPECT では, 収集時間を 2 秒から 12 秒まで測定したが, 2 秒で 28% であった以外は 29% と一定であった。

3. 心拍同期 SPECT におけるサンプリング時間 (Table 2)

EF 60% (EDV 150 ml)・EF 51% (EDV 141 ml)・EF 37% (EDV 129 ml)・EF 29% (EDV 123 ml) の 4 段階にて, おのおのサンプリング時間を 40 msec・80 msec・120 msec の 3 段階に設定し, HR 60/min と一定にして心拍同期 SPECT を行い容積を算出し, 最適カットオフ値のサンプリング時間による影響を検討した。

サンプリング時間が長くなると EF の大きいものの最適カットオフ値は低くなると予想していたが, 最適カットオフ値はいずれの段階でも 37-39% とほとんど変化は見られなかった。

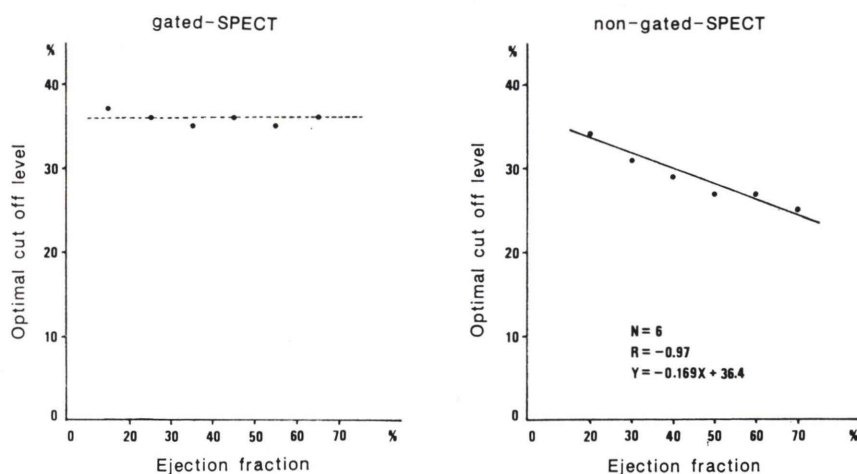


Fig. 3 Relationship between optimal cut off level and ejection fraction.

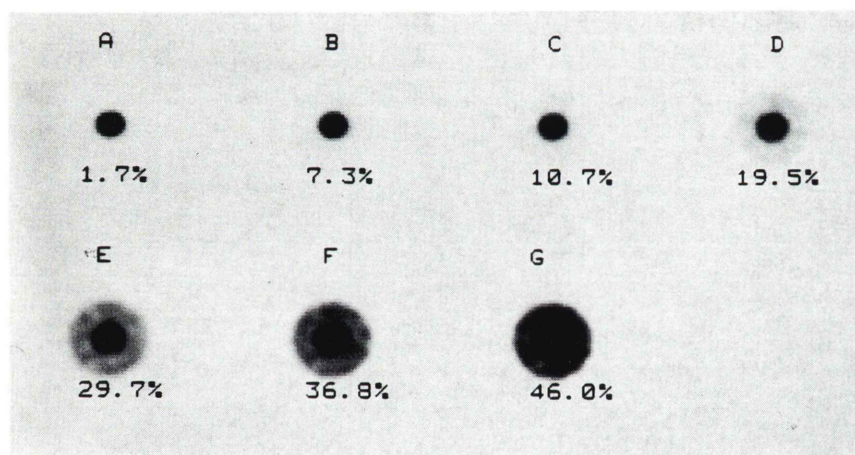


Fig. 4 Background levels measured on dynamic cardiac phantom.

