

《原 著》

狭心症例における PTCA の治療効果の評価

—運動負荷 TI-201 心筋 SPECT を用いて—

内

孝*

要旨 PTCA 成功症例に対し PTCA 前後で運動負荷 TI-201 心筋 SPECT (Ex-SPECT) を施行し、虚血検出および虚血心筋改善様式について検討した。対象は狭心症 (AP) 132 例で内 43 例は Ex-SPECT, 冠動脈造影にて経時的観察を行った。PTCA 前の虚血検出率は全例では 85% であったが, %diameter stenosis (%DS) が 90% 以上の症例でのそれは 100% であった。また PTCA 後の虚血改善の検出率は 90% であった。PTCA 時測定した pressure gradient (PG) と washout rate (WR) の間に良好な相関が認められ, WR も冠動脈狭窄領域の心筋灌流を反映することが示唆された。遠隔期にも Ex-SPECT にて観察した症例中, PTCA 後も再分布が残存した症例は 34 例であり, この内 59% に再狭窄が確認された。また再狭窄のなかった 20 例中 5 例では PTCA 1 週間後に比較し, 遠隔期で Ex-SPECT 上さらに改善が示された。今回 PTCA 症例に対し施行した Ex-SPECT は虚血性変化, 治療効果, 再狭窄などの評価に有用であった。また長期的観察により一部の症例では PTCA 後の hibernating myocardium の存在が示唆された。

I. はじめに

経皮的冠動脈形成術 (percutaneous transluminal coronary angioplasty; PTCA) はバルーンカテーテルを用い器質的冠動脈狭窄を直接的に拡張することにより冠血流を改善させる治療法である。狭心症 (angina pectoris; AP) や心筋梗塞 (myocardial infarction; MI) 症例に対する PTCA の有用性¹⁾はすでに確立しているが, PTCA の適応は拡大しつつあり²⁾, PTCA 症例数も年々増加の一途をたどっている。また PTCA の適応基準の中で標的病変部灌流域の viable muscle の存在は必須条件の 1 つであり, viable muscle の判定は不可欠である。かかる観点からも TI-201 心筋シンチグラフィは心筋灌流を相対的ではあるが詳細に把握することが

でき, PTCA の適応決定, 治療効果の判定に有用な検査法である。最近 planar image に変わり回転型ガンマカメラを用いた single photon emission computed tomography (SPECT) の導入により TI-201 心筋シンチグラフィは虚血性心疾患における罹患冠動脈の検出や虚血性病変部の拡がりや重症度の把握が容易になり, 診断率も著しく向上した³⁾。さらに Bull's eye 法などのプログラムも開発され⁴⁾, %TI uptake や washout rate (WR) を算出し, 客観的評価法により診断精度をさらに向上させた。そこで今回著者は狭心症例に対して PTCA 前後に運動負荷 TI-201 心筋 SPECT (Ex-SPECT) を施行し, PTCA による心筋灌流の変化や遠隔期での虚血改善様式について検討したので報告する。

II. 対象および方法

対象

対象は MI の既往のない AP 132 例 (男性 115 例, 女性 17 例, 平均年齢 58.7±9.3 歳) である。

* 東邦大学内科学第一講座

受付: 2 年 9 月 25 日

最終稿受付: 3 年 3 月 26 日

別刷請求先: 東京都大田区大森西 6-11-1 (☎ 143)

東邦大学内科学第一講座

内

孝

PTCAによる標的冠動脈は左前下行枝(left anterior descending; LAD) 89病変, 回施枝(left circumflex; LCX) 30病変, 右冠動脈(right coronary artery; RCA) 27病変である(Table 1).

方法

1) Ex-SPECTによるデータ収集と解析

Ex-SPECTはPTCA前とPTCA後約1週目に無投薬下にて施行したが, 一部の症例では1.5より12.2か月後の遠隔期にも同検査を施行した. 運動負荷は自転車エルゴメータによる多段階漸増負荷法で胸痛, 息切れなどの自覚症状や血圧・心拍数の変動, 心電図上有意なST, T波の変化をendpointとして $^{201}\text{TlCl}$ 74~148 MBq (2~4 mCi)を静注し, さらに1分間の運動を継続した. $^{201}\text{TlCl}$ 静注5分後より低エネルギー汎用コリメータを装着した回転型ガンマカメラ(ZLC-7500)を用い初期像(stress image)を, さらに3時間後に遅延像(delayed image)を撮像した. データは右前斜位40度から左後斜位40度まで180度を32方向(20~30秒/方向)より収集した. 画像再構成はShepp & Loganのフィルタを用い, 断層像として短軸断層像(short axial image; SA), 水平長軸断層像(horizontal long axial image; HLA), 矢状長軸断層像(vertical long axial image; VLA)を作成した.

2) 視覚的評価

得られたEx-SPECT断層像を心臓核医学医師2名により視覚的に初期像のTI欠損の程度からgrade 0のnormal perfusionからgrade 3のperfusion defectまでの4段階に分類した. また初期像と遅延像の比較により再分布の有無を評価した. 視覚的虚血判定は初期像でのTI欠損と再分布の存在をもってし, またPTCA前後での評価は初期像でのTI欠損改善または再分布の改善, 消失のいずれかを示した場合を虚血の改善と判定した(Table 2).

