

《原 著》

 ^{99m}Tc -MIBIと ^{99m}Tc -Teboroximeの心筋 SPECT 画像上の特徴

久慈 一英* 中嶋 憲一* 滝 淳一* 谷口 充*
分校 久志* 利波 紀久* 久田 欣一*

要旨 ^{99m}Tc -MIBI (N=8, 安静および負荷の16検査)と ^{99m}Tc -Teboroxime (N=5)の心筋画像の特徴を SPECT 像で ^{201}Tl と比較検討した。 ^{99m}Tc -MIBIと ^{201}Tl の短軸像を用いて各壁の平均カウント濃度を求めた。下壁平均カウントの前壁平均カウントに対する比(I/A)は, ^{99m}Tc -MIBIが 0.69 ± 0.20 で ^{201}Tl が 0.62 ± 0.16 であり,側壁平均カウントに対する比(I/L)は,それぞれ 0.70 ± 0.18 と 0.65 ± 0.13 であって, ^{99m}Tc -MIBIが ^{201}Tl より有意に高かった($p < 0.05$)。両比とも ^{201}Tl に対する比は, 1.11 ± 0.17 (I/A)と 1.08 ± 0.16 (I/L)で ^{99m}Tc -MIBIは下壁が約10%高かった。ファントム実験でも ^{99m}Tc は ^{201}Tl よりも相対的に下壁が約15%高くなった。 ^{99m}Tc -Teboroximeは,3分ごとの経時的なdynamic SPECT短軸像に対して同様に前壁の平均カウントに対する各壁平均カウント濃度の比を得た。約8分以降では肝臓集積が経時的に強まり正確な判定やBull's eye表示による定量上注意が必要ながわかった。

I. はじめに

新しい ^{99m}Tc 標識心筋血流製剤が開発され日本でも一般臨床使用が間近である¹⁻³⁾。従来より用いられている ^{201}Tl は,心筋血流をよく反映し負荷時と安静時の比較により心筋のviabilityを知ることができる。一方, ^{99m}Tc 標識の心筋製剤は,随時施行できる簡便性と画像に適したエネルギーを備えていることから非常に実用性が高い^{3,4)}。そこで ^{99m}Tc -2-Methoxy isobutylisonitrile (^{99m}Tc -MIBI)と ^{99m}Tc -Teboroximeを ^{201}Tl と比較し,SPECT読影の際の相違点について検討した。

今回は, ^{201}Tl , ^{99m}Tc -MIBIのSPECT心筋血流パターンの差異を知ることおよび ^{99m}Tc -TeboroximeのSPECT心筋血流分布の経時変化について調べることを目的とした。

II. 対象と方法

対象は,虚血性心疾患を疑われて臨床試験が行われた症例で ^{99m}Tc -MIBIは8症例, ^{99m}Tc -Teboroximeは5症例である。検査に当たっては,患者に対して十分に説明し同意を得た。 ^{99m}Tc -MIBI検査では8症例全例で負荷時と安静時検査を1-7日の間隔で別の日に施行した。 ^{99m}Tc -MIBI施行症例は,心筋梗塞6症例,狭心症1症例,有意の冠動脈狭窄を認めなかった高血圧症1症例であった。 ^{99m}Tc -Teboroxime施行症例は,2症例には有意の冠動脈疾患を認めず,3症例が心筋梗塞症例であった。

^{99m}Tc -MIBIは,約550 MBq (15 mCi)を負荷時または安静時に静注し,静注後60-120分後にデータ収集を行った。同一患者に対して, ^{201}Tl は,111 MBq (3 mCi)を負荷時に静注し,静注後10分後および3時間後にSPECTデータを得た。 ^{99m}Tc -MIBIおよび ^{201}Tl のデータ収集には2検出器対向型SPECT装置(島津ZLC7500およびScintipac 700 System)を用いて,64×64マトリクスで6度ごと1方向あたり30秒で60方向データ

* 金沢大学医学部核医学教室

受付:3年8月16日

最終稿受付:3年11月29日

別刷請求先:金沢市宝町13-1 (☎920)

金沢大学医学部核医学教室

久 慈 一 英

収集を行った。SPECT 再構成には Butterworth (order 8, cutoff 周波数 0.22–0.25 cycle/pixel) および Ramp フィルタを用いた。 ^{99m}Tc -Teboroxime は約 550–920 MBq (15–25 mCi) を静注した後連続回転モードで 4 度ごとに 1 分間あたり 1 回転で 30 分間 2,700 枚を 64×64 マトリクスでデータ収集を行った。SPECT 装置は 3 検出器型システム (東芝 GCA9300A および GMS550U) を用い、Butterworth フィルタ (order 8, cutoff 周波数 0.3 cycle/pixel) と Ramp フィルタを使って再構成した⁵⁾。

^{201}Tl , ^{99m}Tc -MIBI では SPECT 短軸断層像を用い心基部から心尖部まで全部のスライスを 3 枚ずつ加算した。中央部に当たる 1 枚について前壁

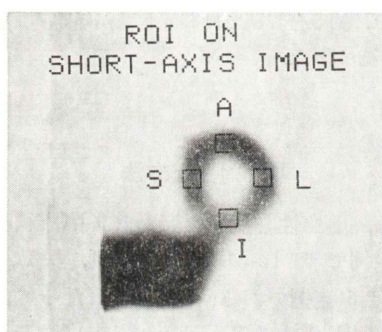


Fig. 1 Definition of rectangular regions of interest on a SPECT short-axis image. This image is an example of ^{99m}Tc -Teboroxime. ^{99m}Tc -MIBI images were dealt with in similarly.

