

Dipyridamole 負荷 Technetium-99m Tetrofosmin 心電図同期 SPECT 1 回撮像法による効率的な冠動脈疾患評価法

Assessment of Ischemic Heart Disease by Dipyridamole Stress Electrocardiographic Gated Myocardial Single Photon Emission Computed Tomography With Technetium-99m Tetrofosmin

漢那 雅彦
三谷 勇雄
中丸 真志
澁谷 研
竹田 和義
朝比奈 茂
北村 豊
日隈菊比兎
石井 當男*

Masahiko KANNA, MD
Isao MITANI, MD
Masashi NAKAMARU, MD
Ken SHIBUYA, MD
Kazuyoshi TAKEDA, MD
Shigeru ASAHINA, MD
Yutaka KITAMURA, MD
Kikuhiko HIGUMA, MD
Masao ISHII, MD, FJCC *

Abstract

Simultaneous assessment of stress perfusion and rest function is possible with gated single photon emission computed tomography (SPECT) using stress injected technetium-99m (^{99m}Tc) tetrofosmin (TF). The feasibility of dipyridamole stress electrocardiographic gated myocardial SPECT (GSPECT) with TF was examined as an alternative to conventional stress/rest imaging. Fifty-one patients underwent stress GSPECT. 740MBq of TF was administered 3 min after dipyridamole infusion. GSPECT acquisition was performed one hour after the injection. Additional rest SPECT was performed on another day only in patients with abnormal perfusion on stress images. Perfusion and thickening were analyzed visually on 17 segments of the left ventricle. Percentage of wall thickening (%WT) was also calculated in 17 segments of the polar map.

Thirty-two of 51 patients (63%) had normal stress perfusion and normal rest thickening. Nineteen of 51 patients (37%) had abnormal perfusion on stress images. Among 157 abnormal perfusion segments of the 19 patients, 139 segments (89%) had thickening and the rest (11%) had no thickening. %WT was higher in the reversible segments with or without thickening. There was better agreement for the identification of normal segments and the presence of reversibility between stress GSPECT and the conventional stress/rest study in patients without previous myocardial infarction than in those with previous myocardial infarction (89% vs 79%).

These results suggest that stress GSPECT may substitute for conventional stress/rest perfusion study in patients without previous myocardial infarction, allowing shorter examination time and lower cost. However, stress GSPECT does not replace the need for rest perfusion study in patients with previous myocardial infarction, because of underestimation of viability, but %WT may eliminate this underestimation.

J Cardiol 1998; 32(4): 253-261

横須賀市立市民病院 循環器科: 〒240-0101 神奈川県横須賀市長坂1-3-2; *横浜市立大学医学部 第二内科
Division of Cardiology, Yokosuka City Hospital, Kanagawa; *The Second Department of Internal Medicine, Yokohama City University School of Medicine, Yokohama

Address for reprints: KANNA M, MD, Division of Cardiology, Yokosuka City Hospital, Nagasaka 1-3-2, Yokosuka, Kanagawa 240-0101

Manuscript received January 8, 1998; revised August 12, 1998; accepted August 13, 1998

Key Words

■ Radionuclide imaging (electrocardiographic gated single photon emission computed tomography, technetium-99m tetrofosmin) ■ Coronary artery disease ■ Drug administration (dipyridamole loading)

はじめに

従来より心筋虚血の核医学的検査としては thallium-201 (^{201}Tl) CI を用いた負荷心筋シンチグラフィーが汎用されているが、通常、負荷像、再分布像を撮像すると5時間程度を要し、症例によっては、24時間後撮像が追加される。一方、technetium-99m ($^{99\text{m}}\text{Tc}$) tetrofosmin (TF)¹⁻⁴⁾、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -methoxy-isobutyl isonitrile (MIBI) などの $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 標識心筋血流製剤は、短半減期かつ高エネルギーであることより、1回大量投与が可能であり、心筋血流を評価出来るだけでなく、同時に心電図同期収集法⁵⁻⁹⁾やファーストパス法^{10,11)}などにより、心筋血流、壁運動同時評価が可能である。しかし、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 標識製剤は静注後明らかな再分布像を示さないため、通常、負荷時と安静時の2度の静注、撮像が必要となる。

今回我々は、dipyridamole 負荷 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -TF 心電図同期 SPECT (electrocardiographic gated single photon emission computed tomography: GSPECT) により1回の撮像のみで心筋血流評価を行い、その妥当性、有効性について検討した。

対象と方法

対象は1996年7-11月の5ヵ月間に心筋虚血の検査目的にて、dipyridamole 負荷シンチグラフィーを施行した51例(男性29例, 女性22例, 平均年齢 62 ± 12 歳)で、そのうち8例は心筋梗塞の既往を有していた。