3) 定量的評価

Ex-SPECT断層像をBull's eye法にて定量的に評価するため, SA像の左心室中心部と心基部, 心尖部にそれぞれ3スライスずつ計7スライスを

同心円状に配列し画像表示を行った. 得られた初期像と遅延像の虚血領域, 正常領域の3スライス, 30度幅の9セグメントに設定した関心領域内のradioisotope(RI)カウントを測定し, 次式を用い初期像における%TI-uptakeとWRを算出した.

$$\% \text{TI uptake} = \frac{\text{虚血領域の RI カウント}}{\text{正常領域の RI カウント}}$$

$$\text{WR} = \frac{\text{初期像における RI カウント} - \text{遅延像における RI カウント}}{\text{初期像における RI カウント}}$$

健常者10例より算出したWRは左室全周でほぼ一定であり, 平均値±標準偏差値は $51 \pm 6.5\%$ であり, 38%以上を正常値とした(Fig. 1).

4) PTCAの手法

PTCAはtransfemoral法に基づき, 主にUSCI社製, ACS社製dilatation catheter systemを用い, 自施設でのプロトコルに従い施行した. PTCA適応症例の選択はcoronary artery bypass graft(CABG)術適応があり, 主要冠動脈に実測値で50%以上の器質的狭窄病変があり, 胸痛などの臨床症状があった症例である. 冠動脈狭窄病変の重症度はImage Z 2000を用い, リアルタイムに24倍ズームアップ静止画像を得た後, 自動解析し% diameter stenosis(%DS)を算出した⁵⁾. またPTCA前およびバルーン毎にtransstenotic pressure gradient(PG)の測定を行った. PTCA成功基準は%DS 20%以上の開大と残存狭窄50%以下とし, 最終的なPG 20 mmHg以下も成

Table 1 Number of coronary lesion

Coronary lesion	% diameter stenosis				Total
	100-99	98-90	89-75	74-50	
LAD	10	7	35	37	89
LCX	5	2	12	11	30
RCA	6	2	6	13	27
Total	21	11	53	61	146

Table 2 Visual evaluation of SPECT

0: normal perfusion
1: mild hypoperfusion
2: moderate hypoperfusion
3: severe hypoperfusion or defect

功基準の参考指標とした。PTCA 後の再狭窄は Holmes ら⁶⁾ の定義および実測 50% 以上の狭窄⁷⁾をもってした。推計学的検討は student の t-test を用い、 $p < 0.05$ を有意とし、数値は平均±標準偏差を示す。

III. 成 績

1) 冠動脈狭窄度と SPECT 像の視覚的評価

今回 % DS はすべて実測値を用いたが、% DS 90% 以上の症例では、いずれの冠動脈領域においても初期像での TI 欠損と再分布が認められ虚血判定は可能であった。% DS 89%~75% の症例で

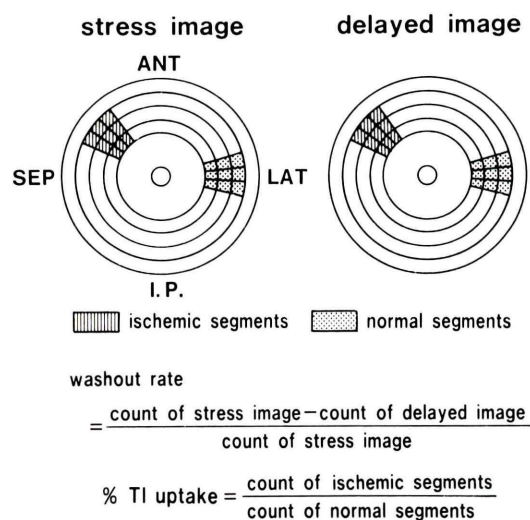
は sensitivity は 87% であり、% DS 74%~50% の症例では 75% とやや低値を示し、全症例でのそれは 85% であった。

冠動脈病変別での sensitivity は LAD 領域の 90% に比し、LCX, RCA 領域でそれぞれ 77%, 78% とやや低値を示した (Table 3)。分岐部狭窄病変や一枝多重病変などの複雑病変症例を除いた 120 例で虚血正診率を血管病変数で検討すると、一枝病変例では % DS 90% 以上の症例では sensitivity は 92% (13 例中 12 例) で、% DS 89%~50% の症例では 70% (54 例中 38 例) であった。一方多枝病変例におけるそれは % DS 90% 以上の症例で 100% (9 例中 9 例) で、% DS 89%~50% の症例では 61% (44 例中 27 例) であった (Fig. 2)。

2) PTCA 前後での SPECT 像の視覚的評価

PTCA 前後で虚血性変化の改善度を視覚的に評

methods



(ANT:anterior, SEP:septum, I.P.: infero posterior, LAT:lateral)

Fig. 1 Calculation of %TI uptake and washout rate.

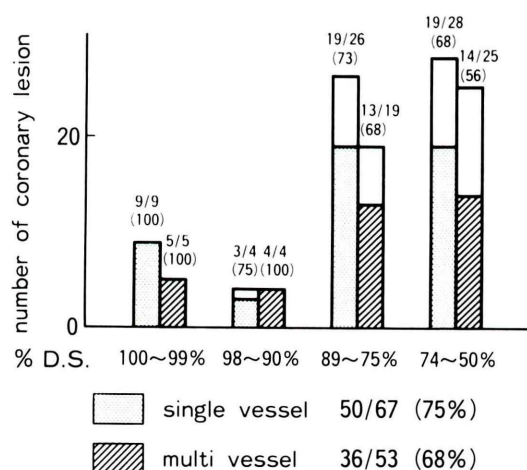


Fig. 2 Comparison of efficacy of PTCA between the AP patients with single vessel lesion and with multi-vessel lesion.

