

## 《短報》

# 平衡時 Multi-gate 法 RI 心血管造影による 左室容積の測定

栗原 正\* 成田 充啓\* 宇佐美暢久\* 金尾 啓右\*\*  
本田 稔\*\* 小川 正\*\*\*

**要旨** In-vivo 赤血球標識平衡時 multi-gate 法 RN 心アンギオを用い、カウント法より左室容積を求める方法を考案し、その有用性を検討した。左室容積は、 $^{131}\text{I}$ -HSA で求めた循環血液量、 $^{99\text{m}}\text{Tc-O}_4^-$  全注入放射能、平衡時左室 ROI 内の 1 心拍当りのテクネシウム放射能の 3 者より算出し、絶対値 (ml 単位) で求めた。また、種々の心容積を有する心肺ファントムを用い、本法の基礎的検討も行った。ファントムを用いた、本法による心容積値は、実測値とよく一致した ( $r=0.96$ )。各種心疾患 19 例における、本法より求めた左室拡張終期容積は、心エコー図法により求めた値とよく一致した ( $r=0.86$ )。また、本法の再現性も良好であった。本法を用いることにより、平衡時 multi-gate 法 RN 心アンギオより左室容積を求めることが可能であり、心機能のより詳細な評価が可能となると考えられた。

## I. 緒言

$^{99\text{m}}\text{Tc}$  による radionuclide (RN) 心アンギオは、左心機能の非観血的診断法としてすぐれており、本法で得られた左室駆出率 (LVEF) や、左室壁運動異常の解析は、信頼度の高いものとして<sup>1,2)</sup>、広く臨床に応用されるようになってきた。左心機能の評価に際して、左室容積の計測は、さらに詳細な情報を提供する<sup>3)</sup>。したがって、われわれは、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  平衡時に、multi-gate 法による心ペールイメージングを行い、LVEF の計測、左室壁運動異常の診断に加え、カウント法を用いた左室容積計測法を考案し、その有用性を検討したので報告する。

## II. 方 法

RN 心アンギオは、140 KeV parallel hole all

\* 住友病院内科

\*\* 住友病院アイソトープ室

\*\*\* 大津日赤放射線科

受付：56年5月18日

最終稿受付：56年7月23日

別刷請求先：大阪市北区中之島5-2-2 (番号530)

住友病院内科

栗原 正

purpose collimator を装備した Pho/Gamma V 型シンチカメラと、ミニコンピューター (Scintipac 1200) を on-line で接続し、撮影を行った。

### 1) Clinical Study

対象は、各種心疾患 19 例 (陳旧性心筋梗塞 10 例、狭心症 5 例、うっ血型心筋症 2 例、大動脈弁閉鎖不全症 1 例、うっ血性心不全 1 例) で、平均年齢  $59 \pm 9$  歳、男性 15 例、女性 4 例である。撮影体位は、臥位で、collimator を左前斜位 40 度で、かつ尾側に 10 度上挙した modified LAO position とした。

RN 心アンギオに先立ち、 $^{131}\text{I}$ -HSA  $20\mu\text{Ci}$  を静注、10 分後に採血を行い、循環血液量を測定した。次いで、右肘静脈より  $^{99\text{m}}\text{Tc-O}_4^- 20 \text{ mCi}$  を bolus 注入、第 1 回通過時データを採取した。30 分後、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  が、あらかじめ静注しておいたピロリン酸塩化第 1 錫と共に、赤血球を標識し、血管床内で平衡に達した時点で、multi-gate 法により平衡時データを 5 分間、R-R 間隔を 40 msec 間隔で分割して採取した。

Fig. 1 に左室容積計測法を示す。第 1 回通過時データより、シンチカメラの全視野を含む ROI の  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  の time activity curve を作成、その peak plateau 値を  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  の全注入放射能とした。この

plateauはRNの右心、肺、および左心通過時を通して形成された。次いで、平衡時データにおける左室拡張終期像の辺縁抽出を semiautomatic method<sup>4)</sup>で行い、左室ROIを作成、左室収縮終期像の後側壁より下壁にかけての外縁より1 matrix外方に、2 matrix幅で円弧状に作成した back-

groundで補正を行い、左室ROIの<sup>99m</sup>Tc放射能を求めた。左室拡張終期容積(LVEDV)は、これらの値より、Fig. 1に示す如く、 $LVEDV (ml) = \{ \text{左室内}^{99m}\text{Tc 放射能 (counts/beat/40msec)} / {^{99m}\text{Tc 全注入放射能 (counts/40msec)}} \} \times \text{循環血液量(ml)}$ の式より求めた。また、容積測定にあたり、<sup>99m</sup>Tc

