

## 《原 著》

運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT の定量解析法による  
心筋 viability の再評価

— FDG-PET との対比検討 —

大谷 弘\* 玉木 長良\* 山下 敬司\* 米倉 義晴\*  
 間賀田泰寛\* 佐治 英郎\* Ishtiaque H. MOHIUDDIN\*  
 野原 隆司\*\* 神原 啓文\*\* 河合 忠一\*\* 平田 和男\*\*\*  
 伴 敏彦\*\*\* 小西 淳二\*

**要旨** 虚血性心疾患30例に運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT とポジトロン CT を施行し、その検査所見を対比して  $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT による心筋 viability の判定について検討した。 $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT 像で血流の低下を示した 104 区域において、視覚法で固定性欠損と判定された 74 区域の中で、Bull's eye 同心円表示法により 31 区域 (42%) に再分布 (微小再分布) を認めた。これらはすべて  $^{18}\text{F}$ FDG の所見より viable な心筋であった。すなわち、視覚法では同定しきれなかった viable な心筋の 49 区域の中で、この定量解析法により、31 区域 (63%) が viable な心筋と正しく同定された。しかしながら、定量解析法を用いても固定性欠損と判定された区域の中で、18 区域 (42%) は  $^{18}\text{F}$ FDG の所見より viable な心筋と判定され、血流情報と代謝情報の相違は残った。以上より、 $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT 像より心筋の viability を評価するためには、定量解析を含めた再分布の有無を検討することが有用であることが示唆された。

## I. はじめに

心筋ポジトロン CT (PET) は、心筋局所の血流分布のみならず、エネルギー代謝より虚血の程度を評価できる優れた手法である。PET による代謝画像で最もよく用いられる  $^{18}\text{F}$ -フルオロデオキシグルコース ( $^{18}\text{F}$ FDG) は糖代謝を反映し、この  $^{18}\text{F}$ FDG の集積の有無より心筋 viability の判定が可能である<sup>1,2)</sup>。

一方、 $^{201}\text{Tl}$  心筋シンチグラフィは虚血性心疾患の診断だけでなく、治療方針の決定や治療効果の判定に広く用いられており、特に運動負荷

$^{201}\text{Tl}$  心筋スキャンの再分布の有無は局所心筋の viability を判定するうえで有用である。確かに運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  心筋スキャンで再分布のある領域は虚血心筋、再分布のない固定性欠損部は梗塞心筋と判定される<sup>3,4)</sup>。しかし、この固定性欠損部の一部に血行再建術後に回復する可逆的な虚血心筋が含まれることが報告され<sup>5,6)</sup>、その判定には限界がある。

そこで、心筋糖代謝の面から心筋 viability を判定できる  $^{18}\text{F}$ FDG と、広く臨床の場で用いられている運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT とを対比することにより、 $^{201}\text{Tl}$  評価法の有用性と限界を検討するとともに、 $^{201}\text{Tl}$  による心筋 viability 判定の新しい解析も試みた。

## II. 対象および方法

## 1) 対 象

運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT と PET をほぼ同時期に施行し得た虚血性心疾患30例を対象とした。

\* 京都大学医学部放射線核医学科

\*\* 同 第三内科

\*\*\* 同 心臓血管外科

受付：元年 5 月 31 日

最終稿受付：元年 8 月 4 日

別刷請求先：京都市左京区聖護院川原町 54 (☎ 606)

京都大学医学部放射線核医学科

大 谷 弘

年齢は46歳から70歳まで(平均 56.9 歳)で、すべて男性であった。そのうち26例は心筋梗塞の既往があり、5 例は経皮的冠動脈拡張術後、9 例は冠血行再建術後例であった。

## 2) 運動負荷 $^{201}\text{Tl}$ 心筋 SPECT

運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT は、自転車エルゴメータを用い、25ワットより3分ごとに25ワットずつ増加させる多段階運動負荷を用い、Symptom limited の最大運動負荷時に  $^{201}\text{TlCl}$  を 111 MBq (3 mCi) 静注し、同負荷を1分間継続した。静注10分以内および3時間後に回転型ガンマカメラを用い、LPO  $45^\circ$  から RAO  $45^\circ$  まで  $180^\circ$  回転 (30 秒  $\times$  32 方向) しデータを収集した。得られた  $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT 像は、6 mm 間隔の体軸横断層像のほか、短軸断層像や長軸断層像を再構成した。また、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、Initial 像、Delayed 像、Washout rate 像を得、それぞれに正常例のデータに基づき Standard deviation (SD) map も作成した<sup>7)</sup>。

## 3) PET

一方、PET は運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT 検査の前後1か月以内に施行した。既報のごとく  $^{13}\text{N}$  および  $^{18}\text{F}$  を院内サイクロトロンにて生産し、おのおの  $^{13}\text{N}$ -アンモニアと  $^{18}\text{F}$ FDG を精製した<sup>8)</sup>。PET は全身用多断層 PET 装置 POSITOLÓGICA III<sup>9)</sup> を用いた。まず標準線源を用いてブランクスキャンを行い、その後患者の位置決めを行い、吸収補正のためのトランスミッションスキャンを行った。ミリポアフィルターを通過させた後浸透圧

