

運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  心筋断層像の  
三次元表示と定量的評価

Three-dimensional display and its quantification of exercise stress myocardial tomography using thallium-201

成田 充啓  
栗原 正  
村野 謙一

Michihiro NARITA  
Tadashi KURIHARA  
Kenichi MURANO

**Summary**

For accurate and stereoscopical delineation of the location and extent of perfusion abnormality by exercise stress myocardial emission tomography using thallium-201, three-dimensional myocardial images (3D image) were reconstructed from ordinary tomograms. We also quantitated perfusion abnormality, with myocardial thickness taken into consideration. We evaluated the usefulness of these 2 methods in patients with coronary artery disease (CAD). Sixty-one patients with 75% or more narrowing of at least one of their major coronary arteries were studied. Myocardial imaging was performed with thallium-201 immediately after exercise stress, and 3 hours thereafter (redistribution) using a rotating gamma camera. We reconstructed 3 routine oblique images and bull's eye maps which included myocardial thallium-201 washout rate maps. In addition to visual interpretation, washout rate abnormality ( $<30\%$ ) was used as a criterion for exercise-induced myocardial ischemia. For reconstruction of 3D image, we used short-axis images. To identify the cardiac surface, an appropriate count threshold level was determined and image elements exceeding the threshold level were considered the cardiac surface. The heart was observed from 16 points around it and the brightness of the cardiac surface was adjusted in accordance with the distance between the observation point and the cardiac surface. Gradient shading was added and a stereoscopic 3D image was obtained. For the quantitative analysis of the perfusion abnormality, we selected short-axis images. By approximating each short-axis image using 2 circles which contacted the epicardial and endocardial surfaces, we readily calculated the total left ventricular myocardial voxel numbers and the perfusion abnormality voxel numbers. The ratio between these 2 parameters was expressed as % defect.

The sensitivity of the 3D image for detecting CAD was 84%, which was similar to that of routine oblique images and the bull's eye method. We also detected the location and extent of perfusion abnormalities and their changes between exercise stress and redistribution in real size and stereoscopically. In patients who had initial myocardial infarction and one-vessel disease but no exercise-induced additional perfusion abnormalities, % defect correlated linearly with the left ventricular ejection fraction ( $r=-0.85$ ,  $p<0.005$ ) and the peak level of the serum cardiac myosin light chain I in the acute phase of myocardial infarction ( $r=0.81$ ,  $p<0.01$ ). In addition, the relationship between % defect and the

住友病院 内科  
大阪市北区中之島 5-2-2 (〒530)

Department of Internal Medicine, Sumitomo Hospital, Nakanoshima 5-2-2, Kita-ku, Osaka 530

Received for publication February 27, 1991; accepted September 2, 1991 (Ref. No. 38-19)

number and/or location of coronary artery stenosis in 22 patients with CAD, in whom exercise-induced perfusion defects had completely resolved at redistribution, showed that % defect is a useful indicator for quantitating perfusion abnormalities.

In conclusion, the extent of perfusion abnormalities can be expressed in the unit of gram with this method.

### Key words

Three-dimensional image      Percent defect      Myocardial tomography with thallium-201      Coronary  
artery disease      Exercise stress

## はじめに

運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  心筋断層法は虚血性心疾患の有用な診断, 評価法として広く臨床応用されてきた<sup>1,2)</sup>. しかし多方面からの多数の断層像の作成は, 心臓全体から虚血部の部位や拡がりをとらえることを時として困難とする. 他方, 心臓の断層面を再構成し, 一枚のマップとして極座標表示するいわゆる bull's eye 法<sup>2-4)</sup>は, 虚血部の部位や拡がりを中心からとらえることを容易にするものの, 心臓の実際の形態を無視しているという欠点を有している. したがって運動負荷によって生じた虚血の部位, 拡がりを正確かつ立体的に把握することを目的に, 三次元画像を断層像より再構築し, その有用性を検討した. また  $^{201}\text{Tl}$  心筋断層画像を用い, 心筋の厚みも考慮して欠損の拡がりを定量的に評価する方法を考案し, 左室心筋容積に対する欠損部心筋容積の比率 (% defect) として表わし, % defect の臨床上の有用性についても検討を加えた.

## 対 象

対象は冠動脈造影上冠動脈の一枝以上に 75% 以上の狭窄を有する冠動脈疾患 61 例で, 男性 45 例, 女性 16 例, 平均年齢は  $63 \pm 11$  歳 (mean  $\pm$  SD) (43-77 歳) である. 35 例では少なくとも一回以上の心筋梗塞の既往を有しており, 36 例では狭心症が存在した. 冠動脈狭窄数に基づいた分類では, 一枝病変 36 例, 二枝病変 15 例, 三枝病変 15 例であった. いずれの症例も虚血性心疾患としては安定した状態の症例である. また, 経皮冠

動脈形成術前後に心筋シンチグラフィを施行した症例が 3 例存在した.