### Calculation of LV Volume

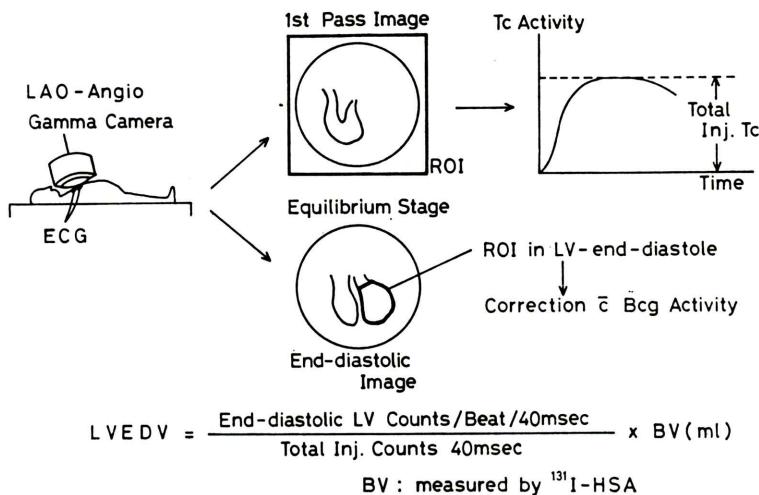


Fig. 1 Method of the left ventricular volume determination.

### Phantom Study

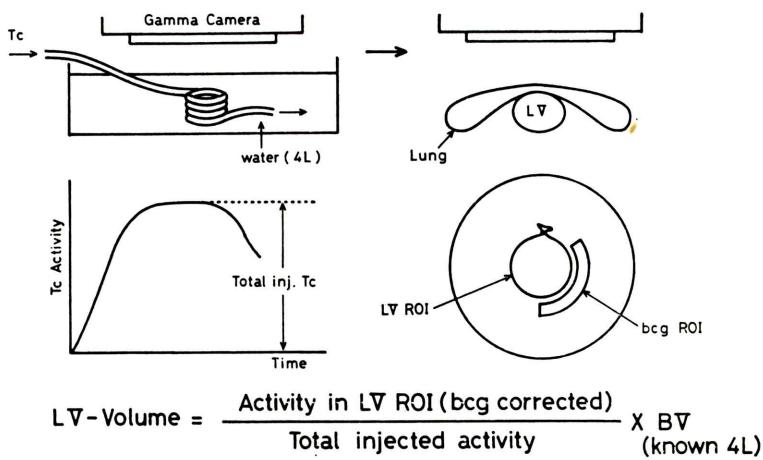


Fig. 2 Design of the phantom study for volume determination.

注入時より、multi-gate 法心プールイメージを得るまでの $^{99m}\text{Tc}$  の減衰を補正し、同一時点に換算した。

RN心アングオ直後に、東芝製SSH-11A型超音波心臓断層装置により心エコー図を記録、Gibson 法<sup>6)</sup>、Fortuin 法<sup>5)</sup>で計測した LVEDV と、本法でえた LVEDV とを比較した。

臨床状態の安定した 9 例では、第 1 回 RN 心アングオの 1 週間後に、再度 RN 心アングオを行い、両者で LVEDV の再現性を検討した。第 2 回 RN 心アングオに際しては、RISA 注入前に採血を行い、background を補正した。

なお、12 例では、 $^{99m}\text{Tc}$  注入 30, 60, 120 分で採血を行い、 $^{99m}\text{Tc}$  赤血球標識率を検討した<sup>7)</sup>。

