

《原 著》

^{99m}Tc-tetrofosmin 運動負荷心筋シンチグラフィを用いた 心筋 viability の評価

——再静注 ²⁰¹Tl 心筋シンチグラフィとの比較——

小林 秀樹* 河口 正雄** 岡 俊明** 井上 征治**
半田 淳** 浅野 竜太** 松本 延介** 住吉 徹哉**
細田 瑛一** 日下部きよ子*

要旨 陳旧性心筋梗塞 21 例を対象として Tetrofosmin 運動負荷心筋シンチグラフィ (TF) を施行し、心筋 viability 評価について検討した。再静注法を用いた ²⁰¹Tl 運動負荷心筋シンチグラフィ (TL) により心筋 viability ありと判定された 16 例中の 15 例は、TF で心筋 viability ありと判定された。TL 再静注像と TF 安静時像の梗塞部 %RI uptake は、 $52 \pm 16\%$ vs. $47 \pm 16\%$ と TF 像の %RI uptake が低値であったが、%RI uptake の差が 5% 以下の症例が 15 例、10% 以下が 3 例と多数例ではほぼ同等の RI 集積を呈していた。TF 安静投与後の早期像と遅延像を比較すると、再分布はいずれの症例にも全く認められず、逆再分布所見が 19 例中の 4 例で認められた。以上の結果から、TF を用いた負荷像、安静像の 2 回撮像による心筋 viability 評価は、再静注法を用いた TL に匹敵する良好な判定が可能と考えられた。また心筋 viability 評価において、TF 安静投与後の遅延像の撮像は不要であった。

(核医学 32: 367-375, 1995)

I. はじめに

1,2-bis[bis(2-ethoxyethyl)phosphino]ethane (Tetrofosmin) は、^{99m}Tc 心筋血流イメージング製剤として開発され、臨床応用が開始された放射性化合物である¹⁻³⁾。Tetrofosmin 心筋シンチグラフィは、心筋虚血の診断に有効であると報告されている¹⁻⁴⁾が、心筋梗塞の既往を有する症例の心筋 viability 評価は、未だ明らかではない。

^{99m}Tc 心筋血流イメージング製剤として Tetrofosmin に先行して臨床応用された ^{99m}Tc-sestamibi は、²⁰¹TlCl (²⁰¹Tl) 心筋シンチグラフィや ¹⁸F-Fluorodeoxyglucose を用いた Positron Emission Tomography (PET) との比較から、梗塞部心筋 viability を過小評価することが報告されている⁵⁻¹⁰⁾。^{99m}Tc 心筋血流イメージング製剤である Tetrofosmin の臨床使用に際し、梗塞部の心筋 viability 評価を明らかにすることが必要と考えられる。

本検討は、心筋梗塞歴を有する虚血性心疾患を対象として、運動負荷を用いた Tetrofosmin 心筋シンチグラフィを施行し、再静注法による ²⁰¹Tl 運動負荷心筋シンチグラフィの心筋 viability 評価と比較検討した。さらに ²⁰¹Tl と Tetrofosmin 心筋シンチグラフィの梗塞部 %RI uptake の比較、および安静時投与 Tetrofosmin 心筋シンチグラフィ

* 東京女子医科大学放射線科
** 同 循環器内科

受付：6 年 12 月 2 日

最終稿受付：7 年 2 月 13 日

別刷請求先：東京都新宿区河田町 8-1 (〒162)

東京女子医科大学放射線科

小林 秀樹

の再分布, 逆再分布現象の有無についても検討したので報告する。

II. 対象と方法

1. 対 象

陳旧性心筋梗塞の既往を有し, かつ慢性期冠動脈造影で心筋梗塞の責任冠動脈領域に閉塞あるいは有意狭窄 (実測 75% 以上) を認めた 21 症例 (前壁梗塞 11 例, 下壁梗塞 8 例, 側壁梗塞 1 例, 非 Q 波梗塞 1 例), 男性 18 例, 女性 3 例, 年齢 66 ± 11 歳 (平均 \pm 標準偏差) を対象とした。冠動脈造影によって診断された病変枝数は 1 枝病変 5 例, 2 枝病変 7 例, 3 枝病変 9 例である。

2. 方 法

Tetrofosmin 運動負荷心筋シンチグラフィ

運動負荷像と安静時像を同日中に撮像する 1 日法¹⁾を用い, 運動負荷像を午前, 安静時像を午後に撮像した。運動負荷は, 自転車エルゴメータにより 1 分ごとに 15 W ずつ上昇する多段階漸増負荷法を用い, 運動終点は胸痛の出現, 有意な ST 低下, あるいは下肢の疲労, 息切れ等の自覚症状の出現とした。運動負荷終了 1 分前に Tetrofosmin 222 MBq を投与し, 20 ml の生理食塩水で急速にフラッシュを施行後, 1 分間の運動を継続した。運動負荷像は, 小型チョコレート (6 g) を経口摂取後, 負荷終了 20 分から撮像した。安静時像は, 負荷終了約 3 時間後の安静時に Tetrofosmin 666 MBq を投与し, その 40 分後に 1 回目の安静時像を撮像した。さらに 21 例中の 19 例については, 3 時間 40 分後に 2 回目の安静時像 (遅延像) を撮像した (Fig. 1)。