Table 3 Detection of ischemic area

Coronary lesion	% diameter stenosis				Total
	100-99	98-90	89-75	74-50	
LAD	10/10 (100%)	7/7 (100%)	32/35 (91%)	31/37 (84%)	80/89 (90%)
LCX	5/5 (100%)	2/2 (100%)	9/12 (75%)	7/11 (64%)	23/30 (77%)
RCA	6/6 (100%)	2/2 (100%)	5/6 (83%)	8/13 (62%)	21/27 (78%)
Total	21/21 (100%)	11/11 (100%)	46/53 (87%)	46/61 (75%)	124/146 (85%)

Table 4 Change of efficacy

Coronary lesion	% diameter stenosis				Total
	100-99	98-90	89-75	74-50	
LAD	8/10 (80%)	7/7 (100%)	26/35 (74%)	26/37 (70%)	67/89 (75%)
LCX	5/5 (100%)	2/2 (100%)	10/12 (83%)	8/11 (73%)	25/30 (83%)
RCA	6/6 (100%)	1/2 (50%)	6/6 (100%)	10/13 (77%)	23/27 (88%)
Total	19/21 (90%)	10/11 (90%)	42/53 (81%)	44/61 (72%)	115/146 (79%)

Table 5a The group of AP patients with redistribution before PTCA

Coronary lesion	% diameter stenosis				Total
	100-99	98-90	89-75	74-50	
LAD	6/8 (75%)	7/7 (100%)	21/26 (81%)	23/26 (88%)	57/67 (85%)
LCX	5/5 (100%)	2/2 (100%)	10/10 (100%)	5/7 (71%)	22/24 (92%)
RCA	6/6 (100%)	0/2 (0%)	6/6 (100%)	7/8 (88%)	19/21 (90%)
Total	17/19 (89%)	9/10 (90%)	37/42 (88%)	35/41 (85%)	98/112 (88%)

Table 5b The group of AP patients without redistribution before PTCA

Coronary lesion	% diameter stenosis				Total
	100-99	98-90	89-75	74-50	
LAD	2/2 (100%)		5/9 (56%)	3/11 (27%)	10/22 (45%)
LCX			0/2 (0%)	3/4 (75%)	3/6 (50%)
RCA		1/1 (100%)		3/5 (40%)	4/6 (67%)
Total	2/2 (100%)	1/1 (100%)	5/11 (45%)	9/20 (45%)	17/34 (50%)

価すると % DS 100%~99% の症例では 21 病変中 19 病変 (90%) に改善が示された。% DS 98~90%, % DS 89~75%, % DS 74~50% の症例ではそれぞれ 90%, 81%, 72% で虚血に改善が示された (Table 4)。次に PTCA 前の再分布の有無により検討した。PTCA 前再分布が存在し、PTCA 後虚血性変化に改善が示された症例は % DS 100~99% の症例で 89%, % DS 98~90% の症例で 90%, % DS 89~75% の症例で 88%, % DS 74

~50% の症例で 85% であった (Table 5a)。また PTCA 前再分布が認められなかった症例で PTCA 後改善が示された症例は、% DS 100~90% の症例では 100%, % DS 89~75%, % DS 74~50% の症例でそれぞれ 45% であった (Table 5b)。

3) PG と SPECT 像の比較

1 枝病変 AP 43 例において PTCA 施行前に測定した % DS と Ex-SPECT より算出した % TI-uptake を比較したが $r = -0.425$ ($p < 0.01$) と有意な相関関係が認められ、 $y(\%DS) = -0.37x(\%TI-U) + 101.2$ の一次回帰式が得られた (Fig. 3)。また PTCA 時に測定した PG と Ex-SPECT より算出した WR の間に $r = -0.634$ ($p < 0.01$) と良好な相関が示され、 $y(PG) = -0.69x(WR) + 71.2$ の一次回帰式が得られた (Fig. 4)。これらの症例で PTCA 前後で各種パラメータを比較すると pressure rate product は平均 22000 より 26400 に変化した。% DS と PG はそれぞれ 75.9% より 28.1% と 50.3 mmHg より 15.1 mmHg と有意な ($p < 0.01$) 改善が示れた。また % TI-uptake と WR の PTCA 前後の比較においてもそれぞれ 68.2% より 83.5% と 31.1% より 48.8% と有意な ($p < 0.01$) 改善が認められた (Fig. 5~8)。次に PTCA 前後で PG と WR の変化を観察したが大部分の症例では PG, WR とともに正常域まで改善を示したが、4 症例では PG の改善に比し WR の変化は少なかった (Fig. 9)。

4) 虚血改善様式の検討

PTCA 後 1.5 か月より 12.2 か月まで Ex-SPECT および冠動脈造影 (coronary angiography; CAG) にて経過を観察し得た 43 症例について虚血改善様式や再狭窄の検出について検討した。CAG 上再

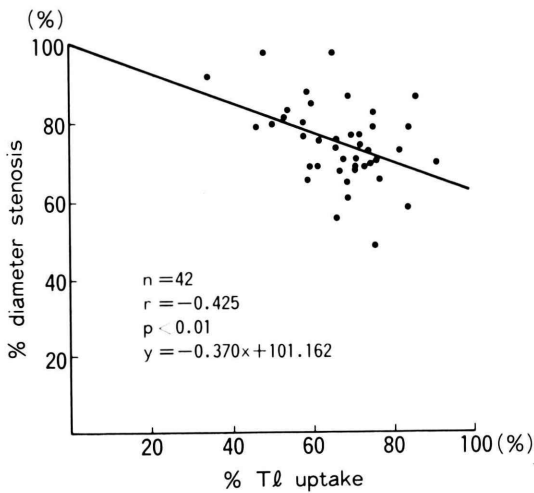


Fig. 3 Relationship between % diameter stenosis and %Tl uptake.

