

## 《研究速報》

ファーストパス半幾何学的カウント法による  
左室容積の計測

木下信一郎\*      鈴木 哲男\*      山下 三朗\*      井出 雅生\*  
 村松 俊裕\*      土肥 豊\*      西村 克之\*\*      宮前 達也\*\*  
 山本 功\*\*\*

**要旨** RI心アンギオグラフィのファーストパス (FP) 法データのみを用い、左室容積を算出する方法を新たに開発した。半幾何学的カウント法 (SGM) によれば、voxel 当たりのカウントを  $C_V$ 、左室最大カウントを  $C_M$ 、直角方向からみた左室最大長を  $L$ 、pixel size を  $d$ 、左室総カウントを  $C_T$ 、左室容積を  $V$  とすると、 $V = (C_T/C_V) \times d^3 = (C_T/C_M) \times L \times d^2$  となる。これを右前斜位 30 度から撮像した FP 法に適用した。直角方向からみた最大長は、左室短軸断面を円と仮定し、FP 像の左室最大幅とした。また、左前斜位から撮像した通常の平衡時法データと、上記 FP 拡張終期像における左室最大長から、当施設ルーチン検査としての SGM 左室容積を得た。両法による左室拡張終期容積は  $r=0.96$  ( $p<0.001$ ) でよく相関した。 $^{99m}\text{Tc}$  標識血流用剤が広く臨床応用されようとするとき、本法の臨床的意義は大きいと考えられた。

## I. はじめに

近年、 $^{99m}\text{Tc}$  標識心筋血流用剤の臨床応用に向けた検討が進められている<sup>1)</sup>。これらによれば、心筋像を得るに先立って、ファーストパス (FP) 法により心機能を測定することが可能である<sup>2)</sup>。FP 法による左室駆出率 (LVEF) と平衡時 (EQ) 法によるそれがよく相関することは広く知られている<sup>3)</sup>。左室容積も重要な心機能指標であるが、FP 法では主に area-length 法が用いられ、幾何学的に算出されていた。

一方、Nichols らの提唱した半幾何学的カウント法は、血液と RI の混和が均一であれば、EQ

法以外のデータにも適用できる<sup>4,5)</sup>。そこで FP 法データに同法を適用した新しい左室容積計測法を考案検討した。

## II. 方 法

## 1. 半幾何学的カウント法の原理

半幾何学的カウント法の特色は、voxel 当たりのカウントを求める方法の特殊性にある。左前斜位 (LAO) 40 度から集録した EQ データを用いて左室容積を求める場合、LAO 像における左室最大カウントを示す部位の深さとは、それを直角方向から見たときの左室最大長である (Fig. 1)。したがって、voxel 当たりのカウント ( $C_V$ ) は最大カウント ( $C_M$ ) を、直角方向から見た最大長 ( $L$ ) を pixel 数で表した値で割ることによって与えられる。したがって、pixel size を  $d$  とすると、

$$C_V = C_M / (L/d) \quad (1)$$

となる。

一方、左室容積 ( $V$ ) は、左室総カウント ( $C_T$ ) を voxel 当たりのカウントで割って左室を構成する voxel 数を求め、それに voxel size を掛けるこ

\* 埼玉医科大学第二内科

\*\* 埼玉医科大学放射線科

\*\*\* 大宮赤十字病院放射線科

受付：3 年 5 月 23 日

最終稿受付：3 年 11 月 8 日

別刷請求先：埼玉県入間郡毛呂山町毛呂本郷 38

(☎ 350-04)

埼玉医科大学第二内科

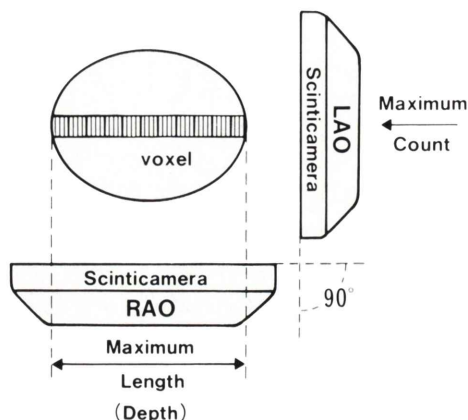
木 下 信一郎

とにより求められるから

$$V = (C_T / C_V) \times d^3 \quad (2)$$

となり、これに (1) を代入すると

$$V = (C_T / C_M) \times L \times d^2 \quad (3)$$



$$C_V = C_M / (L/d)$$

$$V_{LV} = (C_T / C_V) \times d^3 = (C_T / C_M) \times L \times d^2$$

**Fig. 1** Rationale of the semi-geometric count based method.  $V$ =LV volume,  $C_V$ =voxel count,  $C_M$ =the LV maximum count,  $C_T$ =the LV total count,  $L$ =LV depth where the maximum count was obtained, and  $d$ =pixel size.