再静注法を用いた ^{201}Tl 運動負荷心筋シンチグラフィ

Tetrofosmin 運動負荷心筋シンチグラフィを施行後, 中 1 日以上の間隔をあけて, 再静注を用いた ^{201}Tl 運動負荷心筋シンチグラフィを施行した。運動負荷は, Tetrofosmin 心筋シンチグラフィと同一負荷法を用い, 運動負荷時間も同一とした。運動負荷終了 1 分前に ^{201}Tl 111 MBq を投与し, 10 分後から運動負荷像, 4 時間後より再分布

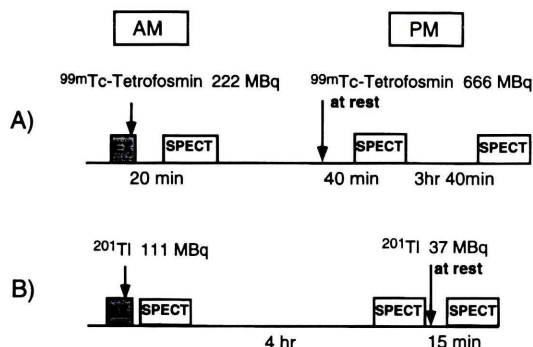


Fig. 1 Protocol of $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Tetrofosmin and ^{201}Tl myocardial scintigraphy.

Defect score:
3=defect, 2=moderately reduced uptake,
1=mildly reduced uptake, 0=normal

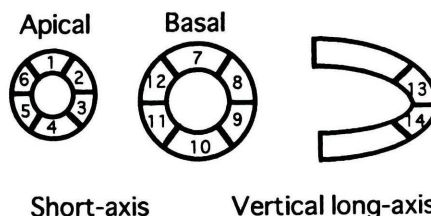


Fig. 2 Visual interpretation of $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Tetrofosmin and ^{201}Tl uptake. Basal and mid ventricular short-axis images were divided into 12 segments and vertical long-axis image was also divided into 2 apical segments. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Tetrofosmin and ^{201}Tl myocardial defects were visually judged for 4 grade in each segment.

像を撮像した。再分布像の撮像後に, ^{201}Tl 37 MBq を安静時追加投与し, 15 分後から再静注像を撮像した (Fig. 1)。

SPECT 撮像は, 東芝社製 3 検出器ガンマカメラ GCA9300A/HG および画像解析装置 GMS550U を用いた。撮像条件は低エネルギー高分解能型コリメータを使用し, 収集エネルギーウィンドは Tetrofosmin 撮像時 $141 \text{ KeV} \pm 10\%$, ^{201}Tl 撮像時 $71 \text{ KeV} \pm 10\%$, マトリックスは 64×64 を用いた。データ収集は, 3 検出器ガンマカメラで 6 度ごと, 1 方向 50 秒 (Tetrofosmin 心筋シンチグラフィの安静時像のみ 30 秒) の投影データを収集し, 360 度投影データから, 右前斜位 (RAO) 30

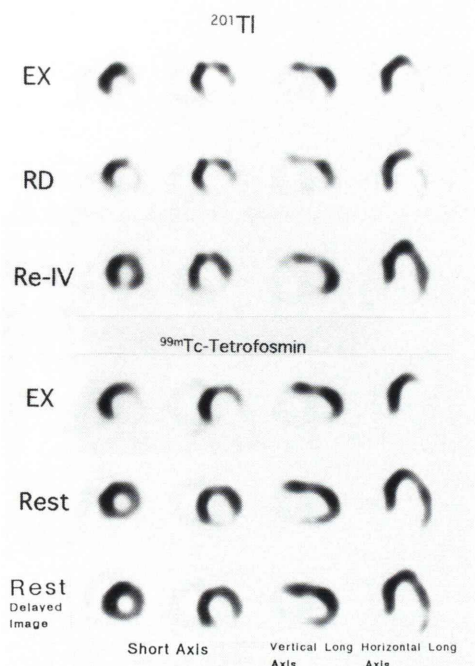


Fig. 3 Case 1: 61 M. ^{201}Tl and ^{99m}Tc -Tetrofosmin images of a patient with old inferior myocardial infarction. ^{201}Tl exercise images showed inferior-lateral defects, and ^{201}Tl redistribution images showed minimal redistribution findings in the lateral segment. ^{201}Tl reinjection images showed fill-in findings in the inferior-apical and lateral segments. ^{99m}Tc -Tetrofosmin rest image showed fill-in findings in the lateral and inferior-apical segments. EX: exercise image. RD: redistribution image. Re-IV: reinjection image. Rest: rest image.