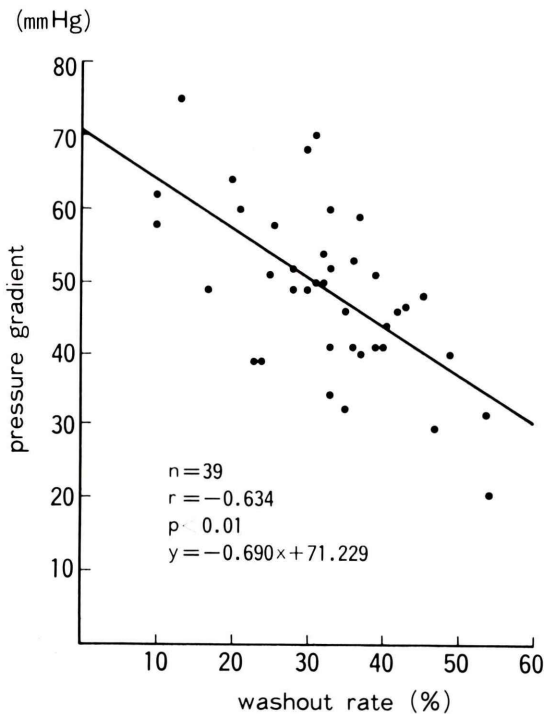


Fig. 4 Relationship between pressure gradient and washout rate.

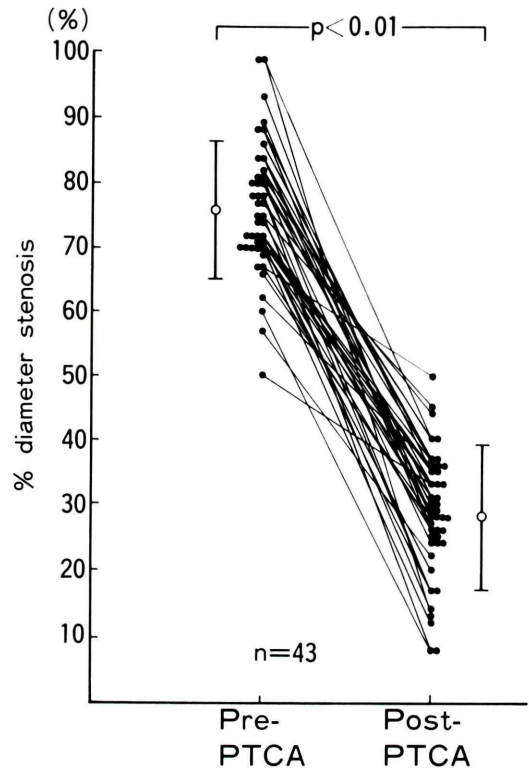


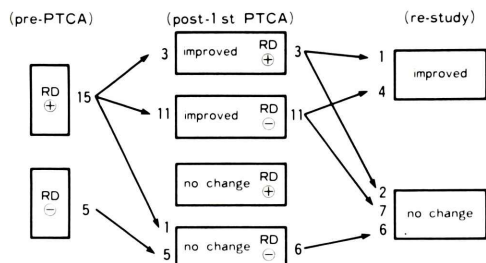
Fig. 5 Changes of % diameter stenosis between pre and post-PTCA.

狭窄のなかった症例は 20 例であったが PTCA 前の SPECT 像で再分布を示した症例は 15 例で、再分布の認められなかった症例は 5 例であった。この再分布の認められた 15 例中、PTCA 直後再分布が残存するも改善が示された症例は 3 例で遠隔期に 1 例でさらに改善が認められた。残り 12 例では初期像で軽度の Tl 欠損を残すものの再分布は消失し遠隔期では 4 症例でさらに初期像での Tl 欠損に改善が示された。PTCA 前再分布の認められなかった 5 例では PTCA 直後も不変で遠隔期においても PTCA 直後と比較し変化はなかった。

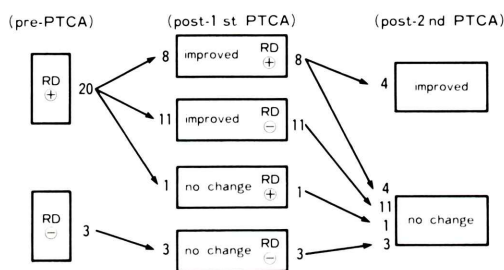
遠隔期に再狭窄の認められた症例は 23 例であったが、PTCA 前再分布のあった症例は 20 例で、1 回目 PTCA 後、再分布が残存するも虚血に改善が示された症例は 8 例であった。再狭窄に対する 2 回目 PTCA 後に、1 回目 PTCA 後よりさらに改善が示された症例は 4 例であった。一方 1 回目

Table 6 Long-term clinical course in the patients with angina pectoris.

[re-stenosis ⊖]



[re-stenosis ⊕]



PTCA 後初期像で TI 欠損が正常化し再分布の消失した症例は11例であったが、再狭窄に対する 2 回目 PTCA 後も 1 回目 PTCA とほぼ同程度の改善が示された。1 回目 PTCA 前再分布のなかった症例では 1 回目 PTCA 後も不変で、再狭窄後の 2 回目 PTCA 後においても同程度の変化であった (Table 6)。

5) 症例呈示

【症例 1】 T.I. 70 歳男性で LAD segment 6 に 70% の狭窄があり PTCA 後 20% まで拡張が得られ、PG も 40 mmHg より 6 mmHg まで改善が示された。PTCA 前の Ex-SPECT では前壁、中隔に初期像で欠損像が、遅延像で再分布が示された。PTCA 後同領域で % TI uptake, WR に改善が示され、遠隔期でさらに改善が示された (Fig. 10)。

【症例 2】 N.N. 44 歳男性で LAD segment 6 に 99% の狭窄があり 1 回目 PTCA により 17% と十分な拡張が得られた。Ex-SPECT では前壁、中隔、下壁に TI 欠損像が認められ同部の WR も低値を