Dipyridamole 負荷では、0.56 mg/kg を4分間かけて静注し、静注終了後3分に TF 740 MBq を投与した。TF 投与後約1時間より撮像を開始した。RR 間隔は8等分し、撮像は1方向40心拍で、右前斜位 45° から左後斜位 45° までの 180° を32方向、 64×64 マトリックスにてデータ収集を行った。使用機種はGE製(USA) STARCAM 3000 XR/T, コリメーターは低エネルギー汎用型コリメーター、フィルターは前処理に Butter-worth フィルター、再構成に ramp フィルターを用いた。任意の幾つかの短軸スライスを参考に、RR

Selected abbreviations and acronyms

GSPECT = electrocardiographic gated single photon emission computed tomography

TF = tetrofosmin

%WT = percentage of wall thickening

間隔8等分の中から壁肥厚の度合いを視覚的に判断し、拡張末期、収縮末期のフレームを設定した。次に、それらのそれぞれの画像より心尖部、心基部を別々に設定し、各15スライスの同心円表示となるよう補間作成した¹²⁾。ここで拡張末期から収縮末期にかけての左室のねじれを考慮し、灌流異常域をもとに視覚的に両時期のSPECT短軸像を、任意の角度で時計軸または反時計軸に回転補正した。

1. 負荷GSPECT 1回撮像法のみを検討

負荷GSPECT 1回撮像法について視覚的評価により灌流と壁厚増大を検討した。左室心筋は短軸2断面、垂直長軸断面を17領域に分け、領域ごとに心筋灌流異常像を視覚的に5段階(0: 正常-4: 欠損)評価し、2点以上を異常とした(Fig. 1)。また、壁厚増大の有無を拡張期から収縮期にかけてのカウント数増加より、視覚的に判定した。

2. 負荷GSPECT 1回撮像法の灌流異常例への安静像追加による検討

負荷GSPECT 1回撮像法にて1領域以上の灌流異常を認めた症例に対し、他日に安静像を追加し、負荷GSPECT 1回撮像法の結果と負荷/安静2回撮像法の結果とを比較検討した。GSPECTについては、定量的評価として拡張末期および収縮末期(endsystole: ES)の polar map をそれぞれ17領域に分割、各領域の平均RI カウント数の算出を行った(Fig. 1)。拡張末期(enddiastole: ED)の最大カウント数を $\text{ED}_{\text{max count}}$ とし、各領域の局所収縮能(%wall thickening: %WT)を壁厚増大の程度、すなわち、

$$\%WT = (\text{ES count} - \text{ED count}) / \text{ED}_{\text{max count}}$$

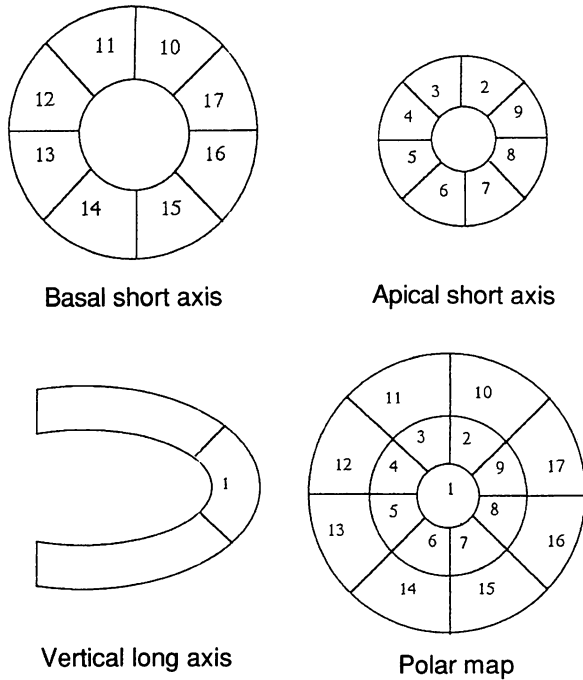


Fig. 1 Schematic representation of the myocardial segments in this study

の式より求めた。

なお数値は全て平均±標準偏差で表し、有意差検定にはunpaired *t* 検定を用い、 $p < 0.05$ をもって有意差の判定とした。

結 果

1. 負荷GSPECT 1回撮像法のみを検討

対象51例中32例は、本検査では明らかな灌流異常を認めず、壁厚増大にも異常を認めないため正常と診断し、安静像の追加は行わなかった。負荷像にて1領域以上の灌流異常を認めた残りの19例、計323領域

Table 1 Segmental analysis in 19 patients with abnormal perfusion on stress electrocardiographic gated single photon emission computed tomography (GSPECT)

	Perfusion	
	Normal	Abnormal
Thickening		
(+)	166	139
(-)	0	18

Table 2 Segmental agreement between stress/rest myocardial perfusion SPECT and stress GSPECT in all patients ($n = 19$)

	Stress/rest SPECT		
	Normal	Reversible defect	Nonreversible defect
Stress GSPECT			
Perfusion normal, thickening (+)	166	0	0
Perfusion abnormal, thickening (+)	0	98	41
Perfusion abnormal, thickening (-)	0	9	9

Exact agreement : 85%.