度～左後斜位 (LPO) 30 度の 180 度データを用いて SPECT 再構成を行った。前処理フィルターは Butterworth filter (カットオフ周波数 0.3 cycles/pixel, オーダー 8) を用い、再構成フィルターは Shepp and Logan を使用した。

心筋 SPECT 像の視覚的判定は、 ^{201}Tl および Tetrofosmin 心筋像を Fig. 2 に示した 14 区域に分割し、RI 集積を視覚的に正常、軽度集積低下、中等度集積低下、欠損の 4 段階に判定した。

(1) ^{201}Tl と Tetrofosmin 心筋シンチグラフィの心筋 viability 評価の比較

^{201}Tl 運動負荷心筋シンチグラフィにおける、心

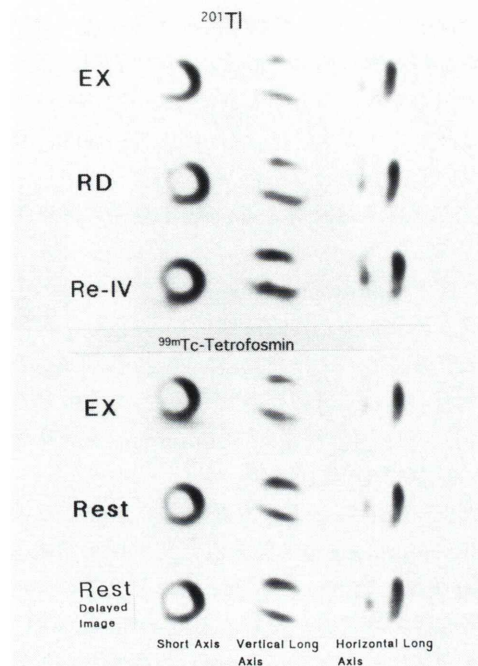


Fig. 4 Case 2: 65 F. ^{201}Tl and ^{99m}Tc -Tetrofosmin images of a patient with old anterior myocardial infarction. ^{201}Tl exercise images showed anterior-septal defects, and ^{201}Tl redistribution images showed minimal redistribution findings in the septal segment. ^{99m}Tc -Tetrofosmin rest images showed fill-in findings in the septal segment. EX: exercise image. RD: redistribution image. Re-IV: reinjection image. Rest: rest image.

筋梗塞領域の心筋 viability 評価は、再分布像の再分布、再静注像の fill-in の有無および再静注像の RI 集積の程度から、① 梗塞領域に再分布が認められる例、② 再分布はないが再静注像で fill-in が認められる例、③ 再分布、fill-in はないが集積低下が軽度または中等度であった例、④ 恒久的な集積欠損が認められる例、の 4 分類を用いて判定した。

Tetrofosmin 運動負荷心筋シンチグラフィにおける心筋梗塞領域の心筋 viability 評価は、運動負荷像と安静時像 (静注 40 分後像) の比較による fill-in の有無、および安静時像の RI 集積の程度により、① 安静時投与により梗塞領域に fill-in する例、② 梗塞領域に fill-in はないが集積低下が軽度

または中等度であった例, ③恒久的な灌流欠損が認められる例, の3分類を用いて判定した。

上記の分類により, ^{201}Tl と Tetrofosmin 運動負荷心筋シンチグラフィを用いた心筋 viability 評価について比較検討した。

(2) ^{201}Tl と Tetrofosmin の RI 集積の区域ごとの比較

^{201}Tl と Tetrofosmin 心筋シンチグラフィの各負荷像, 再分布像と安静時像 (40 分後像), 再静注像と安静時像 (40 分後像) について各区域ごとに RI 集積の程度を4段階評価 (Fig. 2) で比較した。

(3) ^{201}Tl 再静注像と Tetrofosmin 安静時像の RI 集積の定量的比較

カラー表示した ^{201}Tl 再静注像の short axis 像または vertical long axis 像を用いて, 梗塞領域の最も RI 集積が低下した部位に ROI を設定し, 左室心筋の最大カウントに対する同 ROI の %RI uptake を算出した。Tetrofosmin 安静時像 (40 分後像) では, ^{201}Tl 再静注像で設定した ROI と同一領域に ROI を設定し, 左室心筋の最大カウントに対する %RI uptake を算出した。なお梗塞領域の一部に限定して心筋 viability があると判定された症例は, 心筋 viability のある領域の %RI uptake を用いた。

(4) 安静投与 Tetrofosmin 心筋像における再分布, 逆再分布所見の検討

Tetrofosmin 安静時投与 40 分後の心筋像と投与 3 時間 40 分後の心筋像について, 心筋梗塞領域に限定して, 再分布あるいは逆再分布所見の有無を判定した。

また, Tetrofosmin 安静時投与 40 分後の心筋像と投与後 3 時間 40 分後の心筋像を用いて, 左室で最も RI 集積が高い領域の心筋洗いだし率を, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ の半減期で減衰補正して算出した。

III. 結 果

(1) 症例呈示

症例 1 (Fig. 3): 61 歳の男性, 6 か月前に下壁梗塞を発症した。その後, 狭心症状が持続するため精査目的で入院となった。 ^{201}Tl 心筋シンチグラ