4. 駆出率の影響 (Table 3)

EDV 150 ml と一定とし, EF が 20% から 70% となるように SV を 30 ml から 105 ml まで変化させて SPECT による容積を算出した。

心拍同期 SPECT では, EF の変化にかかわらず最適カットオフ値は 35-37% とほぼ一定であった。

心拍非同期 SPECT では, 最適カットオフ値は EF 20% で 34% を示し, EF の増加に伴い漸減

し $y = -0.169x + 36.4$ (%) ($r = -0.97$) の負の相関を示した (Fig. 3)。

5. バックグラウンドの影響 (Table 4)

ファントム心腔内に ^{99m}Tc パーテクネチドを 40 mCi 注入し, 外側のバッファータンクにバックグラウンドとして 4 mCi より始め 4 mCi ずつ増加し, EDV 150 ml・SV 90 ml・EF 60%・HR 60/min として SPECT による容積を算出した。バックグラウンド値は, 心内径が最大となる断面に

Table 4 Influence of background level on optimal cut off level

Background level	Cut off level & EDV								Optimal cut off level (%)
	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %	65 %	
1.9 %	165	144	128	—	—	—	—	—	34
6.9 %	189	164	142	123	—	—	—	—	38
10.6 %	201	173	148	131	—	—	—	—	40
18.2 %	—	204	172	143	123	—	—	—	44
28.2 %	—	—	232	188	154	127	—	—	51
34.5 %	—	—	—	258	201	166	131	—	57
44.6 %	—	—	—	—	283	222	174	140	64

(non-gated SPECT)

Background level	Cut off level & EDV								Optimal cut off level (%)
	20 %	25 %	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	
1.7 %	172	146	123	—	—	—	—	—	24
7.3 %	—	171	144	119	—	—	—	—	29
10.7 %	—	187	155	132	—	—	—	—	31
19.5 %	—	—	213	172	140	—	—	—	38
29.7 %	—	—	—	—	191	152	122	—	45
36.8 %	—	—	—	—	—	220	175	139	53
46.0 %	—	—	—	—	—	—	231	181	59

(EDV=150 ml, SV=90 ml, EF=60%, HR=60/min)

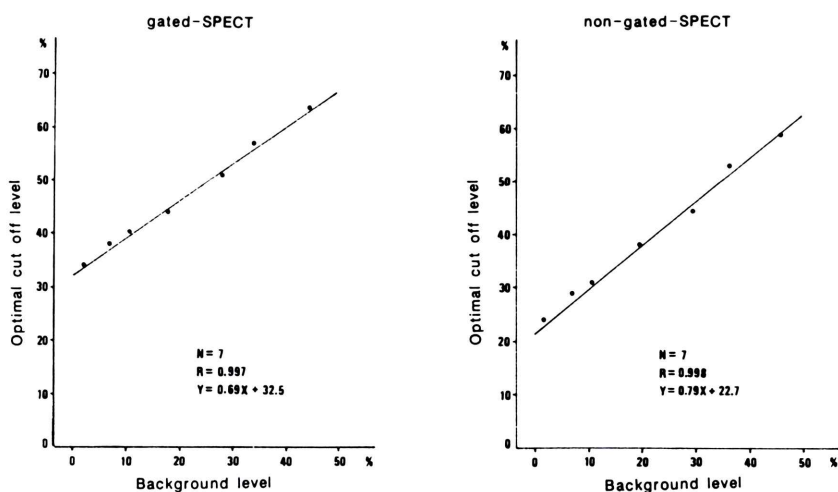


Fig. 5 Relationship between optimal cut off level and background level.

において上下左右の4か所に関心領域を設定し、その平均カウントを心内腔最高カウントで除して%で表した (Fig. 4).

心拍同期 SPECT では、バックグラウンド (BG)

が増加するに従い最適カットオフ値 (C) も増加し、 $C = 0.69BG + 32.5$ (%) ($r = 0.997$) の相関を示した。

心拍非同期 SPECT でも、同様にバックグラウ

Table 5 Individual left ventricular end-diastolic volume determined by gated SPECT and contrast angiography

(gated SPECT)							
Patient No.	Diagnosis*	LV max count	BG level (%)	Optimal cut off level (%)	LVEDV (optimal cut off level) (ml)	LVEDV (cut off level 45%) (ml)	LVEDV by angiography (ml)
1	AP	190	22.2	48	131	144	141
2	HCM	153	19.6	46	157	163	163
3	ant. MI	193	20.5	47	122	131	125
4	AP	149	24.2	49	137	156	167
5	ASD	201	29.9	53	98	123	105
6	inf. MI	116	20.9	47	123	129	118
7	inf. MI	185	23.9	49	138	151	143
8	AR	78	16.2	44	195	188	194
9	AP	92	15.4	43	92	85	106
10	AR	288	18.8	45	295	295	271
11	AR	172	22.5	48	203	221	229
12	MR	110	20.0	45	144	144	142
13	ant. MI	150	22.9	48	105	120	111

