

T1 心筋シンチで再分布像を認めない梗塞症例の冠動脈形成術の適応: 断層心エコー図を用いて

Indications for PTCA for the infarcted myocardium without redistribution by Tl-201 myocardial scintigraphy: The role of two-dimensional echocardiography

久保 博
矢野 仁雄
長谷川典昭
鈴木 真事
出川 敏行
平井 寛則
矢吹 壮
町井 潔

Hiroshi KUBO
Kimio YANO
Noriaki HASEGAWA
Makoto SUZUKI
Toshiyuki DEGAWA
Hironori HIRAI
So YABUKI
Kiyoshi MACHII

Summary

Persistent myocardial hypoperfusion in delayed images demonstrated by preoperative exercise Tl-201 myocardial scintigraphy may improve after PTCA. The purpose of this study was to test whether PTCA-induced improvement could be anticipated by means of preoperative two-dimensional echocardiography and exercise Tl-201 myocardial scintigraphy. The subjects consisted of 24 patients with prior myocardial infarction, in whom serial exercise Tl-201 myocardial scintigraphy had been performed during treadmill exercise testing.

The patients were divided into three groups according to the results of two-dimensional echocardiography (Group I: eight patients with hypokinesis in the infarct zone; Group II: eight patients with akinesis without a thin wall in the infarct zone; Group III: eight patients with akinesis with a thin wall in the infarct zone).

Results were as follows:

1. There was no significant difference in initial Tl-uptake in all the 24 patients before and after PTCA, though significantly increased uptakes were observed in Groups I and II after PTCA.

東邦大学医学部 第三内科
東京都目黒区大橋 2-17-6 (〒153)

The Third Department of Internal Medicine, Toho
University School of Medicine, Ohashi 2-17-6, Me-
guro-ku, Tokyo 153

Received for publication October 12, 1988; accepted December 28, 1988 (Ref. No. 35-1A)

2. There were significant differences in preoperative initial Tl-uptakes among the three groups.

3. In Group II, the patients with postoperative scintigraphic improvement had significantly higher preoperative initial Tl-uptakes.

4. The postoperative improvement of myocardial perfusion was accompanied by improvement in wall motion.

Therefore, an infarct zone without delayed redistribution in Tl-201 myocardial scintigraphy does not necessarily indicate scar tissue. However, it may represent hypokinetic or akinetic areas without thin walls on two-dimensional echocardiograms, suggesting a hibernating myocardial state due to chronic intermittent episodes of myocardial ischemia. In such cases, improvement of myocardial perfusion after PTCA can be expected.

Key words

Exercise Tl-201 myocardial scintigraphy

Two-dimensional echocardiography

Myocardial infarction

Persistent myocardial hypoperfusion

Hibernating myocardium

はじめに

虚血部心筋と梗塞部心筋は負荷 Tl 心筋シンチの再分布所見により区別できる¹⁾とされるが、梗塞領域にも負荷後の安静時に再分布する viable な心筋が存在することもある²⁾。再分布の有無により冠血行再建術適応が決定されることも多く、術後はおおむね心筋灌流量増大と壁運動異常の改善が得られている³⁻⁵⁾。しかし、梗塞領域に再分布のない症例でも術後に心筋灌流量増大を認めることがある。このような症例の予測が術前に可能か否かを PTCA (percutaneous transluminal coronary angioplasty) を施行した症例を対象に、負荷 Tl 心筋シンチ、断層心エコー図法によって検討した。

対 象

対象は梗塞発症後 3 ヶ月以上経過し、梗塞領域責任冠動脈に PTCA を施行した陳旧性心筋梗塞 32 症例のうち、再狭窄のない 24 例 (男性 17 例, 女性 7 例, 年齢 38~74 歳, 平均年齢 63 歳) である (Table 1)。梗塞責任血管は、左冠動脈前下行枝 15 例, 左回旋枝 2 例, 右冠動脈 7 例である。術前の負荷 Tl 心筋シンチでは、全例梗塞領域に再分布を認めなかった。

対象とした症例は、AHA 分類⁶⁾による冠動脈

造影所見で 90% 以上の有意狭窄のあるものとした。完全閉塞例 (2 例) は良好な側副血行路を有していた。

術前に断層心エコー図を記録し、その所見により hypokinesis を示す 8 例を I 群, akinesis を示すが壁厚の菲薄化のない 8 例を II 群, akinesis で壁厚が菲薄化した 8 例を III 群とした。

方 法

運動負荷は treadmill を使用し、Bruce 変法で亜最大負荷時に Tl-201 を 2 mCi 静注した。運動負荷中止の基準は、胸痛、2 mm 以上の ST 偏位、収縮期血圧 250 mmHg 以上、拡張期血圧 120 mmHg 以上、または symptom limited とした。

負荷直後 (initial image) と安静 4 時間後 (delayed image) に、正面、左前斜位 45°, 同 60° の三方向のデータ収集を行った。撮像には、高分解能コリメーターを装着した Searle PHO / Gamma LFOV を用い、データ収録は島津シンチパック 1200 ミニコンピューターシステムを使用した。得られた心筋シンチ像から各冠動脈の灌流領域に関心領域 (ROI) を設定し、局所の radioactivity を regional uptake ratio として求めた (Fig. 1)。

断層心エコー図は、東芝製 SSH 40A および 65A を使用し、乳頭筋先端レベルの短軸断面をと

Table 1. Characteristics of the three groups

	Group I (hypokinesis)	Group II (akinesis without thinning)	Group III (akinesis with thinning)
Patients (No.)	8	8	8
Age (year): Mean	60	66	64
Range	43~69	50~74	38~72
Infarction-related artery			
LAD	4	5	6
LCX	2	0	0
RCA	2	3	2
Tl-uptake (%)			
Before PTCA			
Initial uptake	66±6.2	54±7.5	45±5.4
Delayed uptake	66±6.5	55±6.1	46±5.9
After PTCA			
Initial uptake	70±8.8	58±10	42±6.9
Delayed uptake	70±9.3	57±12	44±5.7
WTR: Mean	1.0	0.9	0.7
Range	0.9~1.2	0.8~1.1	0.6~0.7
Changes in wall motion abnormality			
Improved	5	4	0
Unchanged	3	4	8

LAD=left anterior descending branch; LCX=left circumflex branch; RCA=right coronary artery; PTCA=percutaneous transluminal coronary angioplasty; WTR=left ventricular end-diastolic wall thickness ratio.

