

《総説》

Gated SPECT は臨床に役立つか？

左室容積，左室駆出率算出の問題点

趙 圭一* 汲田伸一郎*

要旨 心電図同期心筋 SPECT データから算出される左室容積，左室駆出率は再現性が高く，かつ客観的であるが，R-R 分割数，使用核種，使用解析アルゴリズムなどにより様々な影響を受ける．まず，R-R 分割数による影響として，分割数の減少に伴う拡張末期容積の過小評価，収縮末期容積の過大評価，結果として左室駆出率の過小評価が挙げられる．したがって，検査目的に合致した分割数の設定が重要と考えられる．通常，核種間，解析アルゴリズム間の左室駆出率は良好な相関を示すが，左室容積は核種と解析アルゴリズムの組み合わせによっては必ずしも一致した傾向を示さず，注意が必要となる．左室内腔が 20 ml 未満で高頻度となる“small heart”では，収集・再構成法を工夫することである程度の機能解析が可能となる．以上，心電図同期心筋 SPECT データから算出した心機能値は，様々な因子からの影響を十分考慮に入れた上で診断指標として用いることが肝要と思われる．

(核医学 39: 97-102, 2002)

1. はじめに

心電図同期心筋 SPECT は，近年の各種解析アルゴリズムの開発と相まって，本邦においても臨床応用が急速に拡大している．左室の輪郭抽出により算出される左室容積，左室駆出率に代表される心機能定量値は再現性が高く，かつ客観的であるが，収集条件・解析アルゴリズムなどにより様々な影響を受ける．本稿では，心電図同期心筋 SPECT データにより算出される左室容積および左室駆出率に与える影響について，いくつかの要因に分けて問題点を考える．まず，収集時の R-R 分割数を変化させ，それぞれの心機能値を比較し，検査目的ごとの至適 R-R 分割数について検討する．次に，使用核種あるいは使用解析アルゴ

リズムの相違による心機能値の変動を検証する．最後に，左室輪郭のトレースが不可能で正確な心機能値が得られない，いわゆる“small heart”の臨床上の問題点を検討し，“small heart”に対する対処方法を考察する．

2. R-R 分割数による影響

心筋梗塞の既往のある 12 例を含む 48 名の心疾患患者を対象として， ^{99m}Tc -tetrofosmin 740 MBq を静注後，Marconi/Shimadzu 社製 3 検出器型ガンマカメラ PRISM3000 を用い，1 方向 50～60 心拍，6 度ごと 20 方向の心拍同期心筋 SPECT データを収集した．収集時の R-R 分割数は 32 と比較的分割に設定し，得られた 32 分割同期データをワークステーション (OdysseyFX) にて 16 分割，8 分割データに合算した．そして各々のデータについて QGS (Quantitative Gated SPECT) プログラム^{1,2)} を用い，左室駆出率 (LVEF)，左室拡張末期容積 (LVEDV)，左室収縮末期容積 (LVESV) を算出した．平衡時マルチゲート法

* 日本医科大学放射線科

受付：13 年 11 月 21 日

別刷請求先：印旛郡印旛村鎌苅 1715 (☎ 270-1694)

日本医科大学付属千葉北総病院放射線科

趙 圭 一

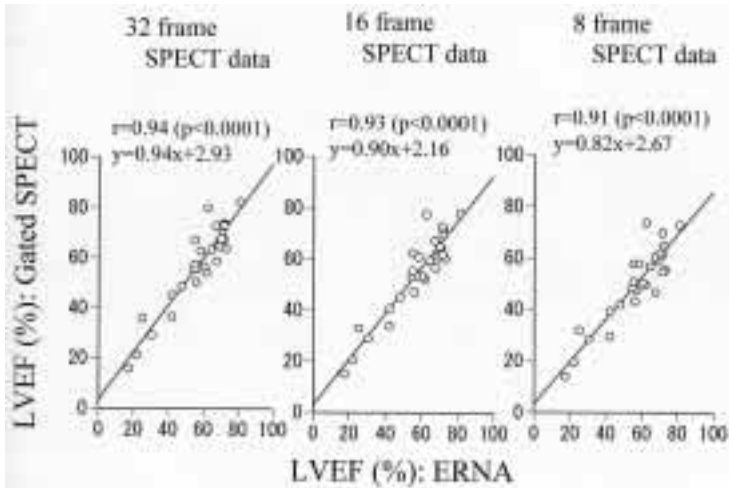


Fig. 1 Comparison of LVEF obtained from gated SPECT studies and from equilibrium radionuclide angiography (MUGA) in 29 patients.³⁾

