

《ノート》

First-pass radionuclide ventriculographyによる 右室機能の評価

—fixed area 法と separate area 法の比較—

Assessment of Right Ventricular Function by First-pass Radionuclide Ventriculography: Fixed Area vs Separate Area Method for Calculation of Right Ventricular Ejection Fraction

竹石 恭知* 星 光* 千葉 純哉* 殿岡 一郎*
目黒 光彦* 政金 生人* 阿部 真也* 立木 楷*
安井 昭二* 駒谷 昭夫** 高橋 和栄***

Yasuchika TAKEISHI*, Hikaru HOSHI*, Junya CHIBA*, Ichiro TONOOKA*,
Mitsuhiko MEGURO*, Ikuto MASAKANE*, Shinya ABE*, Kai TSUIKI*,
Shoji YASUI*, Akio KOMATANI** and Kazuei TAKAHASHI***

*First Department of Internal Medicine,

**Department of Radiology, Yamagata University School of Medicine,

***Department of Radiology, Yamagata University Hospital

I. 緒 言

右室は複雑な解剖学的形態を有するため、心血管造影法や心エコー法による右心機能評価には限界がある。RI 法は煩雑な図形近似計算を必要とせず、カウントから右室駆出率 (RVEF) を算出することができる¹⁾。RI 法には Kr-81m を用いる方法^{2~4)}と Tc-99m による first-pass 法^{5,6)}、心プール平衡時法^{7~9)}がある。なかでも first-pass 法 (FP-RNV) は簡便であり、右室の分離が比較的容易で、また肺野の background がいないなどの利点を有している。われわれは以前より FP-RNV を用いて、

右室の関心領域を固定して設定する fixed area (FA) 法により右心機能評価を行ってきた¹⁰⁾。しかし右室の収縮にともなう三尖弁と肺動脈弁の移動を無視できないと考えられ、拡張末期と収縮末期それぞれに関心領域を設定する separate area (SA) 法^{7,11)}により RVEF を算出した。そして右室機能の評価する際に FA 法と SA 法のいずれが有用であるか、冠動脈造影所見とタリウム心筋シンチグラムの結果と比較検討した。

II. 対象および方法

対 象

対象は当院にて心臓カテーテル検査を施行し、右冠動脈近位部 (AHA の segment 1, 2) に 90% 以上の高度狭窄が確認された下壁梗塞患者 32 名 (RCA-St 群)、右冠動脈に 50% 以上の有意狭窄を

Key words: right ventricular ejection fraction, first-pass radionuclide ventriculography, separate area method, right ventricular infarction.

* 山形大学医学部第一内科

** 同 放射線科

*** 同 附属病院放射線部

受付: 2 年 2 月 28 日

最終稿受付: 2 年 7 月 2 日

別刷請求先: 山形市飯田西 2-2-2 (☎ 990-23)

山形大学医学部第一内科

竹 石 恭 知

認めない前壁梗塞患者13名 (Ant-MI 群) である。器質的心疾患を有さない正常冠動脈患者 10 名と WHO 分類 I 度の軽症高血圧患者 12 名を control 群 (C 群) とした。RCA-St 群は 32 名中女性 6 名、年齢は平均 58.5 歳、Ant-MI 群は 13 名中女性 3 名、平均 61.3 歳、C 群は 22 名中女性 10 名、平均 55.8 歳であった。全例に FP-RNV を行い、RCA-St 群には運動負荷タリウム心筋シンチグラムも施行した。

First-pass radionuclide ventriculography (FP-RNV)

FP-RNV は Tc-99m ヒト血清アルブミン (HSA) 740 MBq を右肘静脈より bolus にて注入し、右前斜位 30° より list mode でデータ収集を行った。使用機種は、slant-hole collimator を装着したシンチカメラ Ohio-Nuclear Σ410S とオンラインで接続した核医学データ処理装置ガンマー 11 (DEC 社製) である。データ処理は、frame mode に変換した後、右室に関心領域 (ROI) を設定し、time activity 曲線を作成した。そして右室相の最大値より 1~2 心拍前から 3~4 心拍加算して、R 波を基準とした 1 心周期の右室画像を 20 フレームで作成した。