示した。3.5 か月後再狭窄が確認されただけに 2 回目 PTCA が施行され、LAD segment 6 は 76% より 34% まで拡張が得られた。2 回目 PTCA 後の Ex-SPECT では、1 回目 PTCA 後に比較してさらに著明な改善が示された (Fig. 11)。

IV. 考 案

TI-201 心筋シンチグラフィは心筋血流分布に従って健常心筋を描出するが、運動負荷を加えることにより一過性虚血性変化を視覚的に評価することが可能になった。特にバックグラウンドの影響が比較的少ない TI-201 心筋 SPECT は虚血部位が三次元的に表現され³⁾、冠動脈有意狭窄病変に対する sensitivity, specificity は高い。また PTCA は虚血性心疾患に対し、1977 年 Grüntzig⁸⁾ が冠動脈狭窄の拡張に成功して以来、その有用性も確立し、広く普及するに至ったが、TI-201 心筋シンチグラフィを用いた心筋灌流の改善や再狭窄の検出について詳細に検討した報告は比較的少ない^{9,10)}。そこで今回著者は MI の既往のない AP を対象として PTCA 前後で Ex-SPECT を施行し、% TI-uptake や WR と心臓カテーテル検査より得られた % DS や冠動脈狭窄部位前後の圧較差 (pressure gradient; PG) の関係について比較するとともに PTCA 直後や遠隔期での心筋灌流改善様式について検討した。

1) Ex-SPECT による冠動脈重症度と PTCA の治療効果の評価

Ex-SPECT における虚血性変化の視覚的評価は負荷直後の TI 欠損像および 3~4 時間後の遅延像によるが、今回著者も視覚的判定法に基づき、PTCA 前の虚血性変化および治療効果を観察した。当教室の山崎らの成績¹¹⁾ では Planar image における AP 群の冠動脈有意狭窄病変に対する sensitivity は circumferential profile curve 法を用いて 68% であったが、Ex-SPECT でのそれは % DS 90% 以上の症例では 100% あり、% DS 50% 以上の全症例でも sensitivity は 85% と高値を示し、各病変間での比較では LAD 病変は LCX 病変、RCA 病変に比較して高値を示した。またこの成

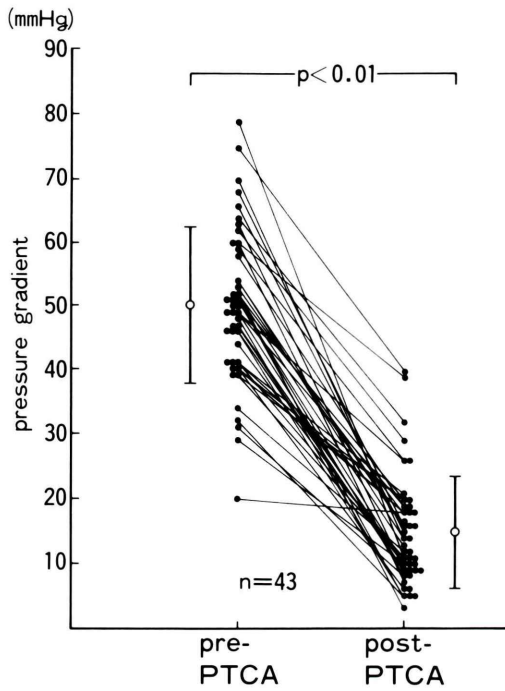


Fig. 6 Changes of pressure gradient between pre and post-PTCA.

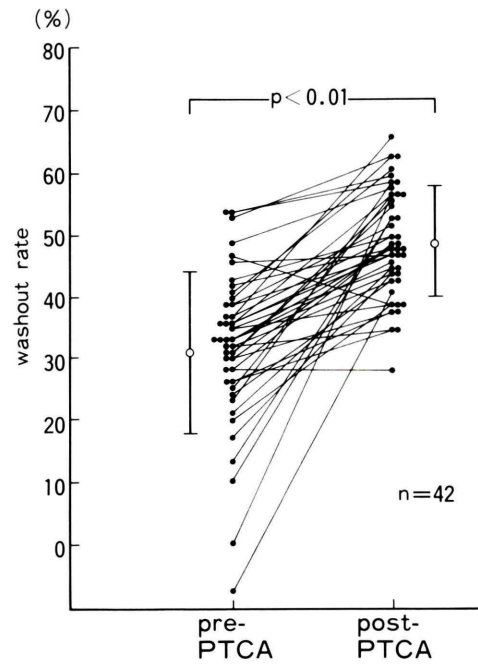


Fig. 8 Changes of washout rate pre and post-PTCA.

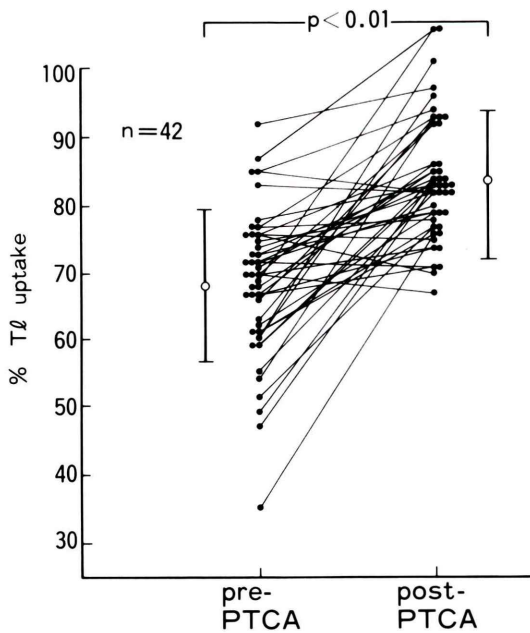


Fig. 7 Changes of %Tl uptake between pre and post-PTCA.

