

## 《原 著》

運動負荷  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI 心筋シンチグラフィにおける補助的診断指標  
(肺野 RI 集積, 左室一過性拡大)— $^{201}\text{Tl}$ 心筋シンチグラフィとの比較検討—

汲田伸一郎\*,\*\* 西村 恒彦\*,\*\*\* 植原 敏勇\*,\*\*\* 下永田 剛\*  
林田 孝平\* 片渕 哲朗\*

**要旨** 虚血性心疾患とくに多枝病変に対する運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  (TI) 心筋シンチグラフィの診断に際し, 視覚的評価に加え, washout rate, 肺野 TI 集積, 負荷時左室一過性拡大などの補助的診断指標が有用視されている. 著者らは虚血性心疾患 27 例を対象とし, 運動負荷 TI および  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI 心筋シンチグラフィを施行し, 両シンチグラフィにおける肺野 RI 集積ならびに左室一過性拡大 (LVTD) 所見の比較検討を行った. 肺野 RI 集積度 (LU) は MIBI イメージにおいて有意に低値を示したが, 両 LU の相関は  $r=0.77$  と良好であった. また SPECT 短軸像より算出した LVTD の指標 (mean radial ratio) は TI, MIBI 両イメージの比較において  $r=0.27$  と低い相関であり, 重症虚血心における MIBI 左室内腔評価の臨床的有用性は低いことが考えられた.

(核医学 30: 621-626, 1993)

## I. はじめに

運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  (TI) 心筋シンチグラフィが虚血性心疾患の検出に有用であることは周知のごとくである. しかし, 多枝病変例においては, 心筋灌流の視覚的評価のみでは, 虚血判定が困難な症例に遭遇するため, その補助的指標として washout rate, 肺野集積度, 運動負荷時左室一過性拡大等が有用とされている<sup>1-5)</sup>.  $^{99m}\text{Tc}$ -methoxyisobutylisonitrile (MIBI) は TI と異なり再分布を示さず washout rate の算出は行えないが, 2 回投与法を用い心筋虚血の判定を行う. そこで本研究では負荷心筋シンチグラフィの補助的診断指標として汎

用されている肺野集積度, 左室一過性拡大の両心筋血流イメージにおける差異につき検討を行った.

## II. 対 象

対象は虚血性心疾患 27 例 (心筋梗塞 13 例, 労作性狭心症 14 例), 男性 22 例, 女性 5 例, 平均年齢  $61 \pm 10$  歳 (54~79 歳) である. 労作性狭心症例には全例心臓カテーテル造影検査を行っており, 1 枝病変 (AHA 基準: 75% 以上狭窄) 5 例, 2 枝病変 6 例, 3 枝病変 3 例であった.

## III. 方 法

## 1. 運動負荷心筋シンチグラフィ

対象の 27 例に対し, 座位自転車エルゴメータを用いた symptom limited の多段階漸増運動負荷を行った. 最大負荷時に TI 111MBq を投与し, 負荷直後および時間後にシンチカメラ Ohio-Nuclear  $\Sigma 410\text{S}$  を用い, 正面像よりの planar 心筋イメージ収集 (500 k count) を行った. 次いで島津社製対向型回転式ガンマカメラ (LFOV-E 型) を用い

\* 国立循環器病センター放射線診療部

\*\* 現; 日本医科大学付属病院放射線科

\*\*\* 現; 大阪大学医学部バイオ研 / 中央放射線部

受付: 4 年 12 月 4 日

最終稿受付: 5 年 3 月 15 日

別刷請求先: 大阪府吹田市藤白台 5-7-1 (☎ 565)

国立循環器病センター放射線診療部

西村 恒彦

1 方向 30 秒で  $10^\circ$  間隔の 18 方向 ( $\times 2$ ; 計 36 方向) より SPECT データ収集を行った。また隔日に MIBI 555 MBq 投与による運動負荷および安静時心筋シンチグラフィを行い、同様に planar (正面像), SPECT データ収集を行った。なお MIBI 心筋シンチグラフィは運動負荷、安静時ともに投与 1 時間後像であり、運動負荷量は Tl 投与時と同程度とした。