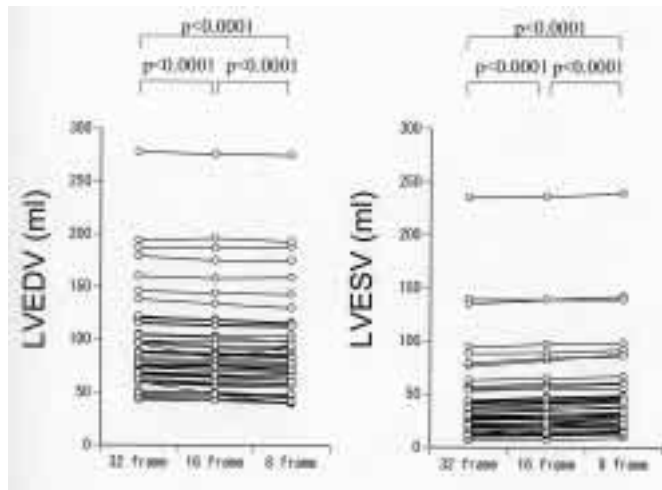


Fig. 2 Comparison of left ventricular volumes obtained from 32-, 16- and 8-frame gated SPECT data of 48 patients. LVEDV, left ventricular end-diastolic volume; LVESV, left ventricular end-systolic volume patients.³⁾

(R-R 25 分割) による心プールシンチグラフィから算出された LVEF と比較すると, 32, 16, 8 いずれの分割数データから算出された LVEF は良好な相関を示した (Fig. 1). しかしながら, LVEDV の平均を 32, 16, 8 分割で比較すると, 32 分割 94.1 ± 40.4 ml, 16 分割 91.7 ± 40.8 ml, 8 分割 90.3 ± 41.3 ml と分割数が減少すれば LVEDV も有意な低下を示した. 逆に, LVESV の平均値は分割数

が 32, 16, 8 と少なくなるにつれて 41.6 ± 32.5 ml, 43.6 ± 33.0 ml, 49.5 ± 33.1 ml と有意に増加した (Fig. 2). 分割数が少ない場合には時間分解能追従が低下し, LVEDV の過小評価, LVESV の過大評価を生じたものと考えられる. LVEDV と LVESV から算出される LVEF も, 32 分割で 62% が, 16 分割 59%, 8 分割 55% と, 分割数の減少とともに平均値で 7% もの低下を示した (Fig. 3)³⁾.

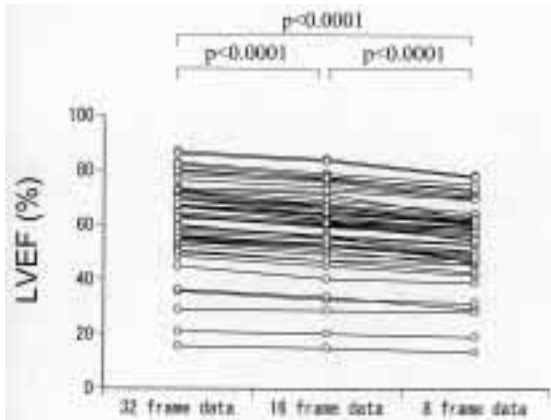


Fig. 3 Comparison of left ventricular ejection fraction (LVEF) obtained from 32-, 16- and 8-frame gated SPECT data from 48 patients.³⁾

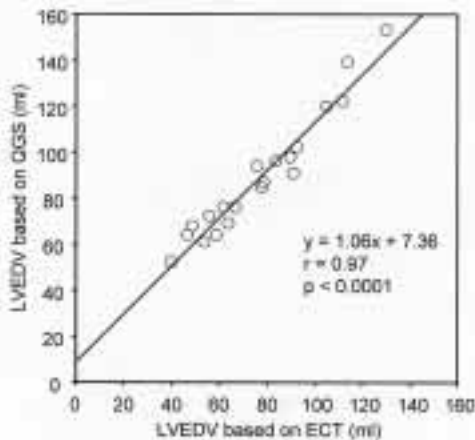


Fig. 4 Correlation of LVEDV between gated SPECT data processed by QGS and ECT using ^{99m}Tc -labeled agent.