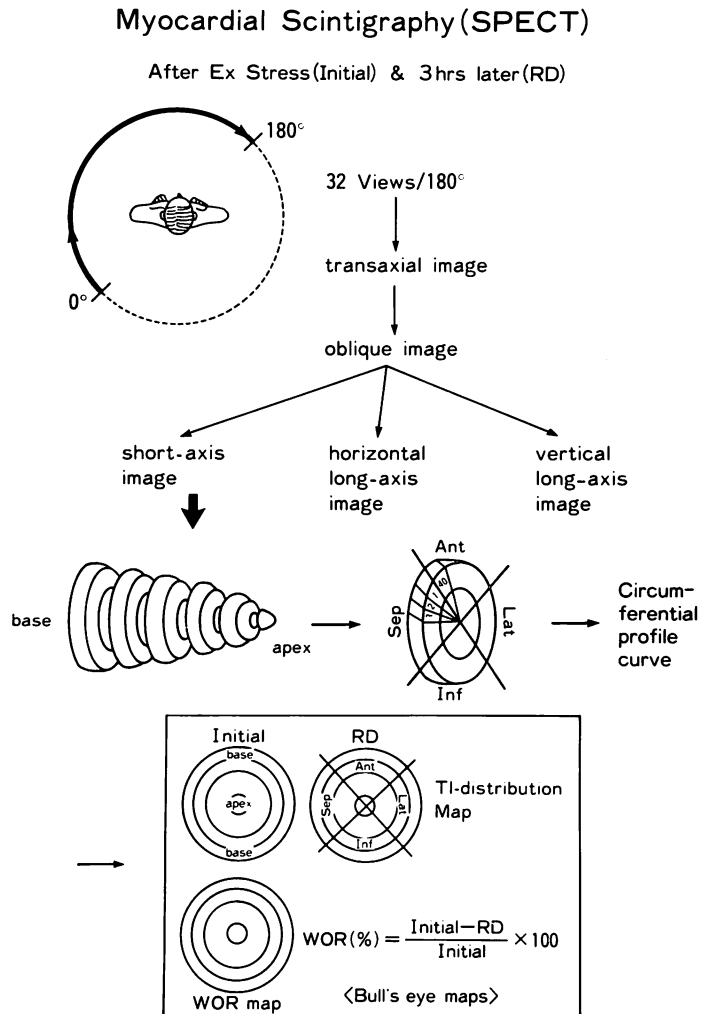
## 方 法

### 運動負荷 $^{201}\text{Tl}$ 心筋断層法

運動負荷は検査前日の夕食後は絶食とし, 午前中に検査を施行した. 運動負荷には自転車エルゴメーターを用い座位で行なった. 初期負荷量は体重 1 kg あたり 1 ワットとし, 3 分ごとに 30 ワットずつ負荷量を増加し, 一定基準に達した時 (狭心症の出現, 重症不整脈の出現, 収縮期血圧の 10 mmHg 以上の低下, 年齢別予測最大心拍数の 85% に至る, 下肢疲労等)  $^{201}\text{Tl}$  111 MBq を静注, さらに 1 分間同レベルの運動負荷を続けた後, 心筋シンチグラムを撮影した. この間心電図は 1 分ごとに 12 誘導を記録し, 血圧はマンシット法で 3 分ごとに測定した<sup>4,5)</sup>. なお抗狭心症薬剤の投与は, 運動負荷前 24 時間中止とした.

心筋断層像撮像には低エネルギー, 汎用コーリメーターを装着した回転型ガンマカメラ (Starcam 400AC/T) を用い, 左後斜位 45 度から右前斜位 45 度の 180 度, 32 方向より撮像した<sup>4,6)</sup> (Fig. 1). 撮像は運動負荷直後と 3 時間後の再分布時に行ない, 負荷直後では 1 方向の撮像時間を 20 秒, 再分布時は 25 秒とした.

負荷時, 再分布時とも Rump-Hanning filter (0.5 cycle/pixel) を用い, filtered back-projection 法により体軸横断断層像を作成した. これには吸収補正は行なわなかった. ついで心長軸を基準に心長軸矢状断層像, 心長軸水平断層像, 短軸断層像の 3 つの oblique image を作成した. 短軸断



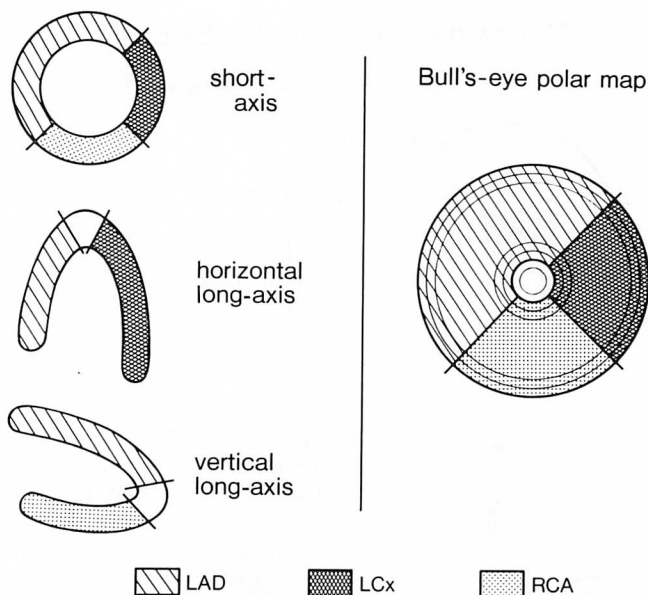
**Fig. 1. The method of exercise stress and redistribution myocardial emission tomography with thallium-201.**

Routine 3 oblique images and bull's eye maps including thallium-201 washout rate map were re-constructed.

層像をもとに、運動負荷時、再分布時での  $^{201}\text{Tl}$  分布の状態、相対応する心筋セグメントでの運動負荷時、再分布時での  $^{201}\text{Tl}$  の変化率 (washout rate) を各々極座標表示した (bull's eye 法)<sup>3,4,6)</sup> (Fig. 1).