を調整した  $^{13}\text{N}$ -アンモニア 370~740 MBq (10~20 mCi) を安静時に静注し、3分後より5分間および8分間の2回のスキャンを行い、8 mm 間隔の14断面の体軸横断層像を得た<sup>10)</sup>。 $^{18}\text{F}$ FDG 検査は日を改めて食後5時間以上の空腹安静時に  $^{18}\text{F}$ FDG 74~259 MBq (2~7 mCi) を静注し、60分後より5~10分間の2回のスキャンを行い、 $^{13}\text{N}$ -アンモニアと同様に14断層像を得た<sup>11)</sup>。

## 4) 運動負荷 $^{201}\text{Tl}$ 心筋 SPECT と PET の解析と対比

運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT では従来の視覚法で判定するほかに、作成した Bull's eye 像を用いた定量解析も併用した。中心から4スライスを心尖部、その外側の5から15スライスを等間隔に前壁、中隔壁、下壁、側壁の5つの区域に分けた (Fig. 1)。得られた Initial 像と Delayed 像は SD map より Normal perfusion (mean  $-2$  SD 以内), Mild hypoperfusion (mean  $-2$  SD ~ mean  $-5$  SD), Moderate hypoperfusion (mean  $-5$  SD ~ mean  $-7$  SD), Severe hypoperfusion (mean  $-7$  SD 以下) の4段階に分類し、Washout rate 像も SD map より Normal washout rate (mean  $-2$  SD 以内), Mild slow washout rate (mean  $-2$  SD ~ mean  $-5$  SD), Moderate slow washout rate (mean  $-5$  SD ~ mean  $-7$  SD), Severe slow washout rate (mean  $-7$  SD 以下) に分類した。また、再分布の判定には従来の視覚法のみでは不十分と考え、Bull's eye 同心円表示法を用いて  $^{201}\text{Tl}$  の運動負荷時と3時間後の分布を定量的に解析した。すなわち再分布を完全再分布、不完全再分布、微少再分布 (minimal

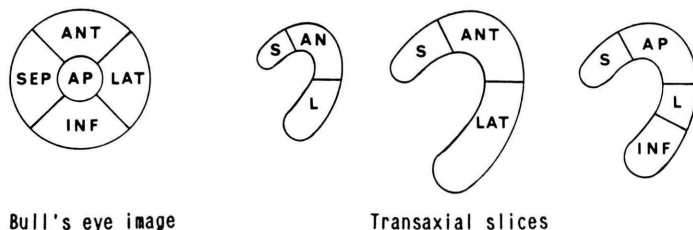


Fig. 1 Schematic presentation of Bull's eye image and three transverse slices of left ventricular myocardium displaying 5 segments: ANT (AN)=anterior; SEP=septal; AP=apical; LAT (L)=lateral; INF=inferior segments.

redistribution) と固定性欠損の 4 段階に分類した。微少再分布とは、従来の視覚法のみでは固定性欠損と判定された区域で Delayed 像の Bull's eye 表示法による SD map で 2 SD 以上の改善がその区域の 1/3 以上にみられた場合と新たに定義した (Table 1)。

PET 像は体軸横断断層像を 5 つの区域に分け (Fig. 1), おおのこの区域の  $^{13}\text{N}$ -アンモニアによる安静時血流分布, および  $^{18}\text{F}$ FDG による安静時糖代謝分布の所見より 3 つに分類した。すなわち血流も糖代謝も正常な区域を安静時正常心筋, 血流は低下するも糖代謝の亢進する区域を虚血心筋, 血流も糖代謝も低下している区域を梗塞心筋とした<sup>1,2)</sup>。

虚血性心疾患 30 例の 150 区域について, 運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT 像の取り込みの程度, 再分布の程度および Washout rate の低下の程度を PET の所見と対比検討した。

### III. 結 果

#### 1. $^{201}\text{Tl}$ の心筋への取り込みの程度と PET との対比

運動負荷時の  $^{201}\text{Tl}$  の心筋への取り込みが mean - 5 SD 以下の 71 区域では, 65 区域 (92%) が PET で虚血心筋あるいは梗塞心筋と判定されたが, mean - 2 SD ~ mean - 5 SD の軽度低下の 34 区域では, PET で 20 区域 (59%) が正常心筋と判定された (Table 2)。また, Delayed 像の  $^{201}\text{Tl}$  の心筋への取り込みの検討では mean - 7 SD 以下の高度低下を示す 25 区域においても, PET では 17 区域 (68%) で虚血心筋と判定された (Table 3)。以上より  $^{201}\text{Tl}$  の心筋への取り込みと PET の所見とは相関がなく,  $^{201}\text{Tl}$  の心筋への取り込みのみでは心筋の viability を判定するのは困難と考えられた。