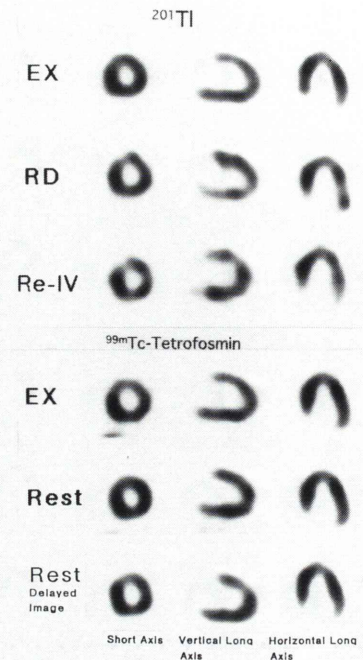


Fig. 5 Case 3: 72 F. She had a history of old anterior myocardial infarction. ^{201}Tl images showed equivocal redistribution findings, and ^{201}Tl reinjection images did not show fill-in findings in the anterior segment. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Tetrofosmin rest images showed fill-in findings in the anterior segment. EX: exercise image. RD: redistribution image. Re-IV: reinjection image. Rest: rest image.

フィの, 負荷像で下壁～側壁に欠損所見を認め, 再分布像で側壁に軽度の再分布, 再静注像では下壁の心尖部側に fill-in が認められた。Tetrofosmin 心筋シンチグラフィでは, 負荷像で下壁～側壁に欠損所見が見られ, 安静時像で側壁～下壁の心尖部側に fill-in が認められた。Tetrofosmin 心筋シンチグラフィの安静時像は, ^{201}Tl 心筋シンチグラフィの再静注像と同様の RI 集積所見が得られた。後日施行した冠動脈造影で, 3 枝病変例と診断された。

症例 2 (Fig. 4): 65 歳の男性, 急性心筋梗塞 (前壁中隔) の診断で入院となり, 緊急冠動脈造影で, 左前下行枝近位部 (seg. 7) の完全閉塞, および右冠動脈近位部 (seg. 1) の 75% 狭窄と診断された。続いて血栓溶解療法を施行し, 左前下行枝近位部

Viability	201Tl		99mTc-TF	
	+	-	+	-
RD (+)	2,4,5,6,7,8,11,16,19,21			
reinjection fill in (+)	10,12,15		2,4,5,6,7,11,12,15,16,18,21	
reduced uptake RD(-), fill in(-)	1,3,14		1,3,8,14	
persistent perfusion defect		9,13,17,18,20		9,10,13,17,18,20

(1-21: case number)

Fig. 6 Comparison of myocardial viability between ^{99m}Tc-Tetrofosmin and ²⁰¹Tl redistribution-reinjection myocardial scintigraphy.

Segmental comparison between Tl-201 and Tetrofosmin

Tetrofosmin EX						Tetrofosmin Rest (40 min)							
			0	1	2	3				0	1	2	3
TI-201 EX	0	60	9	1	0		TI-201 RD	0	61	8	0	0	
	1	7	23	4	1			1	13	34	9	0	
	2	2	3	26	0			2	0	6	11	1	
	3	0	1	2	29			3	0	0	6	19	
(Complete concordance 82.0%)						(Complete concordance 74.4%)							

Tetrofosmin Rest (40 min)							
			0	1	2	3	
Defect score:	0 = normal	TI-201 Re-IV	0	64	16	0	0
	1 = mildly reduced		1	10	31	14	2
	2 = moderately reduced		2	0	1	10	2
	3 = defect		3	0	0	2	16
(Complete concordance 72.0%)							

Fig. 7 Segmental comparison of RI uptake between ^{99m}Tc-Tetrofosmin and ²⁰¹Tl myocardial scintigraphy. EX: exercise image. RD: redistribution image. Re-IV: reinjection image.

は再疎通が得られた。梗塞発症 36 日目に施行した ²⁰¹Tl 心筋シンチグラフィの負荷像で前壁中隔～心尖部に欠損所見があり、再分布像および再静注像で梗塞辺縁部にわずかに fill-in が認められた。Tetrofosmin 心筋シンチグラフィでは、負荷像で前壁中隔～心尖部に欠損が認められ、安静時像で

梗塞辺縁部に fill-in が認められた。Tetrofosmin および ²⁰¹Tl 心筋シンチグラフィともに心筋梗塞領域の辺縁部に心筋 viability があると判定された症例である。

症例 3 (Fig. 5): 72 歳の女性, 8 年前に前壁中隔梗塞の既往があり, 今回は狭心症発作回数が増加したため入院となった。 ²⁰¹Tl 心筋シンチグラフィの負荷像で前壁に軽度の集積低下を認め, 再分布像で同領域の一部に再分布したが, 再静注像で同領域に逆再分布様の RI 集積低下が認められた。Tetrofosmin 心筋シンチグラフィでは, 負荷像で前壁に軽度の集積低下を認め, 安静時像で同部に fill-in が認められた。冠動脈造影の結果, 左主幹部に 75%, 第 1 対角枝に 90%, 左鈍角枝に 75% 狭窄が認められた。

(2) ²⁰¹Tl と Tetrofosmin 心筋シンチグラフィの心筋 viability 評価の比較 (Fig. 6)

