

## 《原 著》

# PTCA 後の $^{201}\text{TI}$ 運動負荷心筋 SPECT における逆再分布現象の臨床的意義 ——PTCA 直後および遠隔期における検討——

青木 俊和\* 二神 康夫\* 小西 得司\* 岡本 紳也\*  
小山 孝夫\* 位田 正明\* 浜田 正行\* 中野 起\*

**要旨** PTCA 後の  $^{201}\text{TI}$  運動負荷心筋 SPECT における逆再分布現象の臨床的意義を明らかにするために、PTCA 1 週後および 3~6 か月後の遠隔期に SPECT を施行し得た症例で検討した。逆再分布現象は 1 週後では 8/54 例に、遠隔期には 5/38 例に認められた。逆再分布現象が出現した症例では、左室造影にて当該部位にいずれも軽度の壁運動異常を認め、PTCA 後の冠動脈狭窄度は逆再分布現象を認めない症例に比し有意 ( $p < 0.05$ ) に少なかった。すなわち、逆再分布現象は軽度の心筋障害が存在する部位に PTCA により十分な冠血流量が得られた場合に出現するものと考えられた。しかし、再狭窄がないのに遠隔期で消失したものや、冠狭窄の有意な変化がないのに新たに出現したものは、こうした心筋障害と冠血流量の関係のみでは説明できず、PTCA 後の coronary flow reserve, stunned myocardium, hibernating myocardium 等の他の要因の関与が推察された。

## I. はじめに

$^{201}\text{TI}$  を用いた運動負荷心筋シンチグラフィは主に虚血性心疾患の非侵襲的な診断法として広く用いられている。特に SPECT が開発されて以来その有用性は増し、現在では虚血性心疾患の診断や治療効果の判定に欠くことのできないものとなっている。 $^{201}\text{TI}$  運動負荷心筋 SPECT による一過性虚血の判定は、負荷直後における  $^{201}\text{TI}$  の低集積部位に 3~4 時間後に再分布が認められることにより行われているが、こうした再分布現象とは逆に、負荷像では明らかな  $^{201}\text{TI}$  の集積低下が認められなかつた部位に再分布像で集積の低下が出現するいわゆる逆再分布現象が存在する。逆再分布現象は冠血行再建例での報告<sup>1~5)</sup>が多いが、

その成因や臨床的意義については不明な点が存在し、また経皮的冠血管形成術 (PTCA) 成功直後および遠隔期を対比した検討は少ない。そこで、著者らは PTCA 成功直後および遠隔期に  $^{201}\text{TI}$  運動負荷心筋 SPECT を施行し、逆再分布現象の臨床的意義について検討したので報告する。

## II. 対 象

対象は、初回の待期的 PTCA に成功した症例のうち、術前および術後 10 日以内に  $^{201}\text{TI}$  運動負荷心筋 SPECT を施行し得た 54 例で、男性 48 例、女性 6 例、平均年齢は  $55.0 \pm 8.7$  歳であった。このうち、非心筋梗塞 23 例、非貫壁性心筋梗塞 17 例、貫壁性心筋梗塞 14 例であり、一枝に対して PTCA を施行したものは 49 例、二枝に対して行ったものは 5 例であった。

## III. 方 法

### 1) $^{201}\text{TI}$ 運動負荷心筋 SPECT

$^{201}\text{TI}$  運動負荷心筋 SPECT は、原則として

\* 三重大学医学部第一内科

受付：元年 3 月 20 日

最終稿受付：元年 3 月 20 日

別刷請求先：三重県津市江戸橋 2-174 (番 514)

三重大学医学部第一内科

青木 俊和

PTCA 前・PTCA 1週間後・3~6か月後の確認造影施行時の計3回行った。

運動負荷は既報<sup>6)</sup>のごとく、座位自転車エルゴメータによる symptom limited 多段階運動負荷法により行った。負荷量は 50 watt より開始し、3 分ごとに 25 watt ずつ増加させ 1 分ごとに血圧・12 誘導心電図を記録し、下肢疲労・胸痛・呼吸困難等の自覚症状が出現した時点で  $^{201}\text{Tl}$  3 mCi を静注、さらに 1 分間の運動を持続させた後、静注 10 分後および 3 時間後に SPECT の撮像を行った。