#### 2. $^{201}\text{Tl}$ の再分布の程度と PET との対比

完全再分布を示した 6 区域と不完全再分布を示した 24 区域は, PET で 1 区域を除いてすべて正常心筋か虚血心筋と判定され, viable な心筋と考えられた。従来の視覚法では固定性欠損とされた 74

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

Complete redistribution	Normalization of $^{201}\text{Tl}$ myocardial distribution on delayed scan
Incomplete redistribution	$^{201}\text{Tl}$ myocardial distribution improved but not normalized on delayed scan
Minimal redistribution	$^{201}\text{Tl}$ myocardial distribution not improved visually but improved by Bull's eye image on delayed scan
Persistent defect	$^{201}\text{Tl}$ myocardial distribution not improved visually or by Bull's eye image on delayed scan

**Table 2** Comparison of stress  $^{201}\text{Tl}$  uptake with PET findings

Stress $^{201}\text{Tl}$ uptake	PET findings			
	Normal	Ischemia	Scar	Total
-- 2 SD	43	1	1	45
- 2 SD - 5 SD	20	7	7	34
- 5 SD - 7 SD	5	12	7	24
- 7 SD -	1	35	11	47
Total	69	55	26	150

**Table 3** Comparison of delayed  $^{201}\text{Tl}$  uptake with PET findings

Delayed $^{201}\text{Tl}$ uptake	PET findings			
	Normal	Ischemia	Scar	Total
-- 2 SD	53	2	3	58
- 2 SD - 5 SD	15	19	11	45
- 5 SD - 7 SD	1	17	4	22
- 7 SD -	0	17	8	25
Total	69	55	26	150

区域の中で, Bull's eye 表示法により 31 区域 (42%) は再分布を認め, 微少再分布と新たに分類された。これらの区域はすべて PET で viable な心筋と判定された。すなわち, 従来の視覚法では同定しきれなかった viable な心筋 49 区域のうち, この Bull's eye 表示法で 31 区域 (63%) を正しく同定し得た。しかしながら, 本法を用いても再分布のない固定性欠損の 43 区域の中で, 18 区域 (42%) は



**Table 4** Comparison of  $^{201}\text{Tl}$  redistribution with PET findings

$^{201}\text{Tl}$ redistribution	PET findings			Total
	Normal	Ischemia	Scar	
Normal	46	0	0	46
Complete redistribution	3	3	0	6
Incomplete redistribution	7	16	1	24
Minimal redistribution	9	22	0	31
Persistent defect	4	14	25	43
Total	69	55	26	150

**Table 5** Comparison of  $^{201}\text{Tl}$  washout rate with PET findings

$^{201}\text{Tl}$ washout rate	PET findings			Total
	Normal	Ischemia	Scar	
--2 SD	42	15	15	72
-2 SD--5 SD	15	9	7	31
-5 SD--7 SD	8	12	4	24
-7 SD--	4	19	0	23
Total	69	55	26	150

PET にて正常心筋あるいは虚血心筋と判定され、この固定性欠損にも viable な心筋を含む可能性が示唆された (Table 4).

### 3. $^{201}\text{Tl}$ の Washout rate と PET との対比

3 時間後の Washout rate の低下が mean-5 SD までの軽度低下の区域は、PET にて正常心筋 55%、虚血心筋 23%、梗塞心筋 21% と種々の心筋が含まれていたが、Washout rate の低下が著しい mean-5 SD 以下の区域では、PET にて正常心筋 26%、虚血心筋 66%、梗塞心筋 9% であった。特に、Washout rate が mean-7 SD 以下の区域では、すべて viable な心筋であり、Washout rate の評価が心筋 viability の解析に役立つことが示唆された (Table 5).

### 4. 症例呈示

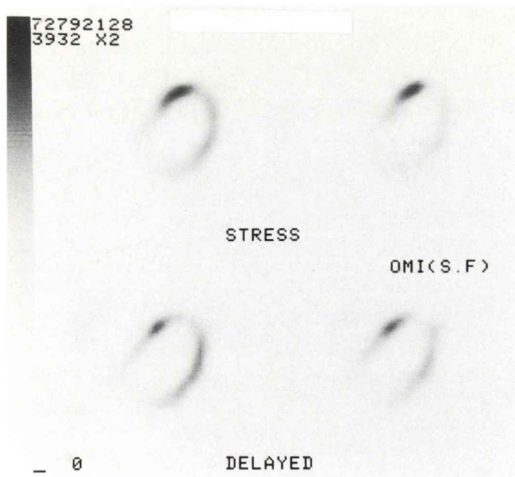
3 症例の運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT 像と PET 像を供覧する。