Table 3 Segmental agreement between stress/rest myocardial perfusion SPECT and stress GSPECT in patients with no previous myocardial infarction ($n = 11$)

	Stress/rest SPECT		
	Normal	Reversible defect	Nonreversible defect
Stress GSPECT			
Perfusion normal, thickening (+)	110	0	0
Perfusion abnormal, thickening (+)	0	56	21
Perfusion abnormal, thickening (-)	0	0	0

Exact agreement : 89%.

Table 4 Segmental agreement between stress/rest myocardial perfusion SPECT and stress GSPECT in patients with previous myocardial infarction (n=8)

	Stress/rest SPECT		
	Normal	Reversible defect	Nonreversible defect
Stress GSPECT			
Perfusion normal, thickening (+)	56	0	0
Perfusion abnormal, thickening (+)	0	42	20
Perfusion abnormal, thickening (-)	0	9	9

Exact agreement : 79%.

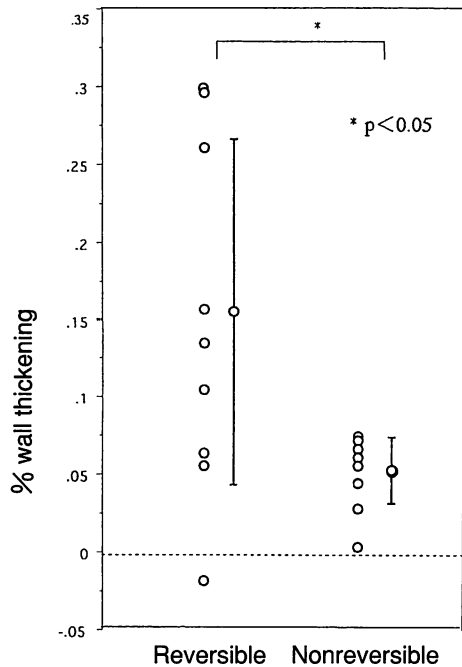


Fig. 2 Comparison of regional % wall thickening of 18 segments which showed abnormal perfusion without thickening on stress GSPECT between reversible segments and nonreversible segments

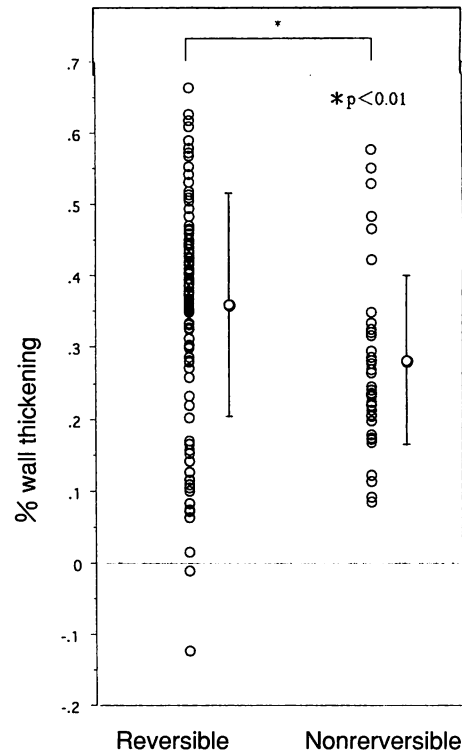


Fig. 3 Comparison of regional % wall thickening in 139 segments showing abnormal perfusion with thickening on stress GSPECT between reversible segments and nonreversible segments

における局所の灌流異常と壁厚増大の有無を検討したところ、灌流異常を認めた157領域のうち139領域(89%)は壁厚増大を認めたが、18領域(11%)では同部に壁厚増大を認めなかった(Table 1)。

2. 負荷 GSPECT 1 回撮像法の灌流異常例への安静像追加による検討

負荷像にて1領域以上の灌流異常を認めた19例に安静像を追加し、負荷 GSPECT 1 回撮像法の結果と比較したところ、負荷 GSPECT 1 回撮像法にて可逆性欠

損(reversible defect)と判定された139領域のうち、98領域(71%)が安静像において灌流の改善を認めた。しかし、残りの41領域は安静像においても同部の灌流の改善は認めなかった。一方、負荷1回撮像法にて灌流異常があり、かつ壁厚増大も認めない18領域のうち、9領域(50%)は安静像で灌流の改善を認めたが、残り9領域は安静像にて灌流の改善は認めなかった。19例での負荷 GSPECT 1 回撮像法と負荷/安静2回撮