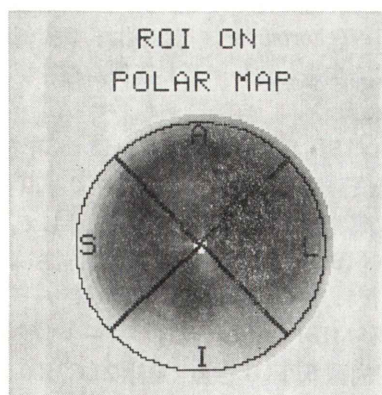


Fig. 2 Definition of quadrant sectorial regions of interest on Bull's eye map.

(A), 中隔 (S), 下壁 (I), 側壁 (L) のそれぞれに 4×4 pixel の関心領域 (ROI) を設定し、各壁 ROI の平均カウント濃度 (count/pixel) を得た (Fig. 1). 各薬剤についてこの各壁の平均カウントの前壁平均カウントに対する比と側壁平均カウントに対する比を算出して比較した。

^{99m}Tc -Teboroxime については dynamic SPECT 短軸断層像を 3 分ずつ 2–4 分, 5–7 分, 8–10 分, 11–13 分, 14–16 分, 17–19 分を加算し, 2 つの方法でデータ解析した。まず 1 つは前記と同様に ROI を設定し, 各平均カウントの前壁平均カウントに対する比 (I/A, S/A, L/A) を算出して経時的に比較した。 ^{99m}Tc -Teboroxime においては, 下後壁の集積は経時的にまた部位により差がでる可能性があるため, 次いで各時間の SPECT 短軸断層像を Bull's eye 表示にして 90 度ずつの扇型の ROI を前壁, 中隔, 下壁, 側壁に相当するように設定した (Fig. 2). 各 ROI の平均カウントを求めて前壁の平均カウントに対する各壁の平均カウントの比を算出して経時の変化を見た。

本文中の結果は, 平均±標準偏差で表示した。

^{201}Tl と ^{99m}Tc -MIBI の I/A および I/L の比較には paired-t-test を用い, $p < 0.05$ を有意と判定した。

【ファントム実験】

^{99m}Tc と ^{201}Tl の放射線エネルギー差から生じる物理的な性質の差によるイメージの違いを検討するために人体ファントム実験を行った。胴体ファントムにおいて肺内におがくずを詰め, 脊柱部にプラスチック柱を配置した。その胴体ファントム内に左右心室腔を水で充満した心筋ファントムを心臓部に固定した。厚さ 1 cm の心筋部に ^{201}Tl または ^{99m}Tc 溶液を 37 MBq (1 mCi) 注入して 2 検出器対向型 SPECT 装置 (島津 ZLC7500 および Scintipac 700 System) を用い前記臨床例と同一条件でデータ収集および再構成を行った。さらに臨床例同様に SPECT 短軸断層像を画像処理し, 中央部 1 枚について各壁に ROI を設定して各壁の平均カウントの前壁平均カウントに対する比を得た。

III. 結 果

前壁に対する各壁の平均カウント比を16検査についてみると、 ^{201}Tl では I/A が 0.62 ± 0.16 , L/A が 0.95 ± 0.13 , S/A が 0.76 ± 0.10 であったのに対して、 ^{99m}Tc -MIBI では I/A が 0.69 ± 0.20 , L/A が 0.98 ± 0.12 , S/A が 0.75 ± 0.10 であった (Table 1).

I/A のみが ^{99m}Tc -MIBI と ^{201}Tl の間に有意差 ($p < 0.02$) を認めた (Figs. 3, 4). 安静時と負荷時に分けると ($N=8$), 安静時は有意差 ($p < 0.05$) を認めたが、負荷時は有意差を認めなかった ($p < 0.30$). また、側壁に対する各壁の平均カウント比は ^{201}Tl では I/L が 0.65 ± 0.13 , A/L が 1.07 ± 0.14 , S/L が 0.81 ± 0.14 であったのに対して