FA 法では拡張末期 (R 波) と収縮末期 (最小カウント) の像をとりだし、マニュアルで右室 ROI として右室自由壁の部分拡張末期の frame で、三尖弁と肺動脈弁を収縮末期の frame から、既報¹⁰⁾ のごとく設定した (Fig. 1)。background は右室心尖部外側に設定し、右室 ROI のカウントから back-ground のカウントを減じ、1 心周期の右室容量曲線を作製、フーリエ 4 次項近似を行った。そして得られた曲線から RVEF-FA を算出した。

SA 法は、FA 法と同じ拡張末期および収縮末期の frame にて、右室 ROI をそれぞれ設定した (Fig. 2)。そして拡張末期、収縮末期のカウントから RVEF-SA を算出した。RVEF-SA の inter-observer variance は $2.6 \pm 1.8\%$ 、intra-observer variance は $1.9 \pm 1.6\%$ であった。

左室は同様に time activity 曲線を作成し、左室

相の最大値より 1~2 心拍前から 4~6 心拍加算して、1 心周期の左室画像を得た。左室拡張末期像をとりだし左室 ROI を設定し、1 心周期の左室容量曲線を作製、フーリエ 4 次項近似を行い、左室駆出率 (LVEF) を算出した¹²⁾。

運動負荷タリウム心筋シンチグラム

RCA-St 群に運動負荷タリウム心筋シンチグラムを施行した。運動負荷はトレッドミル (Bruce 法) にて symptom limited で行った。撮像は負荷直後と 3 時間後に右前斜位、正面、左前斜位 45°、左側面の 4 方向から行った。負荷直後の左前斜位像において、右室の描出と defect の有無を視覚的に評価した^{13,14)}。そして右室の描出があり、defect のない群 (RV-D (-) 群) と右室に defect が認められるか、または右室の描出が認められない群 (RV-D (+) 群) の 2 群に分類した。

統 計

各群のデータは mean \pm SD で表示した。各群間の比較には one-way analysis of variance を用い、危険率 5% 未満を有意とした。

III. 結 果

1. RVEF-FA と RVEF-SA の比較

RVEF-FA と RVEF-SA を C 群、Ant-MI 群、RCA-St 群の 3 群間で比較した (Fig. 3)。RVEF-FA は C 群、Ant-MI 群、RCA-St 群の 3 群間で差を認めなかった。RVEF-SA は C 群 $66.7 \pm 10.6\%$ 、Ant-MI 群 $67.9 \pm 9.1\%$ 、RCA-St 群 $54.8 \pm 9.0\%$ であり、RCA-St 群は他の 2 群よりも有意に低値であった。RVEF-SA は RVEF-FA よりも、いずれの群においても高値をとった ($y = 0.51x + 28.9$, $r = 0.62$, $p < 0.001$)。

RCA-St 群をタリウム心筋シンチグラムの右室欠損像により 2 群に分け、RVEF-FA と RVEF-SA を比較した (Fig. 4)。RVEF-FA は C 群 $52.1 \pm 8.2\%$ 、RV-D (-) 群 $52.8 \pm 6.6\%$ 、RV-D (+) 群 $47.4 \pm 7.1\%$ であり、C 群、RV-D (-) 群の間には差を認めなかったが、RV-D (+) 群は他の 2 群よりも有意に低い RVEF-FA を示した。RVEF-SA は C 群の $66.7 \pm 10.6\%$ と比べ、RV-D (-) 群