撮像およびデータ処理に使用した装置は、東芝製のデジタルガンマカメラ GCA-602A である。SPECT の撮像は、患者の体軸の周りを左後方斜位 45° より右前方斜位 45° まで 4° ずつ 180° 回転し行い、収集に要した時間は 13 分間である。コリメータは低エネルギー汎用型を使用し、 $^{201}\text{Tl}$  のエネルギーピークは 80 KeV とし 30% のウインドウ幅で収集を行った。画像の再構成は Shepp & Logan フィルターを用い、まず体軸横断断層像を作成したのち、心臓の軸に沿った長軸断層像、短軸断層像を作成し、心筋最大カウントの 10% バックグラウンドカットを行った。

SPECT 像の読影は、視覚的評価法により行い二人の医師の合議により判定した。読影にあたり、まず心臓を前壁～前側壁・中隔・心尖・後側壁・後壁・下壁の 6 部位に分け、それぞれの部位において負荷像における  $^{201}\text{Tl}$  集積度を正常・軽度集積低下・中等度集積低下・高度集積低下・完全欠損の 5 段階に分類、また再分布像においても同様の分類を行い、負荷像に比し再分布像で 2 ランク以上の集積低下が認められたものを逆再分布陽性と判定した。

## 2) 冠動脈造影および左室造影

冠動脈造影は Judkins 法により行い、PTCA 施行前および PTCA 3~6 か月後に行った。また、冠動脈狭窄度の判定は実測値により行い、再狭窄の定義は拡張部位の利得の 50% 以上を失い、かつ 70% 以上の狭窄が認められたものとした。

左室壁運動の判定は、PTCA 前の左室造影に

より AHA 分類に従って複数の検者の合議によって行った。PTCA 施行冠動脈領域の局所壁運動別に逆再分布現象の有無をみるために、左前下行枝 (LAD) 領域を segment 2, 3, 6、回旋枝 (CX) 領域を segment 7、右冠動脈 (RCA) 領域を segment 4, 5 とし、SPECT による心筋断層像との対比は、segment 2: 前壁～前側壁、segment 3: 心尖、segment 4: 下壁、segment 5: 後壁、segment 6: 中隔、segment 7: 後側壁に一致するものとして行った。

## 3) 心筋梗塞の診断

典型的な胸痛・心電図変化、心筋逸脱酵素の上昇、のうち臨床的に二つ以上が確認されたものを心筋梗塞とし、心電図上の異常 Q 波の有無により貫壁性、非貫壁性を判定した。

## 4) 統計処理

本文中の数値はすべて平均士標準偏差で示し、各群の有意差検定は unpaired t-test にて行い、p 値は 0.05 未満を有意差ありとした。

## IV. 結 果

### 1. PTCA 1 週後の逆再分布現象の出現率

PTCA 前には、いずれの症例においても逆再分布現象は認められなかった。

PTCA 1 週後の  $^{201}\text{Tl}$  運動負荷心筋 SPECT で逆再分布現象が認められたものは、54 例中 8 例 (14.8%) であった。その内訳は、非心筋梗塞 2/23 (8.7%), 非貫壁性心筋梗塞 3/17 (17.6%), 贯壁性心筋梗塞 3/14 (21.4%) であり心筋梗塞例に多くみられた (Table 1)。

左室造影所見では、PTCA 施行冠動脈の支配領域に全く左室壁運動異常が認められない症例 (11 例) では、逆再分布現象はみられず、何らかの左室壁運動異常が存在した 43 例中 8 例に逆再分布現象は出現した (Table 3, Case 1-8)。また、当該部位の局所壁運動別に逆再分布現象の出現率をみると Table 2 に示すごとく、normal: 3/58 (5.2%), hypokinesis: 12/89 (13.5%), akinesis: 0/11, dyskinesis: 0/1 であり、局所壁運動が軽度低下している部位に逆再分布現象は多く出現した。局所壁

運動が normal な部位に逆再分布現象がみられた 3 例はいずれも複数の部位にわたり逆再分布が出現した症例であり、主な逆再分布現象出現部位には局所壁運動の低下が認められていた。すなわち