Table 1 Patients with ^{99m}Tc -MIBI study

| Case No. | Disease | Location | Sep/Ant | | Inf/Ant | | Lat/Ant | | Ant/Lat | | Sep/Lat | | Inf/Lat | |
|----------|---------|-----------------------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|
| | | | MIBI | Tl | MIBI | Tl | MIBI | Tl | MIBI | Tl | MIBI | Tl | MIBI | Tl |
| 1. | AP | No defect (Post-PTCA) | E 0.84 | 0.89 | 0.91 | 0.87 | 0.95 | 0.96 | 1.05 | 1.04 | 0.88 | 0.93 | 0.95 | 0.91 |
| | | | R 0.84 | 0.89 | 0.93 | 0.91 | 0.94 | 1.02 | 1.07 | 0.98 | 0.90 | 0.87 | 0.99 | 0.89 |
| 2. | MI | Inferior | E 0.66 | 0.88 | 0.57 | 0.48 | 0.93 | 0.98 | 1.07 | 1.02 | 0.71 | 0.89 | 0.61 | 0.49 |
| | | | R 0.77 | 0.82 | 0.69 | 0.55 | 0.99 | 0.88 | 1.01 | 1.13 | 0.78 | 0.93 | 0.70 | 0.62 |
| 3. | MI | Inferior | E 0.86 | 0.75 | 0.36 | 0.47 | 0.87 | 0.88 | 1.15 | 1.14 | 0.99 | 0.85 | 0.42 | 0.54 |
| | | | R 0.89 | 0.80 | 0.74 | 0.57 | 1.03 | 0.88 | 0.97 | 1.14 | 0.86 | 0.91 | 0.72 | 0.65 |
| 4. | AP | Inferoposterior | E 0.76 | 0.75 | 0.55 | 0.51 | 0.82 | 0.78 | 1.22 | 1.28 | 0.92 | 0.96 | 0.67 | 0.65 |
| | | | R 0.79 | 0.67 | 0.74 | 0.53 | 0.84 | 0.76 | 1.19 | 1.32 | 0.94 | 0.88 | 0.88 | 0.70 |
| 5. | MI | Inferoposterior | E 0.70 | 0.64 | 0.61 | 0.56 | 0.86 | 0.88 | 1.16 | 1.14 | 0.81 | 0.73 | 0.71 | 0.64 |
| | | | R 0.73 | 0.82 | 0.57 | 0.59 | 0.85 | 0.84 | 1.18 | 1.11 | 0.86 | 0.79 | 0.68 | 0.71 |
| 6. | HT | No defect | E 0.73 | 0.80 | 0.73 | 0.66 | 1.09 | 0.95 | 0.92 | 1.01 | 0.67 | 0.84 | 0.67 | 0.70 |
| | | | R 0.70 | 0.82 | 0.78 | 0.69 | 1.04 | 0.96 | 0.96 | 1.04 | 0.67 | 0.85 | 0.75 | 0.72 |
| 7. | MI | Anteroseptal | E 0.54 | 0.52 | 1.03 | 0.76 | 1.15 | 1.27 | 0.87 | 0.79 | 0.47 | 0.41 | 0.89 | 0.60 |
| | | | R 0.54 | 0.65 | 1.00 | 0.87 | 1.26 | 1.23 | 0.80 | 0.81 | 0.43 | 0.53 | 0.79 | 0.71 |
| 8. | MI | Inferoposterior | E 0.84 | 0.82 | 0.36 | 0.40 | 0.98 | 1.04 | 1.02 | 0.96 | 0.86 | 0.79 | 0.67 | 0.38 |
| | | | R 0.87 | 0.75 | 0.49 | 0.43 | 1.11 | 0.90 | 0.90 | 1.11 | 0.78 | 0.84 | 0.44 | 0.48 |
| Mean | | | 0.75 | 0.76 | 0.69 | 0.62 | 0.98 | 0.95 | 1.03 | 1.07 | 0.78 | 0.81 | 0.70 | 0.65 |
| SD | | | 0.10 | 0.10 | 0.20 | 0.16 | 0.12 | 0.13 | 0.12 | 0.14 | 0.15 | 0.14 | 0.18 | 0.13 |

MI, myocardial infarction; AP, angina pectoris; HT, hypertension; E, exercise; R, rest; Post-PTCA, post-percutaneous transluminal coronary angioplasty

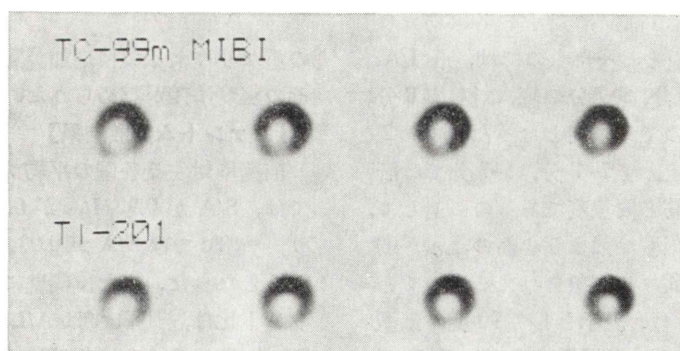


Fig. 3 Comparison of short-axis images between ^{99m}Tc -MIBI and ^{201}Tl . This case was an inferoposterior wall infarction. Inferior activity of ^{99m}Tc -MIBI is seen higher than that of ^{201}Tl .