運動負荷時に生じた欠損が再分布時に完全に消失した場合 (完全再分布)、または負荷時の欠損が

再分布時に欠損を残すものの縮小した場合 (不完全再分布) には、運動負荷により虚血が生じたものと考えた。また、運動負荷により生じた欠損が再分布時に不変の時、固定性欠損と名付け、心筋壊死を示す所見と考えた。この視覚的判定に加え、bull's eye 法で求めた washout rate が 30% 未満の心筋部は、視覚的な欠損の有無に関わらず、負



**Fig. 2. Myocardial segments showing coronary artery perfusion.**

Perfusion abnormality in the anterior and/or septal segments were interpreted as indicative of left anterior descending coronary artery (LAD) disease; in the lateral segment, circumflex (LCx) disease and in the inferior segment, right coronary artery (RCA) disease.

荷により虚血が生じたものと考えた。ただし運動負荷時の心拍数が 120/分を越えた症例でのみ, washout rate の異常を心筋虚血の診断基準として用いた<sup>4,7)</sup>。

心筋断層像は 5 つの区域(心尖部, 前壁, 中隔, 側壁, 下・後壁)に区分した (Fig. 2)。前壁, 中隔の異常は左前下行枝の病変, 側壁の異常は回旋枝, 下・後壁の異常は右冠状動脈の病変と考えた<sup>2,4)</sup>。

#### 三次元画像の作成

三次元画像の作成にはいずれの oblique image も使用可能であるが, もっぱら短軸断層像を使用した。短軸断層像を三次元方向に均等に拡大, 心臓をこれを取り囲む円軌道上の 16 ヶ所より観察した (Fig. 3)。この円軌道の半径はガンマカメラの有効視野の 1/2 である。ついで心表面認識のカウント閾値レベルを決定した (40-55%)。すなわち, 閾値以上のカウントを有する部分のみ心表面

として認識し, 各視点から心表面の距離に応じて明るさを調整した距離-サーフェスイメージを作成した。この距離-サーフェスイメージに斜めより光を当てることにより, 心表面の凹凸を強調した。これをすべての断層面, かつすべての視点で行なうことにより, 立体感のある三次元画像を作成した。

運動負荷時, 再分布時とも三次元画像を作成, 両者を並列しシネ表示により観察した。

#### % defect の計測

% defect の計測には短軸断層像を用いた。各断層面において, 全体の最高カウントの 35% 未満のカウントを有する画素は欠損として表示した。Fig. 4 に示すごとく, 各断層面の面積中心から心外膜側, 心内膜側に接する近似円の半径 ( $R_i, r_i$ ) を求め, この 2 つの円に囲まれた voxel 数 ( $\pi R_i^2 - \pi r_i^2$ ) を各断層面における心筋量とみなした。ついで欠損に相当する部分の中心角 ( $\alpha_i$ ) を求

1) Create distance-shaded surface images

- i) from 16 View Points
- ii) Count Threshold

2) Add gradient shading to distance surface image

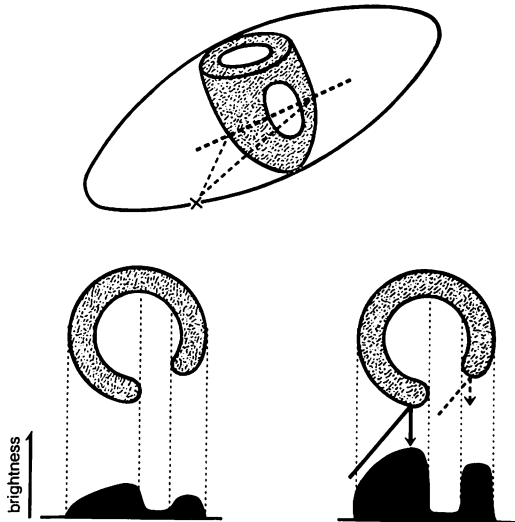


Fig. 3. Reconstruction of three-dimensional image (3D image).

To reconstruct 3D image, short-axis images were selected. At first, the appropriate count threshold level defining cardiac surface was determined and the heart was observed from 16 points around it. The brightness of the cardiac surface was adjusted in accordance with the distance from the observation point to the cardiac surface (distance-shaded surface image). Then, in order to display the surface detail, gradient shading was added.

め、欠損部心筋量 (voxel 数) を  $(\pi R_i^2 - \pi r_i^2) \times \alpha_i / 360$  で求めた。各全断層面で求めたこの2つの変数を各々足し合わせ、両者の比より % defect を求めた。% defect は運動負荷時、再分布時の両者で求めた。

また、bull's eye 法で作成した  $^{201}\text{Tl}$  分布マップでの欠損の拡がりを extent score<sup>2,8)</sup> として求めた。Extent score は、健常例において男女別に作