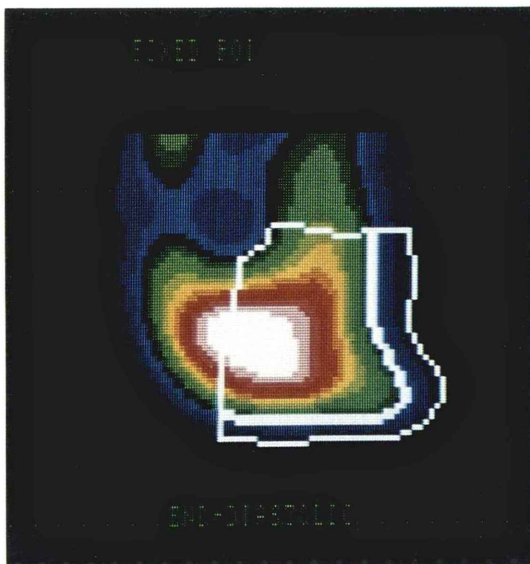


Fig. 1 Fixed right ventricular region of interest. The outline of right ventricular free wall was drawn manually on end-diastolic frame. Tricuspid and pulmonary valve were determined from end-systolic frame. A region for background correction was drawn at the apex of the right ventricle.

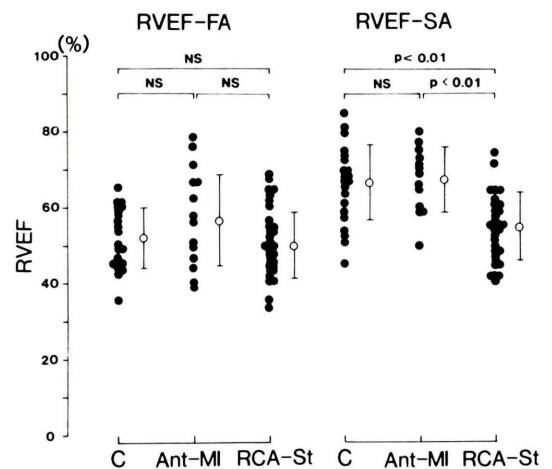


Fig. 3 Comparison of RVEF-FA (left) and RVEF-SA (right) among control, Ant-MI, and RCA-St groups.

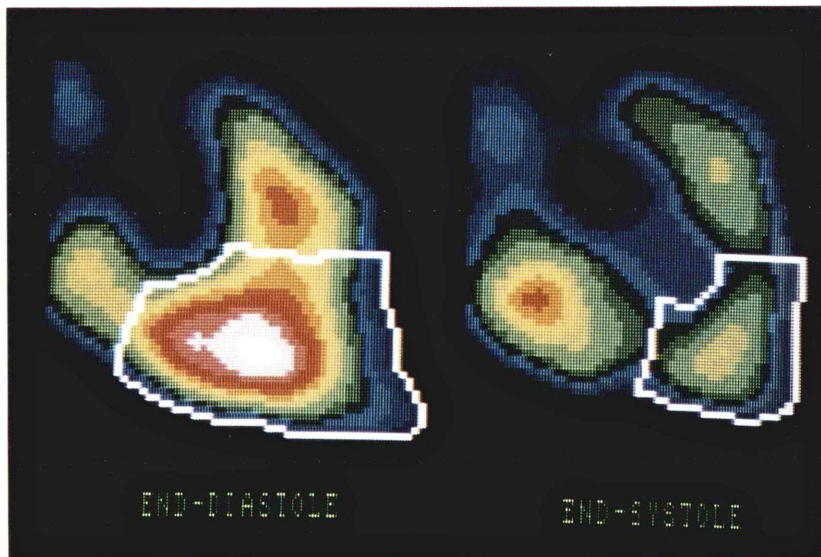


Fig. 2 Right ventricular region of interest (ROI) of separate area method. Diastolic ROI (left) and systolic ROI (right) were drawn separately from selected diastolic and systolic frames, respectively.

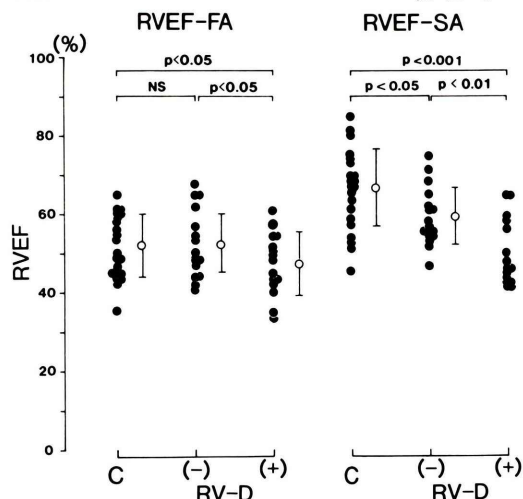


Fig. 4 Comparison of RVEF-FA (left) and RVEF-SA (right) among control, RV-D (-), and RV-D (+) groups.