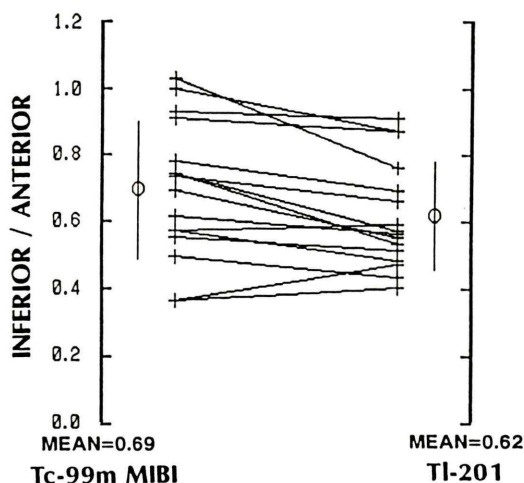


Fig. 4 Comparison of the inferior-to-anterior ratios (I/A) between ^{99m}Tc -MIBI and ^{201}Tl . The mean I/A in ^{99m}Tc -MIBI (0.69 ± 0.20) was significantly higher than that of ^{201}Tl (0.62 ± 0.16 , $p < 0.02$).

^{99m}Tc -MIBI は I/L が 0.70 ± 0.18 , A/L が 1.03 ± 0.12 , S/L が 0.78 ± 0.15 であった。I/L のみが ^{99m}Tc -MIBI と ^{201}Tl の間で有意差 ($p < 0.05$) を認めた。安静時と負荷時に分けると ($N=8$)、安静時は差のある傾向を示すものの統計学的には症例数が少ないため有意差は認めなかった (安静時は $p < 0.10$, 負荷時は $p < 0.40$)。I/A の ^{99m}Tc -MIBI と ^{201}Tl の比は 1.11 ± 0.17 , I/L の ^{99m}Tc -MIBI と ^{201}Tl の比は 1.08 ± 0.16 であり, I/A および I/L は ^{201}Tl よりも ^{99m}Tc -MIBI が約 10% 高かった。

^{99m}Tc -Teboroxime の前壁に対する各平均カウントの比は矩形 ROI をとったものでは, 各 I/A, L/A, S/A とともに 2-4 分, 5-7 分の値に対して 8 分以降の値にばらつきのでる傾向となった (Table 2, Figs. 5, 6)。イメージ上も 2-4 分, 5-7 分では肝臓が描出されるが心筋と同程度であるのに対して, 8 分以降では肝臓の集積が強まり心筋の集積が弱まるため心筋の像は異なる印象を与えるものであった (Fig. 7)。Bull's eye 表示として 90 度の扇型 ROI をとったものでは時間経過とともに I/A が増加する傾向が明らかとなった (Figs. 8, 9, 10)。また Bull's eye 表示上視覚的に下後壁には肝臓と

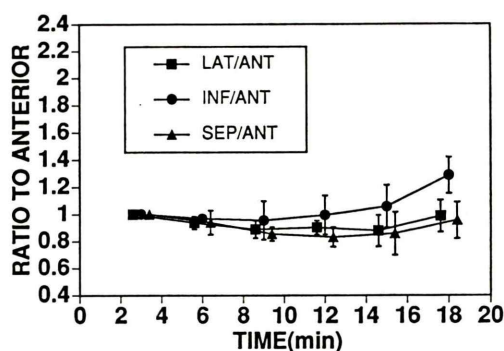


Fig. 5 Time course of septal-to-anterior, inferior-to-anterior and lateral-to-anterior ratios by rectangular regions of interest on short-axis SPECT images. The chart shows the mean value and one standard deviation of five patients in ^{99m}Tc -Teboroxime study.

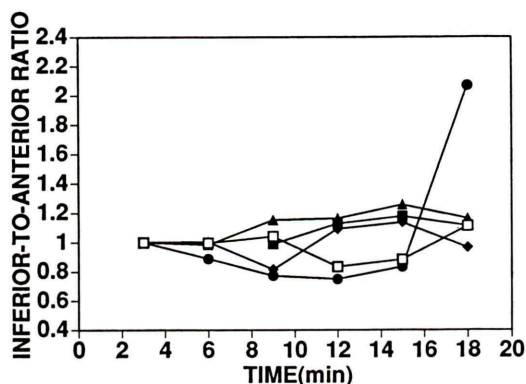


Fig. 6 Time course of inferior-to-anterior ratios in five patients by rectangular regions of interest on short-axis SPECT images.