## 2) Phantom Study (Fig. 2)

本法の妥当性につき、心肺 Phantom を作成し検討した。4 l の水（循環血液量に相当）を入れた水槽内に、一部をコイル状に巻いたビニールチューブを入れ、このチューブの一端より  $^{99m}\text{Tc-O}^-$  20mCi を bolus 注入し、第 1 回通過時データを採取した。注入した  $^{99m}\text{Tc}$  を水槽内で均一に分布せしめた後、300 ml の  $^{99m}\text{Tc}$  溶液を IVH 用バッグに入れ作成した肺 Phantom と、30–210 ml の間の種々の量の、この  $^{99m}\text{Tc}$  溶液を満たした球型心 Phantom を Fig. 2 の如く重ね、データ（平衡時データに相当）を採取した。臨床例と同様に、第 1 回通過時データよりえた  $^{99m}\text{Tc}$  全注入放射能、background 補正後の心 Phantom 内の  $^{99m}\text{Tc}$  放射能を求め、Fig. 2 に示す式より心 Phantom 容積を求め、実測値と対比した。

## III. 結 果

### 1) Phantom Study

Phantom Study は、計 3 回に分けて検討した。Fig. 3 は、このうちの 1 回の結果を示す。RN 法より求めた容積は、3 回の study において、いずれも実測値とよく一致した ( $r=0.96$ ,  $r=0.93$ ,  $r=0.96$ ,  $p<0.01$ )

### 2) Clinical Study

Fig. 4 は、12 例の症例における  $^{99m}\text{Tc}$  の赤血球

標識率を経時的にみたものであるが、30 分後に、標識率は、平均  $94 \pm 5\%$  と高率であり、60 分、120 分においても同様の値を示した。

## Correlation of Scintigraphic Volume with Measured Volume in Phantom Study

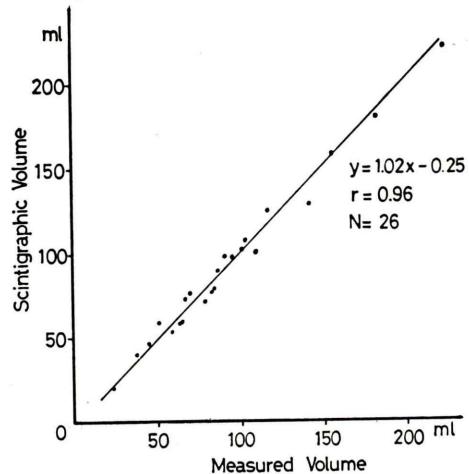


Fig. 3 Correlation of scintigraphic volume with measured volume in phantom study. The excellent correlation was observed ( $r=0.96$ ).

## Tc-RBC Labeling Efficiency

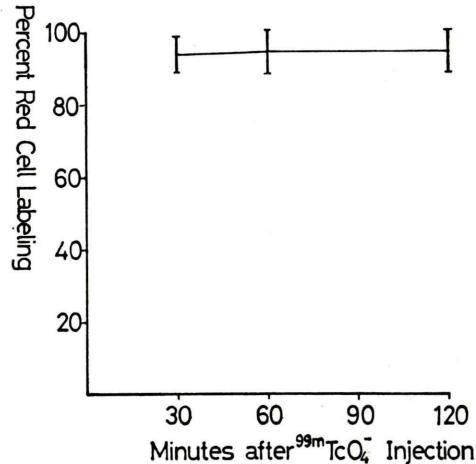
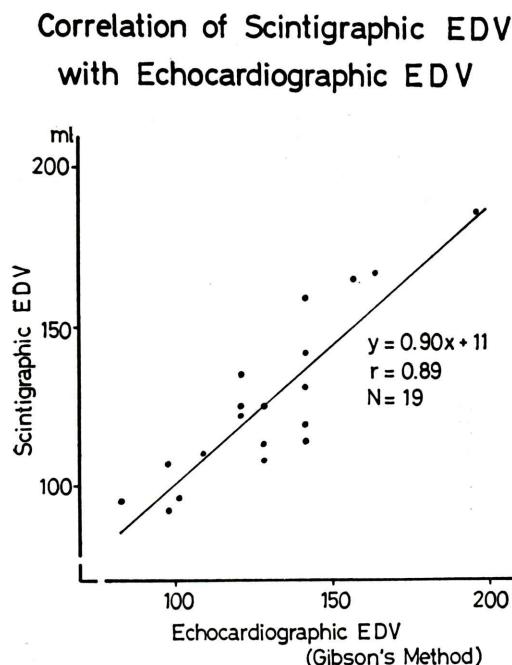


