

《原 著》

心電図同期心筋 SPECT で左室容積をより正確に測定する試み

Field Change Conversion での検討

田島 修* 芝崎 匡樹* 星 俊子** 今井 嘉門***

要旨〔目的〕心電図同期心筋 (G)-SPECT を QGS ソフトで解析する際、左室容積を正確に測定するために再構成処理領域を半分にする方法 (Field Change Conversion: FCC) を提案し、その有用性を検討した。〔方法〕対象は G-SPECT と左室造影 (LVG) を 2 週間以内に施行した 38 例で、G-SPECT は安静時に、汎用コリメータにて 64×64 マトリクスで撮像した。まず左室容積は通常の方法 (Original: ORI) で解析した後、FCC で解析した。求めた拡張末期容積 (EDV)、収縮末期容積 (ESV) を LVG と比較検討した。〔結果〕EDV (ml) は ORI: 71 ± 19 , FCC: 83 ± 20 および LVG: 98 ± 23 で (相互間 $p < 0.001$)、ESV (ml) は ORI: 28 ± 12 , FCC: 34 ± 13 および LVG: 41 ± 14 であった (相互間 $p < 0.001$)。FCC は LVG より有意に小なるも ORI より有意に大であった。〔結論〕QGS ソフトで左室容積を求める際、FCC は有効な手法と思われた。

(核医学 39: 135-142, 2002)

I. 緒 言

Quantitative Gated SPECT (QGS) は心電図同期心筋 (G)-SPECT の解析プログラムとして開発され¹⁾、これは心筋血流、機能に関する三次元情報を迅速、適切に処理し、操作性もよく、近年急速に臨床の場で使用されている。米国心臓核医学会のガイドライン²⁾でも G-SPECT 法は安価で有用な情報を付加できる方法であり、ルーチン検査として使用することが推奨されている。QGS により得られる左心機能の指標である拡張末期容積 (EDV) および収縮末期容積 (ESV) はファーストパ

ス RI アンジオグラフィ³⁾、左室造影 (LVG)⁴⁾ および磁気共鳴画像⁵⁾などで得られた値と高い相関を示し、この解析方法は臨床的に有用な方法として評価され、確立した方法である。しかしながら、他の検査方法と比べ左室容積を過小評価することが指摘されている⁶⁻⁸⁾。そこで画像を 128×128 のマトリクスサイズで撮像および解析することを試みたが、必要とする画像データは大容量で、解析時間は長時間となり、この 128×128 のマトリクスサイズ法は現行機種では汎用される方法ではない。今回画像は 64×64 のマトリクスサイズで撮像し、QGS 解析は擬似的に 128×128 のマトリクスサイズで施行する方法を提案し、その有用性を臨床例で検討した。

II. 方 法

対象は、1998 年 5 月から 1998 年 9 月かけて G-SPECT と LVG を 2 週間以内に施行した、身長 165 cm 以下の 38 例 (年齢: 65 ± 9 歳, 男女比 27: 11) である。使用装置は、三検出器型ガンマ

* 埼玉県立循環器・呼吸器病センター放射線技術部

** 同 放射線科

*** 同 循環器科

受付: 13 年 11 月 21 日

最終稿受付: 14 年 3 月 7 日

別刷請求先: 大里郡江南町板井 1696 (☎ 360-0105)

