臨床技術

²⁰¹Tl 心筋 SPECT における三次元動画表示を用いた 左室壁運動評価の検討 —心臓 CT との比較—

西久保直嗣 玉井宏征

社会医療法人高清会高井病院放射線科

論文受付

2012 年 8 月 23 日

論文受理

2013 年 5 月 13 日

Code No. 300

緒言

左室の機能評価は、さまざまな心臓疾患に対して臨床的に重要な指標である。なかでも左室局所壁運動異常は、虚血性心疾患の長期予後にかかわる重要な因子とされている¹⁾。左室局所壁運動の非侵襲的な検査法としては、心エコー検査、心電図同期心筋 single photon emission computed tomography(心電図同期心筋 SPECT)、心プールシンチグラフィ、magnetic resonance imaging(MRI)および心臓 computed tomography(心臓 CT)が臨床応用されている。心電図同期心筋 SPECT は心エコー検査、心プールシンチグラフィが二次元の平

面における評価に対して心機能解析ソフトウェアを用いることによって三次元的に局所の壁運動が計測可能である。なかでも^{99m}Tc 標識心筋血流製剤を対象として左室輪郭を三次元的に自動抽出し左室機能指標を計測する Germano らが開発した quantitative gated SPECT (QGS)ソフトウェア^{2,3)}は、高い再現性と優れた計測精度が報告されている。また、短時間収集による低カウントとなった画像においても左室輪郭抽出が可能であり、計測された機能指標も精度が維持されていることが示されている。このことから、日常臨床で広く用いられている²⁰¹Tl においても精度よく左室局所壁運動評価が行

Assessment of Left Ventricular Function Using ²⁰¹Tl Electrocardiogram-gated Myocardial Single Photon Emission Computed Tomography

Naotsugu Nishikubo* and Hiroyuki Tamai

Department of Radiology, Kouseikai Takai Hospital

Received August 23, 2012; Revision accepted May 13, 2013

Code No. 300

Summary

Purpose: Advances in computed tomography (CT) technology make it possible to obtain left ventricular wall motion using 3D reconstruction. In this study, we compared the images obtained from CT and ²⁰¹Tl electrocardiogram (ECG) gated single photon emission computed tomography (SPECT). **Methods:** In 20 patients with ischemic heart disease, we performed ²⁰¹Tl ECG gated SPECT (GE Healthcare Millennium VG) and ECG gated CT (Philips Medical Systems Brilliance iCT) to evaluate of left ventricular wall motion during the resting phase. In SPECT, left ventricular images were reconstructed using quantitative gated SPECT (QGS) software. In CT, the images were reconstructed using Virtual Place (AZE Software). The left ventricle was classified into five regions (anterior, lateral, inferior, septal, and apical). The amplitude of the wall motion was classified into five grades according to AHA classification. The values of the wall motion were separately checked by two radiographers. **Results:** Assessment of left ventricular function myocardial wall movement using the three-dimensional movie display with ECG gated myocardial SPECT data was in agreement with the evaluation by cardiac CT inspection, and corresponded with wall motion in 88 of all 100 segments. **Conclusions:** SPECT analysis has the same quantity as that of obtained from CT for evaluation of left ventricular wall motion.

Key words: gated single photon emission computed tomography (SPECT), left ventricular (LV) wall motion, ²⁰¹Tl, cardiac computed tomography (CT)

*Proceeding author

えることが推測される。これまでの報告では、2方向から撮像された左室造影との二次元的な局所壁運動の比較が行われている⁴⁾。一方冠動脈の形態的な狭窄の評価に優れた感度と特異度を有することが示されている心臓CTは、三次元的に左室壁運動を観察でき、さらに高い空間分解能によって左室壁運動の計測を高精度で行えることが期待される⁵⁾。これまで両者による左室壁運動評価の詳細な比較の報告は、われわれが調べた範囲ではまだない。そこで本研究では、²⁰¹Tlを用いた心電図同期心筋SPECTとQGSソフトウェアから作成した三次元動画表示による左室壁運動の評価と同時期に施行した心臓CTの三次元壁運動評価との比較からその計測精度について検討を行った。