²⁰¹Tl 心筋シンチグラフィと Tetrofosmin 心筋シンチグラフィの梗塞部心筋 viability の評価を Fig. 6 に示した。 ²⁰¹Tl 心筋シンチグラフィによって, ① 梗塞領域に再分布が認められた 10 例, ② 再分布はないが再静注像で fill-in が認められた 3 例, ③ 再分布, fill-in はないが集積低下が軽度または中等度であった 3 例, ④ 恒久的な灌流欠損が認められた 5 例, に分類された。

Tetrofosmin 運動負荷心筋シンチグラフィは, ① 安静時投与により fill-in を呈した 11 例, ② 梗塞領域に fill-in はないが集積低下が軽度または中等度であった 4 例, ③ 恒久的な灌流欠損が認められた 6 例, に分類された。

²⁰¹Tl 心筋シンチグラフィにおいて, ① 梗塞領域に再分布が認められる例, ② 再分布はないが再静注像で fill-in が認められる例を心筋 viability あり, Tetrofosmin 心筋シンチグラフィで ① fill-in のある例を心筋 viability ありと判定すると, ²⁰¹Tl 心筋シンチグラフィ 21 例中の 13 例, Tetrofosmin 心筋シンチグラフィ 21 例中の 11 例が心筋 viability ありと判定された。 ²⁰¹Tl および Tetrofosmin 心筋シンチグラフィで, 再分布所見あるいは fill-in はないが軽度または中等度の集積低下している

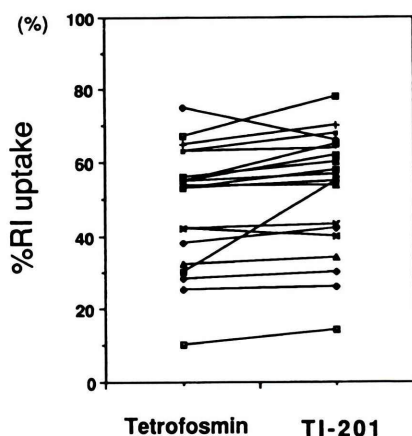


Fig. 8 Comparison of %RI uptake between resting ^{99m}Tc -Tetrofosmin and ^{201}Tl reinjection images in the infarct area.

例, ついても心筋 viability ありと判定すると, ^{201}Tl 心筋シンチグラフィ 21 例中の 16 例, Tetrofosmin 心筋シンチグラフィ 21 例中の 15 例が心筋 viability ありと判定された. Tetrofosmin 心筋シンチグラフィにおいて, 1 例が過小評価された (Fig. 6).

仮に, 運動負荷像と再分布像のみを用いて ^{201}Tl 運動負荷心筋シンチグラフィで心筋 viability を評価すると, 再静注法に比べて 3 例が過小評価され, Tetrofosmin 心筋シンチグラフィを用いた心筋 viability 評価が優れている結果であった.

(3) ^{201}Tl と Tetrofosmin の区域ごとの RI 集積の比較 (Fig. 7)

^{201}Tl と Tetrofosmin 心筋シンチグラフィの各区域ごとの RI 集積を比較すると, ^{201}Tl 運動負荷像と Tetrofosmin 運動負荷像の完全一致率は 82%, ^{201}Tl 再分布像と Tetrofosmin 安静時像 (40 分後像) の完全一致率は 74.4%, ^{201}Tl 再静注像と Tetrofosmin 安静時像 (40 分後像) の完全一致率は 72% であった. ^{201}Tl 再分布像と Tetrofosmin 安静時像を比較すると, Tetrofosmin 安静時像の RI 集積が高い区域は 25 区域, ^{201}Tl 再分布像の RI 集積が高い区域は 18 区域であった. ^{201}Tl 再静注像と Tetrofosmin 安静時像 (40 分後像) を比較すると Tetrofosmin 安静時像の RI 集積が高い区域は 13 区

Table 1 Maximum heart rate and maximum blood pressure during exercise in ^{99m}Tc -Tetrofosmin and ^{201}Tl myocardial scintigraphy

	^{99m}Tc - Tetrofosmin	^{201}Tl	
Maximum heart rate (/min)	119 ± 27	122 ± 24	N.S.
Maximum blood pressure (mmHg)	182 ± 34	190 ± 31	N.S.
Rate pressure product	19561 ± 9308	20949 ± 9412	N.S.

域, ^{201}Tl 再静注像の RI 集積が高い区域は 32 区域であった. Tetrofosmin 安静時像は, ^{201}Tl 再分布像よりも RI 集積の大きい区域が多く, ^{201}Tl 再静注像と比べると RI 集積の小さい区域が多い結果であった.

(4) ^{201}Tl 再静注像と Tetrofosmin 安静時像の RI 集積の定量的比較 (Fig. 8)

^{201}Tl 再静注像の梗塞領域の %RI uptake は, 47 ± 16%, Tetrofosmin 安静時像の %RI uptake は 52 ± 16% と ^{201}Tl 再静注像の %RI uptake が有意 ($p < 0.01$) に高値であった. 症例ごとの %RI uptake の比較を Fig. 8 に示したが, 1 症例において Tetrofosmin 安静時像の %RI uptake が ^{201}Tl 再静注像に比べ 25% の低値を示し, 著しい差が見られた. しかし %RI uptake の差が 5% 以下の例が 15 例, 10% 以下の例が 3 例と, 大多数例では ^{201}Tl 再静注像と Tetrofosmin 安静時像の梗塞部 %RI uptake がほぼ同等の値を呈した.

