

《原 著》

Single Photon Emission Computed Tomography
による左室容量の測定

平木 祥夫* 清水 光春* 上者 郁夫* 青野 要*
柳 英清** 因藤 春秋** 妹尾 嘉昌** 寺本 滋**
永谷伊佐雄***

要旨 心疾患20例について ^{99m}Tc 標識赤血球による心プールSPECTを用いて左室容量を測定し、左室造影法により求めた容量との比較検討を行った。SPECTによる容量の算出は、四腔断面像を用いて左室関心領域内の全ボクセル数に1ボクセルの体積を乗ずることにより行った。SPECT法により求めた容量(y)と左室造影法により求めた容量(x)との間には、拡張末期容量で $y=0.97x+13.3$ ($r=0.923$, $p<0.001$), 収縮末期容量で $y=0.92x+9.25$ ($r=0.903$, $p<0.001$) といずれも良好な相関が認められた。心プールSPECTは、従来のRI心プール法にない三次元的情報をもつため、心室容量をはじめとする各種心機能の評価において有用な検査法と考えられる。

I. はじめに

従来、左室容量の測定法としては、左室造影法^{1,2)}、心エコー法^{3~5)}、RI心プール法^{6~13)}などが用いられてきた。近年、回転型ガンマカメラの普及により臨床応用が盛んになってきているSingle photon emission computed tomography (以下SPECT)は三次元的情報をもつため人体の各種臓器容量の測定にも利用され^{14~16)}、左室容量の測定についても良好な結果が得られたと報告されている^{17~19)}。

今回われわれは、心疾患20例について心電図同期心プールSPECTを用いて左室容量を測定し、左室造影法(以下LVG)から求めた容量との比較検討を行ったところ、良好な相関関係が得られたので報告する。

II. 対象および方法

対象は、Table 1に示すように心弁膜症が僧帽弁狭窄症4例、大動脈弁閉鎖不全症2例など12例、虚血性心疾患が狭心症5例、陳旧性心筋梗塞症3例の8例で合計20例である。男女別の内訳は、男性16例、女性4例であり、年齢は17歳から69歳まで、平均51.8歳である。

使用装置は、低エネルギー汎用型コリメータを装着したカメラ回転型ECT装置ZLC 7500 (Siemens製)とオンラインで接続した核医学データ処理装置Scintipac 2400 (島津製)であり、 ^{99m}Tc 20 mCiにてin vivo赤血球標識を行い平衡に達した後、エネルギーレベル140 KeV、ウィンドウ幅20%の条件で360°、64方向から1方向30秒、拡張末期と収縮末期の2ゲート収集を行った。収集マトリックスは64×64である。9点加重スムージングの後、Shepp and Roganのフィルターを用いた逆投影法により画像再構成を行った。左室容積の測定には左右心室および心房心室の境界の決定が最も容易な四腔断層像を用い、左室辺縁の決定は心室内最高カウントに対する%カットオフ値による等カウント法とした。この際、カットオフ

* 岡山大学医学部放射線科

** 同 第二外科

*** 同 附属病院中央放射線科

受付: 63年7月14日

最終稿受付: 63年7月14日

別刷請求先: 岡山市鹿田町2丁目5番1号 (☎700)

岡山大学医学部附属病院放射線科

平木 祥夫

Table 1 Patient characteristics

Valvular disease			
1	H.K.	43M	MS
2	T.H.	63M	MS
3	M.K.	47M	MS
4	F.I.	48F	MS
5	C.N.	51F	MSR
6	K.Y.	52M	MSr
7	M.N.	17M	AR
8	S.Y.	56F	AR
9	K.N.	55M	ASR
10	M.Y.	62M	ASr
11	T.M.	53F	ASr
12	Y.O.	37M	ASr
Ischemic heart disease			
13	M.O.	47M	AP
14	O.I.	69M	AP
15	Y.K.	62M	AP
16	S.K.	49M	AP
17	M.N.	75M	AP
18	M.H.	58M	OMI
19	T.H.	34M	OMI
20	H.W.	57M	OMI

MS: Mitral stenosis, MSR, MSr: Mitral steno-regurgitation, AR: Aortic regurgitation, ASR, ASr: Aortic steno-regurgitation, AP: Angina pectoris, OMI: Old myocardial infarction.