【症例 1】59 歳男性：発症 1 年 6 か月後の下壁梗塞で、冠動脈造影上右冠動脈の完全閉塞と左前

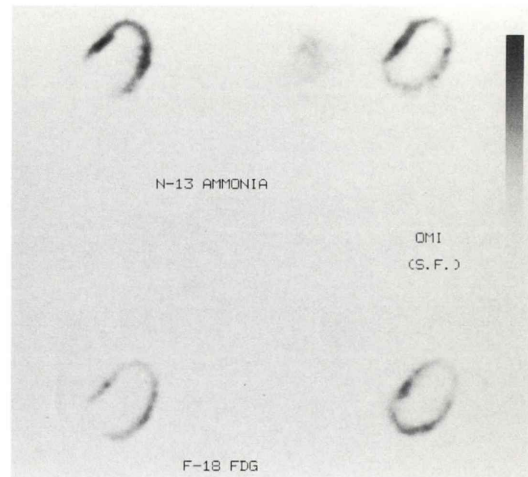
下行枝に 90% 狭窄のある 2 枝病変例である。運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT 像では負荷時に下壁と側壁に血流の低下を認め、3 時間後像で側壁には再分布を認めるが、下壁の再分布は明らかでなく、視覚法では側壁は不完全再分布、下壁は固定性欠損と考えられた (Fig. 2)。同例の PET 像では、安静時の  $^{13}\text{N}$ -アンモニア血流分布像で下壁と側壁に血流低下を認め、 $^{18}\text{F}$ FDG による糖代謝像では下壁と側壁に集積の増加を認め虚血心筋と判定した (Fig. 3)。同例の Bull's eye 同心円表示法では固定性欠損と考えられた下壁に明らかな分布の改善がみられ、下壁は微少再分布と判定された (Fig. 4)。

【症例 2】56 歳男性：発症 1 か月後の前壁下壁梗塞で、冠動脈造影上右冠動脈の完全閉塞と左前下行枝に 90% 狭窄のある 2 枝病変例である。運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT 像で負荷時に前壁と中隔および下壁に血流の低下を認め、3 時間後像でも同部位の再分布は明らかでなく固定性欠損と考えられた (Fig. 5a, b)。同例の PET 像では、安静時の  $^{13}\text{N}$ -アンモニア血流分布像で前壁と中隔および下壁に血流の低下を認め、 $^{18}\text{F}$ FDG による糖代謝像では前壁と中隔に集積の増加を認め、同部位は虚血心筋と判定された (Fig. 6)。同例の Bull's eye 同心円表示法により、中隔と下壁では再分布は認められず固定性欠損と判定された。しかし、前壁にはわずかな再分布 (微少再分布) と Washout rate の著明な低下が認められた (Fig. 7)。

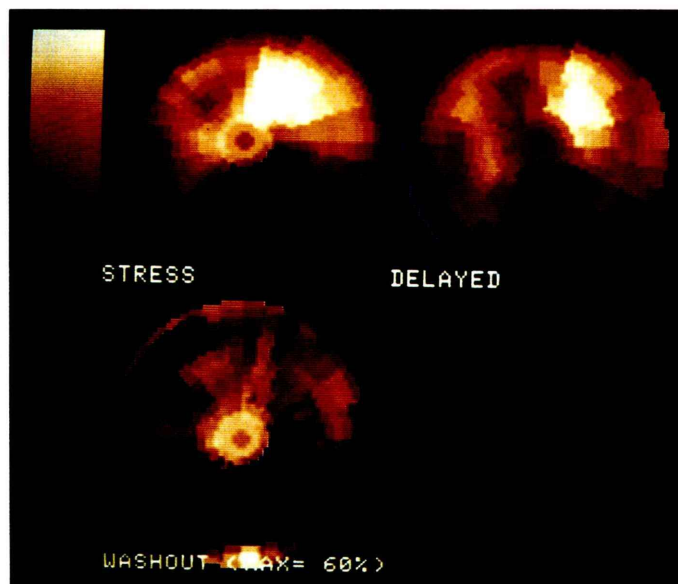
【症例 3】58 歳男性：発症 1 か半月後の下壁梗塞例で、冠動脈造影上右冠動脈と左回旋枝の完全閉塞および左前下行枝に 75% 狭窄のある 3 枝病変例である。運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT 像で負荷時に下壁と側壁および心尖部に血流の低下を認め、3 時間後像でも同部位の再分布は明らかでなく、 $^{201}\text{Tl}$  の心筋への取り込みも mean-7 SD 以下の高度低下を示した (Fig. 8a, b)。同例の PET 像では、安静時の  $^{13}\text{N}$ -アンモニア血流分布像で下壁と側壁および心尖部に血流の低下を認め、 $^{18}\text{F}$ FDG による糖代謝では下壁と側壁に集積の増加を認め、これらの部位は虚血心筋と判定され、集積のみられない心尖部は梗塞心筋と判定された



**Fig. 2** Two representative transverse slices of stress (top) and delayed (bottom)  $^{201}\text{Tl}$ -SPECT images of a patient with inferior wall infarction. No improvement of distribution in inferior wall is noted on delayed images.



**Fig. 3** Two representative slices of PET images using  $^{13}\text{N}$ -ammonia (top) and  $^{18}\text{F}$ -FDG (bottom) of the same patient (Fig. 2). Perfusion defect with increasing  $^{18}\text{F}$ -FDG uptake in inferior and lateral walls is noted.