## 2. 肺野集積の検討

カラーモニター上の運動負荷直後 planar 正面像に対し、RI データ処理装置 (Gamma 11, 128 kw) を用いて、左肺野、左室心筋上 (前側壁、心尖部、下後壁) に ROI ( $3 \times 3$  pixel) を設定し、肺野、心筋 count (/pixel) を測定。肺野 RI 集積度の指標として Lung uptake (LU) = 肺野 count / 最大心筋 count  $\times 100$  (%) と定めた (Fig. 1)。

## 3. 運動負荷時左室一過性拡大の検討

心筋 SPECT の短軸像各スライスにおいて circumferential profile analysis を行い、中点より心筋上の最高 count 部を結んだ直線距離 (半径) を

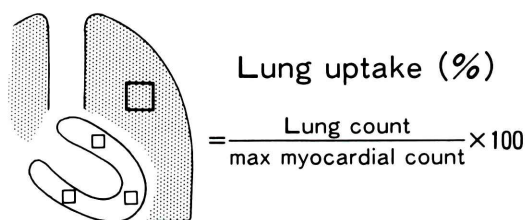


Fig. 1 Calculation of lung uptake with planar anterior view.

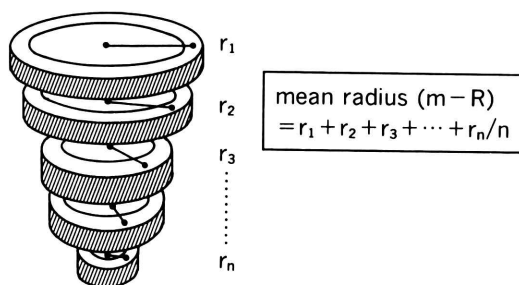


Fig. 2 Mean radius was determined from SPECT short axial images with circumferential profile analysis.

算出、各スライスの半径平均を求め、心内腔の大きさの指標 (mean radius) とした (Fig. 2)。左室一過性拡大の指標 (mean radial ratio = m-RR) として Tl 心筋シンチグラフィでは負荷直後と 4 時間後像の平均半径比 (EX/RD), MIBI 心筋シンチでは負荷時 (1 時間後像) と安静時像の平均半径比 (EX/Rest) を算出した。

## IV. 結 果

運動負荷 Tl, MIBI 心筋シンチグラフィにおける最大負荷時心拍数はそれぞれ  $122.6 \pm 20.1$ ,  $123.7 \pm 16.5$  (bpm), 収縮期血圧はそれぞれ  $177.7 \pm 25.3$ ,  $184.1 \pm 37.1$  (mmHg) と有意差を認めなかった。また運動負荷時に胸痛および心電図異常を認めたものは Tl シンチではそれぞれ 10 例, 17 例, MIBI シンチでは 6 例, 15 例と同一症例に対する 2 回の運動負荷には有意差を認めなかった。

運動負荷時 planar 正面像における lung uptake は Tl ( $=x$ ), MIBI ( $=y$ ) にてそれぞれ  $34.7 \pm 8.5$ ,  $27.7 \pm 4.8$  (%) と MIBI にて有意な低値を示したが ( $p < 0.01$ ; paired t test) (Fig. 3), 両者は回帰直線  $y = 0.44x + 12.42$ , 相関係数  $r = 0.77$  ( $n = 27$ ) と良好な相関を示した (Fig. 4)。

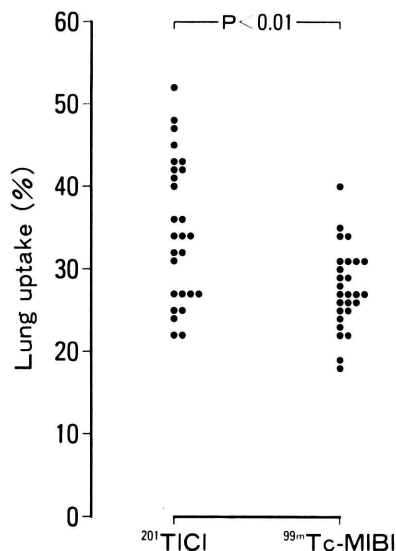


Fig. 3 Lung uptake of  $^{201}\text{Tl}$  and  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI in 27 patients with ischemic heart disease.