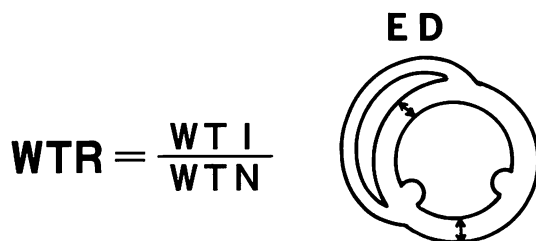
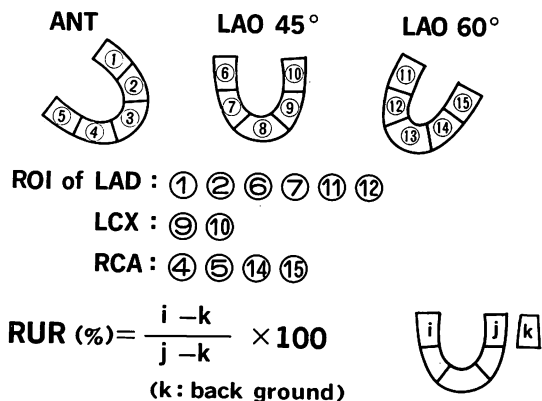


Fig. 1. Illustration of method of measuring the regional Tl-uptake ratio.

ANT=anterior; LAO=left anterior oblique; ROI=region of interest; RUR=regional Tl-uptake ratio. For other abbreviations: see Table 1.

Fig. 2. Method of measuring the wall thickness ratio.

WTR=left ventricular end-diastolic wall thickness ratio; WTI=wall thickness of infarct zone; WTN=wall thickness of normal zone; ED=end-diastole.

り局所壁運動を視覚的に 3 名の検者により normokinesis, mild hypokinesis, severe hypokinesis, akinesis の 4 段階に判定した. 更に, akinesis の症例は梗塞部と健常部 (心室中隔あるいは左室後壁) の拡張末期壁厚を計測し, 左室拡張末期壁厚比 (梗塞部左室壁厚 / 健常部左室壁厚) を求めた (Fig. 2). 壁厚比が 0.8 未満のものを壁厚の菲薄化がある症例とし, 0.8 以上ある時には菲薄化がないとした.

統計学的処理は, PTCA 前後の比較は paired t test, 群間比較は t test および chi-square test により行ない, 有意差は危険率 5% の水準で判定した.

結 果

1. PTCA 前後の初期 TI 摂取率の比較

全 24 症例の初期 TI 摂取率 (initial TI-uptake) は, 術前平均 $55 \pm 11\%$, 術後平均 $56 \pm 14\%$ で術前後に有意差は認めなかった (Fig. 3). 24 症例を前述のように 3 群に分けると, I 群は術前後で $66 \pm 6\%$ から $70 \pm 9\%$ ($p < 0.05$), II 群は $54 \pm 8\%$

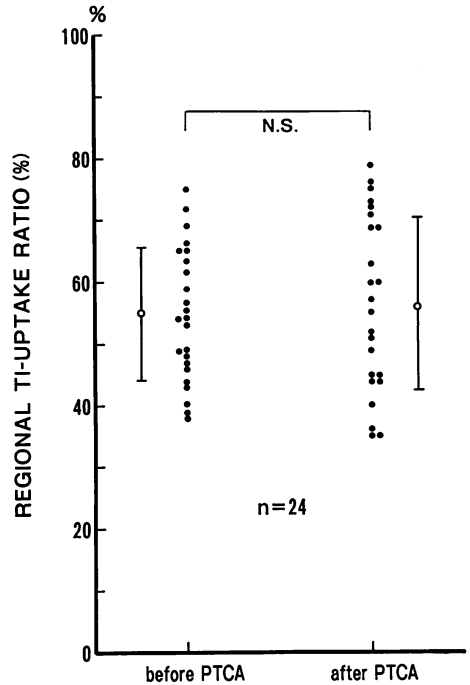


Fig. 3. Changes in regional TI-uptake ratio of the initial image before and after PTCA.

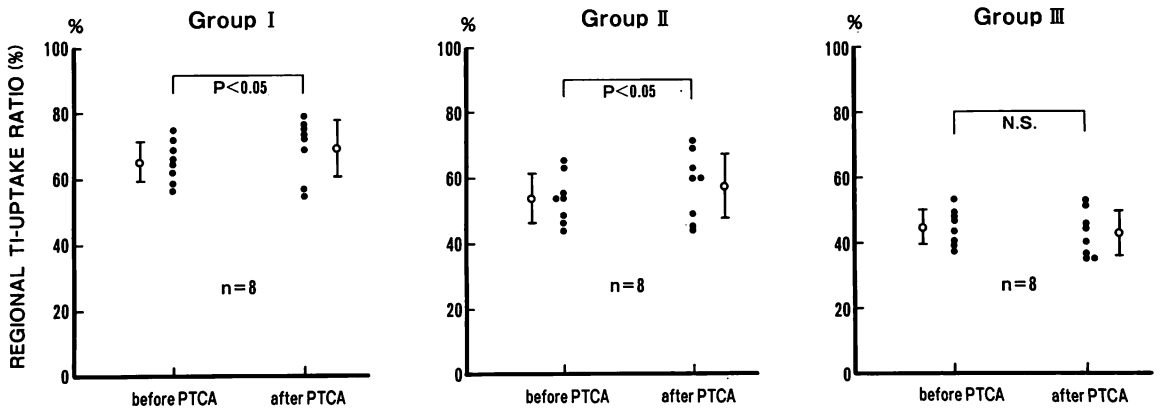


Fig. 4. Changes in regional TI-uptake ratio of the initial images of the three groups before and after PTCA.