**Table 1** Incidence of reverse redistribution by clinical diagnosis

	NMI	NTMI	TMI	Total
Cases	23	17	14	54
RR (%)	2 (8.7)	3 (17.6)	3 (21.4)	8 (14.8)

RR: reverse redistribution, NMI: non-myocardial infarction, TMI: transmural myocardial infarction, NTMI: non-transmural myocardial infarction

逆再分布現象がみられる症例では軽度の局所壁運動異常が認められ、軽度的心筋障害の存在が示唆された。

**Table 2** Incidence of reverse redistribution by left ventriculography

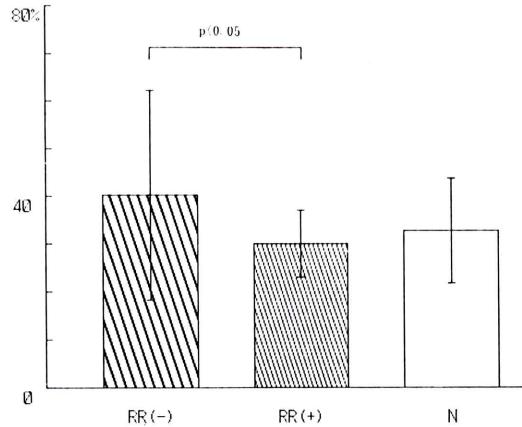
RWM	Normal	Hypokinesis	Akinesis	Dyskinesis
Segments	58	89	11	1
RR (%)	3 (5.2)	12 (13.5)	0	0

RWM: regional wall motion

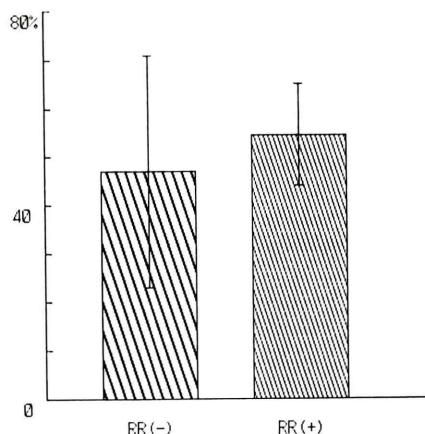
RR: reverse redistribution

**Table 3** Correlation of reverse redistribution and coronary artery stenosis

Case	Reverse redistribution		Coronary artery stenosis (%)		
	1 week after PTCA	3–6 months after PTCA	pre-PTCA	post-PTCA	3–6 months after PTCA
1	+	—	90	25	50
2	+	—	70	20	25
3	+	+	90	25	47
4	+	+	80	35	50
5	+	+	99	33	50
6	+		76	24	20
7	+		90	37	64
8	+		86	43	50
9	—	+	99	66	25
10	—	+	99	0	53

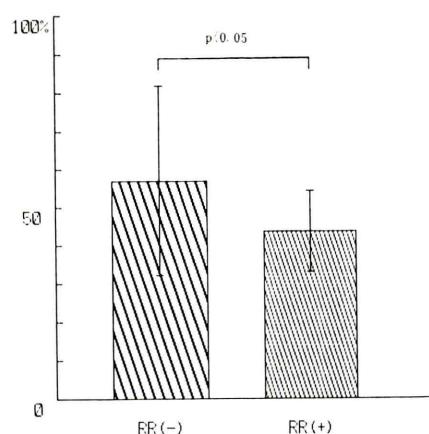


**Fig. 1** Correlation of post-PTCA coronary stenosis and reverse redistribution.  
RR (-): Patients without reverse redistribution and with regional wall motion abnormality. RR (+): Patients with reverse redistribution and regional wall motion abnormality. N: Patients without myocardial injury.



**Fig. 2** %Gain of coronary artery stenosis by PTCA (%stenosis in pre-PTCA - %stenosis in post PTCA).

RR (-): Patients without reverse redistribution and with regional wall motion abnormality.  
RR (+): Patients with reverse redistribution and regional wall motion abnormality.



**Fig. 3** Coronary artery stenosis 3-6 months after PTCA.

RR (-): Patients without reverse redistribution and with regional wall motion abnormality.  
RR (+): Patients with reverse redistribution and regional wall motion abnormality.