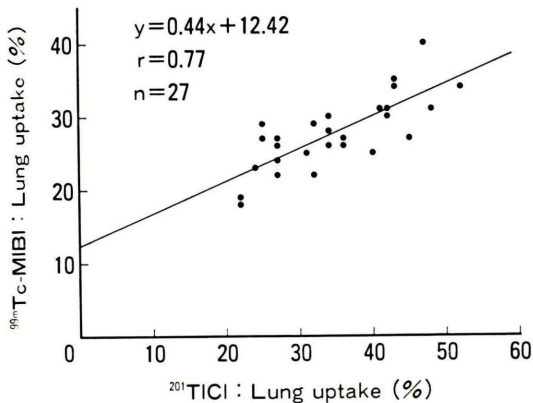


Fig. 4 Lung uptake of  $^{99m}\text{Tc-MIBI}$  was correlated well with that of  $^{201}\text{Tl}$ .

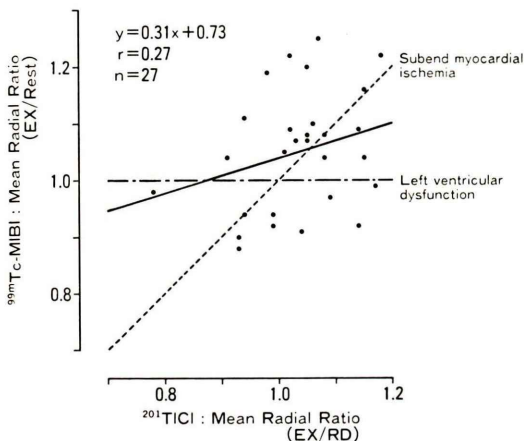


Fig. 5 There was not significant correlation between the mean radial ratio of  $^{201}\text{Tl}$  and that of  $^{99m}\text{Tc-MIBI}$ .

m-RR は  $\text{TI (EX/RD)}$  で  $1.04 \pm 0.09$ ,  $\text{MIBI (EX/Rest)}$  で  $1.06 \pm 0.10$  であり、両者の比較では回帰直線  $y = 0.31x + 0.73$ , 相関係数  $r = 0.27$  ( $n = 27$ ) と低い相関であった (Fig. 5).

## V. 考 察

$\text{TI}$  運動負荷心筋シンチグラフィを用いた心筋虚血の検出は診断精度が高く、広く臨床応用が行われている。シンチグラフィ上の心筋虚血の判定

は心筋灌流の負荷時一過性欠損(低下)により行われるが、視覚的判定は相対的血流分布よりの評価であり、多枝病変とくに3枝病変では罹患冠動脈枝全域に欠損像を示すとは限らない。そこで諸家の報告のごとく、多枝病変検出に際しては、その補助的指標として負荷時肺野  $\text{TI}$  集積<sup>1-3)</sup>, washout rate 算出 (diffuse slow washout rate), 負荷時左室一過性拡大<sup>4,5)</sup> などが有用とされている。

