

運動負荷 Tl 心筋 SPECT  
による心筋 viability の再  
評価: 冠動脈バイパス術前  
後での検討

Minimal redistribution  
of thallium-201 repre-  
senting reversible ische-  
mia after coronary by-  
pass surgery: Value of  
quantitative analysis of  
exercise thallium-201  
SPECT

|                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| 大谷 弘                   | Hiroshi OHTANI         |
| 玉木 長良                  | Nagara TAMAKI          |
| Ishtiaque H. MOHIUDDIN | Ishtiaque H. MOHIUDDIN |
| 米倉 義晴                  | Yoshiharu YONEKURA     |
| 小西 淳二                  | Junji KONISHI          |
| 平田 和男*                 | Kazuo HIRATA*          |
| 伴 敏彦*                  | Toshihiko BAN*         |

**Summary**

We previously reported the value of minimal redistribution (MR) of thallium-201 in analyzing quantitative polar map analysis (QNT) which correlated well with metabolic activity on FDG-PET. To determine whether ischemic areas that have redistribution are truly reversible, we performed stress and 3-hr delayed thallium-201 SPECT imaging and radionuclide ventriculography (RNV) in 41 patients with coronary artery disease before and after coronary bypass surgery (CABG). Redistribution (RD) was categorized into 4 grades: complete RD (CR), incomplete RD (IR), MR and persistent defect (PD). MR was defined as the segment that showed  $\geq 2SD$  improvement in more than 1/3 of the area on QNT, but RD was not evident by visual analysis.

1. QNT identified MR in 30 of 56 segments (54%) where PD is noted by visual inspection.
2. The MR segments showed severer wall motion abnormality (wall motion score:  $1.83 \pm 1.12$ ) than did the IR or CR segments ( $0.99 \pm 1.04$ ) ( $p < 0.01$ ), but the wall motion was well preserved, compared to the PD segments ( $2.54 \pm 0.90$ ) ( $p < 0.01$ ).
3. The grade of RD was compared with improvement in regional perfusion and wall motion on

京都大学医学部 放射線核医学科  
\*同 心臓血管外科  
京都市左京区聖護院川原町 54 (〒606)

Departments of Radiology and Nuclear Medicine and  
\*Cardiovascular Surgery, Kyoto University Faculty  
of Medicine, Kawara-cho 54, Shogoin, Sakyo-ku,  
Kyoto 606

Received for publication June 1, 1990; accepted December 1, 1990 (Ref. No. 37-75)

RNV after CABG. Improvement in perfusion was observed in 62 of 77 IR or CR segments (81%) and in 17 of 30 MR segments (57%), but in only 3 of 26 PD segments (12%) ( $p < 0.01$ ).

4. Similarly, improvement in wall motion was observed in 45 of 57 IR or CR segments (79%) and in 22 of 27 MR segments (81%), but in only 5 of 25 PD segments (20%) ( $p < 0.01$ ).

Thus, the MR segments should be considered reversible after CABG. We conclude that QNT of RD should be performed to detect RD which is slight, yet suggestive of viability.

#### Key words

Thallium-201      SPECT      Quantitative analysis      Redistribution      Coronary artery bypass grafting (CABG)

### はじめに

$^{201}\text{Tl}$  心筋シンチグラフィは虚血性心疾患の診断に広く用いられ, とりわけ運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  心筋シンチグラフィにおける再分布現象は心筋蘇生能 (viability) の評価に重要である. このことは治療方針の決定や予後判定, さらには治療効果の判定にも重要な情報を与える. 一般には運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  心筋スキャンの負荷直後像と 3~4 時間像における再分布の有無により, 虚血心筋と壊死心筋とが区別される<sup>1-6)</sup>. しかし, 3~4 時間像の再分布では心筋蘇生能を過小評価する可能性が指摘されている<sup>7-12)</sup>.

この問題を解決すべく, 24 時間後遅延像の撮像<sup>13-15)</sup> や, 安静時再投与<sup>16,17)</sup> などが試みられるようになった. 我々も 3 時間像の定量解析による微小再分布の意義について FDG-PET の所見と対比検討してきた<sup>18)</sup>. 今回は, この微小再分布の領域が可逆的な虚血心筋か否かをみるために, 冠動脈バイパス術 (CABG) 前後における心筋血流および壁運動の改善の有無について検討したので報告する.

### 対象および方法

#### 1. 対象

心筋梗塞 25 例を含む虚血性心疾患 41 例を対象とした. 年齢は 48 歳から 75 歳 (平均  $60.4 \pm 6.8$  歳) で, 男性 34 名, 女性 7 名である. 全例冠動脈病変を有し, 一枝病変 1 例, 二枝病変 13 例 (左主

幹部病変 1 例を含む), 三枝病変 27 例 (左主幹部病変 4 例を含む) であり, 冠動脈バイパス術は有意病変を有する 108 枝中 93 枝 (86%) に行なわれ, 6 枝ではバイパスグラフトの閉塞あるいは有意狭窄がみられたが, 残りの 87 枝 (94%) ではバイパスグラフトの開存が確認されている. なお, 今回の検討では, 術中あるいは術後梗塞が明らかでない例は対象から除いている.

#### 2. 核医学検査

原則として冠動脈バイパス術前の約 1 週間以内と術後約 1 ヶ月後に, 同負荷量の運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT と安静時 RI 心プールのスキャンを施行した.