埼玉県立循環器・呼吸器病センター
放射線技術部

田 島 修

カメラ PRISM-3000XP およびデータ処理装置 ODYSSEY-FX451 (Marconi Medical Systems, Cleveland, Ohio) で、使用したコリメータは汎用コリメータ Low energy general purpose である。心筋シンチグラフィは負荷安静同日法で行い⁹⁾、安静時に ^{99m}Tc -Tetrofosmin を 740 MBq 投与し、1 時間後に G-SPECT を 64×64 のマトリクスサイズで撮像した。G-SPECT の収集条件は、拡大率 1.33, 5 度毎 $\times 72$ 方向, 収集時間 30 秒 / 方向, 一心拍分割数 16 である。安静時の G-SPECT はまず通常の設定条件 (Original: ORI) で QGS 解析した。SPECT 処理の詳細は以下の通りである。取得したプロジェクションデータに動きの補正をした後に、右前斜位 45 度から左後斜位 45 度まで 180 度のデータを用い、再構成領域は 340 mm で Ramp filter を掛け Filter back projection (FBP) 法にて横断像を得た。取得した横断像に次数 5.0, カットオフ周波数 0.21 cycle/pixel の Low pass filter を掛け、三次元再構成にて左室短軸像を得た。このとき左室再構成に用いられるスライス厚は 5.3 mm である。得られた左室短軸像から QGS プログラムで解析した各値 (EDV, ESV および EF) を ORI 値とした。

次に擬似的に 128×128 のマトリクスサイズになるように QGS 解析の再構成領域を変更した設定条件 (Field Change Conversion: FCC) で解析した。FCC の処理方法は下記の通りである。取得したプロジェクションデータに動きの補正をした後に、右前斜位 45 度から左後斜位 45 度まで 180 度のデータを用い、再構成領域を 170 mm に変更した後、関心領域を心臓に設定し Ramp filter を掛け FBP 法にて横断像を得た。取得した横断像に次数 5.0, カットオフ周波数 0.11 cycle/pixel の Low pass filter を掛け、三次元再構成にて左室短軸像を得た。このとき左室再構成に用いられるスライス厚は 2.7 mm である。得られた左室短軸像から QGS プログラムで解析した各値 (EDV, ESV および EF) を FCC 値とした。

PRISM-3000XP の検出器は 400 mm の有効視野で、前記の収集条件にて G-SPECT を撮像すると、

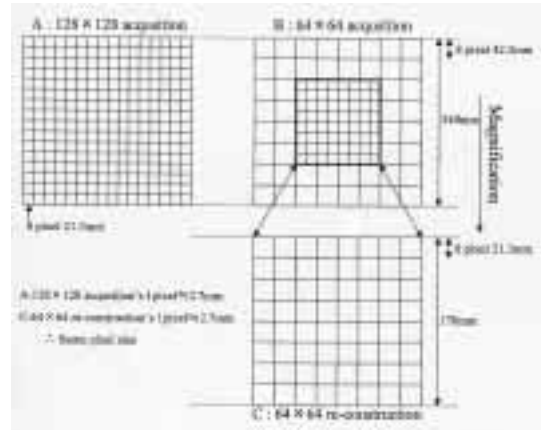


Fig. 1 Adjustment of pixel size. Image A: A 34 cm square image has been acquired with 128×128 pixels. An area of 8 pixels equals that of a square with a side of 21.3 mm (approx.). Image B: A 34 cm square image has been acquired with 64×64 pixels. An area of 8 pixels equals that of a square with a side of 42.5 mm (approx.). Image C: An area of 17 cm square, cut out from Image B, has been reconstructed in 64×64 pixels. Here, an area of 8 pixels equals that of a square with a side of 21.3 mm (approx.). One pixel represents a 2.7 mm (approx.) square in both Images A and C. Thus, Image A is equal to Image C in size, including pixel size.

ピクセルサイズは補正の関係で 5.3 mm となる。既成の QGS 解析の設定条件では、再構成領域はピクセルサイズにマトリクス数を乗じた数値である 340 mm ($5.3 \text{ mm} \times 64 = 340 \text{ mm}$) に設定されている。この再構成領域を半分の 170 mm に変更すると、画像の一边を 2 倍に拡大したことに相当し、1 ピクセルサイズは 5.3 mm から 2.7 mm に減少し、 128×128 のマトリクスサイズでのピクセルサイズと同じ大きさになる (Fig. 1)。また、左室短軸像および QGS 解析の画質を類似させるため、ORI および FCC とも Low pass filter のカットオフ周波数は 0.40 cycle/cm に、すなわち ORI では 0.21 cycle/pixel (0.39 cycle/cm) に、FCC では 0.11 cycle/pixel (0.40 cycle/cm) に設定した。