値の決定は、バックグラウンド値から最適カットオフ値を決定する滝らの方法¹⁸⁾によった。このようにして得られた左室関心領域内のピクセル数を全スライスにわたり合計して全ボクセル数とし、これに1ボクセルの体積 $(0.6 \text{ cm})^3$ を乗じることにより容量を求めた。左室造影法による容量算出は、area-length 法²⁰⁾によった。

III. 結 果

Figure 1 は、弁膜症 12 例の拡張末期容量 (以下 EDV), 収縮末期容量 (以下 ESV) について SPECT (y) と LVG (x) との相関を示したものである。両者の間には、EDV で $y=1.06x-8.34$ ($r=0.938$, $p<0.001$), ESV で $y=0.82x+11.3$ ($r=0.858$, $p<0.001$) と良好な相関が認められた。Fig. 2 は、虚血性心疾患 8 例について同様に示したものであるが、EDV で $y=0.86x+37.4$ ($r=0.913$, $p<0.001$), ESV で $y=0.98x+12.3$ ($r=0.966$, $p<0.001$) と良好な相関が得られた。また、Fig. 3 は弁膜症と虚血性心疾患を合わせた 20 例において同様に相関をみたものであるが、EDV で $y=0.97x+13.3$ ($r=0.923$, $p<0.001$), ESV で $y=0.92x+9.25$ ($r=0.903$, $p<0.001$) と良好な相関が認められた。

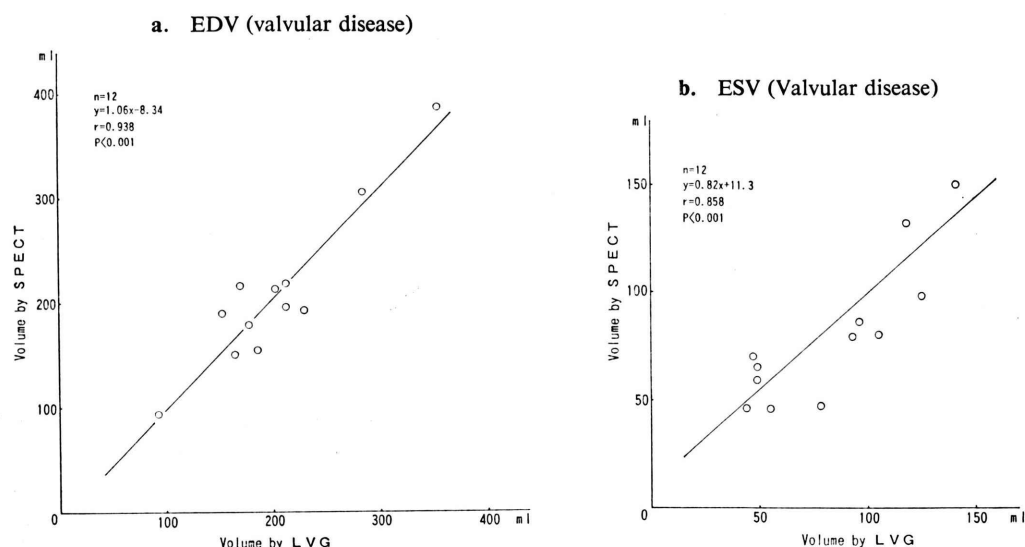


Fig. 1 Correlation of EDV (a) and ESV (b) between SPECT and LVG in valvular disease.