運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT は, 座位自転車エルゴメーターを用い, 25 ワットより 3 分毎に 25 ワットずつ増加させる多段階運動負荷を行ない, symptom-limited の最大運動負荷時に  $^{201}\text{Tl}$  を約 111 MBq (3 mCi) 静注して, 可能な限り同負荷を 1 分間継続した. 静注 5 分後および 3 時間後に回転型ガンマカメラを用い, LPO 45° から RAO 45° まで 180° 回転 (30 秒  $\times$  32 方向) させデータを収集した<sup>19-22)</sup>.

$^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT 像は 6 mm 間隔の体軸横断層像のほか, 短軸断層像と長軸断層像を再構成した. 心尖部から心基部までの短軸断層像を同心円表示する bull's eye 像を作成し, 正常例のデータに基づき standard deviation (SD) map を作成した.

RI 心プールのスキャンは,  $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT

Table 1. Classification of  $^{201}\text{Tl}$  redistribution

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| Complete redistribution (CR)   | Normalization of $^{201}\text{Tl}$ myocardial distribution on a delayed scan  |
| Incomplete redistribution (IR) | $^{201}\text{Tl}$ myocardial distribution improved but did not normalize on a delayed scan                                  |
| Minimal redistribution (MR)    | $^{201}\text{Tl}$ myocardial distribution did not improve visually but improved by quantitative analysis on a delayed scan* |
| Persistent defect (PD)         | $^{201}\text{Tl}$ myocardial distribution did not improve visually nor by quantitative analysis on a delayed scan           |

\* MR was defined as a segment that showed  $\geq 2\text{SD}$  improvement in more than 1/3 of the area on a delayed bull's eye imaging.

の3時間像撮像後、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  in vivo 赤血球を標識して、トレーサーが全身の血管に平衡状態に達する5分後から、左前斜位と正面の二方向で心電図同期をかけ、1心拍を24等分して300心拍を加算するマルチゲート収集を行ない、動画像にて局所壁運動を評価した。

### 3. 再分布の定義

運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  の再分布の評価には従来の視覚判定のみでは不十分と考え、定量解析を加えた。従来通りに再分布を完全再分布、不完全再分布、固定性欠損と分類するほかに、従来の視覚判定では再分布が明らかでない領域で、定量解析によって初めて再分布が明らかになった場合を“微少再分布”と新たに定義した。今回の定量解析には bull's eye 表示を用い、初期像で血流低下のみられる区域の 1/3 以上の区域において、遅延像上、2SD 以上の改善がみられた場合を分布の改善ありと判定し、これを微少再分布として分類した<sup>18)</sup> (Table 1)。

### 4. 冠動脈バイパス術前後での心筋血流および壁運動の比較

局所心筋血流は、術前後の  $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT の3時間像の左室心筋を5区域(前壁、中隔、心尖、下壁、側壁)に区分し、視覚的に  $^{201}\text{Tl}$  の取り込みを4段階にスコア化して(0=normal, 1=mildly reduced, 2=moderately reduced, 3=severely reduced), 術後の心筋血流の改善の有無について検討した。初期像のスコアが1以上の時に血流異常と考え、術後このスコアが1以上低下

した場合を心筋血流改善、変わらない場合を不変、1以上増加した場合を悪化とした。

局所壁運動は、 $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT 像との対比のために得られた動画像を用いた。正面像で前壁、心尖、下壁、左前斜位の壁運動像で中隔、側壁の計5区域に区分して、各区分の壁運動をそれぞれ5段階にスコア化して(0=normal, 1=hypokinesis, 2=severe hypokinesis, 3=akinesis, 4=dyskinesis), 各群での再分布のスコアの平均を算出した。また術前後の比較では、中隔を除いた4区域で、壁運動スコアが術後1以上少なくなった場合を改善、変わらない場合を不変、1以上多くなった場合を悪化として検討した<sup>23)</sup>。

### 5. 異常 Q 波および冠動脈狭窄度と、再分布を示す各群の関連

$^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT の所見と異常 Q 波との関連を検討するために、異常 Q 波が  $V_{3,4}$  にある時は前壁、 $V_{1,2}$  にある時は中隔、II, III,  $aV_F$  (あるいは  $V_{1,2}$  で R 波の増高)にある時は下壁、I,  $aV_L$ ,  $V_{5,6}$  にある時は側壁の異常とした。

また、冠動脈狭窄度との関連をみるために、左前下行枝(左主幹部を含む)病変では前壁(対角枝を含む)、中隔(対角枝は除く)、右冠動脈病変では下壁、左回旋枝病変(左主幹部を含む)では側壁の異常とし、AHA 分類に基づいて狭窄の程度を分類し、高度狭窄病変( $\geq 99\%$ )について検討した。

なお心尖部はこれらの検討では除外した。

### 6. 統計解析

局所壁運動スコアは平均値とその標準偏差で表

わし, 2 群間の差の検定には t 検定 (unpaired) を用いた. その他の比率の検定には  $\chi^2$  検定を用いた. 検定上,  $p < 0.05$  を有意とみなした.

結 果

1. 冠動脈病変の検出率と  $^{201}\text{Tl}$  所見

術前の運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT により, 41 例中 40 例 (98%) に負荷時の局所心筋血流異常が検出された. 異常所見の検出されなかった 1 例は左主幹部に 75% 狭窄と左前下行枝に 99% 狭窄を有する狭心症例で, 運動負荷が不十分であり, 最大心拍数が 110/分にとどまり, 負荷時に胸痛や ST 変化がみられなかった.