**Fig. 4** Bull's eye images of the same patient (Fig. 2). Improvement of distribution in inferior wall is noted on delayed images.

Fig. 5a

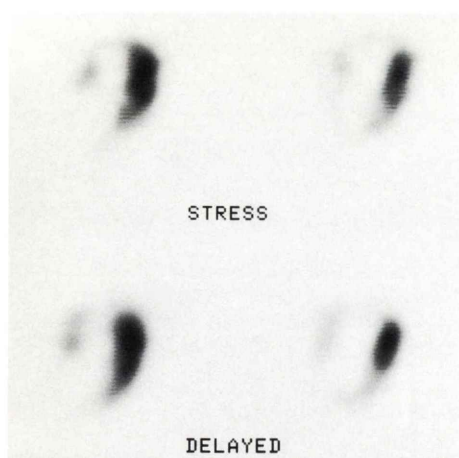


Fig. 5b

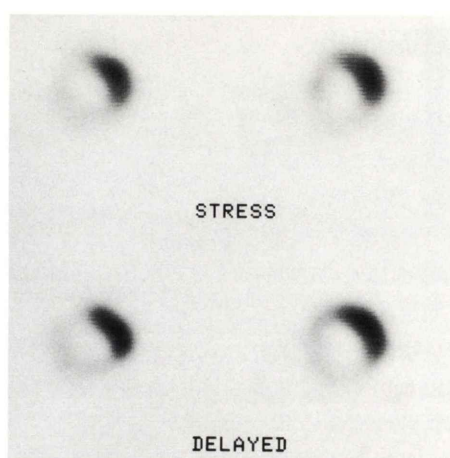


Fig. 6

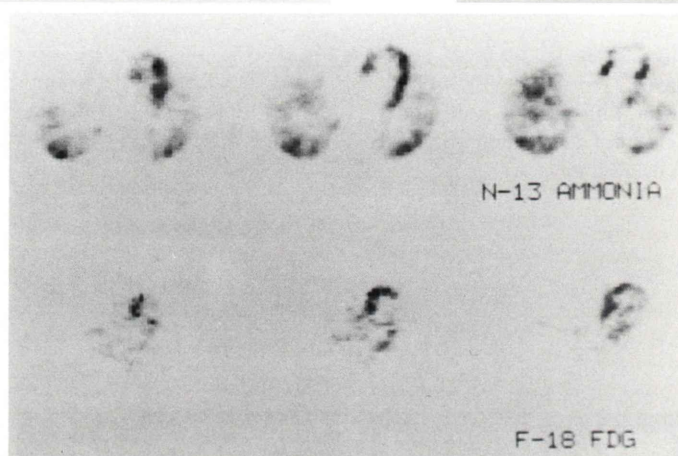
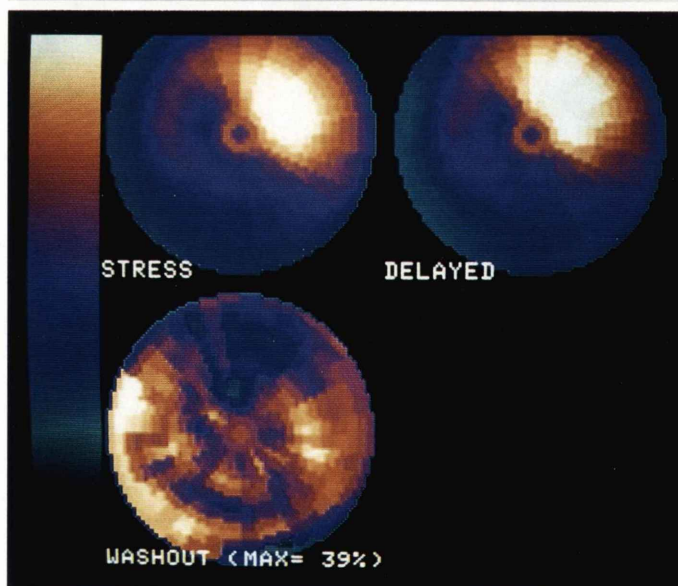
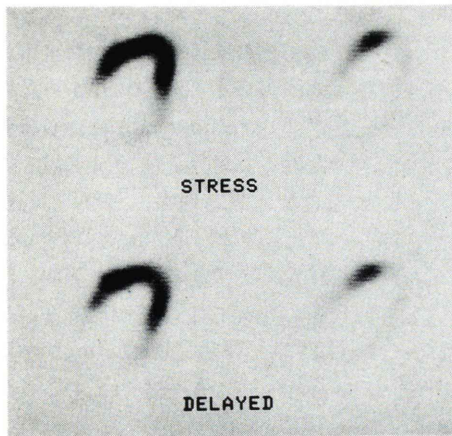