左室の時間容積曲線の形状は複雑であり、心拍数によるLVEFの補正は困難と思われる。事実、32分割と8分割のLVEFの差分は心拍数の上昇に伴い必ずしも増加せず、両者に相関は認められなかった。他方、多分割によるS/N比の劣化は避けられず収集時間の延長をきたす。したがって、R-R分割数は検査目的ごとの設定が必要と思われる。例えばルーチン検査におけるLVEF、LVEDVの算出は8分割で十分であり、また、短

Table 1 A recommended frame number per R-R interval by examination purpose

Examination purpose	Frame number per R-R interval
Routine	8
Short time acquisition	8
Drug loading	16-24
Diastolic function	24-32

時間のデータ収集時には8分割が有利となる。しかしながら、ドプタミン投与等の薬剤負荷により心拍数を上昇させて収集する場合は16~24の分割数が望ましく、また拡張能の評価には24~32分割は必須となる(Table 1)。以上、自施設における使用機器の性能を熟知した上で検査目的に合致した収集方法を選択すれば、有用な核医学情報が得られると思われる。

3. 使用核種、解析アルゴリズムの差異による影響

本項では、われわれの施設において使用可能な解析アルゴリズムであるQGSとEmory Cardiac Toolbox (ECT; Emory大学のGarciaらにより開発⁴⁾)を用いて算出された心機能値の比較を中心に述べる。QGSは比較的汎用されており、ECTによる心筋輪郭抽出法のみを概容を述べる。短軸像のcircumferential profile analysisを基本とし、max pointより内外に0.5 cm、左室拡張末期壁厚は1 cmと一律に設定する。そして、拡張末期と収縮末期のmax point countから算出されたwall thickeningに基づく壁厚増加分を1 cmに加えて収縮末期壁厚とする。現時点ではR-R 8分割データのみに対応である。虚血性心疾患が疑われ運動負荷2核種同時心筋SPECTを施行したが血流欠損を認めなかった20例を対象に、前項の条件で収集した ^{99m}Tc 標識血流製剤/ $^{201}\text{TlCl}$ 両心電図同期心筋SPECTデータをQGSとECTの両解析アルゴリズムにて処理し、左室容積を自動算出した。 ^{99m}Tc の同期データから算出されたLVEDVは解析アルゴリズム間できわめて良好な相関を示した(Fig. 4)。また、解析アルゴリズムに関わらず ^{99m}Tc と ^{201}Tl の核種間でもLVEDVは良好な相関

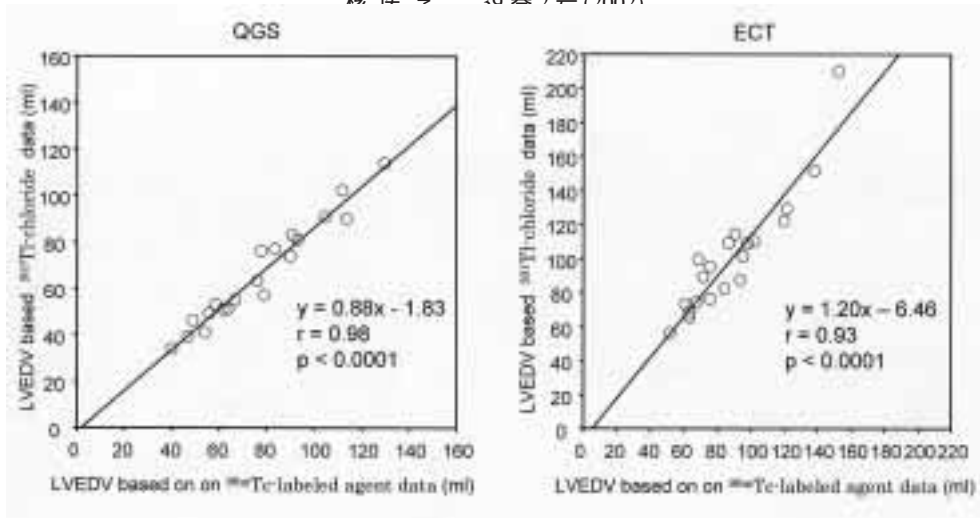


Fig. 5 Correlation of LVEDV between gated SPECT data using ^{99m}Tc -labeled agent and ^{201}Tl -chloride (left: QGS, right: ECT).