*AP: angina pectoris, AR: aortic regurgitation, ASD: atrial septal defect, HCM: hypertrophic cardiomyopathy, MI: myocardial infarction, MR: mitral regurgitation

Table 6 Individual left ventricular end-diastolic volume determined by non-gated SPECT and contrast angiography

(non-gated SPECT)								
Patient No.	Diagnosis	LV max count	LVEF (%)	BG level (%)	Optimal cut off level (%)	LVEDV (optimal cut level) (ml)	LVEDV (cut off level 40%) (ml)	LVEDV by angiography (ml)
1	AP	462	59	23.8	41	135	138	141
2	HCM	280	68	21.1	38	157	147	163
3	ant. MI	416	58	25.5	43	115	127	125
4	AP	339	66	26.0	44	138	157	167
5	ASD	400	55	28.8	46	81	105	105
6	inf. MI	406	56	19.5	39	124	121	118
7	inf. MI	342	63	23.7	41	137	140	143
8	AR	287	70	16.7	34	226	193	194
9	AP	229	55	24.0	43	96	107	106
10	AR	547	49	17.2	38	302	290	271
11	AR	643	57	21.8	40	205	205	229
12	MR	238	55	20.0	40	144	144	142
13	ant. MI	439	53	17.8	38	112	106	111

ンド増加に伴い最適カットオフ値も増加し、 $C=0.79BG+22.7$ ($r=0.998$) の相関を示した (Fig. 5).

6. 臨床例での検討 (Tables 5, 6)

心臓カテーテル検査時に施行された biplane cineangiography による左室造影 (LVG) より Simpson 法^{18,19)} にて左室拡張末期容積を算出し、心プール SPECT より求めた容積と比較した。心

拍同期 SPECT では、症例によりバックグラウンド (BG) は 15.4% から 29.9% の値をとりファントム実験の結果より求められる最適カットオフ値は 43% から 53% の幅を示した。おのおののカットオフ値から求めた左室拡張末期容積と cineangiography から求めた左室拡張末期容積との相関は $y=1.06x-15.3$ (ml) ($r=0.97$) と良好な値を

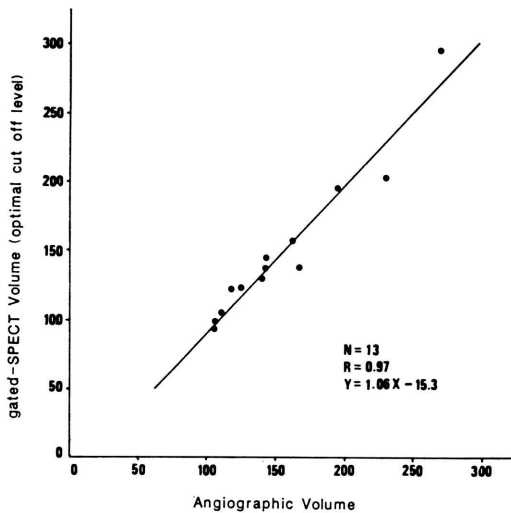


Fig. 6 Correlation between left ventricular end-diastolic volume by gated SPECT using optimal cut off level and angiographic measurement.

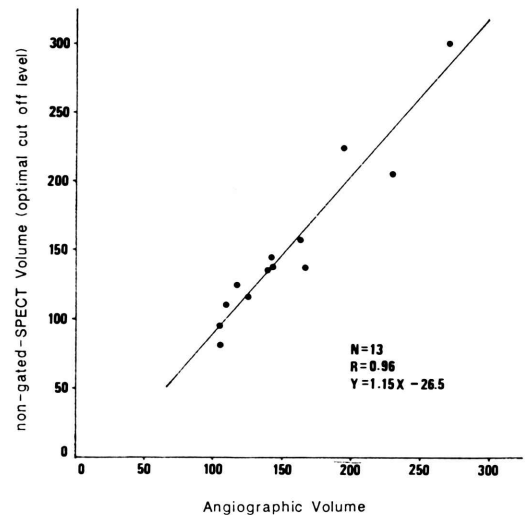


Fig. 8 Correlation between left ventricular end-diastolic volume by non-gated SPECT using optimal cut off level and angiographic measurement.