Improvement of the TI-uptake ratio after PTCA is observed in Groups I and II.

Group I=patients showing hypokinesis in the infarct zone; Group II=patients showing akinesis without a thinned wall in the infarct zone; Group III=patients showing akinesis with a thinned wall in the infarct zone.

から $58 \pm 10\%$ ($p < 0.05$) と有意に増加したが、III 群は術前 $44 \pm 5\%$ 、術後 $42 \pm 7\%$ で有意差は認められなかった (Fig. 4).

2. PTCA 前の初期 Tl 摂取率の比較

I 群は II 群および III 群に対し、II 群は III 群に対し有意 ($p < 0.01$) に大であった (Fig. 5).

3. PTCA 後の Tl 摂取率改善の有無による各群の術前初期 Tl 摂取率の比較

PTCA 後の Tl 摂取率増加 5% 以上を改善とした場合、術前初期 Tl 摂取率を比較すると、I 群の改善症例 (5 例) の術前平均 $67 \pm 4\%$ と不変症例 (3 例) のそれ ($64 \pm 10\%$) との間には有意差はなかった。しかし、II 群の改善症例 (5 例) の術前平均は $58 \pm 5\%$ で、不変症例 (3 例) のそれ ($46 \pm 3\%$) に対して有意に大 ($p < 0.05$) であった (Fig. 6)。III 群は改善症例が認められなかった。また、I 群、II 群間における PTCA 後の Tl 摂取率改善症例数に有意差はなかった。

4. PTCA 後の壁運動異常改善の比較

断層心エコー図法による視覚的評価では、I 群の改善例数は 8 例中 5 例 (63%)、II 群は 8 例中 4 例 (50%) で、I 群、II 群間に有意差はなかった。

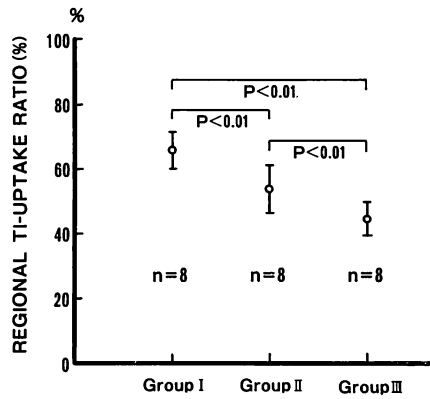


Fig. 5. Comparison of regional Tl-uptake ratios of the initial images in the three groups before PTCA.

The initial Tl-uptakes among the three groups show significant differences.

Groups I, II and III: see Fig. 4.

5. PTCA 後の Tl 摂取率改善と壁運動異常改善の関係

PTCA 後の Tl 摂取改善症例で壁運動異常が改善したものは、I 群では 5 例中 5 例 (100%)、II 群では 5 例中 4 例 (80%) であった。

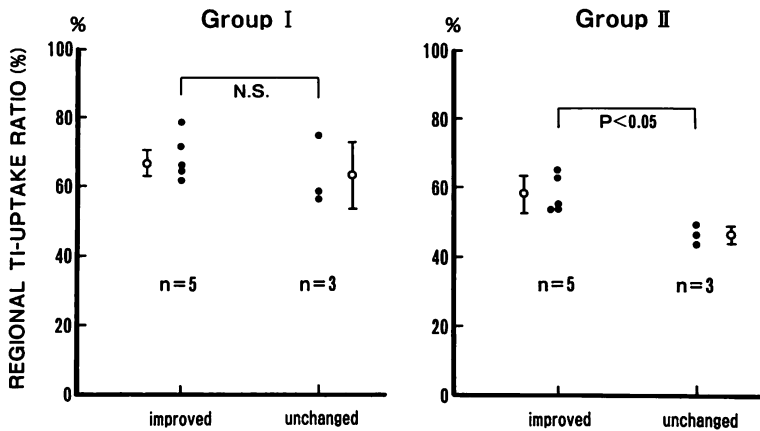


Fig. 6. Comparison of regional Tl-uptake ratios of initial images between improved and unchanged cases before and after PTCA in Groups I and II.

The Tl-uptake ratio is greater in improved cases than in unchanged cases in group II. improved: over 5%; unchanged: under 5%.

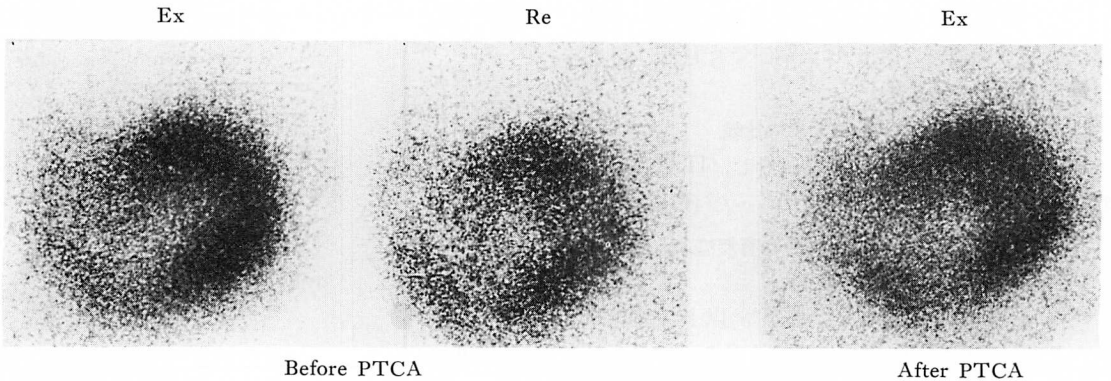


Fig. 7. Exercise thallium-201 myocardial scintigrams in the 60° left anterior oblique projection before and after PTCA in a patient with previous anteroseptal myocardial infarction.