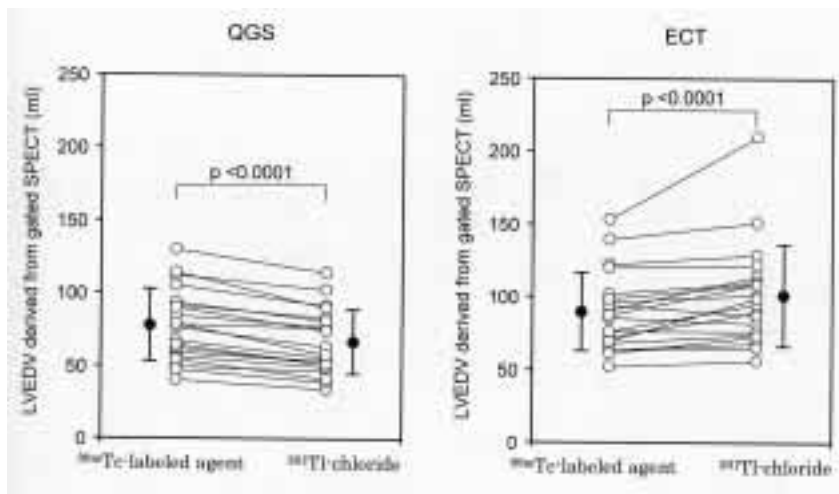


Fig. 6 Comparison of LVEDV between gated SPECT data using ^{99m}Tc -labeled agent and ^{201}Tl -chloride (left: QGS, right: ECT).

を示した (Fig. 5) . しかしながら, QGS と ^{201}Tl で得られた LVEDV は ^{99m}Tc による LVEDV と比べ低値を示した (Fig. 6) . この過小評価の原因として, QGS では左室輪郭を最大集積から SD の 65% 値点に設定してあり, 線拡がり関数が ^{99m}Tc と比べ幅広い ^{201}Tl では壁厚が厚く抽出され, 結果として内腔が小さくなることが挙げられる. 他方, 興味深いことに ECT を用いると ^{201}Tl で得られた

LVEDV は ^{99m}Tc による LVEDV より高値となり (Fig. 6) , 使用核種と使用解析アルゴリズムの組み合わせにより算出される左室拡張末期容量は様々な傾向を示した⁵⁾ .

4. 左室容量 (small heart) による影響

川崎病にて心電図同期 SPECT が施行された 23 例で QGS による収縮末期像の左室輪郭を視覚的

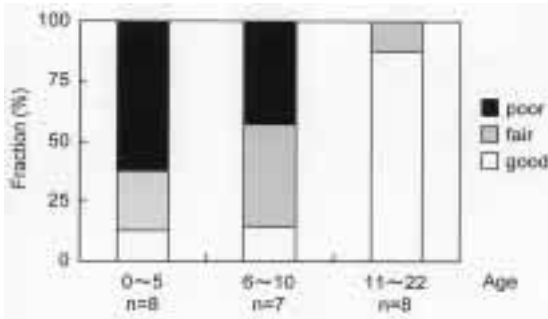


Fig. 7 Visual assessment of an extraction of myocardial edge using QGS based on 3-point system.

に good, fair, poor の 3 段階に分類すると, 11 歳以上の 8 例では大半で輪郭抽出は good と判定されたのに対し, 6~10 歳では poor が 40% 以上を占め, 5 歳以下では good とされたのは 8 例中 1 例にとどまった (Fig. 7). 23 例中拡張末期像での輪郭抽出は全例で good と判定されており, 輪郭抽出精度の劣化は収縮末期像でのみ観察された. LVESV を good 群と fair 群と比較すると, good 群では 19~113 ml, 平均 48 ml であったのに対し, fair 群では 4~26 ml, 平均 16 ml と算出された. LVESV が 20 ml 前後より小さくなると輪郭抽出精度の劣化が生じており, QGS による LVEF は LVESV が 20 ml 以下でファーストパス法と比べ過大評価を示すとの報告⁶⁾とも一致している. 他方, 数値ファントムによる検討では, 左室容量 100 ml ですでに過小評価が生じ, 収集時に 2 倍の拡大収集をすることでこの精度は 3% まで改善されると報告されている⁷⁾. 収集 matrix を 128 × 128 にすることで拡大収集と同様に解析精度の向上が見込まれるが, 現存の収集システムでは感度の低下による収集時間の延長をきたし, 小児への日常検査としては適さない. われわれの施設では拡大による truncation artifact を回避するため, 小児を対象とする心拍同期心筋 SPECT は原則 1.3 倍の拡大収集にとどめており, 必要に応じて R-R 分割数を 16 から 8 に減じて処理している. このような収集, 再構成法の工夫によって機能解