(5) 安静投与 Tetrofosmin 心筋像における再分布, 逆再分布所見の検討

Tetrofosmin 安静時投与 40 分後と 3 時間 40 分後に撮像した心筋像を比較した結果, 再分布を示した症例は全く認められなかった. しかしながら, 逆再分布所見を呈した症例が 19 例中の 4 例に認められた. 逆再分布所見を呈した 4 症例の内訳は, 下壁梗塞が 2 例, 前壁梗塞が 2 例であった.

Tetrofosmin 安静時投与 40 分後と 3 時間 40 分後の心筋像から算出した, Tetrofosmin 心筋洗い

だし率は、9~35% (25 \pm 9%, 平均 \pm 標準偏差) と症例によるばらつきが大であった。

IV. 考 察

本検討は、Tetrofosmin 運動負荷心筋シンチグラフィを用いて心筋 viability を判定し、再静注法による ^{201}Tl 運動負荷心筋シンチグラフィから評価された心筋 viability¹²⁻¹⁴⁾ と比較検討した。 ^{201}Tl 運動負荷心筋シンチグラフィで、梗塞部に再分布または fill-in を認め、心筋 viability ありと判定された 13 例中の 11 例は、Tetrofosmin 心筋シンチグラフィで fill-in を呈し心筋 viability ありと判定された。梗塞部に再分布および fill-in が無い %RI uptake が 50% 以上の領域についても心筋 viability ありと判定する^{15,16)} と、 ^{201}Tl 心筋シンチグラフィで 16 例、Tetrofosmin 心筋シンチグラフィで 15 例が心筋 viability ありと判定され、Tetrofosmin 運動負荷心筋シンチグラフィは再静注法を用いた ^{201}Tl 心筋シンチグラフィに匹敵する心筋 viability 評価が可能であった。

視覚的に心筋区域ごとの RI 集積を比較すると、Tetrofosmin 安静時像は、 ^{201}Tl の再分布像より RI 集積が高く、 ^{201}Tl の再静注像に類似した RI 集積を呈していた (Fig. 7)。定量的にも、大多数例ではほぼ同等の梗塞部 %RI uptake を呈していた。

しかしながら“心筋 viability”の狭義の定義である“血行再建術後の壁運動改善”を Tetrofosmin 運動負荷心筋シンチグラフィを用いて予測することは、再静注法を用いた ^{201}Tl 運動負荷心筋シンチグラフィに比べ、診断特異性が低下すると考えられる。 ^{201}Tl 像において、再静注像で fill-in を示す領域は、同領域の壁運動の状態を認識せずに壁運動の改善予測ができる¹⁴⁾ が、Tetrofosmin 心筋シンチグラフィは負荷像と安静時像の fill-in の有無で判定することから、 ^{201}Tl 像で判定される再分布と、 ^{201}Tl 再静注像で判定される fill-in を区別して読影できないことになる。その結果、壁運動改善予測診断における感受性は ^{201}Tl 像と同等と考えられるが、診断特異性が低下することになる。Tetrofosmin 心筋シンチグラフィにおいて、冠血

行再建術後の壁運動改善予測の特異性を上げるためには、各区域における壁運動の低下と、Tetrofosmin の %RI uptake を比較する必要がある¹⁶⁾。

^{99m}Tc 心筋血流製剤として Tetrofosmin に先行して臨床応用された ^{99m}Tc -sestamibi は、 ^{201}Tl 心筋シンチグラフィや FDG-PET を用いた検討から、梗塞部心筋 viability を過小評価することが報告され⁵⁻¹⁰⁾、さらに安静時投与の 4 時間後像において reversible な所見 (再分布所見) が報告されている¹⁷⁻¹⁹⁾。本検討における Tetrofosmin 安静投与後の遅延像は、再分布所見が全く見られず、逆再分布所見を呈する例があったことから、心筋 viability 評価の際に安静時投与後の遅延像は、不要と考えられた。そして安静時投与後に撮像が遅くなると、心筋 viability を過小評価する可能性が示唆される結果であった。

なお、4 例で認められた逆再分布所見が、胆嚢あるいは肝臓の RI 高集積による偽欠損ではないことを、4 例の投影データを解析^{20,21)} して確認した。

本検討により、Tetrofosmin 運動負荷心筋シンチグラフィを用いた心筋 viability 評価は、再静注法を用いた ^{201}Tl 運動負荷心筋シンチグラフィに匹敵する良好な判定が可能と考えられた。

本検討の限界について

本検討は、心筋 viability 評価が良好と報告されている再静注法を用いた ^{201}Tl 心筋シンチグラフィ¹²⁻¹⁴⁾ の結果と、Tetrofosmin 心筋シンチグラフィを比較検討しており、血行再建術後の壁運動の改善については評価¹⁴⁾ していない。また梗塞領域における ^{201}Tl の再静注像と Tetrofosmin 安静像の %RI uptake は、吸収補正や散乱補正は施行せずに算出している。