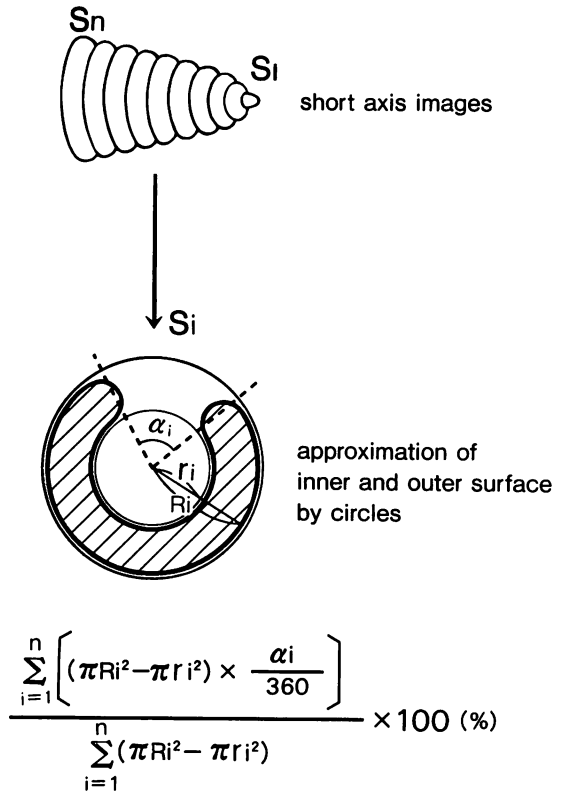


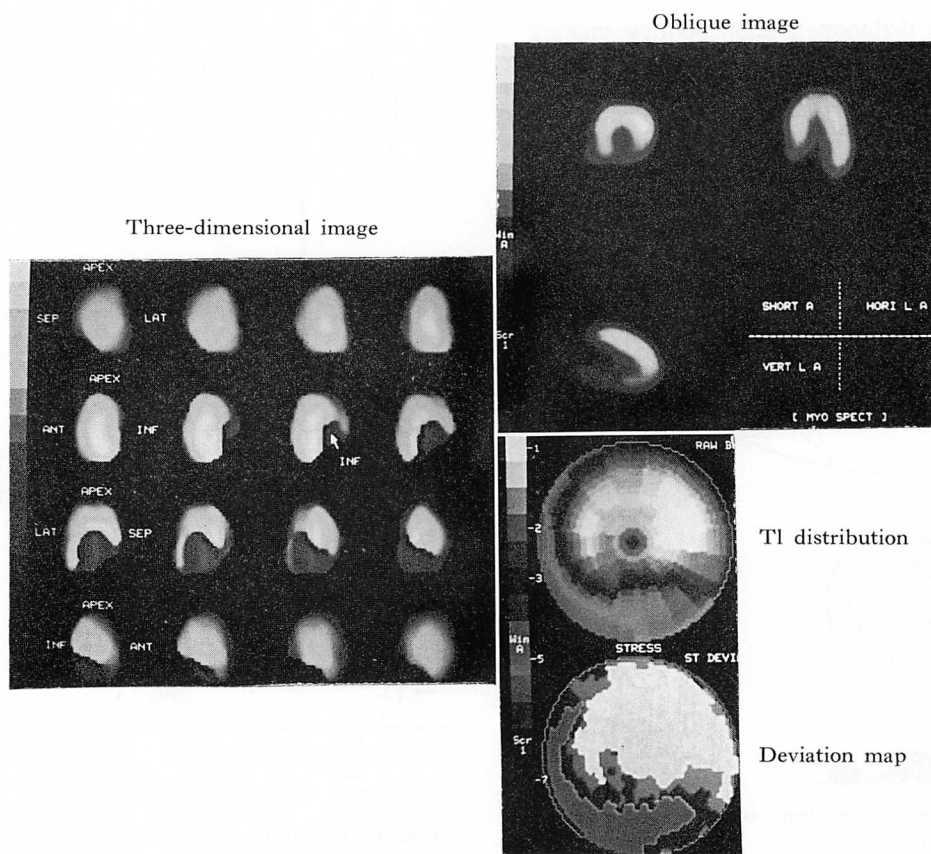
Fig. 4. Calculation of % defect.

In each short-axis image, radii of the 2 circles, which were in contact with the outer and inner surfaces, and the central angle, which corresponded to perfusion defect, were calculated. Then, in each slice, voxel numbers of the entire myocardium and those of the perfusion defect were calculated. By summing these parameters from the apex to the base, % defect was calculated.

成した  $^{201}\text{Tl}$  分布マップの2標準偏差未満の  $^{201}\text{Tl}$  分布を示すピクセル数の、左室全域のピクセル数に対する割合を % で表示したもので、運動負荷時、再分布時の両者で計測した。健常例の  $^{201}\text{Tl}$  分布マップは、我々の施設における健常例のデータより作成したものである。

左室駆出率、心筋ミオシン軽鎖 I の測定

心筋梗塞の急性期より経過を観察し得た初回梗塞の12例で、血中心筋ミオシン軽鎖 I を急性期



**Fig. 5. Three- and two-dimensional images of a patient with right coronary artery disease and exercise-induced perfusion defect at inferior and posterior segments.**

Left: three-dimensional image, right upper: oblique images (short-axis, horizontal long-axis and vertical long-axis images), right lower: bull's eye thallium-201 distribution map and its standard deviation map in which pixels falling below 2 standard deviations from the normal distribution were blackened.

に最低1日1回, 7日間 two-site immunoradiometric assay (IRMA) 法に基づく試験管固相法<sup>9)</sup>により測定した。これらの症例において, 梗塞発症約4週間後に <sup>99m</sup>Tc を用いたマルチゲート心プールシンチグラフィを安静時に行ない, 左室駆出率を求めたが, 本法の詳細は繰り返し報告している<sup>10,11)</sup>ので省略する。