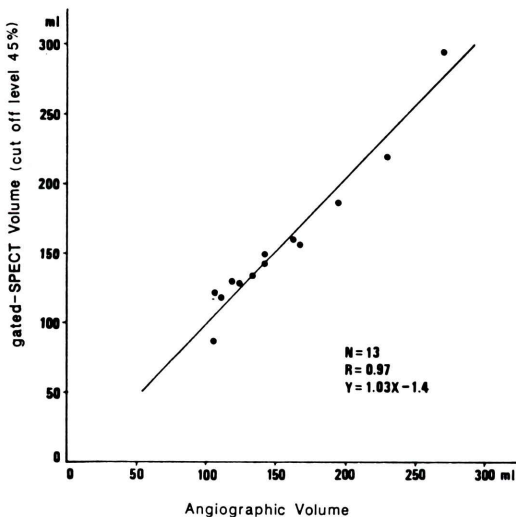


Fig. 7 Correlation between left ventricular end-diastolic volume by gated SPECT using cut off level 45% and angiographic measurement.

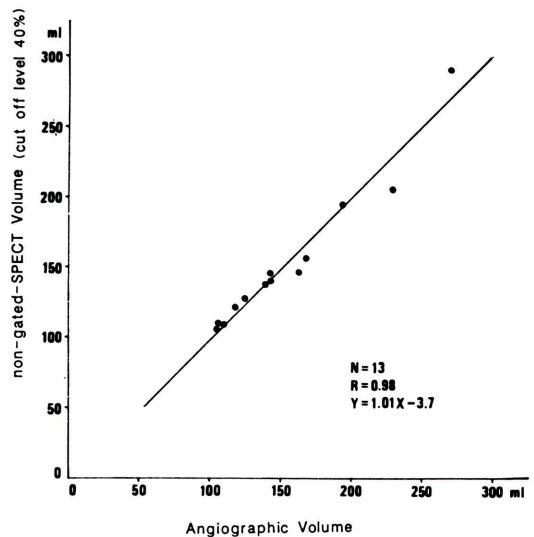


Fig. 9 Correlation between left ventricular end-diastolic volume by non-gated SPECT using cut off level 40% and angiographic measurement.

示した (Fig. 6). 同じ臨床例において 3 か月後に行った同一検査により算出された左室拡張末期容積とは $y = 0.95x - 8.4$ (ml) ($r = 0.97$) と良い再現性を示し、バックグラウンドの誤差は症例によりバ

ラツキが認められたが、全て 4% 以内であった。全症例においてカットオフ値を 45% と一定にしても $y = 1.03x - 1.4$ (ml) ($r = 0.97$) と良い相関を示した (Fig. 7). 心拍非同期 SPECT では、バック

グラウンド値は 16.7% から 28.8%, 駆出率は 49% から 70% の値をとり, フェントム実験の結果より求めた最適カットオフ値は $C=0.79BG+22.7+0.169(60-EF)$ の式より 34% から 46% の幅を示した. おおのこのカットオフ値から求めた左室拡張末期容積と cineangiography から求めた左室拡張末期容積との相関は $y=1.15x-26.5$ (m/)($r=0.96$) と良い値を示したが (Fig. 8), 全症例においてカットオフ値を 40% と一定にしても $y=1.01x-3.7$ (m/)($r=0.98$) と良い相関を示した (Fig. 9).

IV. 考 察

心プールシンチグラフィによる左室容積算出には, 従来より平衡時心電図同期 planar 法^{20~22)} が用いられてきたが, 深部からのガンマ線吸収補正や心房心室の重なりなどの問題を抱えていた. これに対して SPECT を用いた容積算出法は, X 線 CT や MRI など他の断層像の加算より求める方法と同様に容積算出には適した方法であり, 心電図同期 SPECT に関する報告も最近多く見うけられるようになってきた. しかし SPECT により容積を算出する際に最も重要となる心内腔輪郭を抽出するために用いるカットオフ値については, 報告により異なった数値が用いられている. 従来の報告ではカットオフ値の決定が動きのないフェントムで行われてきたのに対して, 本研究ではデータ収集の影響も検討する目的で動態フェントムを用いて種々の検討を行った. 同時に臨床例について cineangiography と比較検討した.