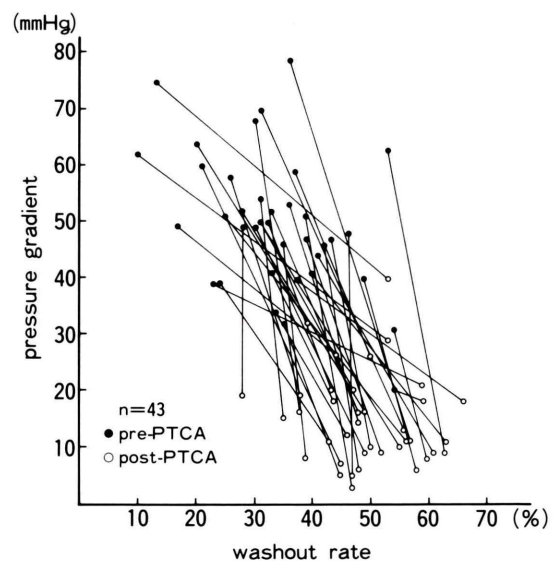


Fig. 9 Changes of pressure gradient and washout rate between pre and post-PTCA.

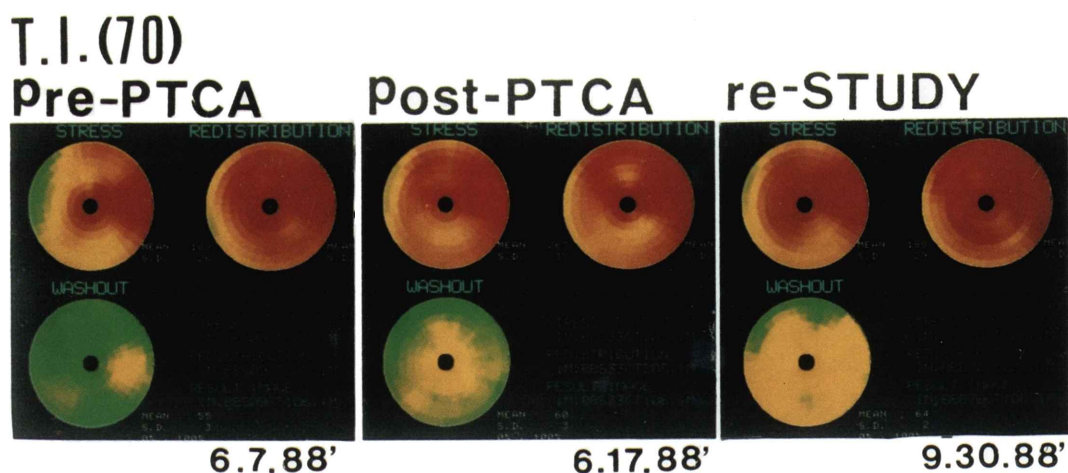


Fig. 10 Perfusion defects and redistribution were shown in the septal and anterior segments before PTCA. After PTCA, improvements of ischemia were observed in these segments. 3 months later, further improvement of ischemia was observed.

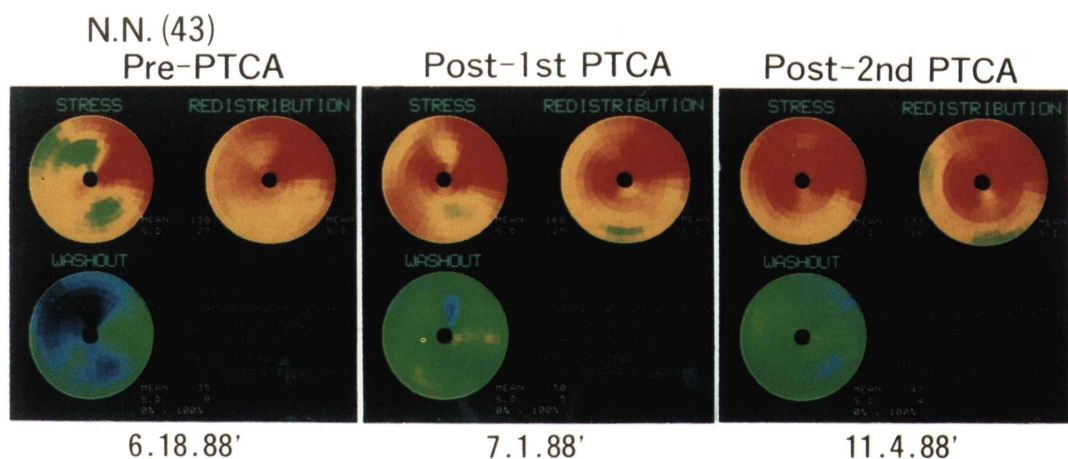


Fig. 11 Perfusion defects and redistribution were shown in the anterior, septal and inferior segments before PTCA. After second PTCA, further improvement of ischemia was obtained.