の重なりによる集積増加が認められ, 症例間でもその程度に差が認められた。

【ファントム実験結果】

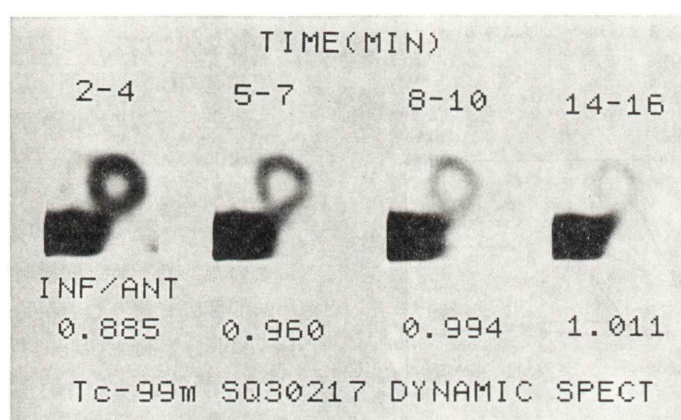
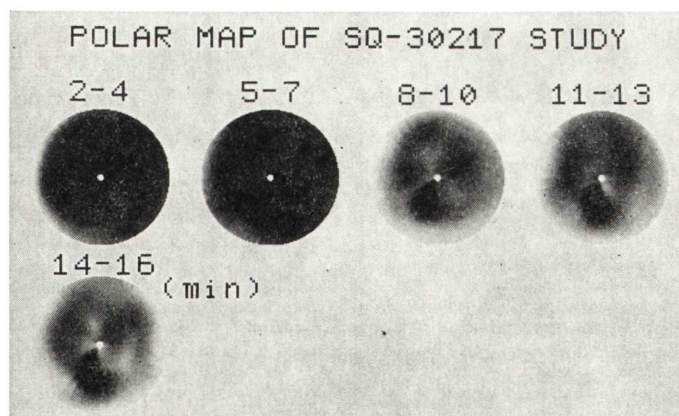
前壁に対する各壁の平均カウント比は, ^{201}Tl では, S/A が 0.92, I/A が 0.79, L/A が 0.93 となり, ^{99m}Tc では S/A が 0.93, I/A が 0.93, L/A が 0.96 となった。また, 側壁に対する各壁の平均カウント比は, ^{201}Tl では A/L が 1.08, S/L が 0.99, I/L が 0.85 となり, ^{99m}Tc では A/L が 1.05, S/L が 0.97, I/L が 0.97 となった。 ^{201}Tl では I/A と I/L のみが低い比となったが, ^{99m}Tc ではほぼ皆

Table 2 Patients with ^{99m}Tc -Teboroxime study

| Case No. | Disease | Location | Rectangular ROI | | | Sectorial ROI | | |
|----------|---------|-----------------|-----------------|------|------|---------------|------|------|
| | | | S/A | I/A | L/A | S/A | I/A | L/A |
| 1. | Normal | No defect | 0.92 | 0.84 | 0.97 | 0.93 | 0.89 | 1.02 |
| 2. | Normal | No defect | 0.95 | 1.02 | 1.02 | 0.92 | 0.94 | 0.98 |
| 3. | MI | Inferoposterior | 0.71 | 0.57 | 0.93 | 0.75 | 0.62 | 0.82 |
| 4. | MI | Anteroseptal | 0.88 | 0.90 | 1.38 | 0.86 | 0.89 | 1.22 |
| 5. | MI | Anterior | 1.14 | 1.09 | 1.40 | 1.14 | 1.17 | 1.32 |
| Mean | | | 0.92 | 0.88 | 1.14 | 0.92 | 0.90 | 1.07 |
| SD | | | 0.14 | 0.18 | 0.21 | 0.13 | 0.18 | 0.18 |

MI, myocardial infarction

The values are calculated from 2-4 min. SPECT data.

Fig. 7 Comparison of each three-minute short-axis image in ^{99m}Tc -Teboroxime dynamic study.Fig. 8 Serial changes of Bull's eye map in ^{99m}Tc -Teboroxime. Each map is generated with three-minute data.

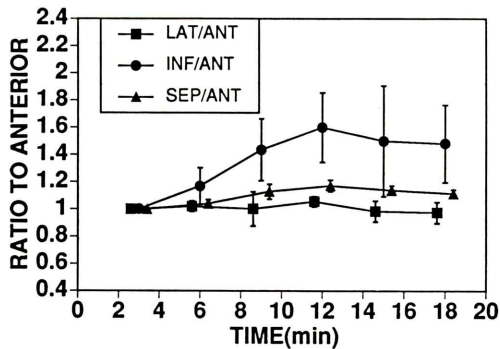


Fig. 9 Time course of septal-to-anterior, inferior-to-anterior and lateral-to-anterior ratios by quadrant sectorial regions of interest on Bull's eye map. The chart shows the mean value and one standard deviation of five patients in ^{99m}Tc -Teboroxime study.

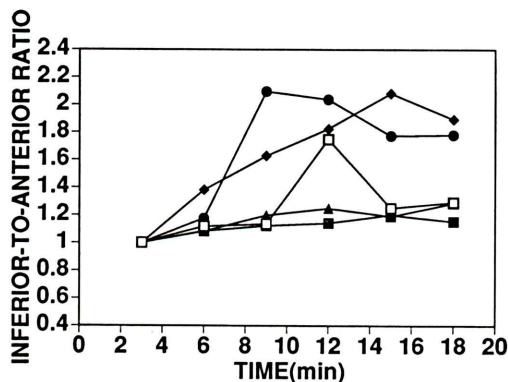


Fig. 10 Time course of inferior-to-anterior ratios in five patients by quadrant sectorial regions of interest on Bull's eye map.