Tetrofosmin 運動負荷心筋シンチグラフィは、運動負荷を先行した 1 日法プロトコルを用いて施行したが、負荷像と安静時像の間隔が 3 時間以上あり、かつ負荷時の 3 倍量の Tetrofosmin を投与していることから負荷時の RI 集積が安静時像に強く影響することは少ない¹¹⁾ と考えられる。ただし、安静時検査を先行させる 1 日法プロトコ

ル¹¹⁾や2日法プロトコルを用いることで、さらに良好な心筋 viability 評価のできる可能性がある。

V. 結 論

1) 再静注法を用いた ²⁰¹Tl 運動負荷心筋シンチグラフィで心筋 viability ありと判定された 16 例中の 15 例 (対象 21 例) は、Tetrofosmin 運動負荷心筋シンチグラフィで心筋 viability ありと判定された。

2) Tetrofosmin 安静投与後の遅延像で再分布所見は全く認められず、逆再分布所見が 19 例中の 4 例で認められた。梗塞部心筋 viability 評価の際に、Tetrofosmin 安静投与時の遅延像は不要であった。

3) ²⁰¹Tl 再静注像と Tetrofosmin 安静時像の心筋梗塞部 %RI uptake は、 $47 \pm 16\%$ vs. $52 \pm 16\%$ と Tetrofosmin 安静時像が低値を示したが、大多数例ではほぼ同等の RI 集積を呈した。

4) Tetrofosmin 運動負荷心筋シンチグラフィは梗塞部心筋 viability 評価に有用と考えられた。

文 献

- 久保敦司, 中村佳代子, 橋本 順, 三宮敏和, 岩永史朗, 橋本省三, 他: 新しい心筋イメージング製剤 ^{99m}Tc-PPN1011 の第 I 相臨床試験. 核医学 **29**: 1165-1176, 1992
- 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, 他: 新しい心筋血流イメージング剤 ^{99m}Tc-PPN1011 の安全性と臨床的有用性の検討——多施設による第 II 相臨床試験報告——. 核医学 **30**: 25-40, 1993
- 佐々木康人, 西村恒彦, 久保敦司, 分校久志, 玉木長良, 大嶽 達, 他: 新しい心筋血流イメージング剤 ^{99m}Tc-tetrofosmin (PPN1011) の臨床的有用性の検討——多施設による第 III 相臨床試験——. 核医学 **30**: 257-271, 1993
- Tamaki N, Takahashi N, Kawamoto M, Torizuka T, Tadamura E, Yonekura Y, et al: Myocardial Tomography Using Technetium-99m-tetrofosmin to Evaluate Coronary Artery Disease. J Nucl Med **35**: 594-600, 1994
- Tetrofosmin study group: Comparative myocardial perfusion imaging with ^{99m}Tc-tetrofosmin and thallium-201: Results of phase III trial. Circulation **6**: 1-506, 1992
- Rocco TP, Dilsizian V, Strauss HW, Boucher CA: Technetium-99m isonitrile myocardial uptake at rest. II Relation to clinical marker of potential viability J Am Coll Cardiol **14**: 1678-1684, 1989
- Machac J: Technetium-99m isonitrile: A Perfusion or viability agent? J Am Coll Cardiol **14**: 1685-1688, 1989
- Cuocolo A, Pace L, Ricciardelli B, Chiariello M, Trimarco B, Salvatore M: Identification of viable myocardium in patients with chronic artery disease: Comparison of Thallium-201 scintigraphy with reinjection and technetium-99m methoxyisobutyl-isonitrile. J Nucl Med **33**: 505-511, 1992
- Dilsizian V, Arrighi J, Diodati J, Quyyumi A, Alavi K, Bacharach A, et al: Myocardial Viability in Patients with Chronic Coronary Artery Disease, Comparison of ^{99m}Tc-Sestamibi with Thallium Reinjection and [¹⁸F]Fluorodeoxyglucose. Circulation **89**: 578-587, 1994
- Carsten A, Juergen D, Maik B, Rainer U, Iija B, Florence S, et al: Significance of Defect Severity in Technetium-99m-MIBI SPECT at Rest to Assess Myocardial Viability: Comparison with Fluorine-18-FDG PET. J Nucl Med **35**: 569-574, 1994
- 橋本 順, 久保敦司, 中村佳代子, 三宮敏和, 岩永史朗, 宇野恵子, 他: ^{99m}Tc-tetrofosmin 同日 2 回投与法における検査プロトコルの検討. 核医学 **30**: 1191-1201, 1993
- Dilsizian V, Rocco TP, Leon BM, Bonow RO: Enhanced detection of ischemic but viable myocardium by reinjection of thallium after stress-redistribution imaging. N Engl J Med **323**: 141-146, 1990
- Ohtani H, Tamaki N, Yonekura Y, et al: Value of thallium-201 reinjection after delayed SPECT imaging for predicting reversible ischemia after coronary artery bypass grafting. Am J Cardiol **66**: 394-399, 1990
- Dilsizian V, Bonow R: Current diagnostic techniques of assessing myocardial viability in patients with hibernating and stunned myocardium. Circulation **87**: 1-20, 1992
- Bonow R, Dilsizian V, Cuocolo A, Bacharach SL: Identification of viable myocardium in patients with chronic artery disease and left ventricular dysfunction: Comparison of Thallium-201 scintigraphy with reinjection and PET imaging with ¹⁸F-Fluorodeoxyglucose. Circulation **83**: 26-37, 1991
- Kobayashi H, Ohta Y, Kashikura K, Yamazumi R, Hosoda S, Kusakabe K, et al: Prediction of Hibernating Myocardium before Coronary Bypass Graft Surgery: Combination of Thallium-201 Myocardial and Tc-Gated Pool SPECT images. First International Congress of Nuclear Cardiology Abstract 4201, 1993