今回の検討に用いた新しい心筋血流トレーサ  $^{99m}\text{Tc-MIBI}$  は、運動負荷心筋シンチグラフィにおいて  $\text{TI}$  とほぼ同等の検出能が得られており<sup>6-8)</sup>, 大量投与が可能であるため良好なファーストパスイメージ<sup>9,10)</sup>, 心拍同期心筋イメージ<sup>11-13)</sup> が得られるという利点を有する。しかし  $\text{MIBI}$  は  $\text{TI}$  のごとき臨床的に有意な再分布を示さないため<sup>7)</sup>, washout rate 算出は不可能である。そこで本検討では、多枝病変検出に汎用されている補助的指標である負荷時肺野集積と、左室一過性拡大について  $\text{TI}$  との比較検討を行った。

### 運動負荷時肺野集積について

虚血性心疾患症例における負荷後肺野への  $\text{TI}$  集積増加は、負荷により生じた肺うっ血が肺毛細管から肺間質への  $\text{TI}$  移行に作用し、多枝病変例においてとくに集積上昇することが知られている。これに対し  $\text{MIBI}$  の心筋・肺コントラストは高く、心筋イメージにおける肺野  $\text{RI}$  集積は明瞭でない。さらに  $\text{MIBI}$  静注直後には肝の  $\text{RI}$  activity が高いため、心筋イメージとしては静注 1~3 時間後像が採用される。本検討でも静注 1 時間後像の評価を行っているが、果たしてその肺野  $\text{RI}$  集積が心疾患診断において補助的指標となりうるのか否かが問題となる。今回の検討においても、 $\text{TI}$ ,  $\text{MIBI}$  の  $\text{LU}$  はそれぞれ  $34.7 \pm 8.5$ ,  $27.7 \pm 4.8$  (%) と  $\text{MIBI}$  のそれは  $\text{TI}$  に比し有意に低値を示した ( $p < 0.01$ )。しかし両  $\text{LU}$  の相関は  $r = 0.77$  と高く、 $\text{MIBI}$  の  $\text{LU}$  も定量的評価を行えば、多枝病変検出における補助的指標となりうる可能性が示唆された。 $\text{MIBI}$  は投与 1 時間後の撮像であるため、肺うっ血としての影響は軽減されるものの、 $\text{LU} = \text{肺野 count} / \text{最高心筋 count}$  であり、心筋集



積 (低下) の要素をも含んでいるため、このように良好な相関が得られたものと考えられる。

#### 負荷時左室一過性拡大について

運動負荷 TI 心筋シンチグラフィでは、負荷直後の左室内腔が 4 時間後 (再分布) 像に比し拡大している症例を経験する。とくに多枝病変に頻度が高いといわれており、その成因としては、(1) 左室 dysfunction, (2) 心内膜下虚血等の要素が考えられている。今回の検討では左室一過性拡大 (left ventricular transient dilatation; LVTD) の指標として mean radial ratio (m-RR) を算出したが、MIBI 心筋像は投与 1 時間後像であるため、左室 dysfunction の影響はほとんど無視できる。すなわち負荷時 TI 心筋シンチにて認められた LVTD 所見と同等に負荷時 MIBI 心筋シンチにて LVTD が認められれば、その成因としては左室 dysfunction 以外、つまり心内膜下虚血の要素が考えられる。また逆に TI にて LVTD がみられるにも関わらず、MIBI 内腔は不変 (m-RR=1.0) ならば、それは左室 dysfunction に起因するものだと考えられる。

本検討において両 m-RR の相関は  $r=0.27$  と低く、LVTD の成因として心内膜下虚血のみでは説明がつかない。また m-RR: MIBI (EX/Rest) も Fig. 5 のごとく不変とはいえず、LVTD が左室 dysfunction のみに起因するとも考えにくい。今回の検討の結果では LVTD の要因としては、心内膜下虚血のみならず左室 dysfunction 等の多因子が関与していることが示唆された。

つぎに今回、LVTD の指標として用いた m-RR に関してであるが、同法は circumferential profile analysis を使用した心筋上の max count 部による指標であり、左室内腔を直接評価していない。しかし心筋像より左室内腔を直接計測する場合は、threshold level を変えることより内腔を任意に設定できてしまい、タリウムとテクネチウムという異なる心筋像における edge detection の問題点をも加味すると客観性に乏しいものとなる。また本検討に用いた心筋 SPECT 像も左室収縮・拡張期の合成像であるため、本来ならば、心電図同期法