となる。したがって、これらの値が分かれば、左室容積は容易に算出される。また、この式は FP 法にも適用可能である。

## 2. 平衡時法における左室最大長

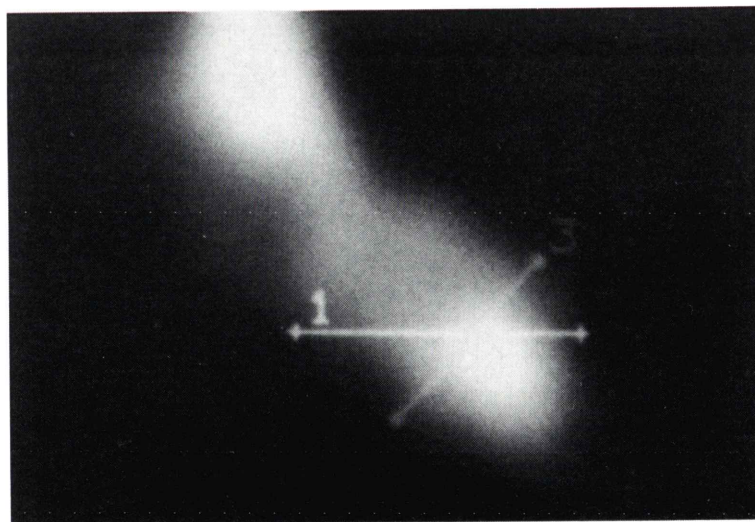
LAO 40 度と直角をなすのは左後斜位 50 度と右前斜位 (RAO) 50 度であるが、今回の検討では RAO 30 度 FP 像において、画像上の左室最大長 (Fig. 2, line 1) を上記式における  $L$  として計測した。50 度との差 20 度による計測値の相違は最大 (対象が直線である時) に見積もっても、その値を  $\cos 20 \text{ 度} = 0.94$  で割った範囲にとどまっており、補正は行わなかった<sup>4)</sup>。

## 3. ファーストパス法における左室最大長

RAO 30 度から撮像した FP 法データを用いる場合、左室最大長を計測すべきなのはそれと直角をなす LAO 像においてである。しかし、左室の短軸断面を円と仮定すれば、LAO 像における横方向の左室最大長は RAO FP 像の左室長軸と直交する方向における左室最大幅とすることができる。したがって、FP 法における、上記式の  $L$  は Fig. 2 の line 3 として計測した。

## 4. 対象および RI 心アンギオグラフィ

対象は当病院においてルーチンの RI 心アンギ



**Fig. 2** A first pass end-diastolic image obtained in the 30 degree right anterior oblique position. Line 1 shows the maximum depth of the left ventricle in the equilibrium image. Line 3 shows the maximum width of the left ventricle in the first pass image.

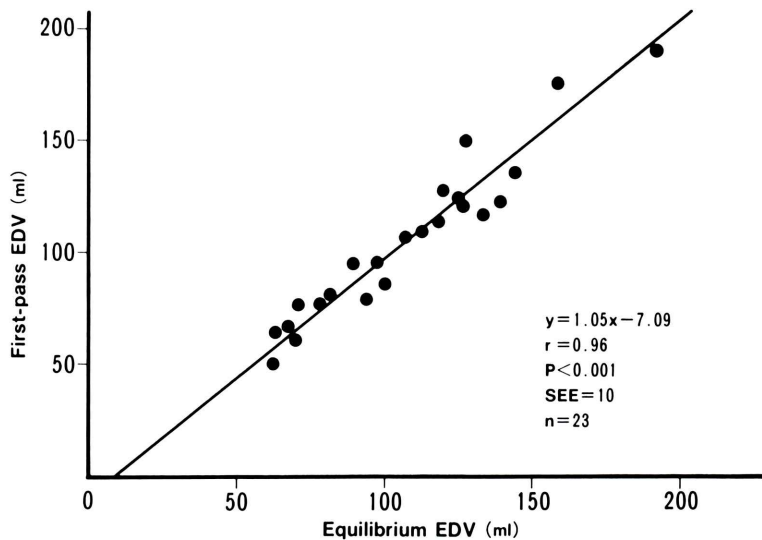


Fig. 3 Relationship between left ventricular end-diastolic volume obtained by first pass method and that obtained by equilibrium method.