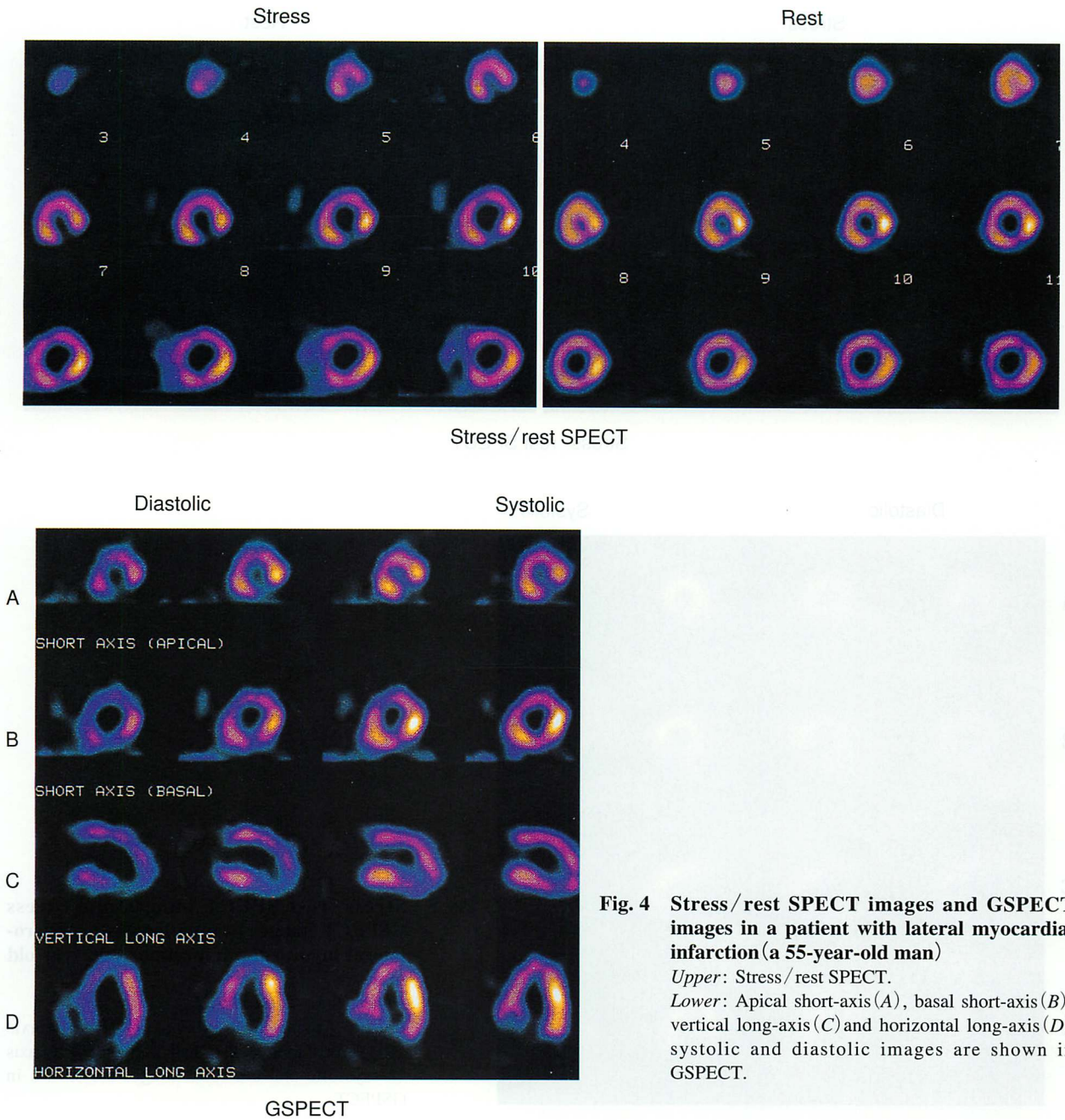


Fig. 4 Stress/rest SPECT images and GSPECT images in a patient with lateral myocardial infarction (a 55-year-old man)

Upper: Stress/rest SPECT.
Lower: Apical short-axis (A), basal short-axis (B), vertical long-axis (C) and horizontal long-axis (D) systolic and diastolic images are shown in GSPECT.

像法の正常領域，安静時改善の有無についての一致率は85%であった (Table 2)。これを心筋梗塞の既往のない11例と既往のある8例に分けると，一致率はそれぞれ89%，79%であった (Tables 3, 4)。

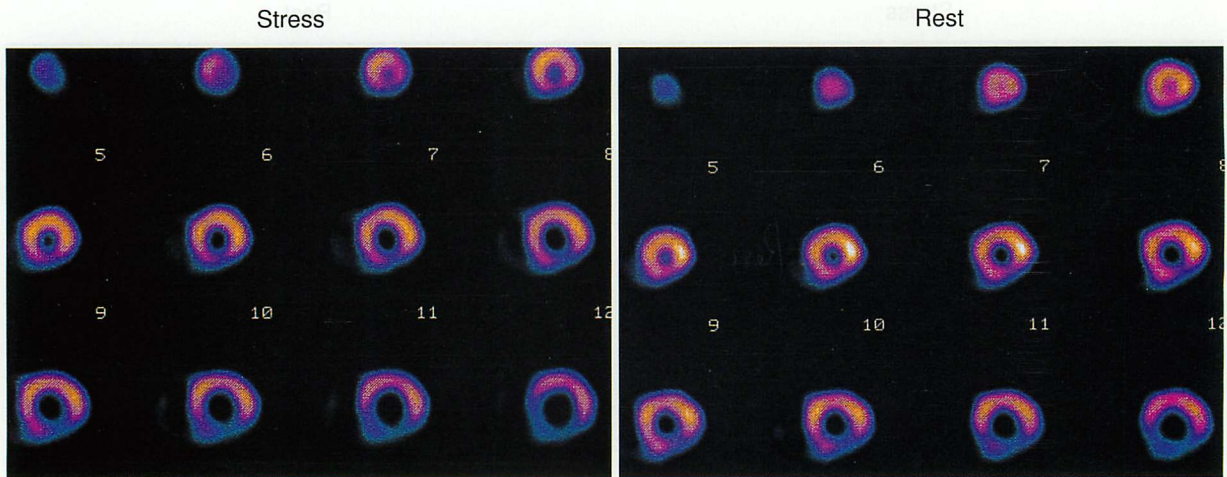
負荷GSPECT 1回撮像法にて，灌流が異常で壁厚増大を視覚的に認めない18領域における局所収縮能の検討では，安静像にて改善を認めた群は，改善を認めなかった群よりも有意に高値を示した (Fig. 2)。また，灌流が異常で壁厚増大を視覚的に認めた139領域にお