を用いた詳細に内腔評価を行うべきものと考ええる。

最近では運動負荷以外の薬剤負荷 (ジピリダモール等) を行った虚血心における LVTD の報告もみられる<sup>14,15)</sup>。LVTD の出現機序としてはジピリダモール負荷は必ずしも運動負荷のそれと同一とはいえない。むしろ心内膜下虚血の要素が強いともいわれている。いずれにせよ TI, MIBI 両者の負荷時左室内腔パターンを同時に評価することは、LVTD 成因解明において有用な検討であることが示唆され、本検討の結果よりは、運動負荷時 MIBI 心筋イメージにおける LVTD 評価の臨床的有用性は低いものと考えられた。

#### VI. まとめ

1. 虚血性心疾患 27 例を対象として、隔日に運動負荷  $^{201}\text{TlCl}$ ,  $^{99\text{m}}\text{Tc-MIBI}$  心筋シンチグラフィを施行した。

2. 肺野 RI 集積度の評価として、planar 正面像より Lung uptake (LU) を算出。負荷時左室一過性拡大 (LVTD) の指標として、SPECT 短軸像より circumferential profile analysis を用い、mean radial ratio (m-RR) を算出した。

3. LU は負荷時 TI, MIBI シンチグラフィにて、それぞれ  $34.7 \pm 8.5$ ,  $27.7 \pm 4.8$  (%) と MIBI にて有意な低値を示したが ( $p < 0.01$ )、両者の相関は  $r=0.77$  ( $n=27$ ) と高く、LU (MIBI) の臨床的有用性が示された。

4. m-RR は TI (EX/RD), MIBI (EX/Rest) それぞれ  $1.04 \pm 0.99$ ,  $1.06 \pm 0.10$  であり、両者の相関は  $r=0.27$  ( $n=27$ ) と低かったため、LVTD の機序としては心内膜下虚血のみならず、左室 dysfunction 等の多因子の関与が示唆された。

#### 文 献

- 1) Mannting F: Pulmonary thallium uptake: Correlation with systolic and diastolic left ventricular function at rest and during exercise. Am Heart J 119: 1137-1146, 1990
- 2) Homma S, Kaul S, Boucher CA: Correlation of Lung/Heart Ratio of Thallium-201 in Coronary Artery Disease. J Nucl Med 28: 1531-1535, 1987
- 3) 西村恒彦, 植原敏勇, 林田孝平: 運動負荷心筋スキ