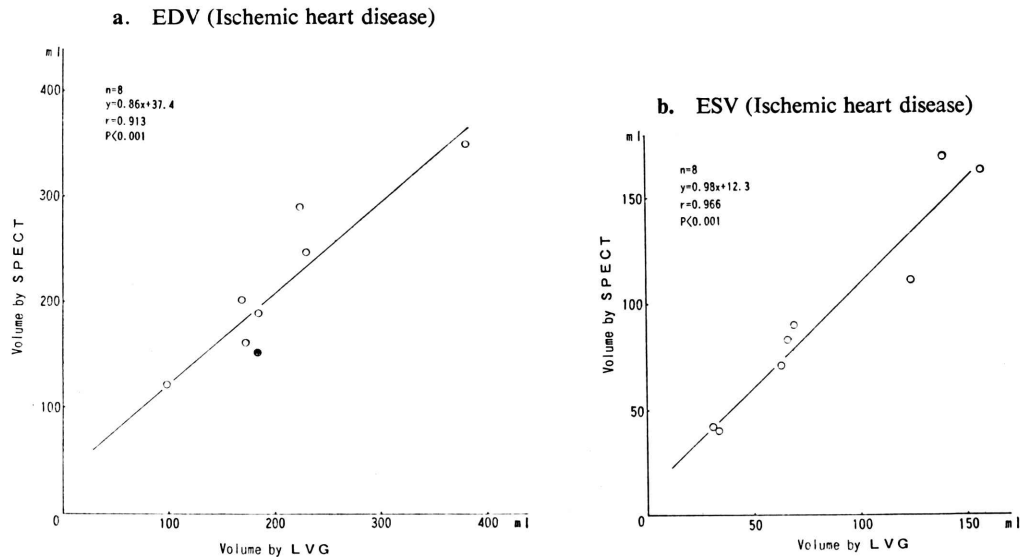


Fig. 2 Correlation of EDV (a) and ESV (b) between SPECT and LVG in ischemic heart disease.

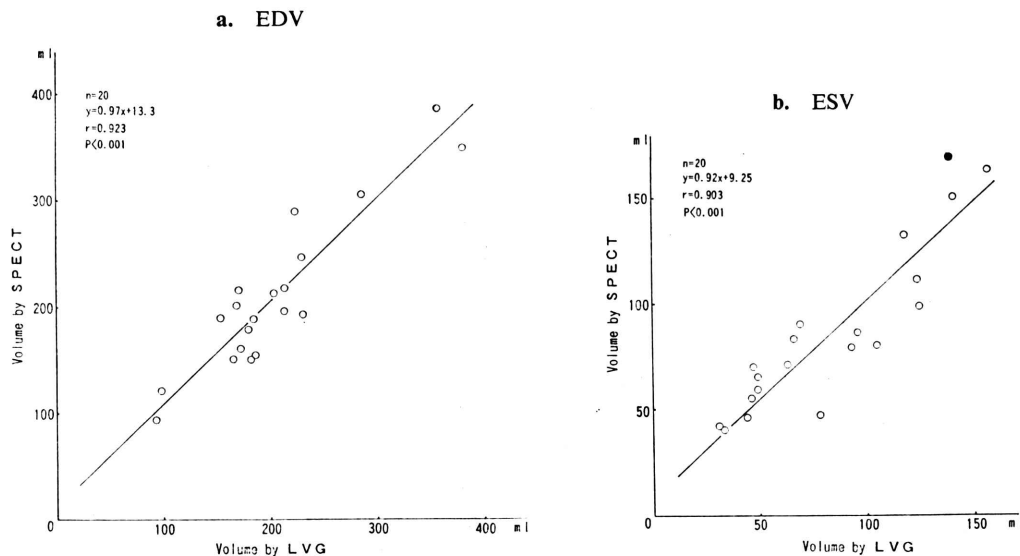


Fig. 3 Correlation of EDV (a) and ESV (b) between SPECT and LVG in all cases.

IV. 考 案

X線造影剤を経カテーテル的に注入して行う左室造影法が、Dodge らの報告^{1,2)}以来、左室容量の測定法として確立された検査法となっているが、

侵襲的方法であるため被検者の負担が大きく、繰り返して検査を行うことは困難となっている。これに対し、非侵襲的であり装置や場所の面からも手軽な検査法といえる心エコー法も心機能の評価に応用されている。しかし、心エコー法による左

室容量の測定は、左室を回転楕円体と仮定した上で左室短軸径の実測値のみから容量を計算するものであり³⁾、各種の補正法も報告されている^{4,5)}が、局所収縮異常のある症例では信頼性が劣ることや、再現性の問題などもあるためいまだ確立された検査法となるには至っていない。

一方、1971 年 Strauss ら⁶⁾により心電図同期 RI 心プール法が導入されて以来、心機能を核医学的に評価することが可能となっている。近年は第 1 回循環時法とともに、平衡時に 1 心拍を数十ミリ秒間隔に分割してデータを収集するマルチゲート法が利用され、駆出分画をはじめとする各種心機能指標の算出や壁運動の評価が行われている。左室容量の算出についても、area-length 法にかわり最近では count-based 法が用いられ、より信頼性のある検査法として諸家により報告されている⁷⁻¹³⁾。しかし、この方法も平面像を利用するため、左室辺縁決定の困難さや右室、左房、大動脈との重なりによる影響を受ける場合があることや、血中 RI 濃度測定のため採血を必要とし、容量の精度向上のためには γ 線の吸収補正も必要である⁹⁻¹²⁾などの煩雑さも問題となっている。