1. 方 法

1-1 対 象

対象は²⁰¹Tl心電図同期心筋SPECT検査と心臓CT検査を1カ月以内に施行された虚血性心疾患を疑われる患者20例(男性14名、女性6名、年齢69.3±9.56歳)である。20例中7例は左室駆出率が、心電図同期心筋SPECTにて左室収縮末期容積(ESV)が15 ml以下の症例であり、これらの群をsmall heart群とした。

研究はretrospective studyで、倫理委員会において、患者の画像およびデータに関して問題ないと判断されており、一連の解析時に患者情報を含まないようワークステーション上で画像およびデータのみを抽出する方法を用いて検討を行った。

1-2 ²⁰¹Tl心電図同期SPECT

被験者に²⁰¹Tl 111 MBqを静注し負荷検査を行った後に、負荷時心電図同期SPECT像と3時間後の安静時心電図同期SPECT像を撮像した。本検討では安静時心電図同期SPECT像を使用した。使用機器はGE社製2検出器型ガンマカメラMillennium VGを用いた。データ収集は低エネルギー汎用型コリメータLEGPを装着した2検出器を90度L字型に設定し、1方向50秒、6度ごと15方向の180度データを収集した。全収集時間は約13分30秒であった。1心拍の分割数は8分割、matrixは64×64、拡大率1.28倍(pixel size 6.91 mm)とした。

1-3 心電図同期SPECTデータを用いた左室壁運動解析

画像再構成にはfilter back projection(FBP)法を用い、前処理フィルタにはButterworth(order10, cutoff周波数0.40 cycle/cm)、再構成フィルタにはrampを使用

Fig. LV segment (a) and 64-slice CT (b) and ²⁰¹Tl ECG-gated SPECT images (c) by three-dimensional myocardial display.

し、GE社製Entegraを用いて画像処理を行った。減弱補正、散乱線補正は行っていない。

再構成された心電図同期SPECT短軸像にGermanoらが開発したQGSソフトウェアを適応し、左室心筋の自動抽出を行い三次元左室心筋画像を作成した。この三次元心電図同期像を中隔側・前壁側および心尖部からの3方向から三次元動画表示し、左室心筋を5領域に分割し、各領域の局所壁運動を視覚的に心臓の左室壁運動異常を示す指標であるasynergy分類に基づいて5段階(1: normal, 2: mild hypokinesis, 3: severe hypokinesis, 4: akinesis, 5: dyskinesis)のスコアを付け視覚評価した。

本処理は全例自動的に処理を行い、用手法的補正を必要としなかった。左室壁運動評価は2名の診療放射線技師(核医学検査10年従事している技師1名、核医学検査に7年・心臓CT検査に5年従事している技師)によって評価した(Fig.)。

1-4 心臓CT検査

Philips社製Brilliance iCT(256スライスCT)を用いて、撮影条件を管電圧120 kV、管電流時間積は左室内のSDが25.0になるように設定し、コリメーション0.625 mm×128(ZFS)、ヘリカルピッチ0.16、回転速度0.27 s/rotとし、造影剤量は10秒注入でヨード量が24.5 mgI/kg/sとなるように設定し心臓CT検査を行った。心電図同期を行い撮影データからR-R間隔を10分

Table 1 Relationship between segment wall motion scores on cardiac CT and those on ^{201}Tl ECG-gated SPECT

SPECT score	CT score				
	1	2	3	4	5
1	73	3	0	0	0
2	4	11	3	0	0
3	0	1	3	0	0
4	0	0	0	1	0
5	0	0	0	1	0

割し再構成を行った。再構成データを AZE 社製 Virtual Place Lexus を用い、snake 法⁶⁾を用いた心機能解析ソフトによって解析し心筋 SPECT と同様に中隔側・前壁側、および心尖部からの 3 方向から三次元動画表示を行った。局所壁運動を心電図同期 SPECT の三次元動画表示と同様に 5 段階のスコアを付け視覚評価し、対応する各領域のスコアを心電図同期 SPECT の三次元動画表示と比較した(Fig.)。