1. 心拍同期 SPECT について

フェントム心腔内への ^{99m}Tc パーテクネチイト投与量および 1 方向あたりのデータ収集時間を変化させて心腔内最高カウントのカットオフ値に与える影響を検討したが, カウントが高いところではカットオフ値は 38% から 39% とほぼ一定であり影響を与えなかったが, 投与量が 10 mCi で最高カウントが 124/pixel および 1 方向あたりの収集時間が 20 msec で最高カウントが 183/pixel のときに最適カットオフ値は 36% と低値を示した.

データ収集時間が 1 方向 60 sec の臨床例では, 最高カウントが 200/pixel の症例が多いことから, 現在の収集時間および投与量では軽度ではあるが最適カットオフ値に影響を与えていると思われる.

サンプリング時間のカットオフ値に与える影響については, 当初サンプリング時間が長くなれば駆出率が高いもののほど容積は低く算出され最適カットオフ値は低くなることが予想されたが, サンプリング時間を 40 msec・80 msec・120 msec と変化させたフェントム実験での検討では三者ともに差は認められなかった. このことから臨床例ではカウントを稼ぐためにも RR 間隔の 1/10 程度までサンプリング時間を長くできると思われる.

駆出率については, カットオフ値への影響は認められなかったが, バックグラウンド値については明らかな影響が認められ, フェントム実験より補正式が求められた. 臨床例では, バックグラウンド値は 15.4% から 29.9% の値をとり, 補正式より求めた最適カットオフ値は 43% から 53% の値を示した. 時期をかえて求めたバックグラウンド値は設定部位およびバックグラウンドの不均一性の影響により, 症例によっては 4% の差を示したが, 補正式より求めた最適カットオフ値への影響は比較的少なく 2% 以内であった. 最適カットオフ値より求めた左室拡張末期容積の cineangiography との相関は良好であったが, 臨床例においてはバックグラウンド値が 20% 前後の症例が多いことからカットオフ値を 45% と一定としても相関はほぼ同様であった. ルーチン検査として用いていくためには, 算出方法はできるだけ簡単な方が良く, カットオフ値を 45% と一定としても良いのではないかと考える.

2. 心拍非同期 SPECT について

心腔内最高カウントの最適カットオフ値に与える影響については, 心拍同期 SPECT 同様に 300/pixel 以下の低いカウントではカットオフ値は若干低い傾向を示したが, 1 方向あたり 10 sec でデータ収集する臨床例では比較的十分にカウントを集めることができるので影響はあまりないと思われる.

駆出率およびバックグラウンド値はともに最適カットオフ値に影響を与えるが、バックグラウンド値の与える影響がより大きいことから補正式はバックグラウンド値を主体とした。種々のバックグラウンドにおいて駆出率を 25%・50%・75% と変化させてファントム実験から求めた最適カットオフ値と補正式による値との差は 2% 前後であった。駆出率が 49% から 70% の値を示した臨床例では、バックグラウンド値は 16.7% から 28.8% の値をとり、補正式より求めた最適カットオフ値は 34% から 46% を示した。最適カットオフ値より求めた左室拡張末期容積と cineangiography から求めた容積とは良い相関を示したが、臨床例においてはバックグラウンド値が 20% 前後の症例が多いことからカットオフ値を 40% と一定にして求めた方がかえって cineangiography との相関は良好であった。心拍非同期 SPECT の場合、左房との境界が判定しにくく正確に左室内腔を抽出できないこと、駆出率やバックグラウンド値など他の因子も関与するので、臨床でルーチン検査に用いる場合にはカットオフ値を 40% と一定にして良いと考えられる。