他方、LVG は右前斜位および左前斜位の bi-plane cine で撮影し、EDV および ESV の容積は

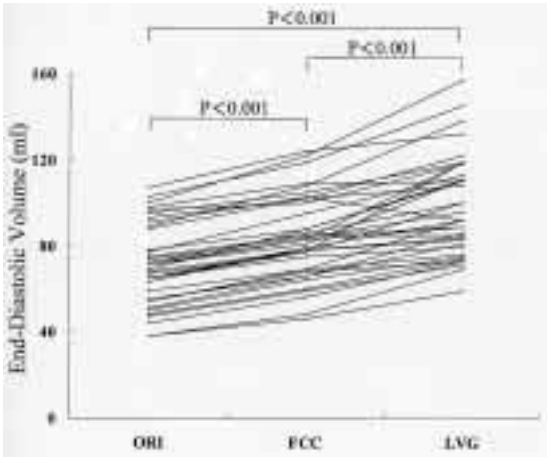


Fig. 2 Comparison of end-diastolic volume among original QGS software (ORI), field change conversion method with QGS software (FCC), and left ventricular angiography (LVG).

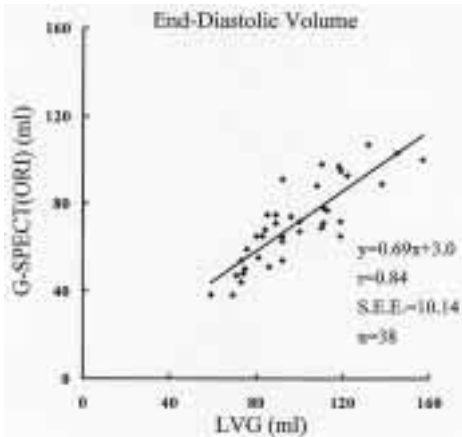


Fig. 3 Correlation of end-diastolic volume between left ventricular angiography (LVG) and original QGS software (ORI).

Cardio500 (Contron elektronik 社製) を用いて Dodge 法で求め、左室駆出率 (EF) を算出した。

統計処理は解析ソフト StatMate を用い、数値は平均値 \pm 標準偏差で表し、各方法の検定は Friedman 検定 (多重比較) で行い、 $p < 0.05$ の場合を有意差ありとした。また、回帰直線の検討では、相関係数および回帰直線を基準にした y の標準偏差 (Standard Error Estimated: SEE) を求めた。

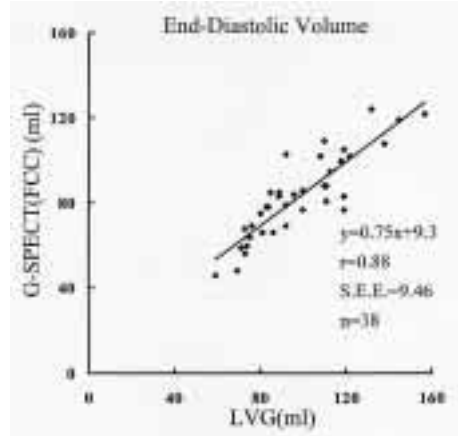


Fig. 4 Correlation of end-diastolic volume between left ventricular angiography (LVG) and field change conversion method with QGS software (FCC).

さらに FCC による左室容積増加について検討した。LVG を 100% とした場合の ORI および FCC の相対値を求め、ORI から FCC にすると何パーセント容積が増加するかを調べた。ORI で求めた EDV の値により対象を 3 群、S 群: ORI が 50 ml 以下 ($n = 6$), M 群: 51 ~ 75 ml ($n = 20$), および L 群: 76 ml 以上 ($n = 12$) に区分した。同様に ESV では、S 群: ORI が 20 ml 以下 ($n = 13$), M 群: 21 ~ 40 ml ($n = 17$), および L 群: 41 ml 以上 ($n = 8$) に区分し、FCC により左室容積が 20% 以上増加した頻度を調べた。