同程度の比となった。I/A の ^{99m}Tc と ^{201}Tl の比は 1.17, I/L の ^{99m}Tc と ^{201}Tl の比は 1.14 であり, I/A および I/L は ^{201}Tl よりも ^{99m}Tc が約 15% 高かった。

IV. 考 察

^{201}Tl は心筋血流を非侵襲的にみる手段として, また心筋の viability を判定する方法としての地位を確立してきた⁶⁻⁸⁾。新たな ^{99m}Tc 標識心筋血流製剤は, 多くの検討から ^{201}Tl と同等の心筋血流分布を示す^{4,9-14)}。 ^{201}Tl に比較して第一に ^{99m}Tc

ジェネレーターがあれば随時施行可能であり緊急検査にも対応可能で, 急性期の検査法として有用価値を発揮すると思われる。第二の利点として ^{99m}Tc の γ 線エネルギーは画像化する際に有利であり, 半減期が短いため投与量を多くすることができる¹⁵⁾。

^{99m}Tc -MIBI は心筋内に取り込まれると細胞質タンパク質と結合してとどまるため, 静注時の心筋血流分布を撮像時まで固定しておける¹⁶⁾。これは, 発作時など救急時や PTCA 前に静注しておいて後に撮像するという方法が可能である。また, 心壁運動や駆出分画なども容易に測定できる^{17,18)}。欠点としては, 良いイメージを得るためには静注後60分以上待つ必要があり, さらに負荷時と安静時の検査の間隔を数時間以上あける必要があること, 標識に時間がかかることである。 ^{99m}Tc -Teboroxime は, 中性脂溶性薬剤で細胞膜を迅速に出入りできるため ^{99m}Tc -MIBI とは対照的に心筋からの早いクリアランスを特徴としている。このため負荷時と安静時の検査を 1-2 時間の短い時間間隔で行うことが可能であり^{3,14,19-21)}。心筋 viability 評価を手軽に行えるという点では ^{99m}Tc -MIBI に優っている。 ^{99m}Tc 製剤には ^{201}Tl のように負荷時 1 回静注のみで early 像と delayed 像が得られ viability が判定できる利点はないが, 撮像に適したエネルギーと随時に施行可能な点は有利であり, 今後利用が進むものと思われる。

^{99m}Tc 標識心筋血流製剤は両者とも ^{201}Tl に比較して肝臓に強く集積するという難点があり, この傾向は ^{99m}Tc -Teboroxime で顕著である^{4,14)}。また, 放射線吸収や心筋細胞への extraction の差も考えられる。肝臓は心筋と近接しており, 再構成した断層像上でも画像上の重なりや散乱線の影響が現れると考えられる。 ^{201}Tl と ^{99m}Tc -MIBI の比較の結果, 下壁と前壁 ROI の平均カウントの比は ^{99m}Tc -MIBI が 0.69 で ^{201}Tl の 0.62 より有意に高く, 下壁と側壁の比も ^{99m}Tc -MIBI の 0.70 は ^{201}Tl の 0.65 より有意に高かった。すなわち短軸断層像では相対的に ^{201}Tl よりも ^{99m}Tc -MIBI は下壁の集積が約 10% ほど高くなってい

ることを示している。これは読影者が ^{99m}Tc -MIBI の断層像の視覚的判定や定量評価を行う際には注意を要する点である。特に ^{99m}Tc -MIBI の下壁の集積低下は ^{201}Tl に慣れた読影者は見逃さないようにすることが重要になる。あるいは ^{99m}Tc 心筋製剤に適した標準パターンを作成する必要がある²²⁾。

ファントム実験の結果から短軸断層像では、 ^{201}Tl では下壁のみにおいての前壁または側壁に対する平均カウント比が低値となった。これに対して ^{99m}Tc ではどの壁も前壁または側壁に対して同等の比となった。これは、ファントムによる ^{201}Tl と ^{99m}Tc の放射線エネルギーの違いからくる物理的性質の違いによるものである。下壁はファントム内で体表面から最も深部に位置するので、主にファントム内での放射線吸収率の差によるものと考えられ、 ^{99m}Tc に比較して放射線が低エネルギーの ^{201}Tl で顕著に現れたといえる。臨床例では、下壁を含む梗塞例が多かったために、前壁あるいは側壁に対する下壁の平均カウント比は、ファントム実験の値よりも低値である。しかし、両比の ^{201}Tl に対する ^{99m}Tc の比は、前壁の比に対するものがファントムで 1.17 、臨床例で 1.11 ± 0.17 であり、側壁に対するものがファントムで 1.14 、臨床例で 1.08 ± 0.16 であり、傾向は同じである。前壁に対する側壁、中隔の平均カウントの比および側壁に対する前壁、中隔の平均カウントの比は、ファントムではほぼ 1 であり、臨床例でも有意差は認めなかった。つまり、 ^{201}Tl に対して ^{99m}Tc は、下壁のみが相対的に高い値となり、ファントムで約 15% 、臨床例で約 10% 高い値となった。ファントムと生体内で下壁のみが異なるということは、下壁のみに特殊な心筋の血流分布や組織学的構造を認めないことから考えて、薬剤の心筋内分布の差によるものとは考えにくい。 ^{99m}Tc -MIBI と ^{201}Tl の相違も主に各心筋壁の3次元的位置の違いにより生じているといっていよう。