以上心拍同期 SPECT および非同期 SPECT による左室拡張末期容積算出について述べてきたが、精度としては左房との境界など左室内腔輪郭が正確に抽出できることや駆出率の影響を受けないことなどの点で心拍同期 SPECT の方がすぐれている。しかし検出器を 2 個有する対向型ガンマカメラを用いてもデータ収集に約 30 分要することや不整脈症例では用いられないことなどの点が問題である。一方心拍非同期 SPECT は、データ収集が 5 分以内と短時間で済むこと、弁膜症や拡張型心筋症など不整脈を有する症例でも施行できることなどの点に臨床的価値がある。しかし、現時点では自動処理を行えば、いくら注意して関心領域を設定しても一部右心室・左心房が含まれる可能性がある。しかし各スライスにおける左室辺縁設定をすべて用手法で行うことは煩雑でルーチン検査としては用いられない。今後、心房心室輪郭抽出に対して用手法を取り入れた半自動処理を導入す

るなどソフトウェアの改良が望まれる。またソフトウェアの改良により、右心系も含めた各心房心室の容積算出をより精度高く短時間に行えるよう工夫し、臨床に応用したいと考えている。

V. 結 語

心拍同期 SPECT および非同期 SPECT を用いて左室拡張末期容積を算出する場合の最適カットオフ値 (C) について、心臓動態ファントムおよび臨床例において検討した。

1) 心拍同期 SPECT (G-SPECT) では、ファントム実験において心内腔最高カウント・駆出率・サンプリング時間ともにあまりカットオフ値に影響を与えなかったが、バックグラウンド値 (BG) は $C = 0.69BG + 32.5$ (%) ($r = 0.997$) の相関を示した。

2) 心拍非同期 SPECT (NG-SPECT) では、心腔内最高カウントはカットオフ値に影響を与えなかったが、駆出率 (EF) は $C^{EF} = -0.169EF + 36.4$ (%) ($r = -0.97$)、バックグラウンド値は $C^{BG} = 0.79BG + 22.7$ (%) ($r = 0.998$) の相関を示した。バックグラウンド値の影響の方が大きいことから最適カットオフ値は $C = 0.79BG + 22.7 + 0.169(60 - EF)$ より求めた。

3) 各種心疾患 13 例での cineangiography 左室造影 (LVG) との比較では、ファントム実験より求めたカットオフ値から算出した左室拡張末期容積は G-SPECT = $1.06LVG - 15.3$ ($r = 0.97$)、NG-SPECT = $1.15LVG - 26.5$ ($r = 0.96$) の良い相関を示した。しかし、カットオフ値を心拍同期 SPECT で 45%、非同期 SPECT で 40% と一定にしてもそれぞれの左室造影との関係は G-SPECT = $1.03LVG - 1.4$ ($r = 0.97$)、NG-SPECT = $1.01LVG - 3.7$ ($r = 0.98$) と良好な相関を示した。

稿を終えるにあたり、ご指導とご校閲を賜りました酒井邦夫教授に深謝いたします。またご協力いただきました放射線部野口栄吉・笠原敏文両技師ならびに本学第二外科林純一先生に深く感謝いたします。