III. 結 果

1. EDV の検討

ORI, FCC および LVG で解析した各症例の EDV を Fig. 2 に示した。解析値を個々に比較すると、1 例を除き ORI, FCC, LVG の順で容積が大となった。ORI と LVG の相関は $y = 0.69x + 3.0$ ($r = 0.84$), SEE は 10.14 であり (Fig. 3), 他方 FCC と LVG の相関は $y = 0.75x + 9.3$ ($r = 0.88$), SEE は 9.46 であった (Fig. 4)。EDV (ml) の平均値は ORI: 71 ± 19 , FCC: 83 ± 20 , および LVG: 98 ± 23 であった。FCC は LVG より有意に小であるも ($p < 0.001$), ORI より有意に大であった ($p < 0.001$)。次に FCC により左室容積が 20% 以上増

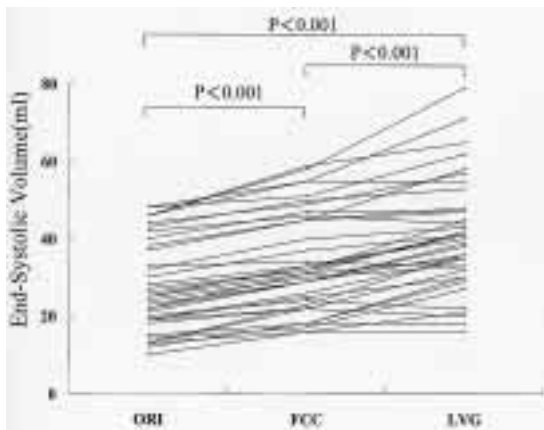


Fig. 5 Comparison of end-systolic volume among original QGS software (ORI), field change conversion method with QGS software (FCC), and left ventricular angiography (LVG).

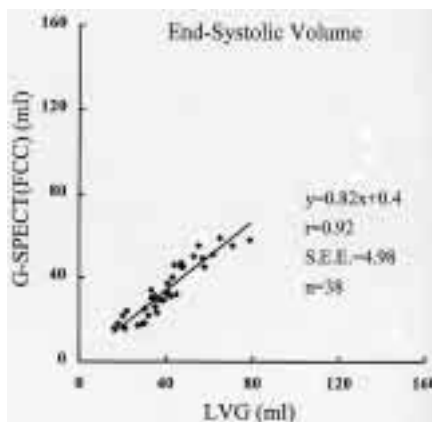


Fig. 7 Correlation of end-systolic volume between left ventricular angiography (LVG) and field change conversion method with QGS software (FCC).

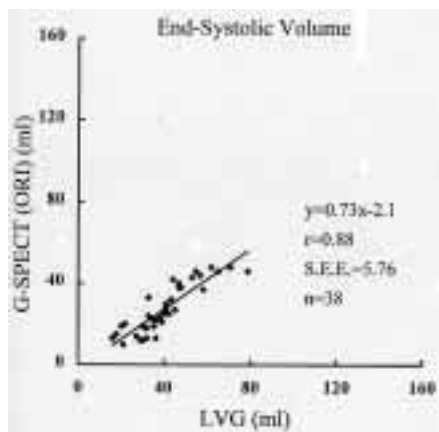


Fig. 6 Correlation of end-systolic volume between left ventricular angiography (LVG) and original QGS software (ORI).