2. 結果

心電図同期心筋 SPECT データによる三次元動画表示による局所左室心筋壁運動の評価は、心臓 CT 検査による評価と全 100 segments 中 88 segments(88%)にて一致した。両者の評価が 1 段階の乖離を示したのは 12 segments(12%)認められたが、2 段階以上の乖離を示した領域はなかった(Table 1)。

また、左室収縮末期容積(ESV)15 ml 以下の small heart 群は心電図同期心筋 SPECT および心臓 CT にて全例視覚評価のスコアが 1 と判定された(Table 2)。

3. 考察

近年、心筋 SPECT 検査と心臓 CT 検査による統合的な心臓画像診断が注目されており、両者の検査から心筋血流評価、冠動脈の形態診断、左室心機能計測、および左室壁運動評価が行われつつある。心電図同期心筋 SPECT 検査においては、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 標識心筋血流製剤を対象に Germano らが開発した左室輪郭を三次元的に自動抽出し左室機能指標を計測する QGS ソフトウェアの高い再現性と優れた精度が報告されている^{2,3)}。一方 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 標識心筋血流製剤が ^{201}Tl に比較し心筋 viability を過小評価するとの報告から^{7,8)}、現在でも心筋梗塞患者に対しては ^{201}Tl を使用する機会が多い。したがって ^{201}Tl においても $^{99\text{m}}\text{Tc}$ と同様に左室機能評価が精度よく行えれば心筋梗塞の診断に有効である。

^{201}Tl を用いた報告は過去にもみられるが少なく、二

Table2 Relationship between segment wall motion scores on cardiac CT and those on ^{201}Tl ECG-gated SPECT in small heart group

SPECT score	CT score				
	1	2	3	4	5
1	35	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0

次元的な左室造影との比較に留まっている。また、Schepis らが報告した $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 標識心筋血流製剤を用いた心筋 SPECT と 64 スライス CT との左室機能評価の比較⁹⁾においても三次元動画による視覚的な壁運動の評価はされておらず、QGS ソフトウェアと同様に三次元シネ動画にて壁運動が観察できる心臓 CT による成績と比較は現在のところ行われていない。そこでわれわれは同時期に施行した心臓 CT と成績を比較することによって、 ^{201}Tl 心電図同期 SPECT データに QGS ソフトウェアを適応して得られた局所壁運動評価の信頼性について検討した。

^{201}Tl 心電図同期心筋 SPECT と心臓 CT 検査の三次元動画表示による左室壁運動の一致率は 88%であった。これは鳥羽らが行った ^{201}Tl 心電図同期心筋 SPECT と左室造影との同様な左室壁運動の検討の一致率が 77.1%に比べ、高い一致率を示した。この原因として各モダリティの局所心筋壁のセグメントの位置の不一致が考えられる。 ^{201}Tl 心電図同期心筋 SPECT と心臓 CT の壁運動の比較はともに三次元画像であるため、局所心筋壁のセグメントの位置が両モダリティで一致しやすい。一方、鳥羽らが報告した 2 方向左室造影との比較では、 ^{201}Tl 心電図同期心筋 SPECT の左室三次元画像と二次元の左室造影との局所心筋壁のセグメントを正確に一致させることが困難であるため、一致率が低下したと考えられる⁴⁾。しかしながら、今回の症例には心電図同期心筋 SPECT において akinesis, dyskinesis が 2 例と少なく、今後症例数を増やして検討する必要がある。また、心電図同期 SPECT にて ESV 15 ml 以下の small heart 群の症例においても壁異常症例がなく、心筋壁運動が正常な症例のみの比較となった。Small heart 群についても今後症例を増やして検討する必要があると考えられた。

今後の課題として、データ収集・処理条件において、拡大率を上げ pixel size を小さくし空間分解能を向上させることや、今回の検討では当施設で従来 ^{201}Tl 検査に