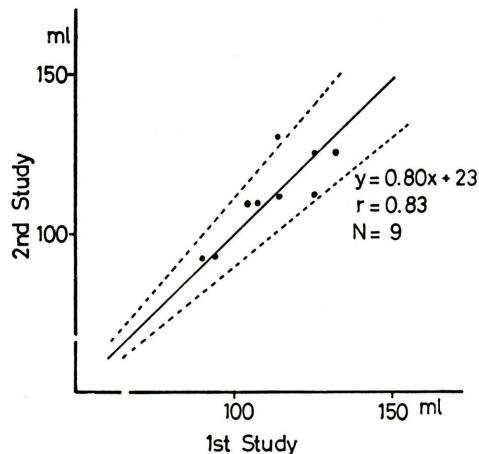
Fig. 4 The time course of the Tc-RBC labeling efficiency over 120 minutes.

A



B

**Reproducibility of Left Ventricular Volume by RI Angiocardiography**



**Fig. 5** A: The relation between scintigraphic and echocardiographic end-diastolic volumes (EDV). B: The reproducibility of the EDVs by radionuclide method. The solid line represents the line of identity. The dotted line shows the line of ten percent difference between two studies.

RN法によるLVEDVは、同時に心エコー図Gibson法より求めた値とよく一致し( $r=0.89$ ,  $p<0.01$ , Fig. 5A), また、Fortuin法とは、相関係数 $r=0.83$  ( $p<0.01$ )と、これまた良好な相関を示した。

本法の再現性の検討では、第1回studyと第2回studyのLVEDVの間に高度の相関を示し( $r=0.83$ ,  $p<0.01$ ),かつ、9例中8例で2回の計測値の差は10%以内であり、高い再現性を示した(Fig. 5B)

#### IV. 考 案

RN心アンギオより左室容積を求める試みは、area-length法による算出<sup>9</sup>、1st pass dataより心拍出量を求め、LVEFと1回心拍出量よりLVEDVを算定する方法<sup>2)</sup>が報告してきた。しかし、RN法では、imageという二次元的表現に、放射能と

いう三次元要素を有することが特徴であり、左室ROIの放射能を求ることにより、立体的な仮定なしに心容積測定が可能であると考えられ、すでに平衡時multi-gate法による左室容積計測法が報告されている<sup>9,10</sup>。これらは、いずれも、左室内<sup>99m</sup>Tc放射能と単位容積当たりの血中<sup>99m</sup>Tc放射能の比と、左室造影より求めた容積値との回帰式より、左室容積の絶対値を求めた。

今回われわれの考案した方法では、<sup>99m</sup>Tc総投与量を第1回通過時のシンチカメラ全視野内の最大放射能として求めた。注入した全ての<sup>99m</sup>Tcが赤血球を標識し、血管床内にとどまるなら、<sup>99m</sup>Tcの全投与量と左室内<sup>99m</sup>Tc放射能の比が、循環血液量と左室容積の比に等しいと考えられる。理想的条件下でのPhantom studyでは、本法で求めた心容積の実測値とよく一致した。また、臨床例における<sup>99m</sup>Tc赤血球標識率は、投与量の95%と高

率であり、しかも、30分より120分の間安定していた。これは、注入された<sup>99m</sup>Tcの少なくとも95%が血中にあることを示す。数%の誤差を有するものの、臨床例におけるLVEDVが心エコー図より求めた値とよく一致したことは、本法が臨床使用に耐え得ることを示すと考えられた。

心エコー図より求めたLVEFは、asynergyを有する症例では信頼度が低い<sup>11)</sup>ものの、LVEDVに関しては、Fortuinら<sup>5)</sup>も示す如く、ある一定以内の心容積を有する症例では、左室造影で求めた値とよく一致する。また、われわれが本法と心エコー図法を比較したのは、ほぼ同時点で両者によるLVEDVがえられるからである。