加した頻度を調べると、S群は100%、M群は40%およびL群は25%であった。S群とM群間およびS群とL群間に有意差 ($p < 0.001$) を認められた。S群すなわち小さな左室で20%以上の容積増加が高頻度であった。

2. ESVの検討

ORI, FCC, および LVG で解析した各症例のESVをFig. 5に示した。解析値を個々に比較すると、4例を除きORI, FCC, LVGの順で容積が

大となった。ORIとLVGの相関は $y = 0.73x - 2.1$ ($r = 0.88$)、SEEは5.76であり (Fig. 6)、他方FCCとLVGの相関は $y = 0.82x + 0.4$ ($r = 0.92$)、SEEは4.98であった (Fig. 7)。ESV (ml)の平均値はORI: 28 ± 12 , FCC: 34 ± 13 , および LVG: 41 ± 14 であった。FCCはLVGより有意に小であるも ($p < 0.001$)、ORIより有意に大であった ($p < 0.001$)。次にFCCにより左室容積が20%以上増加した頻度を調べると、S群は92%、M群は65%およびL群は38%であった。S群とL群間に有意差 ($p < 0.001$) を認められた。S群すなわち小さな左室で20%以上の容積増加が高頻度であった。

3. EFの検討

ORIとLVGの相関は $y = 0.57x + 28.8$ ($r = 0.60$)、SEEは7.41であり、他方FCCとLVGの相関は $y = 0.65x + 21.5$ ($r = 0.77$)、SEEは5.27であった。EF (%)の平均値はORI: 62 ± 9 , FCC: 60 ± 8 , および LVG: 59 ± 10 であった。ORI, FCC および LVG 間にはいずれも有意差はなかった。

4. 症例呈示

症例は54歳男性 (163 cm, 65 kg) で、経皮経管的冠動脈形成術の経過観察目的のため心筋シンチグラフィを行い、翌日に心臓カテーテル検査を施行した。ORIおよびFCCの拡張期および収縮期短軸像に、左室内腔の辺縁抽出が施行された

Control :LVG ,EDV:110ml, ESV:48ml, EF56%

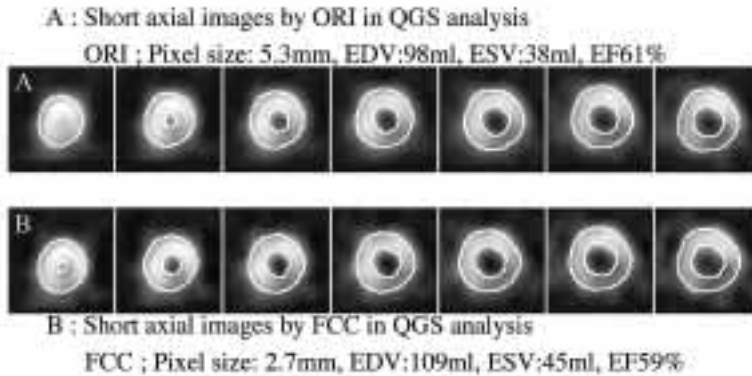


Fig. 8 Case presentation (54-year-old male, height: 163 cm, weight: 65 kg). For follow-up after percutaneous transluminal coronary angioplasty (PTCA), myocardial scintigraphy and cardiac catheterization were performed. Left ventricular volume by left ventricular angiography (LVG) was as follows: end-diastolic volume (EDV) 110 ml, end-systolic volume (ESV) 48 ml, and left ventricular ejection fraction (LVEF) 56%. Figure A shows a short-axis image of the left ventricle by QGS original analysis. Left ventricular volume by QGS original analysis was as follows: EDV 98 ml, ESV 38 ml, and LVEF 61%. Figure B shows a short-axis image of the left ventricle by Field Change Conversion (FCC). Left ventricular volume by FCC was as follows: EDV 109 ml, ESV 45 ml, and LVEF 59%. Reconstructed images of the left ventricle by FCC were more appropriately visualized than these by ORI. The calculated left ventricle volume by FCC approximated the value determined by LVG.