オグラフィ (RNA) 検査を受けた虚血性心疾患患者および弁膜症患者 23 例である。

RNA は、シンチカメラとしてデジタルガンマカメラ、ZLC 7500 Digitrac (Siemens) を用い、コンピュータは Scintipac 7000 (島津社製) を使用した。 $^{99m}\text{Tc-DTPA-HSA}$  740 MBq (20 mCi) を右肘静脈から急速静注し、RAO 30 度から FP フレームモードで集録した。データには時間および空間 9 点スムージングを行った。その左室拡張終期像から左室の総カウント、最大カウントを求めるとともに、左室像の最大幅 (Fig. 2, line 3), および EQ 法による左室容積算出のため LAO から見たときの左室最大深さとして、左室像の水平方向における最大長 (Fig. 2, line 1) を計測した。最大幅およびカウントデータを式 (3) に代入して FP 法による左室拡張終期容積 (EDV) を求めた。

平衡状態に達した後、LAO 40 度から通常の EQ 法によるデータ集録を行い、その拡張終期像において、左室最大カウント、左室総カウントを求めた。これらの値と FP 像における水平方向の最大長を式 (3) に代入して EQ 法による EDV を求めた。

### III. 結 果

FP 法の EDV と EQ 法の EDV の相関を検討した (Fig. 3)。両者は  $r=0.96$  ( $n=23$ ,  $p<0.001$ ) でよく相関し、推定値の標準誤差 (SEE) は 10 ml であった。

### IV. 考 察

半幾何学的カウント法は Nichols らにより提唱され<sup>4)</sup>, Kinoshita がより広く臨床応用しやすい形に改良した<sup>5)</sup>。本法の特色は、上記式 (3) から明らかのように、左室容積算出の基礎として、左室の総カウントと最大カウントの比を用いていることにある。そのため、EF と同様、カウント法でありながら、原理的に減衰の影響を受けにくいと考えられる。また、通常のカウント法のように静脈採血とその体外計測を要さないことも利点である。EQ 法による SGM は埼玉医科大学病院および大宮赤十字病院でルーチン検査に応用され、臨床的に納得できる値が得られている。左室長の計測は、フィルム上で行う場合は左後斜位像が、CRT 上の場合は FP の RAO 像が適している。



しかし、両病院の計測値を比較すると、後者でやや過小評価する傾向がみられる。それは、左室の輪郭抽出のレベルの相違によると考えられ、後者のデータを用いた今回の検討でもその傾向がある。したがって、SGM による左室容積計測では、左室駆出率の場合と同様、施設ごとに、RI 法の正常値を定めるか、補正式を作成することが望ましい。

半幾何学的カウント法を FP 法に応用する場合、RI と血液の混和の均一性、数え落とし、カウントの低さによる統計精度などが問題となる。それらの個々についての検討は行っていないが、FP 法による左室容積が、それらを回避できる EQ 法の値と良好な相関を示したこと、特に SEE が低値であったことは、上記の懸念が実用上ほぼ問題とならないことを示していると考えられた。

ただ、今回の検討で、回帰直線は 0 を通過していない (Fig. 3)。その原因としては、EQ、FP 両法の ROI の設定の相違、バックグラウンドの関与の仕方の違いなどが考えられた。しかし、そのずれは SEE の範囲内にあり、本法の限界と考えられた。

また、左室最大幅を示す部位よりも心尖部以上に最大カウントを示す症例がみられた。これは、RAO から撮像したとき、左室の前方に位置する右室による減衰の影響と推定されたが、それらの例でも容積の値そのものの回帰直線からのずれは小さかった。その理由としては、1) 最大カウントを示した部位の左室幅と左室最大幅が 10% 以上異なることは少ないが、本法での左室最大カウントは 20-30 カウントであり、9 点スムージングをかけてもその誤差は 10% 程度はあると考えられ、その範囲内にとどまっている、2) さまざまの減衰条件、誤差条件がかみ合っており、1 つの条件を特定しにくい、などが考えられた。しかし、右室負荷の大きい例では最大幅と最大カウントを示す