- 17) Dilsizian V, Arrigi J, Diodati G, Quyyumi A, Rocco TP, Leon BM, et al: Myocardial Viability in Patients with Chronic Coronary Artery Disease. Comparison of ^{99m}Tc-Sestamibi with Thallium ReInjection and [¹⁸F]Fluorodeoxyglucose. *Circulation* **89**: 578–587, 1994
- 18) Sinusas AJ, Bergin JD, Edward NC, Watson DD, Ruit M, Makuch RW: Redistribution of ^{99m}Tc-Sestamibi and ²⁰¹Tl in the presence of Severe Coronary Artery Stenosis. *Circulation* **89**: 2332–2341, 1994
- 19) 外山卓二, 西村恒彦, 植原敏男, 下永田剛, 石田良雄, 土師和夫, 他: 虚血性心疾患の運動負荷心筋シンチグラフィにおける ^{99m}Tc-MIBI 心筋 washout. *核医学* **31**: 559–564, 1994
- 20) Germano G, Chua T, Kiat H, Areeda JS, Berman DS: A Quantitative Phantom Analysis of Artifact Due to Hepatic Activity in Technetium-99m Myocardial Perfusion Defect SPECT Studies. *J Nucl Med* **35**: 356–359, 1994
- 21) 小林秀樹, 寺田慎一郎, 金谷信一, 柏倉健一, 百瀬満, 細田瑳一, 日下部きよ子: 肝高集積が原因となって出現する ¹²³I-MIBG 心筋 SPECT の下壁欠損の特徴とその対策——ファントムを用いた検討——. *核医学* **31**: 359–366, 1994

Summary

Identification of Viable Myocardium Using ^{99m}Tc-Tetrofosmin Scintigraphy —Comparison with ²⁰¹Tl Redistribution-Reinjection Images—

Hideki KOBAYASHI*, Masao KAWAGUCHI**, Toshiaki OKA**, Seiji INOUE**,
Jun HANDA**, Ryuta ASANO**, Nobusuke MATSUMOTO**, Tetsuya SUMIYOSHI**,
Saichi HOSODA** and Kiyoko KUSAKABE*

*Department of Radiology, Tokyo Women's Medical College Hospital

**Department of Cardiology, Tokyo Women's Medical College Hospital

The purpose of this study was to clarify the diagnostic value of identifying viable myocardium using ^{99m}Tc-Tetrofosmin scintigraphy. Twenty-one patients with chronic coronary artery disease were studied using ²⁰¹Tl exercise myocardial scintigraphy with reinjection and ^{99m}Tc-Tetrofosmin exercise myocardial scintigraphy. All patients had a history of old myocardial infarction. For ^{99m}Tc-Tetrofosmin scintigraphy, 222 MBq of ^{99m}Tc-Tetrofosmin was injected during exercise, and exercise images were obtained 20 min thereafter. Three hours later, 666 MBq of ^{99m}Tc-Tetrofosmin was injected at rest, and images were obtained 40 min and 220 min later. Myocardial viability in the ^{99m}Tc-Tetrofosmin scintigraphy was estimated as fill-in findings (FF) or over 50% of %RI uptake (%TF) in the rest image. Myocardial viability in the ²⁰¹Tl scintigraphy was estimated as redistribution (RD), fill-in findings in the reinjection image (FR) or

over 50% of %RI uptake in the reinjection image (%TL). Sixteen of the 21 patients (76%) who underwent ²⁰¹Tl scintigraphy (RD 10, FR 3, %TL 3 cases) and 15 of the 21 patients (71%) who underwent ^{99m}Tc-Tetrofosmin scintigraphy (FF 11, %TF 4 cases) had viable myocardium in the infarcted area. A comparison between the ^{99m}Tc-Tetrofosmin rest images obtained 40 min after the injection and that of 220 min revealed no redistribution findings. The %RI uptake of the infarcted area in the resting ^{99m}Tc-Tetrofosmin image ($47 \pm 16\%$) was slightly lower than that in the ²⁰¹Tl reinjection image ($52 \pm 16\%$). In conclusion, viable myocardium was as clearly identified by ^{99m}Tc-Tetrofosmin, as by ²⁰¹Tl scintigraphy.

Key words: ^{99m}Tc-tetrofosmin, Myocardial viability, ²⁰¹Tl reinjection method, Reverse redistribution, Redistribution.