QGS 解析画像を Fig. 8 に呈示した。本例の EDV (ml) は LVG では 110, QGS では ORI: 98 および FCC: 109 であり, 他方 ESV (ml) は LVG では 48, QGS では ORI: 38 および FCC: 45 であった。再構成領域を変更し解析した FCC は, QGS 解析に既存設定されている ORI と比較して, LVG の数値に近似した。これは FCC では心内腔辺縁抽出が適正に施行されたためと推察された。

IV. 考 察

心電図同期 SPECT を QGS ソフトで解析した際の短所として, 左室容積の過小評価があげられる¹⁰⁻¹³⁾。その原因として, 一心拍の分割数, マトリクスサイズあるいは解析時のフィルタなどが関連している。画像を 128×128 のマトリクスサイズで撮像し解析すると, 画像データが大きくなり, 処理時間が長く, 現行機種では臨床に汎用される

方法ではない。他方, 始めから 2 倍程度の拡大収集をし, 精度の向上を図る方法があり, 特に小さな心臓には有効^{14,15)} であるが, 反面トランケーションエラーが起こりやすく, 一般成人には不向きである。われわれの提案する FCC は収集拡大率 (1.33) が ORI と等しく, 拡大収集に比しトランケーションエラーは生じにくい。今回 64×64 のマトリクスサイズで撮像しても, QGS ソフトでの解析の際に再構成領域を半分に変更すると, 擬似的に 128×128 のマトリクスサイズと同様なピクセルサイズとなる。この方法で得られる左室容積は, 128×128 のマトリクスサイズで撮像および解析した場合とほぼ同等であることに着目し, 臨床例でその有用性を検討した。

1. EDV および ESV について

EDV および ESV は ORI, FCC, LVG の順で大となった。QGS 解析時のピクセルサイズとス

ライス厚は ORI では 5.3 mm, FCC では 2.7 mm で、後者は前者の二分の一であった。FCC での左室容積は ORI の二分の一の薄いライス厚で、2 倍のライス数の再構成画像から算出している。このことは 128×128 のマトリクスサイズで収集した解析とデータ処理装置上では同等となる。その結果、画像解像度が向上し特に左室心尖部の心内膜面輪郭抽出が適正化され、左室容積の過小評価が軽減されるものと推察される。先に少ない例数 ($n = 11$) での検討であるが、 128×128 のマトリクスサイズで収集し解析した左室容積値と、 64×64 のマトリクスサイズで収集し再構成領域を半分にして解析した左室容積値が近似することを確認した。今回の検討では FCC は LVG より有意に小であるも、ORI より有意に大であった。さらに相関係数および SEE より、FCC は ORI より LVG に近似し、臨床的に有用と考えられた。

容積増加の評価は EDV, ESV とともに小さな左室容積の対象例ほど改善され、容積が大きくなるほどその改善度が緩やかになった。しかしながら、FCC においても未だ小さな心臓に対する解析精度は、十分に満足のものではない。今後も小さな心臓でのさらなる検討が必要である。

EF は EDV および ESV を反映しているも、相対的な値である。このため方法の間で大きな相違を認めないものと推察される。今回の検討では LVG と ORI および FCC の相関があまりよくないが、理由として対象とした症例に比較的小さな心臓の割合が多く、ESV を過小評価し、EF が過大評価されたためと推察される。

2. 拡大処理解析の画質

画像を 128×128 のマトリクスサイズで収集すると、1 画素あたりのカウントは、 64×64 のマトリクスサイズで収集した場合の八分の一となる。われわれは予備検討として、ORI と FCC の QGS 解析で Low pass filter を掛ける前で処理を中断し、双方の画像の同一部位と思われるピクセルカウントを測定した。FCC により 64×64 のマトリクスサイズを擬似的に 128×128 のマトリクスサイズにした場合は、同じ Raw data の領域を変え

て再構成し、一つのピクセルが四分分割されるが、再構成プログラム内部でピクセルカウントのスケールアップにより二次元的にデータが補間されるため、ピクセルカウントは低下せず、ORI とほぼ同一であった。このため擬似的 128×128 のマトリクスサイズの画像に、 64×64 のマトリクスサイズで通常用いるカットオフ周波数 0.21 cycle/pixel (0.78 cycle/cm) を掛けると、過度のフィルタにより画質は劣化し、局所心機能評価が困難となった。この対策として、各々の画像のピクセルサイズ (ORI: 5.3 mm, FCC: 2.7 mm) に対応したカットオフ周波数を設定し、その値は 0.40 cycle/cm であった。すなわち Low pass filter は ORI では 0.21 cycle/pixel (0.39 cycle/cm), FCC では 0.11 cycle/pixel (0.40 cycle/cm) とし、1 画素あたりにほぼ同等の Low pass filter を掛けた。FCC での画質は ORI の画質と遜色なく、临床上使用するに不都合は生じなかった。