ける%WTの検討でも，安静像にて改善を認めた群は，改善を認めなかった群より有意に高値を示した (Fig. 3)。

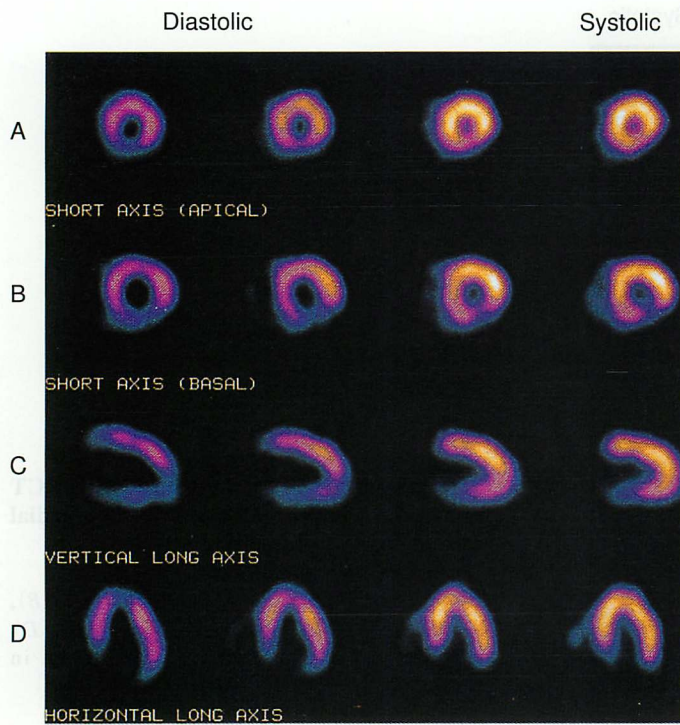
症例呈示

症例1 55歳，男性，陳旧性側壁梗塞例 (三枝病変; Fig. 4)

負荷加算像にて前壁と後側壁の灌流異常を認め，心電図同期像では同部の壁厚増大を認めており，可逆性



Stress/rest SPECT



GSPECT

Fig. 5 Stress/rest SPECT images and Stress GSPECT images in a patient with postero-lateral myocardial infarction (a 66-year-old man)

Upper: Stress/rest SPECT.

Lower: Apical short-axis (A), basal short-axis (B), vertical long-axis (C) and horizontal long-axis (D) systolic and diastolic images are shown in GSPECT.

欠損と判定した。安静像においては前壁および後側壁の血流の改善を認めており、虚血と確認された。心電図同期像では心尖部後側壁は壁厚増大を認めていないが、安静時像にて灌流の改善を認めた。

症例2 66歳，男性。陳旧性後側壁梗塞例(**Fig. 5**) 負荷加算像にて後側壁の灌流異常を認めるが，心電

図同期像では後壁の一部，特に心尖部で壁厚増大を認めており，可逆性欠損と判定した。安静像にて同部は全体的に改善しており，虚血と確認された。

考 察

従来より虚血心筋の核医学検査として²⁰¹Tlを用いた負荷心筋シンチグラフィが汎用されており，負荷

像と再分布像との2回の撮像を必要とする。通常、この方法で被験者の拘束時間は5時間前後に及ぶ。また、症例により詳細な心筋生存能 (viability) 評価が必要なものは、再静注像、24時間後像などが適宜追加され、被験者の時間的拘束は更に大きくなる。今回の負荷GSPECT 1回撮像法は負荷時間を加えても2時間程度で施行出来、被験者の拘束時間を少なく、また検査の効率を良くすることが可能であった。