The preoperative exercise image shows a defect involving the anterior segment. There is no redistribution preoperatively but partial improvement of myocardial perfusion can be seen postoperatively in the anterior segment.

Ex=exercise image; Re=redistribution image.

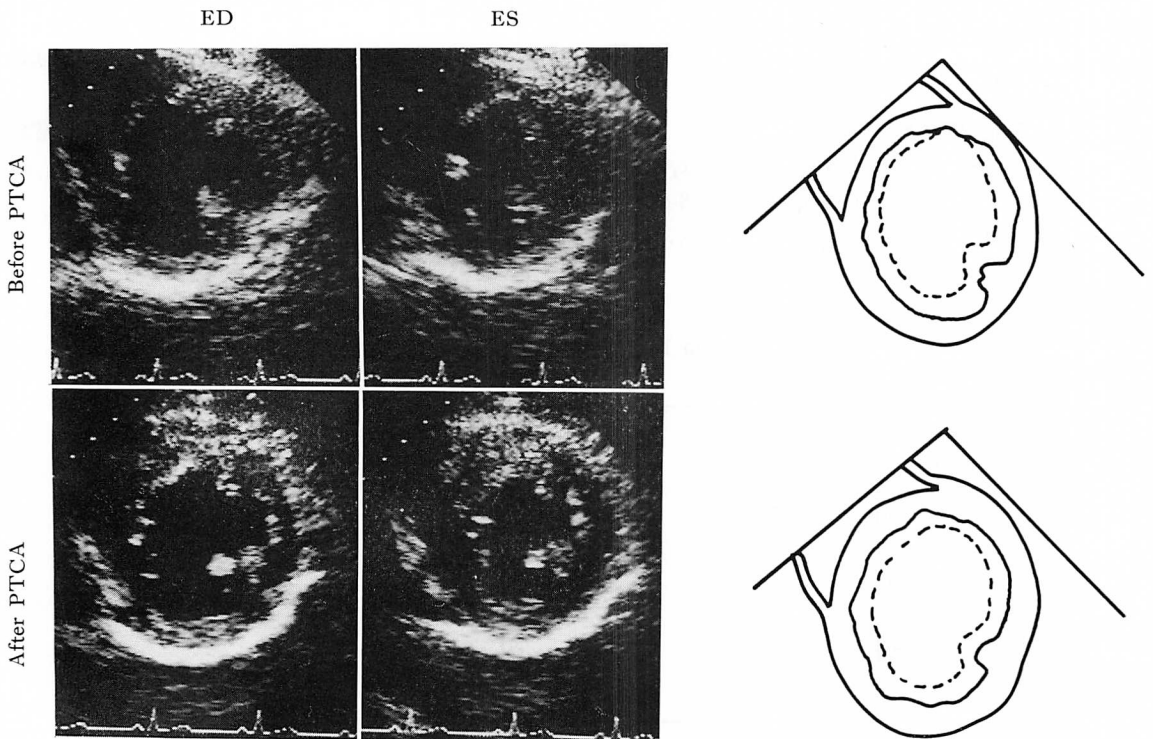


Fig. 8. Short-axis views at the level of the papillary muscles of the two-dimensional echocardiograms before and after PTCA in the same case as Fig. 7.

The endocardium at end-diastole is superimposed on the end-systolic frames as shown by a dotted line. Severe hypokinetic wall motion of the anteroseptal region becomes mildly hypokinetic after PTCA.

ED=end-diastole; ES=end-systole; solid line: end-diastole; dotted line: end-systole.

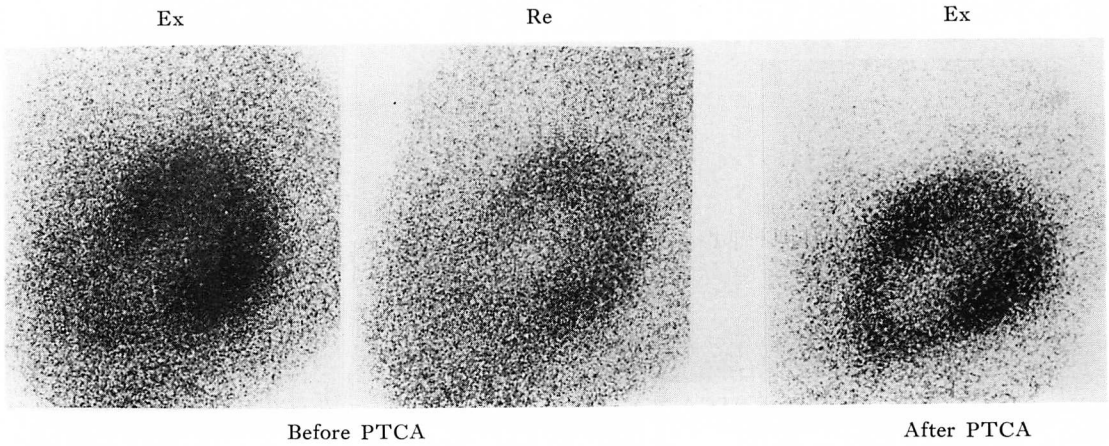


Fig. 9. Exercise thallium-201 myocardial scintigrams in the 60° left anterior oblique projection before and after PTCA in a patient with previous anteroseptal myocardial infarction.