3. データ容量と解析時間

PRISM-3000XP では画像を 128×128 のマトリクスサイズで撮像すると、38 M Byte の Raw data 領域を、一連の QGS 解析には 510 秒の解析時間を要し、現臨床に汎用される方法ではない。FCC の Raw data は 64×64 のマトリクスサイズの 9.5 M Byte であり、一連の QGS 解析には ORI の処理時間 (66 秒) に比し、再構成領域の変更、関心領域の変更および Low pass filter のカットオフ値変更に 10 秒ほどの時間が増加するだけで臨床上の負担は軽微である。

4. 推定される制限

QGS 解析ソフトで解析する際に、再構成領域は半分になっている。このため、大きな心臓では再構成した設定の範囲を逸脱して、測定不可能となる事態が推察される。今回の検討では最大の左室拡張末期容積は 124 ml (FCC) であり、対象外の症例であるが 194 ml (FCC) まで予想される事態は認めなかった。今後どの程度の大きさの左室まで測定できるのか、さらなる検討が必要である。

V. 結 語

心電図同期心筋 SPECT のデータ処理装置で再構成領域を変更した解析 (Field Change Conversion: FCC) が、得られる左室容積値に影響するかどうかを検討した。FCC で得られた数値は、通常の解析値に比し LVG に近似し、臨床的に有効な手法と考えられた。この方法は、通常の収集に再構成領域の変更を加えるだけで解析値の改善が得られ、適切なフィルタのカットオフ周波数を選択することにより画質劣化もなく、QGS 解析に有効な手法と思われる。

文 献

- 1) Germano G, Kait H, Kavanagh PB, Moriel M, Mazzanti M, Su H-T, et al: Automatic quantification of ejection fraction from gated myocardial perfusion SPECT. *J Nucl Med* 1995; 36: 2138-2147.
- 2) Port SC: Imaging guidelines for nuclear cardiology procedures. Part 2. *J Nucl Cardiol* 1999; 6: G48-G84.
- 3) He Z-X, Cwajg E, Preslar JS, Mahmarian JJ, Verani MS: Accuracy of left ventricular ejection fraction determined by gated myocardial perfusion SPECT with Tl-201 and Tc-99m sestamibi: comparison with first-pass radionuclide angiography. *J Nucl Cardiol* 1999; 6: 412-417.
- 4) Manrique A, Faraggi M, Vera P, Vilain D, Lebtahi R, Cribier A, et al: ²⁰¹Tl and ^{99m}Tc-MIBI gated SPECT in patients with large perfusion defects and left ventricular dysfunction: comparison with equilibrium radionuclide angiography. *J Nucl Med* 1999; 40: 805-809.
- 5) Tadamura E, Kudoh T, Motooka M, Inubushi M, Shirakawa S, Hattori N, et al: Assessment of regional and global left ventricular function by reinjection Tl-201 and rest Tc-99m sestamibi ECG-gated SPECT: comparison with three-dimensional magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol* 1999; 33: 991-997.
- 6) Nakajima K, Taki J, Higuchi T, Kawano M, Taniguchi M, Maruhashi K, et al: Gated SPECT quantification of small hearts: Mathematical simulation and clinical application. *Eur J Nucl Med* 2000; 27: 1372-1379.
- 7) Achtert A-D, King M, Dahiberg ST, Pretorius PH, LaCroix KJ, Tsui BMW: An investigation of estimation of ejection fraction and cardiac volumes by a quantitative gated SPECT software package in simulated gated SPECT images. *J Nucl Cardiol* 1998; 5: 144-152.
- 8) 高橋康幸, 阿部充伯, 松井里奈: 心電図同期心筋 SPECT の収集条件に関する基礎的検討. 核医学 1999; 36: 865-871.
- 9) 今井嘉門, 浅川喜裕, 星野寛倫, 芝田貴裕, 小川洋司, 堀江俊伸: ^{99m}Tc-Tetrofosmin 心筋シンチグラフィでの血流画像および機能画像の同時評価の有用性. 核医学 1995; 32: 997-1005.
- 10) 樋口隆弘, 滝 淳一, 中嶋憲一, 堀井純清, 山田正人, 利波紀久: 心電図同期心筋 SPECT 解析プログラムによる心機能指標のファントムおよび臨床例における検討. 核医学 1999; 36: 357-368.
- 11) 橋本 順, 鈴木天: アプリケーションソフトウェアの基本アルゴリズムと特徴. 中田智明, 中嶋憲一編集, 心電図同期心筋 SPECT 法. メジカルセンス, 東京, 2000: 33-39.
- 12) 山辺 裕: 心筋血流と心機能同時評価の意義. 中田智明, 中嶋憲一編集, 心電図同期心筋 SPECT 法. メジカルセンス, 東京, 2000: 90-97.
- 13) 唐澤賢祐, 今井嘉門: 川崎病. 中田智明, 中嶋憲一編集, 心電図同期心筋 SPECT 法. メジカルセンス, 東京, 2000: 133-136.
- 14) 中嶋憲一, 山田正人, 中村 茂: 心電図同期心筋 SPECT における結果の変動要因. 中田智明, 中嶋憲一編集, 心電図同期心筋 SPECT 法. メジカルセンス, 東京, 2000: 62-68.
- 15) 中嶋憲一: 小児心疾患. 中田智明, 中嶋憲一編集, 心電図同期心筋 SPECT 法. メジカルセンス, 東京, 2000: 137-140.