左室心筋を前壁, 中隔, 下壁, 側壁, 心尖部の 5 区域に区分して検討した術前の運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT 所見は, 205 区域中 133 区域 (65%) に局所心筋血流の異常が検出された. 異常所見のみられた 133 区域では, 視覚判定で 77 区域 (58%) に再分布がみられ, 他の 56 区域 (42%) では視覚判定上, 明らかな再分布はみられなかった. 後者のうち, 30 区域 (54%) が定量解析により再分布がある (微少再分布) と判定された (Table 2).

2. 再分布の各群での局所壁運動スコア

冠動脈バイパス術前の運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT 再分布を示す各群で, RI 心プールの動画像から求めた壁運動スコアの平均値を算出した. 正常血流を示す 72 区域の局所壁運動スコアは  $0.49 \pm 0.86$  であった. 完全あるいは不完全再分

Table 2. Regional wall motion score in relation to  $^{201}\text{Tl}$  redistribution

| Tl findings (Delayed scan) | n  | RNV (Wall motion score) |
|----------------------------|----|-------------------------|
| Normal                     | 72 | $0.49 \pm 0.86$         |
| CR or IR                   | 77 | $0.99 \pm 1.04$         |
| MR                         | 30 | $1.83 \pm 1.12$         |
| PD                         | 26 | $2.54 \pm 0.90$         |

\*  $p < 0.01$ .

RNV=radiionuclide ventriculography. Other abbreviations: see Table 1.

布を示した 77 区域では  $0.99 \pm 1.04$ , 微少再分布を示した 30 区域では  $1.83 \pm 1.12$ , 固定性欠損を示した 26 区域では  $2.54 \pm 0.90$  であり, 各群での局所壁運動スコアに有意差がみられ (各  $p < 0.01$ ), 再分布の少ない区域ほど局所壁運動異常が著明であった (Table 2).

3. 再分布を示す各群での異常 Q 波の有無

運動負荷前の安静時, 心電図に異常 Q 波が 21 例の心筋梗塞例でみられた. 心尖部を除いた 164 区域で異常 Q 波の有無について検討した. 31 区域 (19%) が異常 Q 波を有し, 正常血流の区域で 2 区域 (3%), 完全あるいは不完全再分布の区域で 6 区域 (10%) で, これらの区域での異常 Q 波出現の割合は低かった. 一方, 微少再分布の区域では 13 区域 (57%), 定量解析によっても再分布のみられない固定性欠損の区域においても 10 区域 (59%) に異常 Q 波が存在した (Table 3).

Table 3. Number of abnormal Q waves and severity of coronary artery disease in relation to  $^{201}\text{Tl}$  redistribution

| Tl findings (Delayed scan) | n  | ECG (Abnormal Q wave) | CAG ( $\geq 99\%$ stenosis) |
|----------------------------|----|-----------------------|-----------------------------|
| Normal                     | 72 | 2/63 (3%)             | 18/63 (29%)                 |
| CR or IR                   | 77 | 6/61 (10%)            | 38/61 (62%)                 |
| MR                         | 30 | 13/23 (57%)           | 17/23 (74%)                 |
| PD                         | 26 | 10/17 (59%)           | 11/17 (65%)                 |

\*  $p < 0.01$ .

ECG=electrocardiography; CAG=coronary angiography. Other abbreviations: see Table 1.

## 4. 再分布の各群と冠動脈狭窄度

36例は冠動脈造影検査で99%以上の高度狭窄病変を有していた。心尖部を除いた164区域中高度狭窄病変に関連した区域は84区域(51%)であった。正常血流の区域では18区域(29%)であったが、完全あるいは不完全再分布の区域では38区域(62%)、微少再分布の区域では17区域(74%)、固定性欠損の区域では11区域(65%)と、多くの区域に高度狭窄病変が関連していた (Table 3)。

## 5. 冠動脈バイパス術前後の局所心筋血流

冠動脈バイパス術前後における局所心筋血流の比較では、術前に正常血流を示した72区域中1区域で術後に悪化をみたのみで、ほかは術後も正常血流であった。完全あるいは不完全再分布を示した77区域では、62区域(81%)に術後の血流改善がみられた。さらに微少再分布を示した30区域中17区域(57%)でも血流改善がみられ、完全あるいは不完全再分布の区域よりも頻度は少ないが、かなりの区域で術後に血流改善が認められた。一方、固定性欠損を示した26区域ではわずか3区域(12%)に血流改善がみられたのみであった ( $p < 0.01$ ) (Table 4)。

## 6. 冠動脈バイパス術前後の局所壁運動

冠動脈バイパス術前後の局所壁運動の比較では、術前正常血流を示した大部分で、術後も壁運

動は正常のままか改善をみた。また、完全あるいは不完全再分布を示した57区域では、45区域(79%)で術後も壁運動は正常のままか改善をみ、微少再分布を示した27区域でも、22区域(81%)で壁運動は正常のままか改善をみた。一方、固定

Table 5. Relationship between preoperative thallium-201 imaging and improvement in regional wall motion after CABG

| Tl findings<br>(Delayed scan) | Post-operative wall motion |                      |       |
|-------------------------------|----------------------------|----------------------|-------|
|                               | Normal<br>or im-<br>proved | Not<br>im-<br>proved | Total |
| Normal                        | 43                         | 12                   | 55    |
| CR or IR                      | 45                         | 12                   | 57    |
| MR                            | 22                         | 5                    | 27    |
| PD                            | 5                          | 20                   | 25    |
| Total                         | 115                        | 49                   | 164   |

\*  $p < 0.01$ .