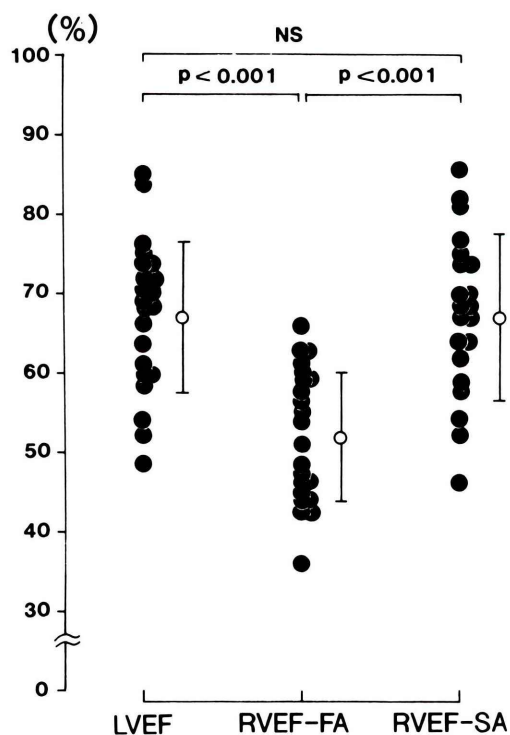


Fig. 5 Values for LVEF and RVEF obtained in 22 control subjects.

58.9±7.5%, RV-D(+) 群 50.1±8.4% であり, 両群ともに有意に低値であった. また RV-D(+) 群は RV-D(-) 群と比較し, さらに有意に低い RVEF-SA を示した.

C 群の RVEF の平均 -2SD (RVEF-FA: 36%, RVEF-SA: 45%) 以下を異常とし, RVEF の異常の検出を行った (Table 1). FA 法による評価では, RV-D(-) 群では RVEF の異常を示す例は 17 例中 1 例もなく, RV-D(+) 群でも異常低値と判定されたのは 15 例中 2 例 (13%) であった. SA 法では RV-D(-) 群で異常と判定されたのは 17 例中 1 例 (6%), RV-D(+) 群では 15 例中 9 例 (60%)

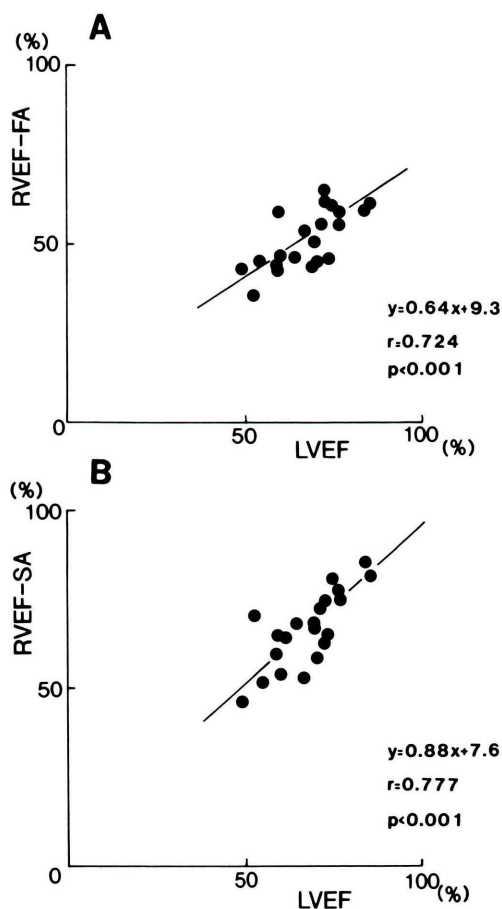


Fig. 6 Correlation between LVEF and RVEF-FA (A), RVEF-SA (B).