The preoperative exercise image shows a hypoperfusion involving the anterior segment. There is no redistribution preoperatively, but improvement in myocardial perfusion can be seen postoperatively in the anterior segment.

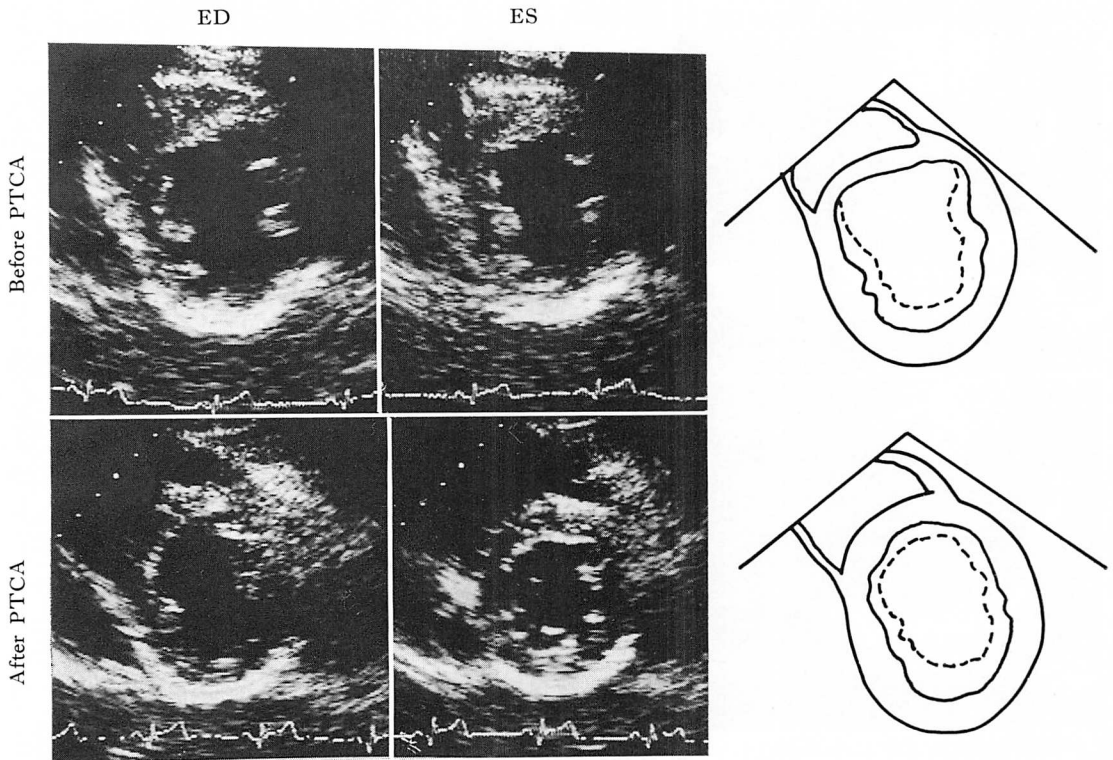


Fig. 10. Short-axis views at the level of the papillary muscles in the two-dimensional echocardiograms before and after PTCA in the same case as Fig. 7.

Akinetic wall motion of the anteroseptal region becomes mildly hypokinetic after PTCA.

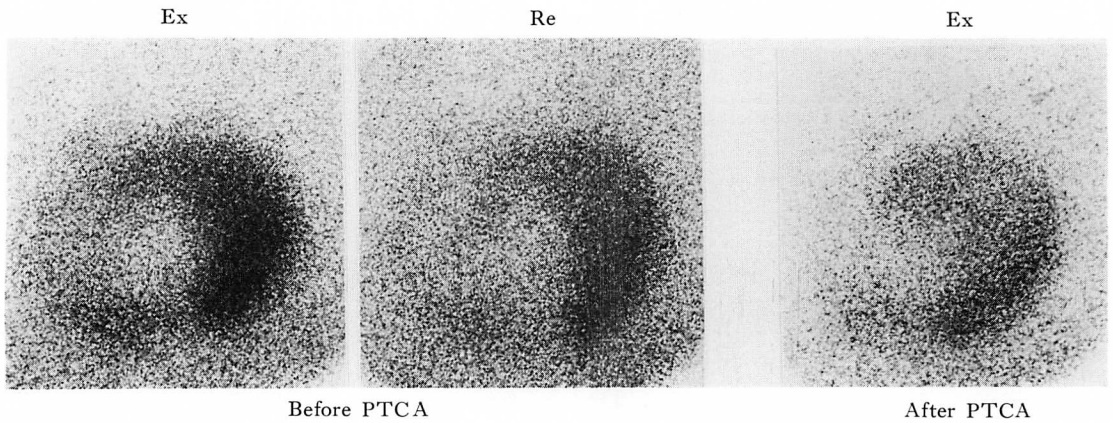


Fig. 11. Exercise Tl-201 myocardial scintigrams in the 45° left anterior oblique projection before and after PTCA in a patient with previous anteroseptal myocardial infarction.

The preoperative exercise image shows a defect involving the anteroseptal segment. There is no redistribution preoperatively, and no improvement of myocardial perfusion can be seen postoperatively in the anteroseptal segment.