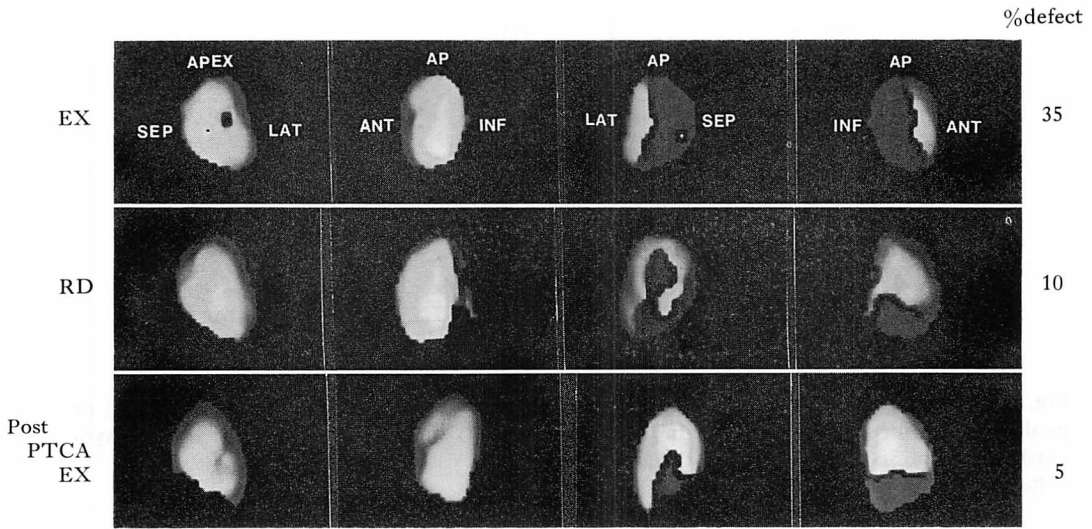
#### 統計解析

各群の平均値は mean±SD で表わした。2群間の比較には Student の t 検定または Yates の

補正を加えた  $\chi^2$  検定を行ない, 危険率が 5% 未満の時有意とみなした。また2つの変数の間の相関は最小自乗法を用いた直線回帰分析を行なった。

#### 結果

全症例で満足 of いく oblique image, bull's eye マップ, 三次元画像が得られた。また, いずれの症例においても, <sup>201</sup>Tl 静注時の心拍数は 120/分を超えていた。



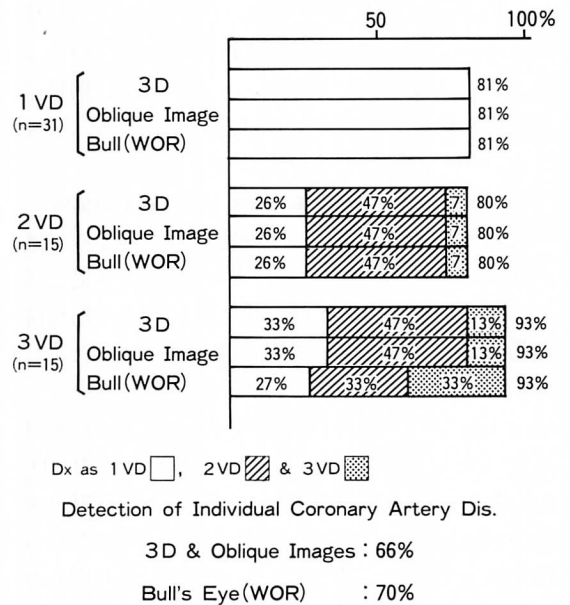
**Fig. 6. Three-dimensional images before and after percutaneous transluminal coronary angioplasty (PTCA) in a patient with triple vessel disease.**

EX=immediately after exercise stress; RD=redistribution.

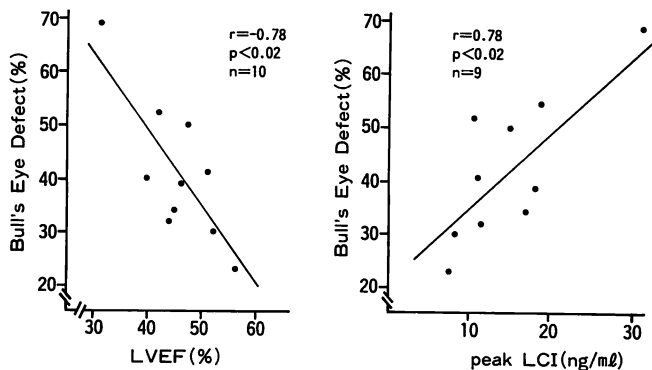
Fig. 5 に示すごとく、三次元画像は心筋灌流欠損を立体的に描写し、bull's eye マップと異なり実際の大きさを反映しており、また oblique image に比べ、その拡がりの把握を容易にした。Fig. 6 は経皮冠動脈形成術 (PTCA) 前後における灌流欠損の状態を示したものであるが、PTCA 前、運動負荷時に出現した欠損 (% defect 35%) が再分布時に改善 (% defect 10%)、PTCA 後の運動負荷時にはさらに改善 (% defect 5%) している状態が、三次元画像により立体的に、かつ real size で把握可能であった。

冠動脈疾患診断の精度

冠動脈疾患の診断率を oblique image, bull's eye 法, 三次元画像の三者で対比検討した (Fig. 7)。冠動脈疾患の存在はいずれの方法でも 61 例中 51 例で検出可能で sensitivity 84% であった。病変冠動脈数別 診断率は一枝病変 25/31 (81%)、二枝病変 12/15 (80%)、三枝病変 14/15 (93%) で、いずれも同一の症例で診断が可能であった。他方、各狭窄冠動脈の診断率は三者で同一ではなく、oblique image, 三次元画像では 106 の狭窄冠動脈



**Fig. 7. Comparison of sensitivity for detecting coronary artery disease among 3 methods (three-dimensional image (3D), oblique image and bull's eye method).**



**Fig. 8. Relationship between % defect and left ventricular ejection fraction (LVEF) or peak value of serum cardiac myosin light chain I (LCI) in patients who have initial myocardial infarction with one vessel disease.**

Both LVEF and LCI correlated well with % defect.

中 70 (66%) で診断可能で, かつこの両者で同一の狭窄冠動脈が診断された. 他方 bull's eye 法では 74/106 (70%) で狭窄冠動脈の診断が可能であった. Bull's eye 法で診断率が向上したのは三枝疾患においてであり, washout rate の異常を適応したことによるものであった. なお, 狭窄冠動脈の診断率に統計学的に有意差は認められなかった. また false positive は存在しなかった.