Abbreviations: see Tables 1 and 4.

Table 6. Relationship between preoperative thallium-201 imaging and improvement in regional wall motion after CABG between preoperative mild and severe asynergy

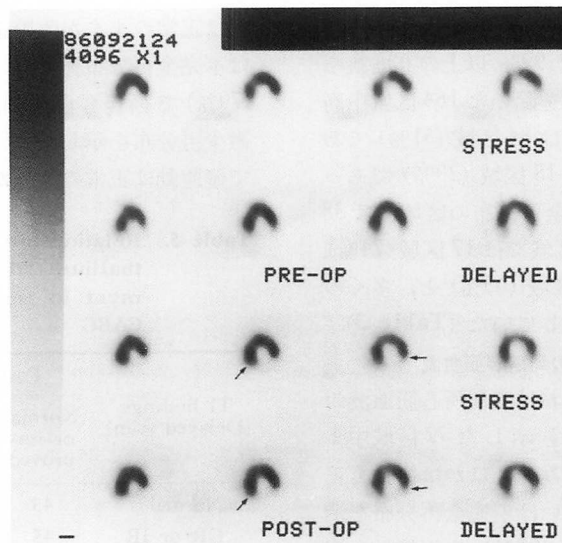
| Tl findings<br>(Delayed scan)   | Post-operative wall motion |                 |       |
|---|----------------------------|-----------------|-------|
|   | Improved                   | Not<br>improved | Total |
| <i>A. Mild asynergy in preoperative RNV (wall motion score: 1 or 2)</i>   |                            |                 |       |
| CR or IR  | 18                         | 10              | 28    |
| MR  | 9                          | 4               | 13    |
| PD  | 1                          | 6               | 7     |
| Total   | 28                         | 20              | 48    |
| <i>B. Severe asynergy in preoperative RNV (wall motion score: 3 or 4)</i> |                            |                 |       |
| CR or IR  | 3                          | 0               | 3     |
| MR  | 9                          | 2               | 11    |
| PD  | 3                          | 14              | 17    |
| Total   | 15                         | 16              | 31    |

Table 4. Relationship between preoperative thallium-201 imaging and improvement in regional perfusion after CABG

| Tl findings<br>(Delayed scan) | Post-operative perfusion |               |                   |       |
|-------------------------------|--------------------------|---------------|-------------------|-------|
|                               | Normal                   | Im-<br>proved | Not im-<br>proved | Total |
| Normal                        | 71                       | 0             | 1                 | 72    |
| CR or IR                      | 0                        | 62            | 15                | 77    |
| MR                            | 0                        | 17            | 13                | 30    |
| PD                            | 0                        | 3             | 23                | 26    |
| Total                         | 71                       | 82            | 52                | 205   |

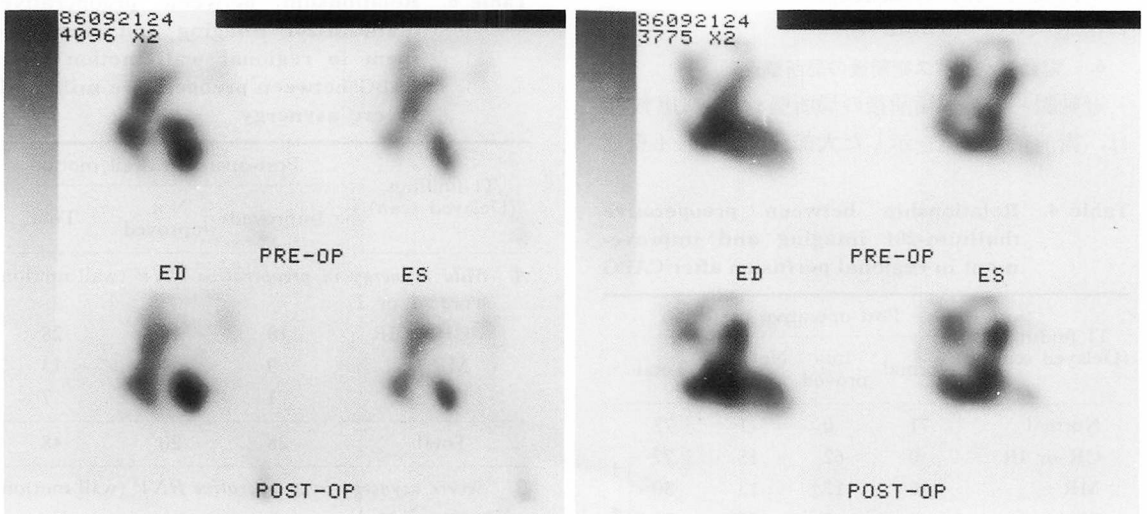
\*  $p < 0.01$ ; †  $p < 0.05$ .

CABG=coronary artery bypass grafting. Other abbreviations: see Table 1.



**Fig. 1. Four representative short-axial slices of pre-operative (top) and post-operative (bottom) stress-delayed  $^{201}\text{Tl}$ -SPECT images of a patient with inferior wall infarction.**

The pre-operative study shows a persistent defect in the inferior and lateral segments by visual qualitative analysis. However, the post-operative study demonstrates slight improvement around the inferior and lateral segments (arrows).



**Fig. 3. Pre-operative (top) and post-operative (bottom) radionuclide ventriculography in the left anterior oblique projection (left) and anterior projection (right) of the same patient as in Fig. 1.**

The pre-operative study shows akinesis in the inferior wall and hypokinesis in the lateral wall. The post-operative study demonstrates improvement in asynergy in the inferior and lateral walls.