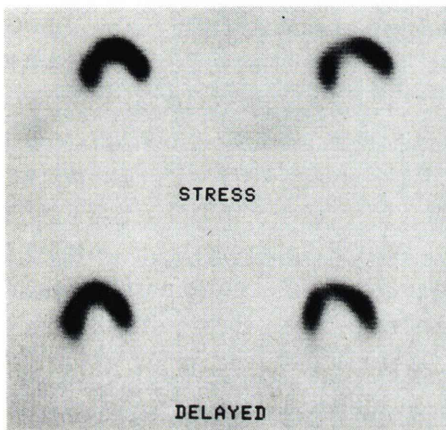
Fig. 7





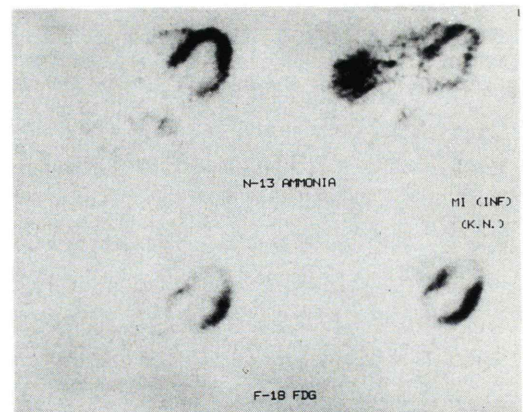


a



b

**Fig. 8** Two representative transverse slices of stress (top) and delayed (bottom)  $^{201}\text{Tl}$ -SPECT images (a) and short axial slices of stress (top) and delayed (bottom)  $^{201}\text{Tl}$ -SPECT images (b) of a patient with inferior wall infarction. No improvement of distribution in inferior, lateral and apical walls is noted on delayed images.



**Fig. 9** Two representative slices of PET images using  $^{13}\text{N}$ -ammonia (top) and  $^{18}\text{F}$ FDG (bottom) of the same patient (Fig. 8). Perfusion defect with increasing  $^{18}\text{F}$ FDG uptake in inferior and lateral walls is noted. But perfusion defect with no  $^{18}\text{F}$ FDG uptake in apical wall is noted.

(Fig. 9). なお、下壁と側壁は Bull's eye 同心円表示法により微少再分布と判定されている。

#### IV. 考 案

運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT は虚血性心疾患の診断と予後、さらには治療方針と治療効果の判定に役立てられている。とりわけその再分布の有無は、虚血心筋と梗塞心筋を区別できると考えられている<sup>3,4)</sup>が、最近その問題点が指摘されている<sup>5,6,12-14)</sup>。これには  $^{201}\text{Tl}$  自体の問題として、エネルギーが低いために散乱と吸収の影響が大きく画質が不鮮明となり、分布の詳細な変化の解析が困難なこと、また半減期が長く一回の投与により分布の改善(再分布)の有無を判定しなければなら

**Fig. 5** Two representative transverse slices of stress (top) and delayed (bottom)  $^{201}\text{Tl}$ -SPECT images (a) and short axial slices of stress (top) and delayed (bottom)  $^{201}\text{Tl}$ -SPECT images (b) of a patient with anterior and inferior wall infarction. No improvement of distribution in anterior, septal and inferior walls is noted on delayed images.

**Fig. 6** Two representative slices of PET images using  $^{13}\text{N}$ -ammonia (top) and  $^{18}\text{F}$ FDG (bottom) of the same patient (Fig. 5). Perfusion defect with increasing  $^{18}\text{F}$ FDG uptake in anterior and septal walls is noted. But perfusion defect with no  $^{18}\text{F}$ FDG uptake in inferior wall is noted.

**Fig. 7** Bull's eye images of the same patient (Fig. 5). No improvement of distribution in septal and inferior walls is noted. But severe slow washout in anterior wall is noted.

ないことなどが考えられる。

この問題点を補うために、運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT の Bull's eye 同心円表示法を用いて  $^{201}\text{Tl}$  の心筋への取り込み、再分布および Washout rate を定量的に解析し、 $^{18}\text{FDG}$  の集積の有無による心筋 viability との対比検討を試みた。

再分布の判定に、運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT の Bull's eye 同心円表示法を用いて定量的に再分布を読影し、微少再分布を新たに加えると、従来の視覚法では検出し得なかった虚血心筋の 60% 以上を新たに同定し得ることがわかった。すなわち、視覚法にしても定量解析法にしても、少しでも再分布がみられる領域は虚血心筋と判定してよいと考えられた。しかしながら、この方法を用いても固定性欠損と判定された領域に PET の所見と一致しない領域が約 40% 含まれていた。これは血流情報と代謝情報の根本的な相違かもしれない。しかし、再分布に関してはきわめてゆっくりと分布が改善してくる虚血心筋が存在すること<sup>15-17)</sup> や、安静時投与による再分布の存在すること<sup>18)</sup> が知られるようになり、今回の検討でみられた固定性欠損で、かつ  $^{18}\text{FDG}$  の集積がみられ糖代謝の残存する領域は、一部このような領域が含まれている可能性があり、今後の検討が必要と考えられた<sup>3)</sup>。