γ 線放出核種を用いた横断断層像の試みは 1963 年頃から Kuhl ら²¹⁾によってなされてきたが、1970 年代に入り X 線 CT の成功とともに画像再構成技術は大きく進歩し、SPECT としてひろく実用化されるに至った。近年では、同時に多層の断層像が得られ、横断面だけでなく矢状断、冠状断など任意の断層像を再構成して得ることのできる回転型ガンマカメラによる装置の普及が目ざましい。SPECT は、従来の RI 心プール法にはない三次元的情報をもつため、左室辺縁の決定や重なるの除去などの点で精度の向上が期待される。また、今回われわれが行った容量計算は、左室関心領域内の全ボクセル数に 1 ボクセルあたりの容量を乗じて求めるという幾何学的方法であるため、血中 RI 濃度の測定や γ 線吸収補正などの煩雑な操作を必要としないという利点ももっている。このようにして求めた容量を左室造影法により求めた容量と比較したところ、拡張末期容量、収縮末

期容量とも非常に良好な相関が得られた。

従来、左心機能評価のための指標としては左室駆出率がよく用いられてきたが、近年虚血性心疾患をはじめとする各種心疾患の心機能指標として、駆出率のほか左室容量の絶対値が使われることが多くなってきた²²⁻²⁴⁾。SPECT は、データ収集が多方向にわたるためデータ収集に時間がかかるという欠点があり、従来の RI 心プール法のように運動負荷中のデータをとることは不可能で、運動負荷時の心機能の評価には適さないが、安静時の評価には有用性が高いと思われる。また、従来の RI 心プール法では右房や肺動脈との重なるの影響が大きかった右心機能の評価についても有用性が報告されており²⁵⁾、左右心室 1 回拍出量比がより理論値に近くなり¹⁹⁾、逆流性心疾患における逆流率の測定に有用である²⁶⁾とされている。さらに、三次元的な壁運動解析への応用^{27,28)}も報告されるなど、従来法にない三次元的情報を活用した、より正確な心室容量の測定をはじめとする各種心機能評価において SPECT の有用性が期待される。

V. ま と め

心疾患 20 例について心電図同期心プール SPECT を用いて右室容量を測定し、左室造影法から求めた容量との比較検討を行った。

1) SPECT 法 (y) と左室造影法 (x) との間には、拡張末期容量で $y=0.97x+13.3$ ($r=0.923$, $p<0.001$)、収縮末期容量で $y=0.92x+9.25$ ($r=0.903$, $p<0.001$) と良好な相関が認められた。

2) 心プール SPECT は、従来の RI 心プール法にない三次元的情報をもつため、心室容量をはじめとする各種心機能の評価において有用性が高いと考えられた。

文 献

- 1) Dodge HT, Sandler H, Ballew DW, et al: The use of biplane angiocardigraphy for the measurement of left ventricular volume in man. *Am Heart J* **60**: 762-776, 1960
- 2) Sandler H, Dodge HT: The use of single plane