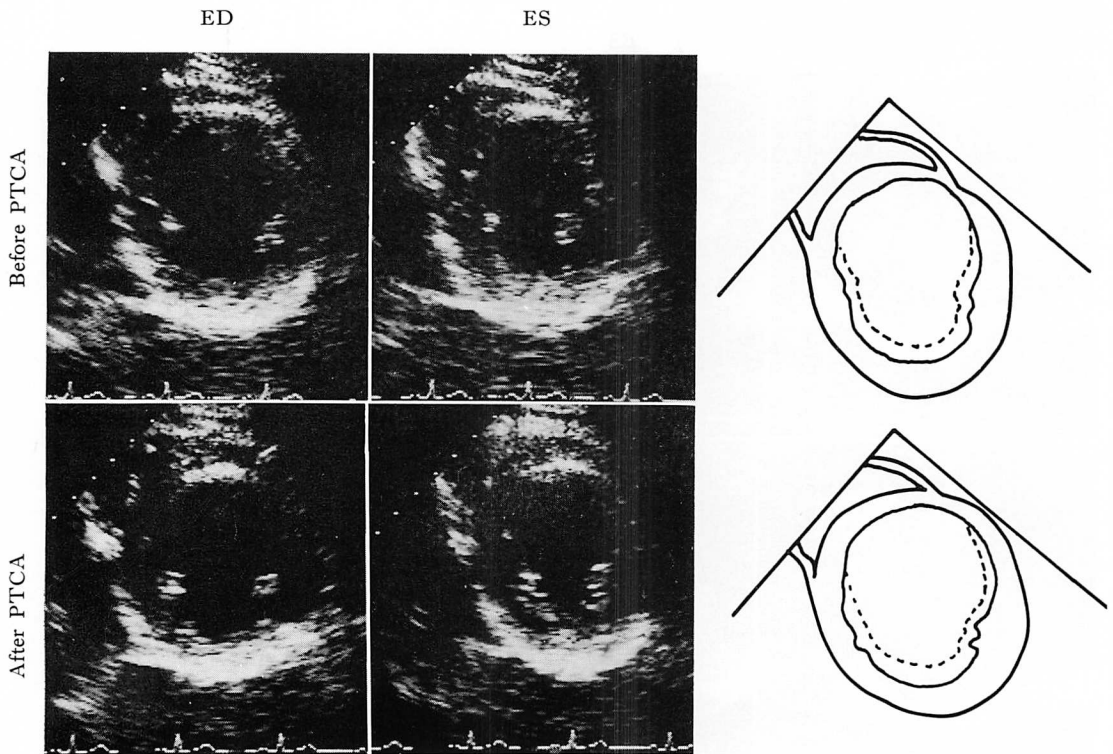


Fig. 12. Short-axis views at the level of the papillary muscles in the two-dimensional echocardiograms before and after PTCA in the same case as Fig. 11.

Wall motion of the anteroseptal region shows akinesis before PTCA and this remains unchanged after PTCA.

症例呈示

症例 1: 前壁中隔梗塞, 62 歳, 男性

PTCA 前後の左前斜位 60° 負荷 Tl 心筋シンチを Fig. 7 に示す。冠動脈造影では左冠動脈前下行枝近位部に 99% の狭窄があり, 右冠動脈から側副血行を受けている I 群の症例である。PTCA 前に再分布は認めなかったが, 術後心筋灌流量は軽度に増大した。Fig. 8 は同症例の PTCA 前後の乳頭筋先端レベルでの短軸断層エコー図である。PTCA 前に重篤な hypokinesis であった心室中隔は術後軽度な hypokinesis を示した。

症例 2: 前壁中隔梗塞, 59 歳, 男性

Fig. 9 に PTCA 前後の左前斜位 60° 負荷 Tl 心筋シンチを示す。冠動脈造影上, 左冠動脈前下行枝近位部に 90% の狭窄がある II 群の症例である。PTCA 前に再分布は認めなかったが, 術後心筋灌流量は増大した。Fig. 10 は, 同症例の PTCA 前後の乳頭筋先端レベルでの短軸断層エコー図である。PTCA 前の心室中隔は akinesis で, 健常部の左室後壁との拡張末期壁厚比は 0.9 であった。術後, 心室中隔は軽度な hypokinesis を示した。

症例 3: 広範囲前壁梗塞, 54 歳, 男性

Fig. 11 は PTCA 前後の左前斜位 45° 負荷 Tl 心筋シンチである。冠動脈造影では, 左冠動脈前下行枝近位部に 99% の狭窄があり, 右冠動脈から側副血行を受けている III 群の症例である。PTCA 前に再分布は認めず, 術後の心筋灌流量の増大は認めなかった。Fig. 12 は, 同症例の PTCA 前後の乳頭筋先端レベルでの短軸断層エコー図である。PTCA 前の前壁および心室中隔は akinesis で, 健常部の左室後壁との拡張末期壁厚比は 0.7 であった。術後の壁運動異常改善は認められなかった。

考 査

負荷 Tl 心筋シンチにおける負荷後安静時の再分布は, 心筋細胞の activity を反映しており, 心

筋梗塞領域でも viable な心筋が残存すれば再分布が起こるとされている⁷⁾。しかし, 再分布のない梗塞症例の中にも PTCA 後 Tl uptake の増大することがあり, このような症例にも viable な心筋が含まれている可能性を否定できない。

心筋の Tl 摂取は, 心筋血流と心筋細胞内摂取の両者に依存している⁸⁾。陈旧性心筋梗塞領域で負荷後安静時に再分布が起こらない場合は, 次の二通りの解釈が可能である。第一は, 梗塞領域全域が壊死し細胞内摂取がない時, 第二は, 梗塞領域に残存する生存可能 (viable) な心臓が高度の冠動脈狭窄による心筋血流減少のため, 慢性虚血状態に曝された時である。この場合, 心筋は冬眠心筋 (hibernating myocardium) となり, 生存能 (viability) がありながら, 安静時でも細胞摂取が起こらない⁹⁾。冬眠心筋は急性虚血後に起こる気絶心筋 (stunned myocardium)¹⁰⁾ と比べると, 更に長く持続する慢性虚血状態である。再分布のない症例で PTCA 後に Tl 摂取増大が起こるのは, 冬眠心筋が血流の増加により目覚めたと考えられ, 安静時に持続する慢性虚血が術前の梗塞領域に存在していた可能性を示唆するものである。Tl 心筋シンチ安静時像の集積異常が必ずしも壊死を示しているとは限らないとする報告^{11,12)}や, 梗塞のない狭心症例で安静時像に欠損を認めた報告¹³⁾は, 安静時に欠損を示す梗塞領域の中に, 壊死に陥っていない虚血領域が含まれている可能性を支持している。