使用してきた0.40 cycle/cmを採用したButterworthフィルタのcut-off周波数について, ^{201}Tl における至適cut-off周波数を求めることによって ^{201}Tl 心電図同期心筋SPECTにおける局所壁運動評価の精度の向上が考えられるため今後の検討と基礎実験が必要である。また, Schepisらが報告した $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 標識心筋血流製剤を用いた心筋SPECTと64スライスCTとの左室機能評価の比較⁹⁾において局所壁運動の定量評価がされていたが, 今回の検討では用いた二つの解析ソフトでのセグメントモデル(20セグメントモデルと17セグメントモデル)の違いによって定量評価ができなかったため今後の検討課題である。

以上のように, 本検討結果から ^{201}Tl を用いた心電図同期心筋SPECTにQGSソフトウェアにて作成した三次元動画表示による局所壁運動評価を行った場合, 心臓CTと同様に左室壁運動異常を検出・評価することができると考えられた。しかし, Schepisらの報告⁹⁾からそ

れぞれの特徴に由来する差があるため互換的な利用に関しては注意する必要がある。さらに, 臨床例を増やし左室壁運動の比較を詳細に行うことによって, ^{201}Tl を用いた心電図同期心筋SPECTと心臓CTの三次元動画表示による局所壁運動評価が同じ精度で行えることが明らかにできれば, 臨床診断において意義の大きいものになるであると考ええる。

4. 結 語

^{201}Tl を用いた心電図同期心筋SPECTとQGSソフトウェアから作成した三次元動画表示による左室壁運動と同時期に施行した心臓CTの三次元壁運動は88%の一致率を示した。これによって, 左室心筋の壁運動評価において ^{201}Tl による心電図同期心筋SPECTと心臓CT検査による統合的な心臓画像診断が同様な精度で行えることが考えられた。

参考文献

- 1) Emond M, Mock MB, Davis KB, et al. Long-term survival of medically treated patients in the Coronary Artery Surgery Study (CASS) Registry. *Circulation* 1994; 90(6): 2645-2657.
- 2) Germano G, Kavanagh PB, Su HT, et al. Automatic reorientation of three-dimensional, transaxial myocardial perfusion SPECT images. *J Nucl Med* 1995; 36(6): 1107-1114.
- 3) Germano G, Kiat H, Kavanagh PB, et al. Automatic quantification of ejection fraction from gated myocardial perfusion SPECT. *J Nucl Med* 1995; 36(11): 2138-2147.
- 4) 鳥羽正浩, 石田良雄, 福地一樹, 他. ^{201}Tl 心筋SPECTにおける左室輪郭自動抽出プログラムによる心機能計測の信頼性の検討. *核医学* 1999; 36(1): 23-30.
- 5) 北川覚也, 佐久間肇, 舟橋伸偵, 他. MDCT・MRI・SPECT・PETをいかに使い分けるか. 文光堂, 東京, 2011: 41-48.
- 6) 栄藤 稔. 動的輪郭モデルSnakesの概観. *MEDICAL IMAGING TECHNOLOGY* 1994; 12(1): 9-15.
- 7) Cuocolo A, Pace L, Ricciardelli B, et al. Identification of viable myocardium in patients with chronic coronary artery disease: comparison of thallium-201 scintigraphy with reinjection and technetium-99m-methoxyisobutyl isonitrile. *J Nucl Med* 1992; 33(4): 505-511.
- 8) Marzullo P, Parodi O, Reisenhofer B, et al. Value of rest thallium-201/technetium-99m sestamibi scans and dobutamine echocardiography for detecting myocardial viability. *Am J Cardiol* 1993; 71(2): 166-172.
- 9) Schepis T, Gaemperli O, Koepfli P, et al. Comparison of 64-slice CT with gated SPECT for evaluation of left ventricular function. *J Nucl Med* 2006; 47(8): 1288-1294.

問合先

〒632-0006 天理市蔵之庄町461-2
社会医療法人高済会高井病院放射線科 西久保直嗣