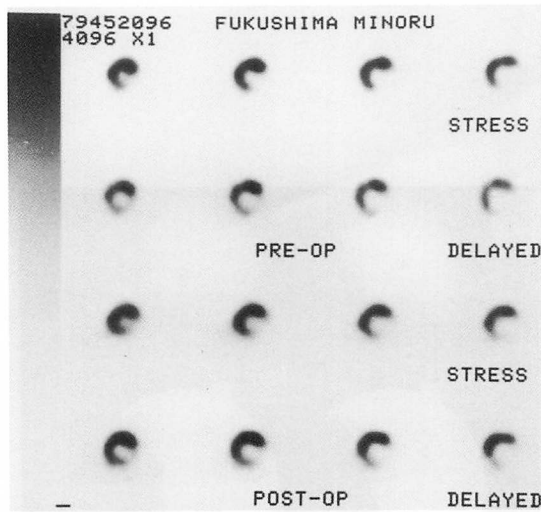
**Fig. 2. Bull's eye images of the same patient as in Fig. 1.**

Significant improvement of distribution is noted in the inferior and lateral segments, suggesting "minimal redistribution" by quantitative analysis.



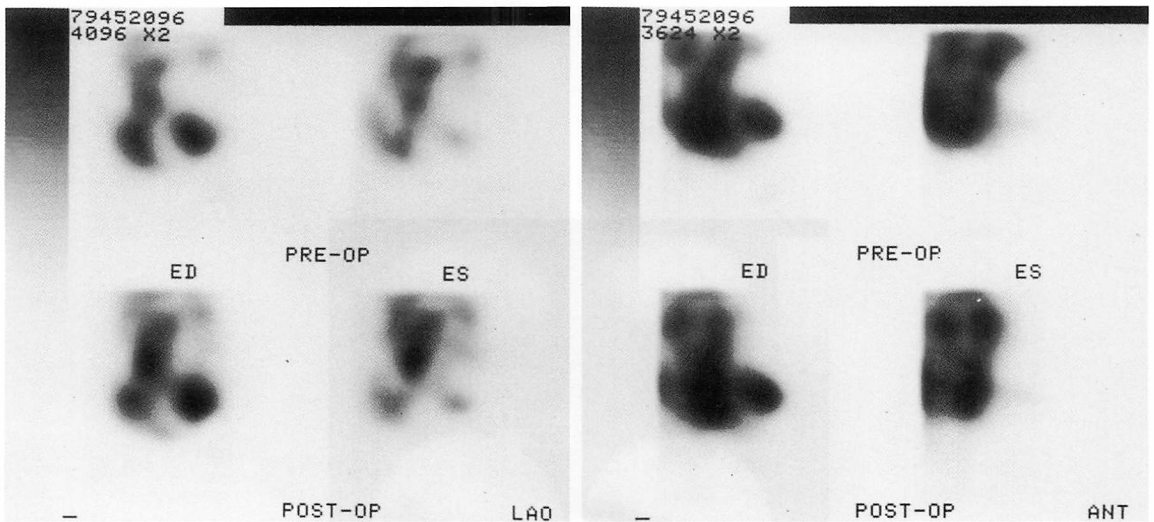
**Fig. 5. Bull's eye images of the same patient as in Fig. 4.**

Distribution in the inferior and lateral segments is not improved (so-called persistent defect by quantitative analysis).



**Fig. 4. Four representative short-axial slices of pre-operative (top) and post-operative (bottom) stress-delayed  $^{201}\text{Tl}$ -SPECT images of a patient with three-vessel disease.**

The pre-operative study shows a persistent defect in the inferior and lateral segments by visual qualitative analysis. The post-operative study does not show improvement in those segments.



**Fig. 6. Pre-operative (top) and post-operative (bottom) radionuclide ventriculography in the left anterior oblique projection (left) and anterior projection (right) of the same patient as in Fig. 4.**

The pre-operative study shows akinesia in the lateral wall and hypokinesia in the inferior wall. The post-operative study does not show improvement in asynergy in the lateral and inferior walls.



性欠損を示した 25 区域ではわずか 5 区域 (20%) で壁運動が正常のままか改善をみたのみであった ( $p < 0.01$ ) (Table 5).

#### 7. 壁運動異常の程度と術後の改善の有無

術前の RI 心プールによる局所壁運動異常の程度を、壁運動スコアを用いて 2 群に分類して術後の壁運動の改善の程度を比較した。壁運動スコアが 1 から 2 までの軽度壁運動異常の区域と、壁運動スコアが 3 から 4 までの高度壁運動異常の区域で、術後の壁運動改善の有無に有意差はみられなかった。軽度壁運動異常の区域では再分布を示す区域が多く (85%)、これらの区域は術後改善がみられることが多かった (66%)。高度壁運動異常の区域でも、再分布を示す区域 (45%) は術後に壁運動の改善がみられた (85%)。しかし壁運動異常の程度に関係なく、定量解析を用いても、再分布のみられない固定性欠損の区域では、術後の壁運動の改善はほとんどみられなかった (Table 6)。