% defect と左室駆出率, ミオシン軽鎖 I の関係  
初回の心筋梗塞で, 心筋梗塞の急性期より経過が観察された 12 例のうち, 10 例が一枝病変を示し, かつ梗塞発症約 4 週間後に施行した運動負荷心筋シンチグラフィで固定性欠損を示した. したがってこの 10 例で, 心プールシンチグラフィで求めた左室駆出率と % defect の関連を検討したところ, 両者の間には  $r = -0.85$  ( $p < 0.005$ ) の高度の直線的相関が存在した. 因に左室駆出率と bull's eye 法で求めた欠損の拡がり, すなわち extent score との間には,  $r = -0.78$  ( $p < 0.02$ ) の相関が存在した (Fig. 8 左). 左室駆出率との相関係数は % defect の方が extent score より優れていたが, 統計学的に有意ではなかった.

この 10 例中 9 例で梗塞急性期にミオシン軽鎖 I のピークを得ることができたので, % defect と

ミオシン軽鎖 I ピーク値との関連を検討した. 両者の間には  $r = 0.81$  ( $p < 0.01$ ) の高度の相関が存在した. ミオシン軽鎖 I がピークとなったのは, 梗塞発症後第 3 病日から第 5 病日であった. 因に extent score とミオシン軽鎖 I ピーク値の間には,  $r = 0.78$  ( $p < 0.02$ ) が存在した (Fig. 8 右). この両者の相関係数の差は統計学的に有意ではなかった.

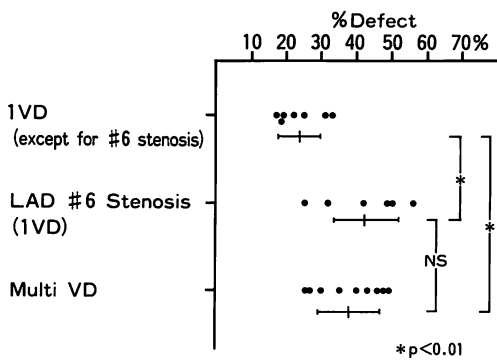
% defect と冠動脈病変数または冠動脈狭窄部位の関係

運動負荷で生じた欠損が再分布時に完全に消失する完全再分布を示した症例は, 22 例存在した. 13 例が一枝病変, 7 例が二枝病変, 2 例が三枝病変であった. 一枝病変のうち 6 例は前下行枝起始部 (segment 6), 3 例は前下行枝 (segment 7 または 8) の, 1 例は回旋枝の, 2 例は右冠状動脈の狭窄症例であった. Fig. 9 に示すごとく, 運動負荷時の % defect は多枝病変例で  $38.2 \pm 8.5\%$ , 前下行枝起始部病変例で  $42.3 \pm 10.7\%$  と, とともに他の一枝病変の  $23.6 \pm 5.9\%$  より有意 ( $p < 0.01$ ) に大であった.

#### 考 按

運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  心筋断層法は, 非観血的な虚血





**Fig. 9. Relationship between exercise-induced % defect and the number or location of coronary stenosis in 22 patients without myocardial infarction.**

In patients with multi-vessel coronary artery disease (multi VD) and one-vessel disease (1VD) with proximal left anterior descending coronary artery disease (LAD #6 stenosis), % defects were significantly greater than those in patients with one-vessel disease except for LAD proximal stenosis.

性心疾患の診断法として有用であるのみでなく、その予後を知る上にも有用であり<sup>12)</sup>、また治療方針の決定にも有用である<sup>13,14)</sup>。しかしこの目的のためには、灌流異常の正確な部位や拡がりを把握することが必要である。しかし一般に用いられる断層像、すなわち oblique image の場合は、多数の断層面を作成するため、むしろ心臓全体から灌流欠損の部位や拡がりを把握する上で、しばしば困難を感じることもある。一方、bull's eye 法は各断層面を1枚の極座標に再構成するため、灌流欠損の部位診断を極めて容易にするが、心基部に至るほど段々と大きな円で心臓を描出するという、心臓の形態を無視した構造を有しているため<sup>3,4)</sup>、欠損の定量評価という面では問題が残されている。他方、三次元画像は灌流異常の部位、拡がりに関して有用な情報をもたらす、負荷時、再分布時での欠損の差を立体的、かつ real size でとらえることを可能とした。また、三次元画像による冠動脈疾患の診断率は oblique image, bull's eye 法と同等(84%)であった。ただし個々の狭窄

冠動脈の診断率は oblique image と同等で66%であったが、bull's eye 法の70%より劣っていた。しかしこの差は統計学的に有意ではなく、bull's eye 法では三次元画像や oblique image では表現することのできない washout rate の異常を利用することによるものであった。

灌流欠損の視覚的判定に加え、定量的な解析は冠動脈疾患の予後や適切な治療の選択に対し、有用な情報をもたらす<sup>12,15,16)</sup>。我々は灌流欠損の定量評価(% defect)のため、心筋の厚みを考慮した。また計測を容易にするため、短軸断層像を選び、心内膜面、心外膜面を同心円で近似した。心筋抽出のカットレベルを35%にしたが、これは我々のバックグラウンドの<sup>201</sup>Tl 活性や、心筋の大きさを変えた欠損を有する心筋ファントム研究に基づいたもので、35%前後のカットレベルが欠損の容積を正しく計測するのに最適であった。またこのカットレベルは、Maublant ら<sup>17)</sup>が実験的心筋梗塞犬で行なった心筋断層法で、梗塞量定量化のため求めた至適カットレベルと同じであった。この% defect の有用性を検討するため初回梗塞、一枝病変で、かつ運動負荷で虚血を生じない症例を対象に、梗塞発症約1ヵ月後に求めた% defect とほぼ同じ時期に施行した心プールシンチグラフィで求めた左室駆出率、および急性期の血清心筋ミオシン軽鎖Iピーク値と対比した。心筋梗塞急性期におけるミオシン軽鎖Iのピーク値が急性梗塞の拡がりを示す有用な指標であり、かつ急性期に冠動脈血栓溶解療法のごとき再灌流療法に成功した症例でも、CPKのように心筋からの washout を受けることなく、梗塞量の定量に十分用い得ることが示されてきた<sup>18,19)</sup>。今回対象とした10例のうち3例は、急性期にurokinaseの全身投与を受けており、したがってミオシン軽鎖Iを選んだ。% defect と左室駆出率、% defect とミオシン軽鎖Iピーク値の間には、各々  $r = -0.85, 0.81$  の高い相関が存在し、灌流欠損の定量法として% defect が有用であることが示された。また統計学的な有意差はないも