Summary

A Newly Developed Maneuver, Field Change Conversion (FCC), Improved Evaluation of the Left Ventricular Volume More Accurately on Quantitative Gated SPECT (QGS) Analysis

Osamu TAJIMA*, Masaki SHIBASAKI*, Toshiko HOSHI** and Kamon IMAI***

**Department of Radiological Technology, Saitama Cardiovascular and Respiratory Center*

***Department of Radiology, Saitama Cardiovascular and Respiratory Center*

****Department of Cardiology, Saitama Cardiovascular and Respiratory Center*

[Purpose] To investigate whether a newly developed maneuver that reduces the reconstruction area by a half more accurately evaluates left ventricular (LV) volume on quantitative gated SPECT (QGS) analysis.

[Methods] The subjects were 38 patients who underwent left ventricular angiography (LVG) followed by G-SPECT within 2 weeks. Acquisition was performed with a general purpose collimator and a 64×64 matrix. On QGS analysis, the field magnification was 34 cm in original image (Original: ORI), and furthermore it was changed from 34 cm to 17 cm to enlarge the re-constructed image (Field Change Conversion: FCC). End-diastolic volume (EDV) and end-systolic volume (ESV) of the left ventricle were also

obtained using LVG.

[Results] EDV was 71 ± 19 ml, 83 ± 20 ml and 98 ± 23 ml for ORI, FCC and LVG, respectively ($p < 0.001$: ORI versus LVG, $p < 0.001$: ORI versus FCC, $p < 0.001$: FCC versus LVG). ESV was 28 ± 12 ml, 34 ± 13 ml and 41 ± 14 ml for ORI, FCC and LVG, respectively ($p < 0.001$: ORI versus LVG, $p < 0.001$: ORI versus FCC, $p < 0.001$: FCC versus LVG).

[Conclusion] FCC was better than ORI for calculating LV volume in clinical cases. Furthermore, FCC is a useful method for accurately measuring the LV volume on QGS analysis.

Key words: QGS, Ventricular volume, Field change conversion, Magnification re-construct.