#### 症例呈示

##### 症例 1: 58 歳, 男性 (Figs. 1~3)

右冠動脈と左前下行枝に冠動脈バイパス術が行われた発症 3 ヶ月後の下壁梗塞例である。術前の  $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT の運動負荷時に、下壁および側壁の欠損と、前壁にごく小さな血流低下がみられた。遅延像で下壁、側壁は固定性欠損、前壁は完全再分布と視覚判定された。Bull's eye 表示では下壁、側壁にわずかな分布の改善がみられ、微少再分布と判定された。術後の  $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT では術前に欠損のみられた下壁、側壁の周囲にごく僅かな血流の改善が認められ、RI 心プール像でも、術後に下壁、側壁の壁運動の改善が認められた。

##### 症例 2: 70 歳, 男性 (Figs. 4~6)

三枝に冠動脈バイパス術が行われた狭心症例である。術前の  $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT の運動負荷時に側壁、下壁の欠損がみられた。遅延像でも側壁、下壁は固定性欠損と判定された。Bull's eye 表示でも側壁、下壁の分布の改善はみられず、固

定性欠損と判定された。術後の  $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT では側壁、下壁の血流の改善が認められず、RI 心プール像でも、側壁の壁運動の改善はみられなかった。

#### 考 按

心筋蘇生能の判定は、運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  心筋シンチグラフィにおける再分布の有無を視覚的に判定して行なわれているが<sup>1-6)</sup>、この方法のみでは蘇生能を過小評価する可能性がある<sup>7-12)</sup>。そこで、僅かな再分布のある領域(微少再分布)を新たに分類した際に、この  $^{201}\text{Tl}$  の問題点をある程度解決できるものと考え、今回は FDG との対比を行なった<sup>18)</sup>。しかし、このような領域が可逆的虚血を正しく同定しているか否かをみるには、血行再建術前後での検討が必要である。

今回の検討では、視覚的判定で固定性欠損と判定された区域のうち、約 50% が定量解析法により微少再分布と判定され、前回の検討とほぼ同等の頻度であった<sup>18)</sup>。微少再分布と判定された区域では、術後に約 60% の区域で血流改善をみ、また約 80% の区域で壁運動の改善がみられ、大部分が蘇生可能な心筋を示すものと考えられた。他方、定量解析法を用いて固定性欠損と判定された区域では、術後の血流改善や壁運動改善がみられたのは、20% 未満の区域にとどまった。

心電図上の異常 Q 波の頻度は、視覚的に再分布のみられない領域で高かった。ただし定量解析で再分布が初めて明らかになる微少再分布の領域と固定性欠損の領域では、有意差がみられなかったが、これらの領域での局所壁運動の検討では、微少再分布を示す領域の方が固定性欠損のままの領域に比べ、壁運動異常の程度は軽かった。このことは再分布を示す領域か否かは心筋障害の程度の影響が大であり、微少再分布を示す領域の多くは、固定性欠損の領域に比べ、心筋障害はあるが、残存心筋がある程度存在していると考えられた。

Brunken ら<sup>20)</sup>は、Q 波を有する領域の約 50% に、PET で代謝の残存することを報告しており、

このことは Q 波を有する領域でも, 不可逆的な壊死巣を示しているとは限らないことを示唆している. 以前に我々も, 微少再分布の領域は PET では代謝が残存していることを報告した<sup>12)</sup>が, 今回の検討でも, 微少再分布の領域では Q 波を有することが多いが, 冠血行再建術後に心機能の改善がみられ, これは以前の報告<sup>12)</sup>とよく一致している.

さらに, 高度な壁運動異常がみられても, 僅かながら再分布が認められる領域は, 全く再分布のみられない領域に比べ, 術後の心機能の改善に差がみられることより, 冠血行再建術の適応の決定には, 壁運動異常の有無だけでなく, むしろ <sup>201</sup>Tl の再分布の有無, 特に僅かな再分布の検出が重要と考えられた.

Gutman ら<sup>13)</sup>や Kiat ら<sup>14)</sup>が報告するように, 再分布の程度と冠動脈狭窄度にはある程度関係があり, 微少再分布を示す領域には著明な血流低下が存在すると考えられる. しかし, 今回の我々の検討では, 99% 以上の高度狭窄病変の占める割合は, 再分布のみられる領域とみられない領域とで有意差がなかった. 今回は側副血行路の有無について検討しておらず, また対象例に高度な狭窄病変を有する例が多かったため, 従来の報告と多少の差が生じたものと考えられた.

今回の検討でも, 固定性欠損と判定される領域の一部に, 術後, 血流あるいは壁運動の改善がみられた. これらの領域は冬眠心筋 (hibernating myocardium)<sup>27,28)</sup> のような著明な血流低下があり, 壁運動異常を伴うが, 冠血流が改善されれば壁運動の改善がみられる領域が含まれているのかもしれない. <sup>201</sup>Tl 心筋シンチグラフィでは, このような領域の心筋蘇生能を評価するには限界があると考えられる. 今回の検討では, 術後に心筋血流の悪化がみられ, 術後梗塞あるいは再狭窄・再閉塞と考えられた例は除いたため, 症例中には術後悪化する区域はほとんどなかった. しかし, 不完全再分布, 完全再分布あるいは正常血流の区域における壁運動の検討で不変の区域が比較

的多かったのは, 術前の壁運動異常が軽度のため, 安静時 RI 心プールのスキャンではその差が明瞭とならなかったのかもしれない. 逆に, 微少再分布の区域で壁運動改善がよくみられたのは, 壁運動異常が高度なため, 安静時 RI 心プールのスキャンでもその差がでやすかったためと考えられる. 今回の壁運動評価は安静時のみの検討であり, 今後, 運動負荷を含めた対比検討が必要と考えられた.