の、% defect とこれら2つの変数との相関係数が bull's eye 法で求めた extent score<sup>2,8)</sup> と左室駆出率やミオシン軽鎖 I ピークとの相関係数に比べて良好であったことは、左室の形態を無視した bull's eye 法よりも心筋の厚みをも考慮した我々の方法が、灌流欠損の定量評価法としてより優れていることを示す所見と考えられた。また、運動負荷で誘発された % defect と冠動脈狭窄数や狭窄部位との関係 (Fig. 9) も、灌流欠損の定量法としての % defect の有用性を示す所見と考えられた。

本研究では、灌流欠損の程度を全心筋に対する灌流欠損の割合として相対的に表現したが、実際には各々のパラメーターの voxel 数を求めている。Voxel は一定の容積を有する単位であるため (我々の機種においては 0.114 ml)、実際にはこれに心筋の比重を乗ずることで、心筋重量をグラム単位で算出することも可能である。心電図と同期していない <sup>201</sup>Tl 心筋断層法では、グラム単位でこうした重量を求めることは誤差も大きく、さほど意味があるとも思えないが、<sup>201</sup>Tl より photon flux も多く、したがって心電図同期も可能であり、画像の鮮鋭度も優れた <sup>99m</sup>Tc methyl-isobutyl-isonitrile<sup>20)</sup> のような <sup>99m</sup>Tc 標識心筋灌流イメージング製剤<sup>21)</sup> が用いられるようになれば、グラム単位で灌流欠損を定量化することも可能になると考えられる。

## 結 論

運動負荷 <sup>201</sup>Tl 心筋シンチグラフィを立体的、定量的に評価するため、断層像をもとに三次元画像を再構成するとともに心筋の厚みをも考慮し、心筋全域に対する灌流欠損の比率を % defect として示した。三次元画像は運動負荷、再分布における欠損の変化を左室全体から、立体的に、かつ real size でとらえることを可能とし、冠動脈疾患の診断精度も oblique image の観察や bull's eye 法に比べ、遜色なく、優れた方法と考えられた。また、% defect は運動負荷で梗塞周辺部に虚血

を生じない初回、一枝病変心筋梗塞例において、左室駆出率や急性期における心筋ミオシン軽鎖 I ピーク値と各々  $r = -0.85$ ,  $r = 0.81$  (各々  $p < 0.005$ ,  $p < 0.01$ ) と高い直線相関を示し、また、梗塞のない冠動脈疾患においては、冠動脈の病変数や部位を反映しており、灌流欠損の定量評価に優れた指標と考えられた。本法は将来において、灌流欠損を単に心筋全体からの比率として評価し得るのみでなく、灌流欠損心筋量そのものをグラム単位で示し得る方法と考えられた。

## 要 約

運動負荷 <sup>201</sup>Tl 心筋断層法において、灌流異常の部位、拡がりを正確かつ立体的に表示するため、三次元画像の再構築を行ない、その有用性を検討した。さらに心筋の厚みをも考慮した灌流欠損の定量法を考案し、% defect として表わし、その有用性を検討した。対象は冠動脈の一枝以上に 75% 以上の狭窄を有する冠動脈疾患 61 例 (63 ± 11 歳) で、運動負荷直後および 3 時間後の再分布時に回転型ガンマカメラを用い断層像の撮像を行った。断層像はルーチンの oblique image に加え bull's eye 画像を作成し、<sup>201</sup>Tl washout rate を左室全域にわたって計測した。心筋虚血の診断には画像の視覚的判定の他に、washout rate の異常 (<30%) も用いた。三次元画像は短軸断層像を用い、各症例ごとに適切なスライス表面認識の閾値を決定、断層像の中心より一定の距離を有する円軌道上に 16 ヶ所の視点を設定、視点からの距離等により心表面の輝度を調整し、陰影のついた三次元画像を作成した。% defect の計測には短軸断層像を用い、各断層面を心内膜、心外膜に接する円で近似して計測を容易とし、全心筋 voxel 数に対する灌流欠損の voxel 数の比率を計測した。三次元画像の冠動脈疾患の診断率は 84% と oblique image や bull's eye 法と同一であり、三次元画像は欠損の部位、拡がり、再分布時における欠損の変化を、real size に、かつ立体的に表示し得た。初回梗塞、一枝病変で、かつ運動負荷で

固定性欠損を示した10例での% defectは、左室駆出率、梗塞急性期における血清心筋ミオシン軽鎖Iピーク値と、各々 $r = -0.85$  ( $p < 0.005$ ),  $r = 0.81$  ( $p < 0.01$ )の高い直線相関を示し、% defectの有用性が示唆された。また運動負荷で生じた欠損が再分布で完全に消失した22例で、冠動脈狭窄数、狭窄部位と% defectの関係も、灌流欠損定量評価における% defectの有用性を示唆するものであった。この方法は心筋の厚みをも考慮し、かつvoxel単位で示しているため、灌流欠損の拡がりをグラム単位で表現し得る可能性が示唆された。