TFは ^{201}Tl とほぼ同様の血流分布¹³⁻¹⁶⁾をするとされ、GSPECT法により心筋血流だけでなく、1回の検査で壁運動も評価が可能である。本法のGSPECTは負荷1時間後にデータ収集を行っており、これはTFを投与した負荷時の心筋灌流と投与1時間後の安静時の左室の壁運動を評価することになる。負荷時に心筋の灌流障害が存在し、安静時に壁厚増大を示す領域は可逆性欠損部位と考え、負荷時に心筋の灌流障害が存在し、安静時に壁厚増大を認めない領域は非可逆性欠損部位と考えた。また、負荷時に心筋の灌流が正常で、安静時に壁厚増大を認めない領域は、気絶心筋などの病態を反映するのではないかと考えたが、今回の検討ではそのような領域は認めなかった。今回、我々は本法の妥当性を安静時TFシンチグラフィの結果と比較し評価したが、安静時像のみでは心筋の生存能を過小評価する可能性があり¹⁷⁾、今回の妥当性評価の限界と考えられた。

心筋梗塞の既往のない例では、負荷GSPECT 1回撮像法と従来の負荷/安静2回撮像法の結果は、正常領域また灌流異常域の安静時改善の有無について高い一致率を認めた。したがって、スクリーニングを目的とした場合、本法は従来の負荷/安静2回撮像法に取って代わることが出来、時間の節約が可能と思われた。しかし心筋梗塞の既往のある例での一致率は、既往のない例の一致率と比べ低値であった。負荷GSPECT 1回撮像法により非可逆性欠損部位と判定した18領域のうち、9領域(50%)では安静像で改善を認めた。これらの領域は全て陳旧性心筋梗塞の症例であり、重症虚血で壁運動はないが、生存心筋と考えられた。これより、今回の安静時における視覚的な壁運動評価のみでは壊死領域と重症虚血領域を鑑別するのは難しく、心筋生存能を過小評価する可能性が示唆された。

また、負荷GSPECT 1回撮像法にて可逆性欠損部位と判定された139領域のうち、41領域(29%)では安静

像での改善を認めなかった。これら41領域のうち18領域は陳旧性心筋梗塞の症例で、主に梗塞周辺領域に認められ、生存心筋と瘢痕組織が混在している領域と推測された。また残りの領域は心筋梗塞の既往がない症例で、主に後下壁を中心に認められており、アーチファクトと考えられた。今回の検討でも、このように深部減衰、横隔膜、肝臓などの影響により恒久的集積低下部位を持つ症例を認めているが、心電図同期SPECTにて同時局所収縮能評価を用いることにより梗塞との鑑別に有用との報告もみられる¹⁸⁾。

心電図同期SPECTにおける左室局所心筋のカウンタ数増加と壁運動評価との比較は、 $^{99\text{m}}\text{Tc-MIBI}$ を用いて左心室造影¹⁹⁻²¹⁾や心エコー図^{22,23)}との比較が行われ、壁運動が低下しているほどカウンタ数増加が低いと報告されている。本検討では局所収縮能の定量化を行い、負荷GSPECT 1回撮像法にて可逆性および非可逆性欠損部位と判定された領域で、それぞれ安静時改善の有無によって局所収縮能に有意差を認めた。このことから、負荷GSPECT 1回撮像法のみでも灌流異常域で局所収縮能の定量化を行うことにより、安静時での改善を予測出来る可能性が示唆される。しかし、本法では局所収縮能の定量化に関し、左室のねじれ補正や補間作成は、左室が心尖部から心基部まで均一に収縮、かつ、ねじれることを前提として行っている。したがって、複雑な壁運動を示す症例では定量評価は誤差が大きくなると考えられ、これは今後の検討課題と思われた。また、局所収縮能の算出において分母にED countを採用すると、高度に心筋灌流が低下している部位や壁が薄くなった梗塞部位では、壁運動を過大評価する可能性²¹⁾が考えられ、今回は分母にED_{max} countを使用した²⁴⁾。

冠動脈疾患の予後は左心機能²⁵⁾や、また灌流異常領域の範囲²⁶⁾に関連すると報告されているが、GSPECTにより心筋血流と左心機能を合わせて評価することで、よりの確な予後予測因子が得られる可能性がある²⁷⁾。また、GSPECTでは壁運動の影響を受けない心筋血流像が得られること、あるいは一見灌流正常とみえる多枝病変例も、壁運動を同時評価することで、従来の非心電図同期像より冠動脈疾患の検出率が上がる可能性があると思われた²⁸⁾。定量評価には改良の余地があるが、1回の撮像のみで血流と壁運動が同時に評価出来る本法は、心筋局所の状態をより詳細に評価出

来, 症例によっては時間と費用の節約が可能で有用な方法と考えられた。

結 論

陳旧性心筋梗塞のない症例では, 負荷 GSPECT 1 回撮像法は従来の負荷/安静 2 回撮像法に代用出来る可

能性を示したが, 梗塞部の心筋生存能を過小評価するため, 陳旧性心筋梗塞の症例では当初より負荷/安静 2 回撮像法が必要と考えられた。しかし, 負荷 GSPECT 1 回撮像法のみでも, 灌流異常領域における収縮能を定量化することで, 安静時での改善が予測出来る可能性も示唆された。