部位の幅が有意に異なってくる可能性があり、そのような例では左室容積が不正確になる可能性がある。

本法は、左室短軸断面が円であるとの仮定の上に成立している。この仮定は拡張終期に関してはおおむね当てはまると考えられるが、収縮異常をともなった症例の収縮終期には当てはまらない可能性が大きい。したがって、一回拍出量、収縮終期容積を求めるときは、おのおの  $EDV \times EF$ 、 $EDV \times (1 - EF)$  として算出すべきである。

本法によれば FP 法により得られるデータのみで簡単に短時間で左室容積を算出することができる。 $^{99m}\text{Tc}$  を用いた心筋血流用剤が広く臨床応用されるようになったとき、本法の臨床的意義はより大きくなると考えられた。

謝辞：ご協力いただいた大宮赤十字病院循環器内科山懸先生、同 RI 診療部大森、中河両技師に謝意を呈します。

## 文 献

- 1) Taillefer R, Lambert R, Dupras G, et al: Clinical comparison between thallium-201 and Tc-99m-methoxy isobutyl isonitrile (hexamibi) myocardial perfusion imaging for detection of coronary artery disease. *Eur J Nucl Med* 15: 280-286, 1989
- 2) Borges-Neto S, Coleman RE, Jones RH: Perfusion and function at rest and treadmill exercise using technetium-99m-sestamibi: comparison of one- and two-day protocols in normal volunteers. *J Nucl Med* 31: 1128-1132, 1990
- 3) Folland ED, Hamilton GW, Larson SM, et al: The radionuclide ejection fraction: A comparison of three radionuclide techniques with contrast angiography. *J Nucl Med* 18: 1159-1166, 1977
- 4) Nichols K, Adapepe MH, Isaacs GH, et al: A new scintigraphic method for determining left ventricular volumes. *Circulation* 70: 672-680, 1984
- 5) Kinoshita S: Radionuclide left ventricular absolute volume determination by ejection fraction measurement data and a left posterior oblique blood pool image. *Jpn Heart J* 30: 665-678, 1989

## Summary

### Left Ventricular Volume Determination by First-Pass Radionuclide Angiocardiology Using a Semi-Geometric Count-Based Method

Shinichiro KINOSHITA\*, Tetsuo SUZUKI\*, Saburo YAMASHITA\*,  
Toshihiro MURAMATSU\*, Masao IDE\*, Yutaka DOHI\*, Katsuyuki NISHIMURA\*\*,  
Tatsuya MIYAMAE\*\* and Isao YAMAMOTO\*\*\*

*\*Second Department of Internal Medicine, Saitama Medical School*

*\*\*Department of Radiology, Saitama Medical School*

*\*\*\*Department of Radiology, Oomiya Red-Cross Hospital*

A new radionuclide technique for the calculation of left ventricular (LV) volume by the first-pass (FP) method was developed and examined. Using a semi-geometric count-based method, the LV volume can be measured by the following equation:  $C_V = C_M / (L/d)$ .  $V = (C_T / C_V) \times d^3 = (C_T / C_M) \times L \times d^2$ . ( $V$ =LV volume,  $C_V$ =voxel count,  $C_M$ =the maximum LV count,  $C_T$ =the total LV count,  $L$ =LV depth where the maximum count was obtained, and  $d$ =pixel size.) This theorem was applied to FP LV images obtained in the 30-degree right anterior oblique position. Frame-mode acquisition was performed and the LV end-diastolic maximum count and total count were obtained. The maximum LV depth was obtained as the maximum width of the LV on the FP end-diastolic image, using the assumption that the LV cross-section is circular. These values were substituted in the above equation and the LV end-

diastolic volume (FP-EDV) was calculated. A routine equilibrium (EQ) study was done, and the end-diastolic maximum count and total count were obtained. The LV maximum depth was measured on the FP end-diastolic frame, as the maximum length of the LV image. Using these values, the EQ-EDV was calculated and the FP-EDV was compared to the EQ-EDV. The correlation coefficient for these two values was  $r=0.96$  ( $n=23$ ,  $p<0.001$ ), and the standard error of the estimated volume was 10 ml. In conclusion, this new method for calculation of the LV volume was considered to be useful, especially for the evaluation of cardiac function by  $^{99m}\text{Tc}$ -labeled cardiac blood flow imaging agents.

**Key words:** Radionuclide angiocardiology, First pass method, Left ventricular volume, Volumetry, Cardiac function.