Table 1 Detection of the patients with abnormal RVEF

		Number of patients with abnormal RVEF	
		Fixed area	Separate area
RV-D (+)	n=15	2 (13%)	9 (60%)
RV-D (-)	n=17	0 (0%)	1 (6%)

であり、RVEF-FA よりも高い頻度で異常を検出できた。

2. C 群における LVEF と RVEF の検討

C 群において LVEF は $67.4 \pm 9.5\%$ 、RVEF-FA $52.1 \pm 8.2\%$ 、RVEF-SA $66.7 \pm 10.6\%$ であった (Fig. 5)。LVEF と RVEF-SA はほぼ同値であったが、RVEF-FA は LVEF よりも有意に低値であった。LVEF と RVEF の相関関係は、RVEF-FA では $r=0.724$, $y=0.64x+9.3$, $p<0.001$ であり、RVEF-SA では $r=0.777$, $y=0.88x+7.6$, $p<0.001$ であった (Fig. 6)。LVEF と RVEF-SA はより $y=x$ に近い相関関係を示した。

IV. 考 案

右冠動脈近位部高度狭窄群および右室梗塞合併群において、SA 法は FA 法よりも RVEF の異常を正確に評価することができた。

1. Fixed area 法と separate area 法の比較

収縮運動とともに三尖弁と肺動脈弁が大きく移動し、拡張末期に右室 ROI を設定すると収縮期には ROI のなかに右房や肺動脈を含むことになり、RVEF を過小評価する^{7,11)}。そのためわれわれは FA 法で右室 ROI を設定する際、右室自由壁の部分拡張末期の frame で、三尖弁と肺動脈弁を収縮末期の frame から決定した¹⁰⁾。しかしこの方法では拡張末期の右室が ROI に入りきれないため、RVEF を過小評価したと考えられた。SA 法は拡張末期、収縮末期それぞれの frame で右室 ROI を設定するため、より正確に RVEF を算出することができる。

2. Kr 持続注入法、心プール平衡時法との比較

FP-RNV は Kr-81m を用いる方法と比較し、カウントの不足、アイソトープの心腔内での mixing

の問題などの欠点もあるが、肺野の background がないこと、そして何よりも簡便である利点がある。FP-RNV から算出した RVEF は、Kr 法から求めた RVEF とよく一致することが知られている¹⁵⁾。Tc-99m を用いた心プール平衡時法は左前斜位から撮像するため、右室と右房の分離が難しい¹⁶⁾。

3. LVEF=RVEF?

健常者では LVEF と RVEF はほぼ等しいとする報告^{17,18)}と RVEF が低値であるという報告^{5,16)}がある。心血管造影法と RI 法の測定方法の違いもあり、またいずれも先に述べたような限界がありはつきりした結論はでていない。Marving ら¹¹⁾は FP-RNV を用いて、FA 法では $LVEF > RVEF$ だが、SA 法では $LVEF = RVEF$ であることを報告している。われわれの検討でも同様に C 群において、RVEF-SA は LVEF とほぼ等しい値となった。

LVEF は拡張末期に左室 ROI を設定する FA 法で算出した。大動脈弁、僧帽弁は収縮期にそれほど移動せず、FA 法と SA 法から算出した LVEF はほぼ一致する¹¹⁾。またわれわれの方法による FP-RNV から求めた LVEF は、左室造影の結果と高い相関を示す¹⁹⁾。LVEF は FA 法による評価で臨床支障ないと考えられる。

4. 問題点

慢性期の右室梗塞の診断は困難である。そのためわれわれは右室梗塞合併群として、右冠動脈近位部に高度狭窄がある下壁梗塞患者で、運動負荷タリウム心筋シンチグラムの左前斜位像で、右室に欠損像を認めるか、もしくは右室の描出がない患者を用いた^{13,14)}。運動負荷直後像を用いたのは、通常右室壁は安静時では、右心負荷がかかってない限り描出されることはまれであるからである。

RVEF の算出には SA 法が優れていることが示された。しかし SA 法では EF しか求めることができないのに対し、FA 法ではフーリエ近似した右室容量曲線から一次微分曲線 (dV/dt) を求め、各種の収縮期および拡張期指標を得ることができる¹⁰⁾。