要 約

Dipyridamole 負荷^{99m}Tc-tetrofosmin (TF) 心電図同期 SPECT (GSPECT) 1 回撮像法を施行し, 本法の心筋血流評価の妥当性, 有効性について検討した。対象は心筋虚血の検査目的にて負荷血流シンチグラフィを施行した 51 例である。Dipyridamole 負荷 3 分後に TF 740 MBq を投与し, その 1 時間後より, GSPECT データを収集した。左室心筋は 17 領域に分け, 領域ごとに心筋灌流と壁厚増大を視覚的に判定した。負荷像にて灌流異常を認めた例には安静時像を追加し, 虚血判定の妥当性につき負荷 GSPECT 1 回撮像法の結果と比較検討した。更に拡張末期・収縮末期像を定量評価し, 17 領域の局所収縮能(%WT)を計算した。

対象 51 例中 32 例 (63%) では, 本検査にて灌流異常を認めず, 壁厚増大も全例正常であった。19 例 (37%) では 1 領域以上の灌流異常を認めた。この 19 例の灌流異常を認めた 157 領域のうち 139 領域 (89%) では視覚的に壁厚増大を認め, 18 領域 (11%) では壁厚増大を認めなかった。それぞれの群で, 安静時改善の有無によって局所収縮能は有意差を認めた。陳旧性心筋梗塞のない例では負荷 GSPECT 1 回撮像法と従来の負荷/安静 2 回撮像法の評価とは比較的良好一致したが, 梗塞例ではやや一致率が低かった (89% vs 79%)。

陳旧性心筋梗塞のない例では, 負荷 GSPECT 1 回撮像法は従来の負荷/安静 2 回撮像法に代用出来る可能性を示したが, 梗塞部の心筋生存能を過少評価するため, 梗塞例では負荷/安静 2 回撮像法が必要と考えられた。また, 壁運動の定量解析により, 安静時での改善を予測出来る可能性も示唆された。

J Cardiol 1998; 32(4): 253-261

文 献

- Stephnie J, Hendel RC: Technetium-99m tetrofosmin: A new myocardial perfusion agent. *J Nucl Med Technol* 1993; 21: 191-195
- Higley B, Smith FW, Smith T, Gemmel HG, Das Gupta P, Gvozdanovic DV, Graham D, Hinge D, Davidson J, Lahiri A: Technetium-99m-1, 2-bis[bis(2-ethoxyethyl)phosphino]ethane: Human biodistribution, dosimetry and safety of a new myocardial perfusion imaging agent. *J Nucl Med* 1993; 34: 30-38
- Sridhara BS, Braat S, Rigo P, Itti R, Cload P, Lahiri A: Comparison of myocardial perfusion imaging with technetium-99m tetrofosmin versus thallium-201 in coronary artery disease. *Am J Cardiol* 1993; 72: 1015-1019
- Nakajima K, Taki J, Shuke N, Bunko H, Takata S, Hisada K: Myocardial perfusion imaging and dynamic analysis with technetium-99m tetrofosmin. *J Nucl Med* 1993; 34: 1478-1484
- 汲田伸一郎, 趙 圭一, 水村 直, 木島鐵仁, 鳥羽正浩, 山田文士, 隈崎達夫, 佐野純子, 草間芳樹, 宗像一雄: 心電図同期併用の²⁰¹Tl Cl/^{99m}Tc-tetrofosmin 2核種同時心筋 SPECT データ収集: 運動負荷心筋シンチグラフィ一回撮像法. *核医学* 1996; 33: 1189-1196
- 白川誠士, 服部直也, 玉木長良, 藤田 透, 矢野慎輔, 工藤 崇, 米倉義晴, 小西順二: 心電図同期^{99m}Tc-MIBI SPECT による左室壁厚評価: Normal file の有用性. *核医学* 1995; 32: 643-650
- 足立 至, 杉岡 靖, 田淵耕次郎, 山本和宏, 辰吉光, 雑賀良典, 西垣 洋, 松井律夫, 末吉公三, 榎林勇, 田本重美, 大竹義章: 心筋ゲート SPECT による心筋収縮・弛緩機能の評価: *核医学* 1994; 31: 1453-1463
- DePuey EG, Nichols K, Dobrinsky C: Left ventricular ejection fraction assessed from gated technetium-99m-sestamibi SPECT. *J Nucl Med* 1993; 34: 1871-1876
- 福士彰二, 寺岡悟見: 心電図同期心筋 SPECT での左室容積, 駆出率の算出: Threshold 法による心内壁自