績は諸家らの報告¹²⁻¹⁴⁾ともほぼ一致する満足すべき値であった。

一方 PTCA 後の Ex-SPECT による初期成績では % DS が 90% 以上の高度狭窄病変例では標的血管 32 本中 29 本 (91%) に TI 欠損や再分布に改善が示されたが, % DS が 89%~50% の症例では 114 本中 86 本 (75%) に改善が示されるにとどまり, 後者では PTCA 前に再分布が認められなかったり, 初期像で TI 欠損が比較的軽度であった症例が多く含まれた。PTCA 前の Ex-SPECT で再分布の有無により PTCA の治療効果を比較検討した。PTCA 前再分布が示された症例における PTCA 効果は標的血管 112 本中 98 本 (88%) に示されたが, 全病変における改善率 79% (146 本中 115 本) に比較しても高値であることから PTCA 前の Ex-SPECT 上再分布が認められた症例程 PTCA による治療効果は大である。つまり PTCA 前再分布を呈した症例では PTCA により比較的早期より, 心筋灌流障害に改善が示された。次に PTCA 前再分布のなかった症例での PTCA 効果を評価した。% DS 90% 以上の症例では PTCA 前の TI 欠損は強く, PTCA により 3 例全例とも TI 欠損に著明な改善が得られた。かかる症例では心筋灌流の改善が顕著であり, PTCA 前, 高度狭窄病変のため再分布が遅延したため, かような結果が得られたものと考えられた。一方, % DS が 89% 以下の症例では PTCA 後に TI 欠損が改善した症例は 31 例中 14 例 (45%) と半数にとどまった。PTCA 前の狭窄病変が比較的 mild な症例では TI 欠損も軽度であり, 心筋障害の存在が示唆されたが, この 14 例では可逆的心筋障害のため, PTCA により TI 欠損に改善が認められたものと思われる。

2) PG, WR による PTCA の治療効果の評価

Ex-SPECT の % TI uptake や WR と冠動脈造影よりの % DS と PG との関係性を明らかにするため 1 枝病変狭心症を用い PTCA 前後でこれらを比較した。PTCA 前の % TI uptake と % DS の間に $r = -0.425$, WR と PG との間に $r = -0.634$ と有意な相関関係が示され, % TI uptake と WR

が冠動脈重症度を良く反映し PTCA の治療効果判定にも優れていることが示唆された。% TI uptake や WR に及ぼす要因として冠動脈の % DS が最大であることは言うまでもないが, 側副血行路や冠動脈の stiffness など考慮に入れる必要がある。今回 PG と WR との間に良好な相関が認められたことより WR は冠動脈血流の機能的変化を反映している可能性が高い。PTCA 前後で % DS, PG, % TI-uptake, WR などの変化を比較するといずれのパラメータも有意な改善が示され, PTCA 直後より心筋灌流が増加していることが考えられる。また PTCA 前後で WR と PG の変化を比較すると PTCA 後, 両者ともほぼ同様のパターンで改善が示された。PTCA 前 PG が比較的高い症例で, PTCA 後 PG には良好な改善が示されたにもかかわらず, WR の改善が最少にとどまった症例を経験したが, PTCA 直後では十分な心筋灌流が得られないことも考えられる。しかし PG は PTCA 時にその変化が測定されており, WR は PTCA 後 1 週間目に観察されていることから, 再狭窄の機序の 1 つである PTCA 後早期の血栓形成が関与した可能性もある。Hodgson ら¹⁵⁾ は PTCA 直後の PG が高値を示す程, 遠隔期における再狭窄の発現率が高いと報告しているが, 著者の症例ではその後の経時的観察でも器質的再狭窄は認められておらず, 後述のごとく反復検査による長期的観察が必要となる。

3) Ex-SPECT による長期的観察における再狭窄の検出および虚血改善様式の検討

今回 Ex-SPECT により 43 症例で長期的に 1.5 か月より 12.2 か月まで (平均 6.2 ± 2.8 か月) 観察し得た。PTCA 後遠隔期の冠動脈造影により再狭窄の認めなかった 20 症例で PTCA 前再分布が示され PTCA 直後より再分布が消失した症例は 15 例中 12 例 (80%) であったが, その後さらに遠隔期で初期像の TI 欠損に改善が示された症例は 12 例中 4 例 (33%) であった。また PTCA 後初期像での TI 欠損に改善が認められるも再分布の残存した症例は 3 例であったが内 1 例では遠隔期にさらに改善が示された。つまり 8 例では 1 回目 PTCA

後ほぼ完全に血行再建がなされたのに対し、これら5例では心筋灌流の正常化に時間を要したことになる。今回壁運動に関して検討していないが、PTCAにより満足すべき拡張が得られても前述のことから一部の症例では hibernating myocardium^{16,17)}の存在が示唆された。児玉ら¹⁸⁾はPTCA後遠隔期にも狭窄が認められなかったがペーシング負荷により乳酸摂取率が低値を示す症例でPTCA直後のTl-201心筋シンチグラフィにても虚血の残存を認めたと報告しており、一部の症例ではPTCA後の虚血性変化の改善にある程度時間を要する可能性がある。PTCA前再分布が示されなかった5例は標的血管の%DSは平均 $65.4 \pm 6.8\%$ でありEx-SPECTによる検出率に限界がある可能性もあるがPTCA直後、遠隔期においてもEx-SPECT上不変であった事実も考え合わせるとPTCAの適応基準を再考する必要もある。一方、遠隔期に冠動脈造影上再狭窄の確認された群では、1回目PTCA前再分布の示された症例は20例で1回目PTCA後もある程度改善は示されたものの再分布を残す症例が8例(40%)認められた。非再狭窄群と同様、PTCA後 hibernating myocardium¹⁷⁾の存在が示されたことも考えられるが、非再狭窄群でPTCA後にも再分布が残存した症例は20例中3例(15%)であるのに対し、再狭窄群では1回目PTCA後再分布が残存した症例は23例中9例(39%)と高率であったことからPTCA後も再分布が存在する症例については再狭窄の発現という観点からは十分なfollowが必要であると思われる。再狭窄の機序として冠動脈内膜、中膜の損傷部に血小板や凝固系に活性化が起こり、血栓が形成され早期に再狭窄を引き起こすと言われている¹⁹⁾。またPTCA施行2~3週後より血管壁の修復機転として平滑筋細胞の増殖が起こり再狭窄が生じるがこれらは通常のアテローム硬化とは異なり intimal hyperplasia によるものと考えられる²⁰⁾。1回目PTCAと2回目PTCA後のEx-SPECTの所見を比較すると、2回目PTCA後では少なくとも1回目PTCA後とほぼ同程度の改善が得られ、1回目PTCA後再分布の残存した9