## 2. PTCA 後の狭窄度と逆再分布現象

上記の左室壁運動正常群(11例)を除いた心筋障害群43例のなかでPTCA後の狭窄度を比較すると、逆再分布現象がみられなかったものでは $40.2 \pm 22.6\%$ 、みられたものでは $30.3 \pm 7.9\%$ と有意( $p < 0.05$ )に逆再分布現象が認められたもので狭窄度は軽度であった。また、左室壁運動正常群のPTCA後の狭窄度は $32.7 \pm 11.5\%$ であった(Fig. 1)。

PTCAにより得られた拡張程度(PTCA前の%狭窄-PTCA後の%狭窄)を同様に心筋障害群において比較すると、逆再分布現象がみられなかったものでは $47.0 \pm 24.0\%$ 、逆再分布現象がみられたものでは $54.6 \pm 10.6\%$ であり、有意差はみられないものの、逆再分布現象がみられるものではPTCAによる拡張程度は多い傾向にあった(Fig. 2)。

## 3. 遠隔期における逆再分布現象

3~6か月後に $^{201}\text{Tl}$ 運動負荷心筋SPECTと確認造影を施行し得たものは38例で、そのうち11例(28.9%)に再狭窄が認められた。逆再分布現象は

再狭窄をきたした症例には認められず、再狭窄のなかった27例中5例に認められた(Table 3, Case 3-5, 9, 10)。PTCA直後に逆再分布現象が認められた8例のうち3~6か月後の経過を追えたものは5例であり、そのうち逆再分布現象が消失したものは2例、持続したものは3例であったが、両者とも再狭窄はなく冠動脈狭窄度に明らかな差はなかった。また、PTCA直後には認められなかったが、新たに出現したものが2例存在した。この新たに逆再分布現象が出現した部位にも左室造影では軽度の壁運動異常が存在し、再狭窄は認められなかった。

心筋障害群のなかで逆再分布現象のみられる症例の確認造影時の冠動脈狭窄度は $43.7 \pm 10.7\%$ であり、みられないものでは $57.0 \pm 24.8\%$ で、有意( $p < 0.05$ )に逆再分布現象が存在するものでは狭窄度が少なかった(Fig. 3)。

## 4. バックグラウンドカットの影響

逆再分布現象が出現した症例について、バックグラウンドカットをしないSPECT像について検討を行ったが、いずれも視覚的には明らかな差異はみられなかった。

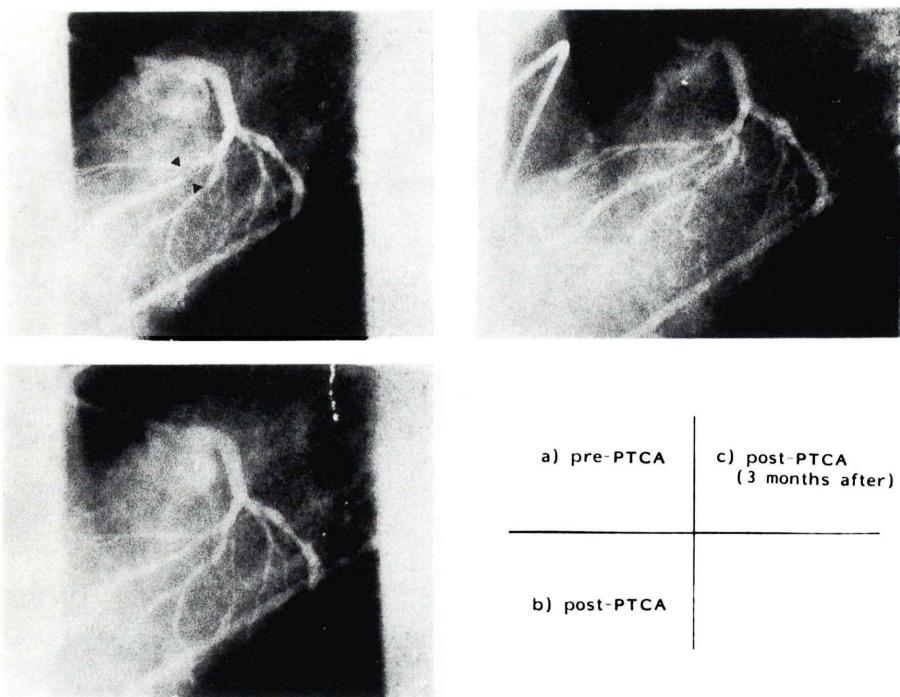


Fig. 4 Left coronary angiography.