- angiocardiograms for the calculation of left ventricular volume in man. *Am Heart J* 75: 325-334, 1968
- 3) Pombo JF, Troy BL, Russell RO Jr: Left ventricular volumes and ejection fraction by echocardiography. *Circulation* 43: 480-490, 1971
 - 4) Fortuin NJ, Hood WP Jr, Sherman ME, et al: Determination of left ventricular volumes by ultrasound. *Circulation* 44: 575-584, 1971
 - 5) Teichholz LE, Kreulen T, Herman MV, et al: Problems in echocardiographic volume determinations: Echocardiographic-angiographic correlations in the presence or absence of asynergy. *Am J Cardiol* 37: 7-11, 1976
 - 6) Strauss HW, Zaret BL, Hurley PJ, et al: A scintiphotographic method for measuring left ventricular ejection fraction. *Am J Cardiol* 28: 575-580, 1971
 - 7) Dehmer GJ, Lewis SE, Hillis LD, et al: Non-geometric determination of left ventricular volumes from equilibrium blood pool scans. *Am J Cardiol* 45: 293-300, 1980
 - 8) Massie BM, Kramer BL, Gertz EW, et al: Radionuclide measurement of left ventricular volume: comparison of geometric and counts-based methods. *Circulation* 65: 725-730, 1982
 - 9) Links JM, Becker LC, Shindledacker JG, et al: Measurement of absolute left ventricular volume from gated blood pool studies. *Circulation* 65: 82-91, 1982
 - 10) Thomsen JH, Patel AK, Rowe BR, et al: Estimation of absolute left ventricular volume from gated radionuclide ventriculograms. *Chest* 84: 6-13, 1983
 - 11) Starling MR, Dell'Italia LJ, Walsh RA, et al: Accurate estimate of absolute left ventricular volumes from equilibrium radionuclide angiographic count data using a simple geometric attenuation correction. *JACC* 3: 789-798, 1984
 - 12) 千葉 博, 大野正徳, 篠原昇一, 他: 平衡時 multi-gate 法心 RI angiography による左室容量の計測——attenuation factor を用いて——. 呼吸と循環 34: 157-162, 1986
 - 13) Hiraki Y, Yanagi H, Aono K, et al: Studies of left ventricular volume estimation from gated blood pool scan with the use of regression equation. *Radioisotopes* 36: 512-518, 1987
 - 14) 中沢圭治, 石井勝巳, 三屋公紀, 他: Single photon emission computed tomography による臓器体積測定の検討——輪郭決定法とその評価のためのファントム実験——. 核医学 21: 1-6, 1984
 - 15) 外山比南子, 与那嶺茂道, 山片 敦, 他: 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: 34-45, 1987
 - 16) Tauxe WN, Soussaline F, Todd-Pokropek A, et al: Determination of organ volume by Single-photon emission tomography. *J Nucl Med* 23: 948-987, 1987
 - 17) Bunker SR, Hartsshorne MF, Schmidt WP, et al: Left ventricular volume determination from single-photon emission computed tomography. *AJR* 144: 295-298, 1985
 - 18) 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
 - 19) 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
 - 20) Kennedy JW, Trenholme SE, Kasser IS: Left ventricular volume and mass from single-plane cine-angiogram. A comparison of anteroposterior and right anterior oblique method. *Am Heart J* 80: 343-352, 1970
 - 21) Kuhl DE, Edwards RQ: Imaging separation radioisotope scanning. *Radiology* 80: 653-662, 1963
 - 22) Slutsky R, Karliner J, Ricci D, et al: Response of left ventricular volume to exercise in man assessed by radionuclide equilibrium angiography. *Circulation* 60: 565-571, 1979
 - 23) Dehmer GJ, Lewis SE, Hillis LD, et al: Exercise-induced alterations in left ventricular volumes and the pressure-volume relationship: A sensitive indicator of left ventricular dysfunction in patients with coronary artery disease. *Circulation* 63: 1008-1018, 1981
 - 24) Jones RH, McEwan P, Newman GE, et al: Accuracy of diagnosis of coronary artery disease by radionuclide measurement of left ventricular function during rest and exercise. *Circulation* 64: 586-601, 1981
 - 25) 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 95: 99-112, 1986
 - 26) 大嶽 達, 西川潤一, 町田喜久雄, 他: Single photon emission CT を用いた心拍同期心プールスキャンによる左室逆流性弁膜疾患の逆流率の測定. 核医学 22: 885-893, 1985
 - 27) Nakajima K, Bunko H, Tonami N, et al: Quantification of segmental wall motion by length-based Fourier analysis. *J Nucl Med* 25: 917-921, 1984
 - 28) 中嶋憲一, 分校久志, 多田 明, 他: 心プール断層法における壁運動定量化と収縮位相の解析——長さの変化に基づくフーリエ解析法を用いて——. 核医学 22: 347-353, 1985

Summary

Studies of Left Ventricular Volume Estimation from Single Photon Emission Computed Tomography

Yoshio HIRAKI*, Mitsuharu SHIMIZU*, Ikuo JOJA*, Kaname AONO*,
Hidekiyo YANAGI**, Haruaki INDO**, Yoshimasa SENO**,
Shigeru TERAMOTO** and Isao NAGAYA***

**Department of Radiology, Okayama University Medical School*

***Second Department of Surgery, Okayama University Medical School*

****Department of Radiology, Okayama University Hospital*

We studied the comparative accuracy of ^{99m}Tc cardiac blood pool Single Photon Emission Computed Tomography (SPECT) for the measurement of left ventricular volume in 20 patients undergoing SPECT and single plane contrast left ventriculography (LVG). Left ventricular volume was calculated based on the total number of voxels in left ventricle. End-diastolic left ventricular volume (EDV) and end-systolic left ventricular volume

(ESV) calculated from SPECT were compared with those from LVG. SPECT volume values showed a high degree of correlation with those by LVG ($r=0.923$ for EDV, $r=0.903$ for ESV). We appreciated the usefulness and accuracy of SPECT in measuring left ventricular volume because of its three-dimensional information.

Key words: SPECT, Left ventricular volume, ^{99m}Tc labeled red blood cell, Heart.