V. 結 語

RVEF の評価には, separate area 法が fixed area 法よりも優れていると考えられた。

文 献

- 1) Berger HJ, Zaret BL: Noninvasive assessment of right ventricular performance in man. *Cardiovasc Clin* 10: 91-104, 1979
- 2) Knapp WH, Helus F, Lambrecht RM, et al: Kr-81m for determination of right ventricular ejection fraction. *Eur J Nucl Med* 5: 487-492, 1980
- 3) Horn M, Witzum K, Neveu C, et al: Krypton-81m imaging of the right ventricle. *J Nucl Med* 26: 33-36, 1985
- 4) Ham HR, Franken PR, Georges B, et al: Evaluation of the accuracy of steady-state krypton-81m method for calculating right ventricular ejection fraction. *J Nucl Med* 27: 593-601, 1986
- 5) Berger HJ, Matthay RA, Loke J, et al: Assessment of cardiac performance with quantitative radionuclide angiography: right ventricular ejection fraction with reference to findings in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Cardiol* 41: 897-905, 1978
- 6) Tobinick E, Schelbert HR, Henning H, et al: Right ventricular ejection fraction in patients with acute anterior and inferior myocardial infarction assessed by radionuclide angiography. *Circulation* 57: 1078-1084, 1978
- 7) Maddahi J, Berman DS, Matsuoka DT, et al: A new technique for assessing right ventricular ejection fraction using rapid multigated equilibrium cardiac blood pool scintigraphy. *Circulation* 60: 581-589, 1979
- 8) Slutsky R, Hooper W, Gerber K, et al: Assessment of right ventricular function at rest and during exercise in patients with coronary heart disease: a new approach using equilibrium radionuclide angiography. *Am J Cardiol* 45: 63-71, 1980
- 9) Korr KS, Gandsman EJ, Winkler ML, et al: Hemodynamic correlates of right ventricular ejection fraction measured with gated radionuclide angiography. *Am J Cardiol* 49: 71-77, 1982
- 10) 金谷 透, 渡辺佳彦, 殿岡一郎, 他: First-pass 法を用いた右室機能の臨床的評価——各種心疾患における血行力学的パラメーターとの比較——. *核医学* 21: 125-132, 1984.
- 11) Marving J, Hoiland-Carlsen PF, Chremmer-Jorgensen B, Gadsboll N: Are right and left ventricular ejection fractions equal? *Circulation* 72: 502-514, 1985
- 12) 竹石恭知, 殿岡一郎, 目黒光彦, 他: 運動負荷 first-pass radionuclide ventriculography による虚血性心疾患の診断——sector 法を用いて——. *核医学* 26: 1169-1176, 1989
- 13) Brown KA, Boucher CA, Okada RD, et al: Serial right ventricular thallium-201 imaging after exercise: relation to anatomy of the right coronary artery. *Am J Cardiol* 50: 1217-1222, 1982
- 14) 千葉 博, 西村恒彦, 植原敏男, 他: 運動負荷心筋スキャンによる右室梗塞の特徴と臨床像. *核医学* 25: 1353-1361, 1988
- 15) Franken PR, Delcourt E, Ham HR: Right ventricular ejection fraction comparison of technetium-99m first pass technique and ECG-gated steady state krypton-81m angiography. *Eur J Nucl Med* 12: 365-368, 1986
- 16) Legrand V, Chevigne M, Foulon J, et al: Evaluation of right-ventricular function by gated blood-pool scintigraphy. *J Nucl Med* 24: 886-893, 1983
- 17) Graham TP, Jarmakani JM, Atwood GF, et al: Right ventricular volume determinations in children. *Circulation* 47: 144-153, 1973
- 18) Fisher EA, DuBrow IW, Hastreiter AR: Right ventricular volume in congenital heart disease. *Am J Cardiol* 36: 67-75, 1975
- 19) Tono-oka I, Meguro M, Takeishi Y, et al: Relationship of thallium-201 defect and left ventricular function after dipyridamole infusion. *Jpn Circ J* 53: 707-715, 1989