- ァンによる虚血の検出およびその重症度評価——肺野の  $^{201}\text{Tl}$  集積, washout rate の併用による——. 核医学 22: 467-475, 1985
- 4) Weiss AT, Berman DS, Lew AS, Nielsen J, Potkin B, Swan HJC, et al: Transient Ischemic Dilatation of the Left Ventricle on Stress Thallium-201 Scintigraphy: A Marker of Severe and Extensive Coronary Artery Disease. *J Am Coll Cardiol* 9: 752-759, 1987
- 5) 杉原洋樹, 片平敏雄, 志賀浩治, 稲垣末次, 中川達哉, 東 秋弘, 他: 運動負荷タリウム心筋シンチグラムにおける一過性左室拡大像の検討. 核医学 26: 1549-1553, 1989
- 6) Taillefer R, Lambert R, Dupras G, Gregoire J, Leveille J, Essiambre R, et al: Clinical comparison between thallium-201 and Tc-99m-methoxy isobutyl isonitrile (hexamibi) myocardial perfusion imaging for detection of coronary artery disease. *Eur J Nucl Med* 15: 280-286, 1989
- 7) Wackers FJT, Berman DS, Maddahi J, Watson DD, Beller GA, Strauss HW, et al: Technetium-99m Hexakis 2-Methoxyisobutyl Isonitrile: Human Biodistribution, Dose, Safety, and Preliminary Comparison to Thallium-201 for Myocardial Perfusion Imaging. *J Nucl Med* 30: 301-311, 1989
- 8) Kiat H, Maddahi J, Roy LT, Train KV, Friedman J, Resser K, 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
- 9) 汲田伸一郎, 西村恒彦, 下永田剛, 植原敏勇, 岡尚嗣, 与小田一郎: 多結晶型ガンマカメラ SIM-400 による RI 心機能解析——臨床応用——. 核医学 28: 1357-1363, 1991
- 10) Baillet GY, Mena IG, Kuperus JH, Robertson JM, French WJ: Simultaneous Technetium-99m MIBI Angiography and Myocardial Perfusion Imaging. *J Nucl Med* 30: 38-44, 1989
- 11) 汲田伸一郎, 西村恒彦, 植原敏勇, 下永田剛:  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI を用いた心機能評価——GATED PLANAR IMAGE による検討——. 核医学 28: 591-597, 1991
- 12) Najm YC, Timmis AD, Maisey MN, Ellam SV, Mistry ER, Curry PVL, et al: The evaluation of ventricular function using gated myocardial imaging with Tc-99m MIBI. *Eur Heart J* 10: 142-148, 1989
- 13) Clausen M, Henze E, Schmidt A, Weller R, Lietzenmayer R, Hellwig D, et al: The contraction fraction (CF) in myocardial studies with Technetium-99m-isonitrile (MIBI)—correlations with radionuclide ventriculography and infarct size measured by SPECT. *Eur J Nucl Med* 15: 661-664, 1989
- 14) Chouraqui P, Rodrigues EA, Berman DS, Maddahi J: Significance of Dipyridamole-Induced Transient Dilatation of Left Ventricle During Thallium-201 Scintigraphy in Suspected Coronary Artery Disease. *Am J Cardiol* 66: 689-694, 1990
- 15) Lette J, Lapointe J, Waters D, Cerino M, Picard M, Gagnon A: Transient Left Ventricular Cavitary Dilatation During Dipyridamole-Thallium Imaging as an Indicator of Severe Coronary Artery Disease. *Am J Cardiol* 66: 1163-1170, 1990

## Summary

### Increased Lung Uptake and Transient Left Ventricular Dilatation at Stress Myocardial Scintigraphy with $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI

Shin-ichiro KUMITA, Tsunehiko NISHIMURA, Toshiisa UEHARA,  
Tsuyoshi SHIMONAGATA, Kohei HAYASHIDA and Tetsuro KATAFUCHI

*Department of Radiology, National Cardiovascular Center, Osaka*

On exercise  $^{201}\text{Tl}$  scintigraphy in coronary artery disease, left ventricular transient dilatation (LVTd) and increased lung uptake were noted as a marker of multivessel critical stenosis.

To compare the two markers of  $^{99m}\text{Tc}$ -methoxyisobutyl isonitrile (MIBI) and  $^{201}\text{Tl}$ , planar and SPECT myocardial scintigraphy were performed with both radiopharmaceuticals in 27 patients with ischemic heart disease.

Lung uptake (lung/max myocardial ratio) of MIBI was significantly lower than that of  $^{201}\text{Tl}$ , but the relationship of the lung uptake was linearly correlated ( $r=0.77$ ).

The LVTd ratio (mean radial ratio=m-RR) was determined by the mean radius of the immediate postexercise short axial image by that of rest (redistribution) image. There was no significant correlation between the m-RR of  $^{201}\text{Tl}$  and that of MIBI ( $r=0.27$ ).

We suggest that the mechanism of LVTd is due to not only subendomyocardial ischemia but also another factors.

**Key words:**  $^{201}\text{TlCl}$ ,  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI, Exercise myocardial imaging, Lung uptake, Left ventricular transient dilatation.