本法は再現性も良好であり、非観血的に、くり返し行える点より、心疾患者の経過および種々のinterventionによる心容積の変化を観察する上で有用と考えられた。

## 文 献

- 1) Berman DS, Salel AF, DeNardo GL, et al: Clinical assessment of left ventricular contraction patterns and ejection fraction by high resolution gated scintigraphy. J Nucl Med **16**: 865-874, 1975
- 2) 成田充啓, 宇佐美暢久, 栗原 正, 他: 心拍連動 RI 心血管造影による左心機能の診断. 核医学 **14**: 21-31, 1977
- 3) Rackley CE: Quantitative evaluation of left ventricular function by radiographic techniques. Circulation **54**: 862-879, 1976
- 4) 栗原 正, 成田充啓, 宇佐美暢久, 他: RI 心血管造影による虚血性心疾患における運動負荷時左心機能の検討. 核医学 **17**: 205-209, 1980
- 5) Fortuin NJ, Hood WP, Sherman ME, et al: Determination of left ventricular volumes by ultrasound. Circulation **44**: 575-584, 1971
- 6) Gibson DG: Estimation of left ventricular size by echocardiography. Brit Heart J **35**: 128-134, 1973
- 7) 内田立身, 待井一男, 大和田憲司, 他: <sup>99m</sup>Tcによる血球標識にかんする研究(第5報). 核医学 **16**: 563-567, 1979
- 8) Strauss HW, Zaret BL, Hurley PJ, et al: A scintigraphic method for measuring left ventricular ejection fraction in man without cardiac catheterization. Am J Cardiol **28**: 575-580, 1971
- 9) Dehmer GJ, Lewis SE, Hillis LD, et al: Nongeometric determination of left ventricular volumes from equilibrium blood pool scans. Am J Cardiol **45**: 203-300, 1980
- 10) Slutsky R, Karliner J, Rocci D, et al: Left ventricular volumes by gated equilibrium radionuclide angiography: a new method. Circulation **60**: 556-564, 1979
- 11) Teichholz LE, Kreuler T, Herman M, et al: Problems in echocardiographic volume determinations: echocardiographic-angiographic correlations in the presence or absence of asynergy. Am J Cardiol **37**: 7-11, 1976

## Summary

### Determination of Left Ventricular Volumes by Multigated Radionuclide Angiography

Tadashi KURIHARA\*, Michihiro NARITA\*, Masahisa USAMI\*,  
Keisuke KANAO\*\*, Minoru HONDA\*\* and Tadashi OGAWA\*\*\*

\*Department of Internal Medicine, Sumitomo Hospital, Osaka

\*\*Division of Radioisotope, Sumitomo Hospital

\*\*\*Department of Radiology, Otsu Red Cross Hospital

Equilibrium multi-gated radionuclide (RN) angiography using in-vivo labeling of red blood cells by  $^{99m}\text{Tc}$  were obtained from 19 patients with various cardiac diseases, and left ventricular volumes were determined by the method without geometric assumption.

Blood pool images were obtained in modified 40° left anterior oblique projection. Preceding to RN angiography, circulating blood volume was determined with  $^{131}\text{I}$ -HSA. Then, the first transit data were obtained with the bolus injection of  $^{99m}\text{Tc}$ , and total injected  $^{99m}\text{Tc}$  activity was measured. 30 minutes after the injection of  $^{99m}\text{Tc}$ , equilibrium studies were performed with multigated data acquisition. Each R-R interval was divided into 40 msec interval frames. Background corrected left ventricular  $^{99m}\text{Tc}$  activity was estimated. Scintigraphic volumes were determined as follows: the ratio of LV  $^{99m}\text{Tc}$  activity to total injected  $^{99m}\text{Tc}$  activity was multiplied by circulating blood volume. Scintigraphic volumes were compared with echocardiographic volumes obtained just after completion of the RN study. In twelve

patients,  $^{99m}\text{Tc}$  red cell labeling efficiency was examined, and in nine patients, second RN study was performed one week later to assess the reproducibility of this method. A cardiac phantom was developed and serial volumes were studied.

Excellent correlations were obtained between scintigraphic volumes and measured volumes in phantom study ( $r=0.96$ ,  $p<0.01$ ). Scintigraphic left ventricular end-diastolic volumes (LVEDV) were correlated well with echocardiographic LVEDV ( $r=0.89$ ,  $p<0.01$ ). Efficacy of Tc red cell labeling was 94% at 30 minutes after Tc injection, and remained greater than 95% up to 120 minutes. The reproducibility of LVEDV by RN method was good.

In conclusion, radionuclide techniques may be utilized for the quantitation of left ventricular volumes.

**Key words:** Multigated equilibrium radionuclide angiography, Left ventricular volume, Circulating blood volume, Total injected  $^{99m}\text{Tc}$  activity, Left ventricular  $^{99m}\text{Tc}$  activity.