- a) pre-PTCA: 90% stenosis at segment 7.
- b) Successful dilatation with 33% stenosis immediately after PTCA.
- c) No restenosis 3 months after PTCA.

## 5. 症例呈示

症例は 60 歳の男性で、心筋梗塞の既往のない労作狭心症例である。PTCA 前には前下行枝 7 番に 90% の狭窄が認められ、左室造影では segment 2, 3, 6 が hypokinesis であった。冠動脈狭窄は PTCA により 33% にまで拡張され、3か月後の確認造影でも 56% と再狭窄はみられなかった (Fig. 4)。PTCA 1 週後および 3 か月後の  $^{201}\text{TI}$  運動負荷心筋 SPECT では心尖部に逆再分布現象が認められた (Fig. 5)。

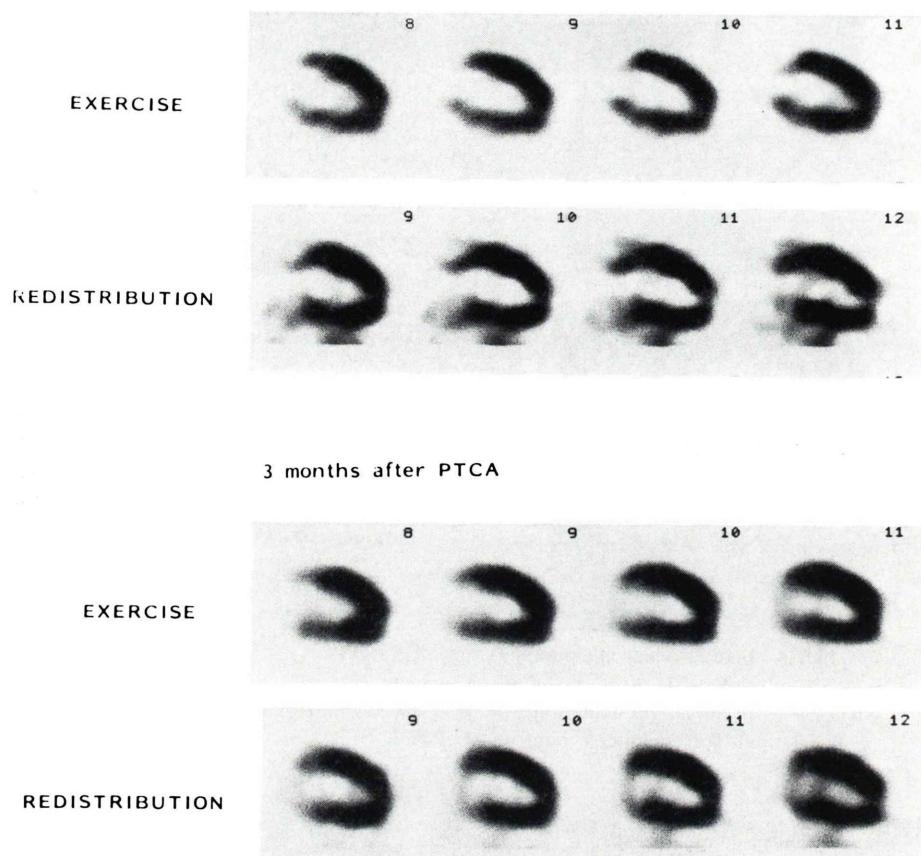
## V. 考 察

逆再分布現象は Tanasescu ら<sup>7)</sup>が 1979 年に初めて言及して以来、様々な報告がなされている。Brown ら<sup>8)</sup>は高いバックグラウンドカットによるアーチファクトによる可能性を示しているが、われわれが行ったバックグラウンドカットを行わな