^{99m}Tc -Teboroxime では Bull's eye 表示にして扇型 ROI をとって経時的変化を見たものでは、前

壁、側壁、中隔に対して下壁のみが相対的に集積が高まる傾向が明らかであった。2-4 分、5-7 分までは比較的变化は少ないが、8 分以降では次第に肝臓から下壁への影響が強くなるために下壁の評価がむずかしくなる場合がある。したがって虚血や梗塞の正確な判定や比較には注意を要し、また同一の条件で比較する必要がある。矩形 ROI を心筋にとった検討では各壁の比のばらつきが経時的に大きくなるので、定量上問題になる症例もあろう。肝臓への集積は 10-15 分で最大に達する²³⁾。下壁の相対的集積増加は肝臓への集積増加にともなうコンプトン散乱の影響と考えられる。矩形 ROI では肝臓を分離しやすいが、Bull's eye 表示では各スライスでの重なりが異なるため分離がむずかしい場合がある。このため、Bull's eye と矩形 ROI の差がみられるものと推定される。

以上より、正確な判定や比較を SPECT で行うならば約 8 分以内に撮像したデータが望ましいということになり、それ以降の像では下壁に肝臓の集積の影響が強いということを注意して判定する必要がある。

ファントム実験より、 ^{201}Tl と ^{99m}Tc -MIBI の下壁の SPECT 像の違いは主にそれぞれの放射線エネルギーの差からくる吸収の差がかなりの割合を占めていることが推察できた。ただし、今回の人体ファントムでは肝臓に相当するものがなく、肝臓からの影響についても考える必要があり、これを考える上で ^{99m}Tc -Teboroxime は、経時的に肝臓への集積が増加していくという点で、良い材料である。 ^{99m}Tc -Teboroxime で示されたような肝臓への集積が SPECT 像下壁に影響を与えるということは、肝臓へ集積するような ^{99m}Tc 心筋製剤一般に当てはまる事実であろう。つまり、 ^{99m}Tc 標識の心筋血流製剤を用いた SPECT 像では、 ^{201}Tl に比較して放射線の吸収の差など物理的な差異からくる下壁の相対的集積増加が約 15% あることと、肝臓に集積する場合には肝臓が下壁と近接することから生じる影響で、下壁への集積が ^{201}Tl の場合よりも高めになる。

^{99m}Tc 標識心筋血流製剤は今後まちがいに普

及すると思われるが、 ^{201}Tl に比較して $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI では下壁の集積が約 10% 強く見えるという点、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Teboroxime では肝臓からの下壁への影響が経時的に強まり約 8 分以降では正確な判定や定量上十分注意して用いることが大切である。

文 献

- 1) Nunn AD, Treher EN, Feld T: Boronic acid adducts of technetium oxime complexes (BATOs). A new class of neutral complexes with myocardial imaging capabilities [Abstract]. *J Nucl Med* 27: 893, 1986
- 2) Coleman RE, Maturi M, Nunn AD, et al: Imaging of myocardial perfusion with Tc-99m SQ 30217: dog and human studies [Abstract]. *J Nucl Med* 27: 893-894, 1986
- 3) Nunn AD: Radiopharmaceuticals for imaging myocardial perfusion. *Semin Nucl Med* 20: 111-118, 1990
- 4) Wackers FJTh, Berman DS, Maddahi J, et al: Technetium-99m hexakis 2-methoxyisobutyl isonitrile: human biodistribution, dosimetry, safety, and preliminary comparison to thallium-201 for myocardial perfusion imaging. *J Nucl Med* 30: 301-311, 1989
- 5) Nakajima K, Taki J, Bunko H, et al: Dynamic Acquisition with a three-headed SPECT system: application to technetium 99m-myocardial imaging. *J Nucl Med* 32: 1273-1277, 1991
- 6) Gibson RS, Watson DD, Craddock GB, et al: Prediction of cardiac events after uncomplicated myocardial infarction: a prospective study comparing predischARGE exercise thallium-201 scintigraphy and coronary angiography. *Circulation* 68: 321-336, 1983
- 7) Ladenheim ML, Pollock BH, Rozanski A, et al: Extent and severity of myocardial hypoperfusion as predictors of prognosis in patients with suspected coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 7: 464-471, 1986
- 8) Maddahi J, Abdulla A, Garcia EV, et al: Non-invasive identification of left main and triple vessel coronary artery disease: improved accuracy using quantitative analysis of regional myocardial stress distribution and washout of thallium-201. *J Am Coll Cardiol* 7: 53-60, 1986
- 9) Liu P, Houle S, Mills L, et al: Kinetics of Tc-99m MIBI uptake and clearance of ischemia-reperfusion: comparison with Tl-201 [Abstract]. *Circulation* 76 (suppl): IV-216, 1987
- 10) Okada RD, Glover D, Gaffney T, et al: Myocardial kinetics of technetium-99m-hexakis-2-methoxy-methylpropyl-isonitrile. *Circulation* 77 (2): 491-498, 1988
- 11) Maublant JC, Gachon P, Moins N: Hexakis (2-Methoxy isobutylisonitrile) technetium-99m and thallium-201 chloride: uptake and release in cultured myocardial cells. *J Nucl Med* 29: 48-54, 1988
- 12) Karcher G, Bertrand A, Moretti JL, et al: Comparative study by two independent observers of the uptake abnormalities of 201 thallium and Tc-99m-MIBI in 81 patients with coronary artery disease [Abstract]. *J Nucl Med* 29: 793, 1988
- 13) Kiat H, Maddahi J, Roy LT, et al: Comparison of technetium 99m methoxy isobutyl isonitrile and thallium 201 for evaluation of coronary artery disease by planar and tomographic methods. *Am Heart J* 117: 1-11, 1989
- 14) Seldin DW, Johnson LL, Blood DK, et al: Myocardial perfusion imaging with technetium-99m SQ30217: comparison with thallium-201 and coronary anatomy. *J Nucl Med* 30: 312-319, 1989
- 15) Holman BL, Jones AG, Lister-James J, et al: A new Tc-99m-labeled myocardial imaging agent, hexakis (t-Butylisonitrile)-technetium(I) [Tc-99m TBI]: initial experience in the human. *J Nucl Med* 25: 1350-1355, 1984
- 16) Stirner H, Buell U, Kleinhans E, et al: Myocardial kinetics of $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -hexakis-(2-methoxy-isobutyl-isonitrile) (HMIBI) in patients with coronary heart disease: a comparative study versus ^{201}Tl with SPECT. *Nucl Med Commun* 9: 15-23, 1988
- 17) Balino NP, Sporn V, Kuschner E, et al: Simultaneous test of ventricular function and myocardial perfusion with Tc-99m RP-30 [Abstract]. *J Nucl Med* 27: 662, 1987
- 18) Roseman H, Chesler D, LaRaia P, et al: Determination of left ventricular function with technetium-99m isonitrile dynamic imaging [Abstract]. *J Nucl Med* 29: 805, 1988
- 19) Herzog WR, Nys A, Cianci ML, et al: Planar and tomographic myocardial imaging with SQ30217: a new technetium labeled agent. *J Am Coll Cardiol* 13 (2): 98A, 1989
- 20) Zielonka JS, Cannon P, Johnson L, et al: Multi-center trial of Tc-99m teboroxime (CARDIOTEC): a new myocardial perfusion agent [Abstract]. *J Nucl Med* 31: 827, 1990
- 21) Stewart RE, Schwaiger M, Hutchins GD, et al: Myocardial clearance kinetics of technetium-99m-SQ30217: a marker of regional myocardial blood flow. *J Nucl Med* 31: 1183-1190, 1990
- 22) Koster K, Wacker FJ, Mattera J, et al: Quantitative analysis of planar Tc-99m-isonitrile images. Necessities of new normal database and modified