今回の検討から, 心筋の蘇生能を判定する上に <sup>201</sup>Tl の再分布の有無は重要であり, 視覚判定で再分布をみる領域のみでなく, 定量解析で僅かでも再分布がみられる領域は, 可逆的虚血病変として扱うべきであり, 臨床的にはたとえ高度の壁運動異常が存在していても, <sup>201</sup>Tl 心筋シンチグラフィ上再分布がみられれば, 残存心筋が存在すると考えられ, したがって積極的な治療の適応があることが示唆された.

## 要 約

運動負荷 <sup>201</sup>Tl 心筋シンチグラフィの微少再分布の意義を検討する目的で, 虚血性心疾患 41 例において, 冠動脈バイパス術前後に運動負荷 <sup>201</sup>Tl SPECT と RI 心プールのスキャンを施行し, 再分布の程度と心筋血流および壁運動の改善の有無とを比較検討した. その際, 術前の <sup>201</sup>Tl の再分布を視覚判定によって完全再分布, 不完全再分布, 固定性欠損に分類するととどまらず, さらに定量解析によって初めて再分布が明らかになる“微少再分布”を加え, 4 種に分類した.

1. 視覚判定で固定性欠損と分類された 56 区域中 30 区域 (54%) は, 定量解析によって微少再分布を有する区域と分類された.

2. 微少再分布を示す区域は, 視覚判定で再分布の明らかな区域に比べて壁運動異常が高度であるが, 固定性欠損のままの区域に比べれば壁運動が保たれていた ( $p < 0.01$ ).

3. 術前後の局所心筋血流の比較では, 完全あるいは不完全再分布を示した 77 区域中 62 区域

(81%)に術後血流改善がみられた。さらに、微少再分布を示した30区域においても、17区域(57%)に血流改善がみられた。一方、固定性欠損を示した26区域では僅か3区域(12%)に血流改善がみられたのみであった( $p < 0.01$ )。

4. 局所壁運動の比較でも、術後壁運動が正常のままか改善がみられた区域は、完全あるいは不完全再分布を示した57区域中45区域(79%)であったが、微少再分布を示した27区域でも、22区域(81%)で壁運動が正常のままか改善がみられた。一方、固定性欠損を示した25区域では、僅か5区域(20%)で壁運動が正常のままか改善をみたにすぎなかった( $p < 0.01$ )。

以上より、微少再分布を示す区域と固定性欠損を示す区域では術後の改善に差がみられ、運動負荷<sup>201</sup>Tl SPECTによる心筋蘇生能の評価においては、視覚判定上再分布のある領域のみでなく、定量解析法で僅かでも再分布がみられる領域も、可逆的虚血病変として扱うべきであると考えられた。

#### 文 献

- 1) Pohost GM, Zir LM, Moore RH, McKusick KA, Guiney TE, Beller GA: Differentiation of transiently ischemic from infarcted myocardium by serial imaging after a single dose of thallium-201. *Circulation* 55: 294-302, 1977
- 2) Verani MS, Jhingran S, Attar M, Rizk A, Quinones MA, Miller RR: Post-stress redistribution of thallium-201 in patients with coronary artery disease, with and without prior myocardial infarction. *Am J Cardiol* 43: 1114-1122, 1979
- 3) Turner JD, Schwartz KM, Logic JR, Sheffield LT, Kansal S, Roitman DI, Mantle JA, Russell RO Jr, Rackley CE, Rogers WJ: Detection of residual jeopardized myocardium 3 weeks after myocardial infarction by exercise testing with thallium-201 myocardial scintigraphy. *Circulation* 61: 729-737, 1980
- 4) Beller GA, Watson DD, Ackell P, Pohost GM: Time course of thallium-201 redistribution after transient myocardial ischemia. *Circulation* 61: 791-797, 1980
- 5) Nielson AP, Morris KG, Murdock R, Bruno FR, Cobb FR: Linear relationship between the distribution of thallium-201 and blood flow in ischemic and non-ischemic myocardium during exercise. *Circulation* 61: 797-801, 1980
- 6) Rozanski A, Berman DS, Gray R, Levy R, Raymond M, Maddahi J, Pantaleo N, Waxman AD, Swan HJC, Matloff J: Use of thallium-201 redistribution scintigraphy in the preoperative differentiation of reversible and nonreversible myocardial asynergy. *Circulation* 64: 936-944, 1981
- 7) Gibson RS, Watson DD, Taylor GJ, Crosby IK, Wellons HL, Holt ND, Beller GA: Prospective assessment of regional myocardial perfusion before and after coronary revascularization surgery by quantitative thallium-201 scintigraphy. *J Am Coll Cardiol* 1: 804-815, 1983
- 8) Liu P, Kiess M, Okada RD, Block PC, Strauss HW, Pohost GM, Boucher CA: The persistent defect on exercise thallium imaging and its fate after myocardial revascularization: Does it represent scar or ischemia? *Am Heart J* 110: 996-1001, 1985
- 9) Brunken R, Schwaiger M, Grover-McKay M, Phelps ME, Tillisch J, Schelbert HR: Positron emission tomography detects tissue metabolic activity in myocardial segments with persistent thallium perfusion defects. *J Am Coll Cardiol* 10: 557-567, 1987
- 10) Tamaki N, Yonekura Y, Yamashita K, Senda M, Saji H, Hashimoto T, Fudo T, Kambara H, Kawai C, Ban T, Konishi J: Relation of left ventricular perfusion and wall motion with metabolic activity in persistent defects on thallium-201 tomography in healed myocardial infarction. *Am J Cardiol* 62: 202-208, 1988
- 11) Tamaki N, Yonekura Y, Senda M, Yamashita K, Koide H, Saji H, Hashimoto T, Fudo T, Kambara H, Kawai C, Konishi J: Value and limitation of stress thallium-201 single photon emission computed tomography: Comparison with nitrogen-13 ammonia positron tomography. *J Nucl Med* 29: 1181-1188, 1988
- 12) Cloninger KG, Depuey EG, Garcia EV, Depasquaje EE, Berger HJ: Incomplete redistribution in thallium-201 single photon emission computed tomographic (SPECT) images: An overestimation of myocardial scarring. *J Am Coll Cardiol* 12: 955-963, 1988
- 13) Gutman J, Berman DS, Freeman M, Rozanski A, Maddahi J, Waxman A, Swan HJ: Time to completed redistribution of thallium-201 in exercise myocardial scintigraphy: Relationship to the