ただし、Bull's eye 同心円表示法は  $^{201}\text{Tl}$  の分布の定量的評価に優れるが、心尖部の病変が描出しにくいという欠点があることを念頭において読影する必要があるが、今回の検討でも心尖部の定量的解析にはやや困難を感じた。また、運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT で再分布を有する区域(虚血心筋)や再分布のない固定性欠損の区域(梗塞心筋)において、PET の所見より、正常心筋と判定される区域がみられたのは、PET の所見の判定が安静時評価のために exercise induced ischemia の区域がこの正常心筋と判定された区域に含まれている<sup>12)</sup> と考えられた。

また、Washout rate の著明に低下した領域(mean-5 SD 以下)は、大部分が viable な心筋であることが示唆され、Washout rate の評価も心筋

viability の解析に役立つことがわかった。このような例は、三枝病変例のように左室心筋全体が虚血に至り、相対的に再分布がみられなかったのかもしれない。ただし、Washout rate は、負荷量によっても大きく左右されることを十分考慮して評価しなくてはならない<sup>19)</sup>。他方、 $^{201}\text{Tl}$  の心筋への取り込みのみでは心筋の viability の判定は困難と考えられた。すなわち、心筋血流が著明に低下していても糖代謝の残存している領域も多いと考えられ、これらはいわゆる hibernating myocardium<sup>20,21)</sup> といわれている領域をみているのかもしれない。

今回の検討では  $^{18}\text{FDG}$  の集積を心筋 viability の Golden standard として用いたが、 $^{18}\text{FDG}$  の集積はあくまでも心筋細胞レベルでの代謝活性を評価しており、ほぼ全層性に梗塞に陥っていても、ごく一部に虚血心筋が残っていれば、 $^{18}\text{FDG}$  の集積が認められる場合もある。今回の検討もこの点に留意して、著明な  $^{18}\text{FDG}$  の集積を認める領域のみを糖代謝亢進と判定した。この判定法を用いると、冠動脈バイパス前後での局所心機能の改善を高い精度で予測し得る<sup>22)</sup>。今回の検討からすると、心筋の viability を判定する上では、 $^{201}\text{Tl}$  の再分布の有無は重要であるが、やはり負荷時の血流分布や再分布ではその判定に限界があり、 $^{18}\text{FDG}$  やそれに変わる代謝製剤を用いた生化学的イメージングが必要と考えられる。

## V. まとめ

虚血性心疾患 30 例に運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT と PET を施行し、 $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT 像と PET の所見を対比して心筋 viability について検討した。

1)  $^{201}\text{Tl}$  の心筋への取り込みの低下のみでは心筋の viability の判定は困難であった。

2)  $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT 像で完全または不完全再分布を呈する 30 区域のうち、1 区域を除いてすべて PET の所見では viable な心筋と判定された。

3) 従来の視覚法では固定性欠損と判定された 31 区域(42%)に Bull's eye 同心円表示法により微



少再分布を認め、これらはすべて PET の所見より viable な心筋と判定された。

4)  $^{201}\text{Tl}$  の心筋からの Washout rate の低下が著しい区域 (mean-5 SD 以下) は、大部分が PET の所見で viable な心筋と判定された。

5) すなわち、Bull's eye 同心円表示法による定量解析法を用いることにより、視覚法で同定し得なかった viable な心筋の 31 区域 (63%) を正しく同定し得た。

6) Bull's eye 同心円表示法を用いても固定性欠損と判定された 43 区域の中で、18 区域 (42%) は PET の所見より viable な心筋と判定された。

以上より、運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  心筋 SPECT より心筋の viability を評価するためには、定量解析を含めた再分布の有無を検討することが有用であることが示唆された。しかし、 $^{201}\text{Tl}$  の再分布の有無のみでは PET の所見との間に違いがみられることがあり、今後さらに詳細な検討が必要と考えられた。