い SPECT 像での検討では、視覚的に変化はみられず 10% カットではほとんど影響はないものと考えられた。

逆再分布現象の成因については、最近の報告<sup>9,10)</sup>では心筋梗塞や冠血行再建術の関与を示唆するものが多い。今回のわれわれの検討でも、PTCA 直後の逆再分布現象の出現は臨床的に心筋梗塞と診断された例に多く、その出現部位には比較的軽度の壁運動の異常が存在していたことから、PTCA 直後の逆再分布現象出現には軽度の心筋障害の存在が関与しているものと考えられた。また、こうした心筋障害が存在するもののうち、逆再分布現象が出現する症例は PTCA 後の冠動脈狭窄は有意に軽度であり、PTCA により十分な冠血流量が得られたものと考えられる。すなわち逆再分布現象は、正常心筋量減少部位に冠動脈拡張を行うことにより冠血流量が回復し、心筋量の減

1 week after PTCA



**Fig. 5** Exercise  $^{201}\text{TI}$  myocardial SPECT.  
There is reverse redistribution in apex of SPECT 1 week and 3 months after PTCA.

少分だけ他の正常心筋部位に比し相対的に冠血流量が増加し  $^{201}\text{TI}$  の washout が良好になったためと考えられる。

遠隔期における逆再分布現象も同様で、軽度の心筋障害部位に出現し冠動脈狭窄は軽度であったことから、正常心筋量減少と相対的な冠血流量の増加で説明できるものと考えられる。逆に言えば、PTCA 後  $^{201}\text{TI}$  運動負荷心筋 SPECT において逆再分布現象が存在すれば十分な冠血流量が得られており、確認造影の必要はないものと考えられる。

遠隔期において初めて逆再分布現象が出現する症例は、PTCA 直後では血栓の付着等により十分

な冠拡張が得られず、その後血栓の融解により冠血流量が増加し逆再分布現象が出現したものと予想されたが、Case 10 のように直後より十分な冠拡張が得られている症例が存在した。PTCA 後の冠血流量は、冠拡張直後には必ずしも増加しない例が存在する<sup>11)</sup>と考えられており、Wilson ら<sup>12)</sup>によると、約半数の症例において PTCA 直後には冠血流量は変化せず、その後徐々に増加すると報告されている。逆再分布現象が遠隔期にのみ出現する症例はこうした冠血流量の回復過程を反映しているものと考えられる。

一方、PTCA 直後に認められた逆再分布現象が

遠隔期には消失する症例 (Case 1, 2) が存在した。こうした症例では、遠隔期にも逆再分布現象が持続する症例と比べ、特に再狭窄が強いとはいはず冠血流量の減少では説明できない。最近、長期にわたる心筋虚血や、急性冠動脈閉塞における再開通に伴ういわゆる hibernating myocardium, stunned myocardium といった可逆性の心筋代謝異常の存在が報告<sup>13~15)</sup>されている。逆再分布現象が消失する症例では、PTCA 直後にはこうした可逆性の心筋障害が存在し、相対的な血流の増加が逆再分布現象をもたらしたが、遠隔期には心筋障害が回復し、正常心筋量が増大したため相対的な血流の増加が打ち消され、その結果、逆再分布現象が消失した可能性もあると考えられる。

## VI. 結 語

PTCA 直後の逆再分布現象は、正常心筋量減少部位に冠動脈拡張を行うことにより冠血流量が回復し、心筋量の減少分だけ他の正常心筋部位に比し相対的に冠血流量が増加し、 $^{201}\text{TI}$  の washout が良好になったためと考えられた。遠隔期における逆再分布現象の成因も同様の機序が考えられるが、遠隔期に消失するものや新たに出現するものではそれだけでは説明できず、PTCA 後の coronary flow reserve の問題や stunned myocardium, hibernating myocardium 等の可逆性の心筋障害の関与が推察された。