析の精度改善が得られるが, 20 ml 以下の small heart における機能評価の代替法としては count base の wall thickening map が挙げられ, 解析アルゴリズムを QGS の代わりに ECT を用いることによっても精度の高い心機能を捕らえられる可能性が示唆される.

5. おわりに

以上, 心電図同期心筋 SPECT データから算出される左室容量および左室機能値は, 収集時 R-R 分割数, 使用核種あるいは使用する解析ソフト, 被験者の左室容積など種々の因子の影響を受ける. 臨床使用に際しては, これらの諸因子を十分考慮に入れた上で診断指標として用いることが肝要と考える.

文 献

- 1) Germano G, Berman DS: *Clinical Gated Cardiac SPECT*, Furuta Publishing Company, Inc., 1999.
- 2) Germano G, Kiat H, Kavanagh PB, Moriel M, Mazzanti M, Su HT, et al: Automatic quantification of ejection fraction from gated myocardial perfusion SPECT. *J Nucl Med* 1995; 36: 2138-2147.
- 3) Kumita S, Cho K, Nakajo H, Toba M, Uwamori M, Mizumura S, et al: Assessment of left ventricular diastolic function using ECG-gated myocardial perfusion SPECT: Comparison with multigated equilibrium radionuclide angiography. *J Nucl Cardiol* 2001; 8: 568-574.
- 4) Cooke CD, Garcia EV, Cullom SJ, Faber TL, Pettigrew RI: Determining the accuracy of calculating systolic wall thickening using a fast Fourier transform approximation: A simultaneous study based on canine and patient data. *J Nucl Med* 1994; 36: 1185-1192.
- 5) 福嶋善光, 汲田伸一郎, 鳥羽正浩, 趙 圭一, 中條秀信, 水村 直, 他: 心電図同期心筋 SPECT における解析アルゴリズムおよび核種の相違に基づく左室容量算出値の乖離に関する検討. *核医学* 2001; 38: 715-720
- 6) 丸野廣大: II 基礎: 各ソフトウェアの原理と特徴 撮像上の注意点. 西村恒彦, Guido Germano 編, 心電図同期 SPECT の理論と実際 - 心疾患の診療における役割. 南江堂, 東京, 2001: 39-45.
- 7) Nakajima K: Gated SPET quantification of small hearts: Mathematical simulation and clinical application. *Eur J Nucl Med* 2000; 27: 1372-1379.

Summary

Clinical Application of Left Ventricular Volume and Ejection Fraction Derived from Gated SPECT Data

Keiichi CHO and Shin-ichiro KUMITA

Department of Radiology, Nippon Medical School

Left ventricular (LV) volume and ejection fraction (LVEF) derived from ECG-gated myocardial SPECT data are reproducible and objective. Those quantitative values, however, interacted according to varied factors such as a frame number per R-R interval, tracers, and processing-algorithms. A decrease of frame number per R-R interval yields underestimation of end-diastolic volume and overestimation of end-systolic volume, resulting in underestimation of LVEF. Thus, it is important to change a frame number per R-R interval by the examination purpose. A good correlation of LVEF is usually obtained, independent of a

combination of tracer and processing-algorithm. On the other hand, LV volume does not always show linearity between combinations of tracer and processing-algorithm. An extraction of myocardial edge using QGS program is deteriorating in patients with small LV below 20 ml. It is crucial to assess LV functional values derived from ECG-gated SPECT data as clinical indices, taking the varied effects into consideration.

Key words: Gated SPECT, Left ventricular volume, Ejection fraction, Small heart.