一方, 断層心エコー図による壁運動異常の検討で, 最も問題となる akinesis 症例の viability の有無に関して, Hutchins ら¹⁴⁾や Ideker ら¹⁵⁾は, 壁運動異常を示す心筋にも病理学上正常な残存心筋が多く含まれていると報告している。更に Braunwald ら¹⁶⁾は, hypokinesis だけでなく, akinesis でも心筋の収縮予備能が癒痕領域内の viable な細胞に備っていることがあると述べている。すなわち, akinesis の領域すべてが壊死しているとは限らないという。また, Wyatt ら¹⁷⁾は, 動物実験での断層心エコー図と病理所見との比較

で, 断層心エコー図が梗塞範囲を過大に評価すると指摘しているが, これは病理学上, 正常な梗塞周囲健常部に虚血が及んでいるために見掛け上の壁運動異常を示すものを含むためと考えられる. Kerber ら¹⁸⁾も, 壁運動異常から判定すると梗塞は過大評価される傾向にあると指摘している. このように, akinesis は必ずしも壊死心筋を意味しておらず, 断層心エコー図上の akinesis 領域の中に, viable な心筋が含まれていることもあると考えられる.

一般に心筋梗塞が陳旧化するに伴い, 癒痕化により心室壁厚が菲薄化する. 心室壁厚の菲薄化は, 梗塞領域の癒痕周囲に虚血心筋が存在する時には, 全領域が壊死している時と比較して軽度と考えられる. 今回使用した断層装置 SSH 40A, 65A の距離分解能 (1 mm), 方位分解能 (2 mm) と正常左室壁厚 (10~14 mm) を考慮して, 壁厚比 (梗塞部左室壁厚 / 健常部左室壁厚) が 1.0 ± 0.2 (0.8~1.2) 程度は菲薄化のない症例 (II 群), 0.8 未満は菲薄化のある症例 (III 群) と仮定したが, これにより akinesis 症例の PTCA 後の改善例と非改善例を分離できたことは, この仮定が妥当性のあることを証明している.

断層心エコー図と負荷 Tl 心筋シンチの関連については, 壁運動異常と再分布所見は必ずしも一致せず¹⁹⁾, 高度の壁運動異常があっても再分布することもあり²⁰⁾, このような症例は冠血行再建術後に心筋灌流増大と壁運動異常改善が得られている⁷⁾. すなわち, 壁運動異常があっても, 再分布が認められれば, 収縮予備能があると考えられる. Pohost ら¹⁾は, 虚血部と梗塞部は, 負荷 Tl 心筋シンチによる再分布所見で区別できるとしているが, 梗塞領域にも再分布所見が認められ, 冠血行再建術後には壁運動異常が改善することもあり^{7,21)}, 梗塞領域の再分布所見は心筋の収縮予備能を表わす良い指標である. しかし, 再分布のない症例でも PTCA 後に心筋灌流増大が認められる場合があり, 高度な冠動脈狭窄による冬眠心筋が術前の梗塞領域に存在していた可能性があ

り, このような心筋は安静時でも Tl の細胞内摂取がないと考えられる.

対象とした全症例を一括すると PTCA 前後の心筋灌流量に差を認めないが, 断層心エコー図により 3 群に分けると, I 群と II 群では術後有意に増大しており, 術前に再分布がなくても断層心エコー図で hypokinesis を示す症例, あるいは akinesis であっても壁厚の菲薄化のない症例は, 梗塞領域に viable な心筋が残存している可能性があると考えられる. 特に, akinesis 症例の PTCA 適応に関しては, 壁厚の菲薄化がない症例とある症例の術前 initial Tl uptake に有意差があること, 菲薄化のない症例でも PTCA 後の改善例と非改善例の術前 Tl 初期摂取率に差があることより, 術前の Tl 初期摂取率の程度の重要性が考察される. 今回の結果から術前の Tl 初期摂取率は 50% 付近に境界があり, 50% 以下の症例では術後の改善が期待できないことが示唆された. 再分布を認めない akinesis の症例で PTCA 後に心筋灌流量増大を得るためには, 断層心エコー図で壁厚の菲薄化がなく (壁厚比 0.8 以上), 負荷 Tl 心筋シンチで初期摂取率 50% 以上が条件となると予想される. また, PTCA 後の壁運動異常改善と心筋灌流量増大は密接な関係にあるとする報告⁹⁾があるが, akinesis 症例に関しても同じ傾向が示された.

結 語

負荷 Tl 心筋シンチで梗塞領域に再分布が認められない症例において, 断層心エコー図で壁運動が hypokinesis や壁厚の菲薄化のない akinesis で術前の負荷 Tl 心筋シンチで初期摂取率が 50% 以上のものは, 術後に心筋灌流量増大が予測され PTCA の適応があると考えられる.