## 文 献

- 1) 殿岡一郎, 佐藤聰, 金谷透, 他: 運動負荷  $^{201}\text{TI}$  心筋シンチグラムにおける逆再分布現象の検討。ニュータウンカンファレンス(心臓核医学)報文集 7: 11~14, 1983
- 2) Silberstein EB, DeVries DF: Reverse Redistribution Phenomenon in Thallium-201 Stress Tests: Angiographic Correlation and Clinical Significance. J Nucl Med 26: 707~710, 1985
- 3) Weiss AT, Maddahi J, Lew AS, et al: Reverse Redistribution of Thallium-201: A Sign of Non-transmural Myocardial Infarction with Patency of the Infarct-Related Coronary Artery. J Am Coll Cardiol 7: 61~67, 1986
- 4) Biggi A, Farinelli MC, Bruna C, et al: Thallium-201 Reverse Redistribution at Rest: a Pattern of Myocardial Infarction. J Nucl Med Allied Sci 31: 331~336, 1987
- 5) Nishimura T, Uehara T, Hayashida K, et al: Clinical Significance of  $^{201}\text{TI}$  Reverse Redistribution in Patients with Aorto-coronary Bypass Surgery. Eur J Nucl Med 13: 139~142, 1987
- 6) 二神康夫, 浜田正行, 牧野克俊, 他: 心筋梗塞患者における運動負荷心電図 ST 変化の臨床的意義—— $^{201}\text{TI}$  心筋 SPECT による検討——. 核医学 21: 210~251, 1984
- 7) Tanasescu D, Staniloff BH, Brachman M, et al: Apparent Worsening of Thallium-201 Myocardial Defect During Redistribution—What Does It Mean? J Nucl Med 20: 688, 1979
- 8) Brown KA, Benoit L, Clements JP, et al: Fast Washout of Thallium-201 from Area of Myocardial Infarction: Possible Artifact of Background Subtraction. J Nucl Med 28: 945~949, 1987
- 9) Hecht HS, Hopkins JM, Rose JG, et al: Reverse Redistribution: Worsening of Thallium-201 Myocardial Images from Exercise to Redistribution. Radiology 140: 177~181, 1981
- 10) 松田宏史, 小野口昌久, 大竹英二, 他: 運動負荷タリウム心筋スキャンにおける逆再分布現象の検討——冠血流, 心筋障害との関係——. 核医学 26: 55~60, 1989
- 11) Hodgson JM, Riley RS, Most AS, et al: Assessment of Coronary Flow Reserve Using Digital Angiography Before and After Successful Percutaneous Transluminal Coronary Angioplasty. Am J Cardiol 60: 61~65, 1987
- 12) Wilson RF, Johnson MR, Marcus ML, et al: The Effect of Coronary Angioplasty on Coronary Flow Reserve. Circulation 77: 873~885, 1988
- 13) Braunwald E, Kloner RA: The Stunned Myocardium: Prolonged, Postischemic Ventricular Dysfunction. Circulation 66: 1146~1149, 1982
- 14) Matsuzaki M, Gallagher KP, Kemper WS, et al: Sustained Regional Dysfunction Produced by Prolonged Coronary Stenosis: Gradual Recovery after Reperfusion. Circulation 68: 170~182, 1983
- 15) Braunwald E, Rutherford JD: Reversible Ischemia Left Ventricular Dysfunction: Evidence for the "Hibernating Myocardium". J Am Coll Cardiol 8: 1467~1470, 1986

## Summary

### Clinical Significance of Reverse Redistribution in Exercise Thallium-201 SPECT after Percutaneous Transluminal Coronary Angioplasty

Toshikazu AOKI, Yasuo FUTAGAMI, Tokuji KONISHI, Shinya OKAMOTO, Takao KOYAMA, Masaaki INDEN, Masayuki HAMADA and Takeshi NAKANO

*The First Department of Internal Medicine, Mie University School of Medicine*

Clinical significance of reverse redistribution on thallium image was evaluated in 54 patients who had undergone PTCA. Thallium SPECT imaging was performed one week and three to six months after PTCA. Reverse redistribution was detected eight of 54 patients one week after PTCA and five of 38 patients three to six months after PTCA. In the segments with reverse redistribution, reduced regional wall motion and lesser degree of coronary stenosis was common features ( $p < 0.05$ ) angiography.

In conclusion, reverse redistribution had a tend-

ency to appear in the region with mild myocardial injury and relatively high coronary blood flow after PTCA. But in cases with new occurrence and disappearance of reverse redistribution during follow up period, we can not assess the factors to explain these phenomena. In these segments, "coronary flow reserve", "stunned myocardium", "hibernating myocardium" or other factors may be related.

**Key words:** Thallium-201 myocardial SPECT, Reverse redistribution, PTCA.