- degree of coronary artery stenosis. *Am Heart J* **106**: 989-995, 1983
- 14) Kiat H, Berman DS, Maddahi J, Yang LD, Train KV, Rozanski A, Friedman J: Late reversibility of tomographic myocardial thallium-201 defects: An accurate marker of myocardial viability. *J Am Coll Cardiol* **12**: 1456-1463, 1988
  - 15) Muto T: Assessment of thallium-201 late redistribution in exercise myocardial SPECT. *Jpn J Nucl Med* **25**: 639-646, 1988
  - 16) Blood DK, McCarthy DM, Sciacca RR, Cannon PJ: Comparison of single-dose and double-dose thallium-201 myocardial perfusion scintigraphy for the detection of coronary artery disease and prior myocardial infarction. *Circulation* **58**: 777-788, 1978
  - 17) Ritchie JL, Albro PC, Caldwell JH, Trobaugh GB, Hamilton GW: Thallium-201 myocardial imaging: A comparison of the redistribution and rest images. *J Nucl Med* **20**: 477-483, 1979
  - 18) Ohtani H, Tamaki N, Yamashita K, Yonekura Y, Magata Y, Saji H, Mohiuddin IH, Nohara R, Kambara H, Kawai C, Hirata K, Ban T, Konishi J: Assessment of myocardial viability by quantitative analysis of stress Tl-SPECT: Comparison with FDG-PET. *Jpn J Nucl Med* **26**: 1389-1398, 1989
  - 19) Tamaki N, Mukai T, Ishii Y, Fujita T, Yamamoto K, Minato K, Yonekura Y, Tamaki S, Kambara H, Kawai C, Torizuka K: Comparative study of thallium emission myocardial tomography with 180° and 360° data collection. *J Nucl Med* **23**: 661-666, 1982
  - 20) Tamaki N, Yonekura Y, Mukai T, Fujita T, Nohara R, Kadota K, Kambara H, Kawai C, Torizuka K, Ishii Y: Segmental analysis of stress thallium myocardial emission tomography for localization of coronary artery disease. *Eur J Nucl Med* **9**: 99-105, 1984
  - 21) Tamaki N, Yonekura Y, Mukai T, Kodama S, Kadota K, Kambara H, Kawai C, Torizuka K: Stress thallium-201 transaxial emission computed tomography: Quantitative versus qualitative analysis for evaluation of coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* **4**: 1213-1221, 1984
  - 22) Nohara R, Kambara H, Suzuki Y, Tamaki S, Kadota K, Kawai C, Tamaki N, Torizuka K: Stress scintigraphy using single-photon emission computed tomography in the evaluation of coronary artery disease. *Am J Cardiol* **53**: 1250-1254, 1984
  - 23) Righetti A, Crawford MH, O'Rourke RA, Schelbert H, Daily PO, Ross J Jr: Interventricular septal motion and left ventricular function after coronary bypass surgery: Evaluation with echocardiography and radionuclide angiography. *Am J Cardiol* **39**: 372-377, 1977
  - 24) Fudo T, Kambara H, Hashimoto T, Hayashi M, Nohara R, Tamaki N, Yonekura Y, Senda M, Konishi J, Kawai C: F-18 deoxyglucose and stress N-13 ammonia positron emission tomography in anterior wall healed myocardial infarction. *Am J Cardiol* **61**: 1191-1197, 1988
  - 25) Yonekura Y, Tamaki N, Kambara H, Senda M, Saji H, Ban T, Kawai C, Konishi J: Detection of metabolic alterations in ischemic myocardium by F-18 fluorodeoxyglucose uptake with positron emission tomography. *Am J Cardiac Imaging* **2**: 122-132, 1988
  - 26) Brunken R, Tillisch J, Schwaiger M, Child JS, Marshall R, Mandelkern M, Phelps ME, Schelbert HR: Regional perfusion, glucose metabolism, and wall motion in patients with chronic electrocardiographic Q wave infarctions: Evidence for persistence of viable tissue in some infarct regions by positron emission tomography. *Circulation* **73**: 951-963, 1986
  - 27) Rahimtoola SH: A perspective on the three large multicenter randomized clinical trials of coronary bypass surgery for chronic stable angina. *Circulation* **8** (Suppl V): V-123-V-135, 1985
  - 28) Braunwald E, Rutherford JD: Reversible ischemic left ventricular dysfunction: Evidence for "hibernating myocardium". *J Am Coll Cardiol* **8**: 1467-1470, 1986