文 献

- 1) 内藤博昭, 有沢 淳, 木村晃二, 他: Computed tomography を用いた左室機能および形態診断. *J Cardiography* **12**: 425-440, 1982
- 2) 渡辺 滋, 西本良博, 吉田秀夫, 他: コンピューター断層撮影 (CT) による心容積の測定. *J Cardiography* **11**: 1273-1281, 1981
- 3) 木村元政, 内藤博昭, 太田光重, 他: CT による 4-chambers volumetry と心室 mass の算出. *J Cardiography* **13**: 605-615, 1983
- 4) Sechtem U, Pflugfelder PW, Gould RG, et al: Measurement of right and left ventricular volumes in healthy individuals with cine MR imaging. *Radiology* **163**: 697-702, 1987
- 5) 渡部幹夫, 細田泰之, Fermin DN, et al: NMR 心画像による左右心室容積, 心機能の同時測定. *心臓* **18**: 626-633, 1986
- 6) Bunker SR, Hartshorne MF, Schmidt WP, et al: Left ventricular volume determination from single-photon emission computed tomography. *AJR* **144**: 295-298, 1985
- 7) Underwood SR, Walton S, Ell PJ, et al: Gated blood-pool emission tomography: A new technique for the investigation of cardiac structure and function. *Eur J Nucl Med* **10**: 332-337, 1985
- 8) 滝 淳一, 分校久志, 中嶋憲一, 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
- 9) Underwood SR, Walton S, Laming PL, et al: Left ventricular volume and ejection fraction determined by gated blood pool emission tomography. *Br Heart J* **53**: 216-222, 1985
- 10) Stadius ML, Williams DL, Harp G, et al: Left ventricular volume determination using single-photon emission tomography. *Am J Cardiol* **55**: 1185-1191, 1985
- 11) 滝 淳一, 分校久志, 多田 明, 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
- 12) Gill JB, Moore RH, Tamaki N, et al: Multigated blood-pool tomography: New method for the assessment of left ventricular function. *J Nucl Med* **27**: 1916-1924, 1986
- 13) 井上登美夫, 井上寛一, 岡部昭文, 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
- 14) 瀬戸一彦, 内山 暁, 新井誉夫, 他: RI, 左室造影, 心エコー法による心駆出率の測定——心臓動態ファントムを用いて——. *核医学* **24**: 885-889, 1987
- 15) 細羽 実, 和辻秀信, 外山比南子, 他: 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
- 16) 和辻秀信, 高橋重和, 細羽 実, 他: 2次元フィルタを用いた SPECT の画質改善. *核医学* **20**: 1215-1217, 1983
- 17) Shepp LA, Logan BF: Fourier reconstruction of ahead section. *IEEE Trans Nucl Sci* **NS-21**: 21-43, 1974
- 18) Chapman CB, Baker O, Reynolds J, et al: Use of biplane cinefluorography for measuring ventricular volume. *Circulation* **18**: 1105-1117, 1958
- 19) Chapman CB, Baker O, Mitchell JH, et al: Experience with a cinefluorographic method for measuring ventricular volume. *Am J Cardiol* **18**: 25-30, 1966
- 20) Slutsky R, Karliner J, Ricci D, et al: Left ventricular volumes by gated equilibrium radionuclide angiography: A new method. *Circulation* **60**: 556-564, 1979
- 21) Links JM, Becker LC, Shindledacker JG, et al: Measurement of absolute left ventricular volume from gated blood pool studies. *Circulation* **65**: 82-91, 1982
- 22) Dehmer GL, Lewis SE, Hills LD, et al: Non geometric determination of left ventricular volumes from equilibrium blood pool scan. *Am J Cardiol* **45**: 293-300, 1980

Summary

Basic and Clinical Study on the Measurement of Left Ventricular End-diastolic Volume Using ECG-gated and Non-gated Single Photon Emission Tomography

Motomasa KIMURA

Department of Radiology, Niigata University School of Medicine

The optimal cut off level (C) for the measurement of left ventricular end-diastolic volume using ECG-gated single photon emission computed tomography (G-SPECT) and non-gated SPECT (NG-SPECT) was evaluated by using a dynamic cardiac phantom.

In G-SPECT, the optimal cut off level was not affected significantly by the maximum count in the chamber, frame duration and ejection fraction. However, it had linear correlation with background level (BG): $C = 0.69BG + 32.5(\%)$, $r = 0.997$.

In NG-SPECT, the optimal cut off level had linear correlation with background level: $C = 0.79BG + 22.7(\%)$, $r = 0.998$, and it had also linear correlation with ejection fraction (EF): $C =$

$-0.169EF + 36.4(\%)$, $r = -0.97$. The optimal cut off level in NG-SPECT was therefore determined by the following equation: $C = 0.79BG + 22.7 + 0.169(60 - EF)$.

G-SPECT volume and NG-SPECT volume were compared with biplane contrast left ventriculography (LVG) in 13 patients. G-SPECT volume and NG-SPECT volume using optimal cut off level correlated well with those determined by LVG. However, G-SPECT volume using constant cut off level of 45% and NG-SPECT volume using constant cut off level of 40% correlated with LVG too.

Key words: Left ventricular end-diastolic volume, Gated SPECT, Non-gated SPECT, Optimal cut off level, Dynamic cardiac phantom.