## 文 献

- 1) Marshall RC, Tillisch J, Phelps ME, et al: Identification and differentiation of resting myocardial ischemia and infarction in man with positron computed tomography,  $^{18}\text{F}$ -labeled fluorodeoxyglucose and  $\text{N-}^{13}\text{ammonia}$ . *Circulation* **67**: 766-778, 1983
- 2) Tillisch J, Brunken R, Marshall R, et al: Reversibility of cardiac wall-motion abnormalities predicted by positron tomography. *New Engl J Med* **314**: 884-888, 1986
- 3) Pohost GM, Zir LM, Moore RH, et al: Differentiation of transiently ischemic from infarcted myocardium by serial imaging after a single dose of thallium-201. *Circulation* **55**: 294-302, 1977
- 4) Rozanski A, Berman DS, Gray R, et al: Use of thallium-201 redistribution scintigraphy in the preoperative differentiation of reversible and non-reversible myocardial asynergy. *Circulation* **64**: 936-944, 1981
- 5) Gibson RS, Watson DD, Taylor GJ, et al: Prospective assessment of regional myocardial perfusion before and after coronary revascularization surgery by quantitative thallium-201 scintigraphy. *J Am Coll Cardiol* **3**: 804-815, 1983
- 6) Liu P, Kiess M, Okada RD, et al: 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
- 7) Garcia EV, Vantrain K, Maddahi J, et al: Quantification of rotational thallium-201 myocardial tomography. *J Nucl Med* **26**: 17-26, 1985
- 8) 米倉義晴, 千田道雄, 小出治敏, 他: 虚血心筋におけるフルオロデオキシグルコースの集積 (第1報)——安静時および運動時心筋血流との比較——. *核医学* **23**: 1361-1367, 1986
- 9) Senda M, Tamaki N, Yonekura Y, et al: Performance characteristics of Positologica III: A whole-body positron emission tomograph. *J Comput Assist Tomogr* **9**: 940-946, 1985
- 10) Tamaki N, Yonekura Y, Senda M, et al: Myocardial positron computed tomography with  $^{13}\text{N}$ -ammonia at rest and during exercise. *Eur J Nucl Med* **11**: 246-251, 1985
- 11) 玉木長良, 米倉義晴, 千田道雄, 他: 虚血心筋におけるフルオロデオキシグルコースの集積 (第2報)——梗塞心筋部の血流および壁運動との比較検討——. *核医学* **24**: 1529-1538, 1987
- 12) Brunken R, Schwaiger M, Grover-Mckay M, et al: Positron emission tomography detects tissue metabolic activity in myocardial segments with persistent thallium perfusion defects. *J Am Coll Cardiol* **10**: 557-567, 1987
- 13) Tamaki N, Yonekura Y, Senda M, et al: 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
- 14) Cloninger KG, Depuey EG, Garcia EV, et al: 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
- 15) Gutman J, Berman DS, Freeman M, et al: 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
- 16) 武藤敏徳: 運動負荷  $\text{Tl-}^{201}$  心筋 SPECT による遅延再分布の検討. *核医学* **25**: 639-645, 1988
- 17) Kiat H, Berman DS, Maddahi J, et al: Late reversibility of tomographic myocardial thallium-201 defects: An accurate marker of myocardial viability. *J Am Coll Cardiol* **12**: 1456-1463, 1988
- 18) Berger BC, Watson DD, Burwell LR, et al: Redistribution of thallium at rest in patients with stable and unstable angina and the effect of coronary artery bypass surgery. *Circulation* **60**: 1114-1125, 1979

- 19) 西村恒彦, 植原敏勇, 林田孝平, 他: 運動負荷心筋スキャンにおける健常心筋部位の washout rate に関する検討. 核医学 22: 989-997, 1985
- 20) 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
- 21) Braunwald E, Rutherford JD: Reversible ischemic left ventricular dysfunction: Evidence for "hibernating myocardium". J Am Coll Cardiol 8: 1467-1470, 1986
- 22) 玉木長良, 米倉義晴, 山下敬司, 他: 虚血心筋におけるフルオロデオキシグルコースの集積 (第3報) —冠動脈バイパス術前後での検討—. 核医学 25: 413-421, 1988

### Summary

#### Assessment of Myocardial Viability by Quantitative Analysis of Stress Tl-SPECT —Comparison with FDG-PET—

Hiroshi OHTANI\*, Nagara TAMAKI\*, Keiji YAMASHITA\*, Yoshiharu YONEKURA\*,  
Yasuhiro MAGATA\*, Hideo SAJI\*, Ishtiaque H. MOHIUDDIN\*, Ryuji NOHARA\*\*,  
Hirofumi KAMBARA\*\*, Chuichi KAWAI\*\*, Kazuo HIRATA\*\*\*, Toshihiko BAN\*\*\* and Junji KONISHI\*

\*Department of Radiology and Nuclear Medicine, \*\*Third Division, Department of Internal Medicine,

\*\*\*Department of Cardiovascular Surgery, Kyoto University Faculty of Medicine, Kyoto

Stress Tl-201 tomography (SPECT) is widely used for evaluating myocardial viability. To assess its value, redistribution (RD) on SPECT was compared with metabolic imaging using FDG. Thirty patients with coronary artery disease underwent stress-3 hour Tl-201 SPECT and PET using N-13 ammonia and FDG. RD was classified into 4 grading, including complete RD (CR), incomplete RD (IR), persistent defect (PD) and additional minimal RD (MR) defined as no definite RD on visual analysis but faint RD with Bull's eye quantitative analysis (QNT).

All but one segment with CR or IR were viable regions (normal or ischemic regions) by PET. Of 74 segments without RD on visual analysis, 31

segments (42%) had RD by QNT (MR). All of them were viable regions by PET. Thus, QNT identified 31 segments (63%) of the metabolically viable segments which the visual Tl-201 analysis did not show RD and classified as myocardial scar. However, even such QNT cannot detect ischemic myocardium in 18 segments (42%) containing metabolic activity on PET.

These data indicate that QNT of RD on Tl-201 SPECT is considered as a valuable means for assessing myocardial ischemia.

**Key words:** Position emission tomography, Tl-201, Viability, Redistribution, <sup>18</sup>F-fluorodeoxyglucose.