要 約

負荷 Tl 心筋シンチで梗塞領域に再分布のない症例でも, PTCA 後にその領域の心筋灌流量増大が認められることがある. 本研究では, 術前の

負荷 Tl 心筋シンチおよび断層心エコー図から、術後の灌流量増大の予測が可能か否かを検討した。

負荷 Tl 心筋シンチで再分布を認めない陳旧性心筋梗塞 24 例を対象として、梗塞責任冠動脈に PTCA を施行した。術前の断層心エコー図所見より梗塞領域が hypokinesis を示す 8 例を I 群、壁の菲薄化を伴わない akinesis を示す 8 例を II 群、壁の菲薄化を伴い akinesis を示す 8 例を III 群とした。

1. 全 24 症例では、PTCA 前後の初期 Tl 摂取率に有意差はなかったが、I 群および II 群では PTCA 後に Tl 摂取率が有意に増加した。

2. PTCA 前の初期 Tl 摂取率を比較すると、I 群は II 群および III 群に対し、II 群は III 群に対し有意に大であった。

3. II 群中、PTCA 後に Tl 摂取率の改善を認めた症例では、摂取率不変の症例に比較して、PTCA 前の初期 Tl 摂取率が有意に大であった。

4. PTCA 後に Tl 摂取が増大した症例では、壁運動異常の改善傾向を認めた。

梗塞領域に再分布が認められない症例でも、断層心エコー図上 hypokinesis を示す場合、および akinesis であっても、壁の菲薄化がなく、初期 Tl 摂取率が 50% 以上の場合は、領域内の心筋は必ずしもすべて壊死状態にあるわけではなく、冬眠の状態にあると考えられる。したがって、負荷 Tl 心筋シンチで梗塞領域に再分布のない症例でも、PTCA 後の灌流量増大が期待できる例があり、上記の条件を有する症例は PTCA 適応があると考えられる。

文 献

- 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
- Kubo H, Sakai M, Fujinuma S, Yano K, Nomura H, Tokuhiko K, Saito Y, Sugi K, Ukai K, Ebine K: Exercise Thallium-201 myocardial imaging in assessment of aorto-coronary bypass graft surgery. *Iryo* 39: 234-240, 1985 (in Japanese)
- Kubo H, Yano K, Hasegawa N, Degawa T, Hirai H, Yabuki S, Machii K: Comparative effects of PTCA and CABG on infarcted myocardium. *Jpn J Nucl Med* 24: 732, 1987 (abstr)
- Ebine K, Tamura S, Lee M, Sato K, Kubo H, Sakai M, Sugi K, Ukai K: Indication of aorto-coronary bypass graft surgery for infarction area of myocardium considered from exercise Thallium-201 myocardial imagings. *Jpn Circ J* 51: 595-603, 1987
- Ebine K, Tamura S, Lee M, Hattanmaru K, Sato K, Kubo H, Sakai M, Sugi K, Ukai K: Apport de la scintigraphie du myocarde au Thallium 201 à l'effort dans l'indication du pontage aorto-coronarien d'un territoire myocardique ayant été le siège d'un infarctus. *Ann Cardiol Angéiol* 36: 183-189, 1987
- AHA committee report: A reporting system on patients evaluated for coronary artery disease. *Circulation* 51: April, 1975
- Kubo H, Sakai M, Yano K, Saito Y: Indication of aorto-coronary bypass surgery for the infarcted myocardium: Assessment using exercise Tl-201 myocardial imagings. *J Cardiogr* 14: 223-235, 1984 (in Japanese)
- Weich HF, Strauss HW, Pitt B: The extraction of Thallium-201 by the myocardium. *Circulation* 56: 188-191, 1977
- Manyari DE, Knudtson M, Kloiber R, Roth D: Sequential thallium-201 myocardial perfusion studies after successful percutaneous transluminal coronary artery angioplasty: Delayed resolution of exercise-induced scintigraphic abnormalities. *Circulation* 77: 86-95, 1988
- Braunwald E, Rutherford JD: Reversible ischemic left ventricular dysfunction: Evidence for the "Hibernating Myocardium". *J Am Coll Cardiol* 8: 1467-1470, 1986
- Gewirtz H, Beller GA, Strauss HW, Dinsmore RE, Zir LM, McKusick KA, Pohost GM: Transient defects of resting thallium scans in patients with coronary artery disease. *Circulation* 59: 707-713, 1979
- Berger BC, Watson DD, Burwell LR, Crosby IK, Wellons HA, Teates CD, Beller GA: 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
- Brown KA, Okada RD, Boucher CA, Phillips

- HR, Strauss HW, Pohost GM: Serial thallium-201 imaging at rest in patients with unstable and stable angina pectoris: Relationship of myocardial perfusion at rest to presenting clinical syndrome. *Am Heart J* **106**: 70-77, 1983
- 14) Hutchins GM, Bulkley BW, Ridolfi RL, Griffith LSC, Lohr FT, Piasio MA: Correlation of coronary arteriograms and left ventriculograms with postmortem studies. *Circulation* **56**: 32-37, 1977
- 15) Ideker RE, Behar VS, Wagner GS, Starr JW, Starmer CF, Lee KL, Hackel DB: Evaluation of asynergy as an indicator of myocardial fibrosis. *Circulation* **57**: 715-725, 1978
- 16) Braunwald E, Kloner RA: The stunned myocardium: Prolonged, postischemic ventricular dysfunction. *Circulation* **66**: 1146-1149, 1982
- 17) Wyatt HL, Meerbaum S, Heng MK, Rit J, Gueret P, Corday E: Experimental evaluation of the extent of myocardial dyssynergy and infarct size by two-dimensional echocardiography. *Circulation* **63**: 607-614, 1981
- 18) Kerber RE, Marcus ML, Ehrhardt J, Wilson R, Abboud FM: Correlation between echocardiographically demonstrated segmental dyskinesia and regional myocardial perfusion. *Circulation* **52**: 1097-1104, 1975
- 19) Kondo M, Miyazaki S, Takahashi M, Shimono Y: Assessment of viable myocardium within infarct zone by exercise thallium-201 scintigraphy. *Jpn Circ J* **48**: 219-224, 1984
- 20) Akins CW, Pohost GM, Desanctis RW, Block PC: Selection of angina-free patients with severe left ventricular dysfunction for myocardial revascularization. *Am J Cardiol* **46**: 695-700, 1980
- 21) 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