background correction [Abstract]. J Nucl Med 29: 804, 1988

による心筋血流イメージング: 3 検出器型 SPECT の応用. 核医学 28: 127-133, 1991

23) 中嶋憲一, 滝 淳一, 分校久志, 他: ^{99m}Tc-SQ30217

Summary

Characteristics of the Myocardial SPECT Images of ^{99m}Tc-MIBI and ^{99m}Tc-Teboroxime

Ichiei KUJI, Kenichi NAKAJIMA, Junichi TAKI, Mitsuru TANIGUCHI, Hisashi BUNKO, Norihisa TONAMI and Kinichi HISADA

Department of Nuclear Medicine, Kanazawa University School of Medicine, Kanazawa

Characteristics of the myocardial distribution of ^{99m}Tc-MIBI and ^{99m}Tc-Teboroxime was compared with the myocardial distribution of ²⁰¹Tl. We made summed myocardial images, in which central three short-axis SPECT slices were added. Rectangular region of interest (ROI) was set on each myocardial segment, and mean counts of each myocardial region was obtained using summed short-axis images. The ratio of inferior-to-anterior mean counts (I/A) was 0.69 ± 0.20 in ^{99m}Tc-MIBI and 0.62 ± 0.16 in ²⁰¹Tl. The ratio of inferior-to-lateral mean counts was 0.70 ± 0.18 and 0.65 ± 0.13 , respectively. Both ratios in ^{99m}Tc-MIBI were significantly higher than those in ²⁰¹Tl ($p < 0.05$). ²⁰¹Tl to ^{99m}Tc-MIBI ratios of these two values were 1.11 ± 0.17 (I/A) and 1.08 ± 0.16 (I/L). The ratios of I/A and I/L of ^{99m}Tc-MIBI were about 10 percent higher than those of ²⁰¹Tl.

^{99m}Tc-Teboroxime dynamic short-axis SPECT images of every three-minute were obtained. The

ratios of counts in each wall were calculated similarly. After about 8 minutes, gradual increase in hepatic activity can be a cause of quantitative error in the assessment of SPECT images.

We obtained the data with a human cardiac phantom. The myocardial phantom filled with ^{99m}Tc or ²⁰¹Tl was placed in the mediastinal portion that is surrounded by the lung (saw dust) and vertebra (plastic bar). The ratio of I/A was 0.79 and I/L was 0.85 in ²⁰¹Tl. The I/A ratio was 0.93 and I/L was 0.97 in ^{99m}Tc. Both ratios in ^{99m}Tc were about 15 percent higher than those in ²⁰¹Tl.

When we assess images quantitatively using these new ^{99m}Tc-labeled myocardial agents, it is necessary to interpret the images taking account of the characteristics, because the radiopharmaceutical distribution of these new agents are different from that of ²⁰¹Tl.

Key words: Tc-99m-MIBI, Tc-99m-Teboroxime, Tl-201, Myocardial scintigraphy, SPECT.