- 動抽出. 核医学 1997; **34**: 1-6
- 10) 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
 - 11) Takahashi N, Tamaki N, Tadamura E, Kawamoto M, Torizuka T, Yonekura Y, Okuda K, Nohara R, Sasayama S, Konishi J: Combined assessment of regional perfusion and wall motion in patients with coronary artery disease with technetium 99m tetrofosmin. *J Nucl Cardiol* 1994; **1**: 29-38
 - 12) 汲田伸一郎, 隈崎達夫: ^{99m}Tc -MIBI心拍同期心筋シンチグラフィを用いた心機能解析mapの開発: 三検出器型ガンマカメラシステムによる臨床応用. 核医学 1994; **31**: 43-52
 - 13) Rigo P, Leclercq B, Itti R, Lahiri A, Braat S: Technetium-99m-tetrofosmin myocardial imaging: A comparison with thallium-201 and angiography. *J Nucl Med* 1994; **35**: 587-593
 - 14) Zaret BL, Rigo P, Wackers FJT, Hendel RC, Braat SH, Iskandrian AS, Sridhara BS, Jain D, Itti R, Serafini AN, Goris ML, Lahiri A, Tetrofosmin International Trial Study Group: Myocardial perfusion imaging with ^{99m}Tc tetrofosmin: Comparison to ^{201}Tl imaging and coronary angiography in a phase III multicenter trial. *Circulation* 1995; **91**: 313-319
 - 15) Tamaki N, Takahashi N, Kawamoto M, Torizuka T, Tadamura E, Yonekura Y, Okuda K, Nohara R, Sasayama S, Konishi J: Myocardial tomography using technetium-99m-tetrofosmin to evaluate coronary artery disease. *J Nucl Med* 1994; **35**: 594-600
 - 16) 佐々木康人, 西村恒彦, 久保敦司, 西川潤一, 分校久志, 玉木長良, 大嶽 達: 新しい心筋血流イメージング剤 ^{99m}Tc -tetrofosminの臨床的有用性の検討. 核医学 1993; **30**: 257-271
 - 17) Matsunari I, Fujino S, Taki J, Senma J, Aoyama T, Wakasugi T, Hirai J, Saga T, Ichiyonagi K, Hisada K: Myocardial viability assessment with technetium-99m-tetrofosmin and thallium-201 reinjection in coronary artery disease. *J Nucl Med* 1995; **36**: 1961-1967
 - 18) DePuey EG, Rozanski A: Gated Tc-99m sestamibi SPECT to characterize fixed defects as infarct or artifact. *J Nucl Med* 1992; **33**: 927(abstr)
 - 19) 汲田伸一郎, 西村恒彦, 植原敏勇, 下永田 剛: ^{99m}Tc -MIBIを用いた心機能評価: GATED PLANAR IMAGEによる検討. 核医学 1991; **28**: 591-597
 - 20) 岡山憲一, 倉田千弘, 俵原 敬, 田口貴久, 青島重幸, 小林 明, 山崎 昇, 川合宏彰, 金子昌生: 陳旧性心筋梗塞例における ^{99m}Tc -methoxy-isobutyl isonitrile (MIBI)による心電図同期心筋SPECTの有用性とその限界. 核医学 1992; **29**: 1331-1339
 - 21) 今井嘉門, 荒木康史, 小沢友紀雄, 八杉忠雄, 鎌田力三郎: ^{99m}Tc -methoxy-isobutyl isonitrile (MIBI)を用いた心拍同期SPECTによる左室壁運動異常の検出. 核医学 1993; **30**: 323-330
 - 22) Terrance C, Hosen K, Fracp F G, Gerald M, Ken T, John F, Daniel B: Gated technetium-99m sestamibi for simultaneous assessment of stress myocardial perfusion, post exercise regional ventricular function and myocardial viability: Correlation with echocardiography and rest thallium-201 scintigraphy. *J Am Coll Cardiol* 1994; **23**: 1107-1114
 - 23) 杉原秀樹, 玉木長良, 野澤真人, 稲本康彦, 谷口義光, 仲口孝浩, 青木悦雄, 三ツ浪健一, 木之下正彦: 単検出器ガンマカメラを用いた心電図同期 ^{99m}Tc -MIBI SPECTによる左室壁カウンターの評価. 核医学 1994; **31**: 1201-1208
 - 24) Hattori N, Tamaki N, Shirakawa S, Kudoh T, Tateno M, Tadamura E, Torizuka T, Yonekura Y, Konishi J: Quantitative analysis of regional wall thickening by Tc-99m MIBI gated SPECT: Comparison with regional wall motion. *J Nucl Cardiol* 1995; **2**: S109(abstr)
 - 25) Lee KL, Pryor DB, Pieper KS, Harrell FE Jr, Califf RM, Mark DB, Hlatky MA, Coleman RE, Cobb FR, Jones RH: Prognostic value of radionuclide angiography in medically treated patients with coronary artery disease: A comparison with clinical and catheterization variables. *Circulation* 1990; **82**: 1705-1717
 - 26) Iskandrian AS, Hakkı AH, Kane-Marsch S: Prognostic implications of exercise thallium-201 scintigraphy in patients with suspected or known coronary artery disease. *Am Heart J* 1985; **110**: 135-143
 - 27) Quafe RA, Meidell RS, Morgan LL, Corbett JR: Early assessment of cardiac perfusion, function, viability, and prognosis after first myocardial infarction. *J Nucl Med* 1993; **34**: 85(abstr)
 - 28) Leitha T, Bailer H, Staudenherz A, Gwechenberger M, Pruckmayer M, Kronik G: Does gated ^{99m}Tc -sestamibi SPECT improve CHD detection in comparison to ungated SPECT? *J Nucl Cardiol* 1995; **2**: S109(abstr)