## 文 献

- 1) Taylor DN, Choraria SK, Maughan J, Mills J, Picher J: Diagnosis of coronary artery disease using thallium imaging: Tomographic versus planar imaging. *Nucl Med Commun* 10: 401-407, 1989
- 2) Iskandrian AS, Heo J, Askenase A, Segal BL, Helfant RH: Thallium imaging with single photon emission computed tomography. *Am Heart J* 114: 852-865, 1987
- 3) Garcia EV, Van Train K, Maddahi J, Prigent F, Friedman J, Areeda J, Waxman A, Berman DS: Quantification of rotational thallium-201 myocardial tomography. *J Nucl Med* 26: 17-26, 1985
- 4) Narita M, Kurihara T, Murano K, Usami M, Honda M, Tomonobu M, Kanao K: Quantitative analysis of exercise stress thallium-201 myocardial tomography: The evaluation of bull's-eye map representation for the detection of coronary artery disease. *Jpn J Nucl Med* 24: 55-64, 1987
- 5) Narita M, Usami M, Kurihara T: Exercise stress myocardial perfusion scintigraphy with thallium-201. *Jpn Circ J* 43: 191-204, 1979
- 6) Narita M, Kurihara T, Murano K, Usami M: Myocardial perfusion in silent myocardial ischemia: Investigation by exercise stress myocardial tomography with thallium-201. *Jpn Circ J* 53: 1427-1436, 1989
- 7) Narita M, Kurihara T, Murano K, Usami M, Honda M, Tomonobu M, Kanao K: Factors affecting myocardial thallium-201 washout rate after exercise stress and their significance for the detection of coronary artery disease. *Jpn J Nucl Med* 25: 141-150, 1988
- 8) Prigent F, Maddahi J, Garcia E, Van Train K, Friedman J, Berman D: Noninvasive quantification of the extent of jeopardized myocardium in patients with single-vessel coronary disease by stress thallium-201 single-photon emission computerized rotational tomography. *Am Heart J* 111: 578-586, 1986
- 9) Trahern CA, Gere JB, Krauth GH, Bigham DA: Clinical assessment of serum myosin light chain in the diagnosis of acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 41: 641-645, 1978
- 10) Narita M, Kurihara T, Murano K, Usami M, Honda M, Kanao K: Assessment of various systolic phase indexes for the detection of coronary artery disease by multi-gated blood pool imaging at rest. *Jpn J Nucl Med* 19: 409-417, 1982
- 11) Narita M, Kurihara T, Murano K, Usami M, Honda M, Kanao K: Usefulness of diastolic phase indexes by gated cardiac blood pool imaging in patients with coronary artery disease. *Jpn J Nucl Med* 19: 1147-1157, 1982
- 12) Brown KA, Boucher CA, Okada RD, Guiney TE, Newell JB, Strauss HW, Pohost GM: Prognostic value of exercise thallium-201 imaging in patients presenting for evaluation of chest pain. *J Am Coll Cardiol* 1: 994-1001, 1983
- 13) Rozanski A, Berman DS, Gray R, Levy R, Raymond M, Maddahi J, Pantaleo N, Waxman AD, Swan HJC: Use of thallium-201 redistribution scintigraphy in the preoperative differentiation of reversible and nonreversible myocardial asynergy. *Circulation* 64: 936-944, 1981
- 14) Narita M, Kurihara T, Murano K, Usami M, Minamino T, Katoh O, Higashino Y: The usefulness of exercise stress myocardial single photon emission CT with thallium-201 to predict the response to coronary revascularization. *Resp & Circ* 37: 421-428, 1989
- 15) De Busk RF: Specialized testing after recent acute myocardial infarction. *Ann Intern Med* 110: 470-481, 1989
- 16) Maublant JC, Peycelon C, Cardot JC, Verdant J, Fagret D, Comet M: Value of myocardial defect size measured by thallium-201 SPECT: Results of a multicenter trial comparing heparin and a new fibrinolytic agent. *J Nucl Med* 29: 1486-1491, 1988
- 17) Maublant J, Gachon P, Moins N, Duchene-Marullaz P: Quantitation of infarct size in the dog by thallium-201 single photon emission transaxial tomography. *Eur Heart J* 4: 272-279, 1983

成田, 栗原, 村野

- 18) Isobe M, Nagai R, Ueda S, Tsuchimochi H, Nakaoka H, Takaku F, Yamaguchi T, Machii K, Nobuyoshi M, Yazaki Y: Quantitative relationship between left ventricular function and serum cardiac myosin light chain I levels after coronary reperfusion in patients with acute myocardial infarction. *Circulation* **76**: 1251–1261, 1987
- 19) Isobe M, Nagai R, Yamaoki K, Nakaoka H, Takaku F, Yazaki Y: Quantitation of myocardial infarct size after coronary reperfusion by serum cardiac myosin light chain II in conscious dogs. *Circ Res* **65**: 684–694, 1989
- 20) Grucker D, Frolenz P, Oswald T, Chambron J: Myocardial gated tomoscintigraphy with <sup>99m</sup>Tc-methoxy-isobutyl-isonitrile (MIBI): Regional and temporal activity curve analysis. *Nucl Med Commun* **10**: 723–732, 1989
- 21) Strauss HW, Fishman AJ: Cardiovascular nuclear medicine: The next step. *J Nucl Med* **30**: 1123–1128, 1989