症例中4例では2回目PTCA後さらに虚血性変化に改善が示されたことは興味深い。これら4例では1回目PTCA前の虚血時期が長く、1回目PTCAによりある程度心筋灌流に改善が示されたが、再狭窄が出現、しかし1回目PTCAより2回目PTCAまでの期間が平均4.3か月と虚血時期が短かったため2回目PTCA後の方が虚血改善率が高かったことが考えられる。

以上PTCA症例においてEx-SPECTの虚血診断や治療効果評価の有用性について報告した。

V. 結 語

1) PTCA成功狭心症例132例に対し、PTCA前後でEx-SPECTを施行し、虚血診断や治療効果について検討した。

2) Ex-SPECTによるPTCA前の虚血心筋の検出率は%DSが90%以上の症例では100%で全例においても85%と高率であった。

3) PTCA1週間後の虚血改善の検出率は全体で79%(146病変中115病変)であったが虚血改善の示されなかった症例にはPTCA前虚血判定が不能であった症例が多く含まれた(34病変中20病変)。

4) 冠動脈狭窄部前後のPGはWRとの間に良好な負の相関を示したが、PTCAによるPGの改善に比較してWRの増加率は%DSがmildな程小さかった。

5) PTCA後も再分布が残存した症例は43例中12例(28%)であったが、この内9症例(75%)に遠隔期に再狭窄が確認され2回目のPTCAが施行された。

6) follow up可能で再狭窄を認めなかった20例中 hibernating myocardium を推定される症例は5例(25%)であった。

7) PTCA症例におけるEx-SPECTは虚血検出、虚血改善の評価の上から不可欠な検査法である。

謝辞：稿を終えるにあたり、ご指導、ご校閲を賜った東邦大学内科学第1講座、森下健教授、東邦大学循環器診断センター、矢部喜正教授に深甚なる謝意を捧げます。

また、本研究を進めるにあたって直接ご指導とご教示をいただいた東邦大学内科学第1講座、山崎純一講師に深く御礼申し上げます。

文 献

- 1) Levy RI, Mock MB, Willaman LV, et al: Percutaneous transluminal coronary angioplasty. *New Engl J Med* **301**: 101-103, 1979
- 2) Taylor GJ, Rabinovich E, Mikell FL, et al: Percutaneous transluminal coronary angioplasty as palliation for patients considered poor surgical candidates. *Am Heart J* **111**: 840-844, 1986
- 3) Holmn BL, Hill TC, Wynne J, et al: Single-photon transaxial emission computed tomography of the heart in normal subjects and in patients with infarction. *J Nucl Med* **20**: 736-740, 1979
- 4) Garcia EV, Train KV, Maddahi J, et al: Quantitation of rotational thallium-201 myocardial tomography. *J Nucl Med* **26**: 17-26, 1985
- 5) 矢部喜正: 狭心症に対する PTCA における冠状動脈病変の拡張効果の自動解析 (課題番号 60570411) 昭和60年度科学研究費補助金一般研究(C) 研究成果報告書, 1987
- 6) Holmes DR, Vlietstra RE, Smith HC, et al: Restenosis after percutaneous transluminal coronary angioplasty (PTCA): A report from the PTCA Registry of the National Heart, Lung, and Blood Institute. *Am J Cardiol* **53**: 77C-81C, 1984
- 7) Leimgruber PP, Roubin GS, Hollman J, et al: Restenosis after successful coronary angioplasty in patients with single-vessel disease. *Circulation* **73**: 710-717, 1986
- 8) Grüntzig AR: Trans luminal dilatation of coronary artery stenosis. *Lancet* **1**: 263, 1978
- 9) Lim YL, Okada RD, Chesler DA, et al: A new approach to quantitation of exercise thallium-201 scintigraphy before and after an intervention: Application to define the impact of coronary angioplasty on regional myocardial perfusion. *Am Heart J* **108**: 917-925, 1984
- 10) Liu P, Kiess MC, Okada RD, et al: The persistent defect on exercise thallium imaging and its fate after myocardial revascularization: Dose it represent scar or ischemia? *Am Heart J* **110**: 996-1001, 1985
- 11) 山崎純一, 矢部喜正, 大沢秀文, 他: 運動負荷 TI 心筋シンチグラム (Planar) による PTCA の評価. *Proceedings of the Rokko Cardiac Seminar* **3** (1, 2): 67-78, 1985
- 12) 伊藤綱朗, 竹田 寛, 前田寿登, 他: ^{201}Tl 心筋 ECT による冠状動脈狭窄病変の定量的評価——washout rate を併用した circumferential profile 法による評価——. *核医学* **23**: 43-53, 1986
- 13) Pohost GH, Alpert NM, Ingwall JS, et al: Thallium redistribution: Mechanism and clinical utility. *Sem Nucl Med* **10**: 70-93, 1980
- 14) Jaszcak RJ, Whitehead FR, Lim CB: Lesion detection with single photon emission computed tomography (SPECT) compared with conventional imaging. *J Nucl Med* **23**: 97-103, 1982
- 15) Hodgson JM, Reinert S, Most AS, et al: Prediction of long-term clinical outcome with final translational pressure gradient during coronary angioplasty. *Circulation* **74**: 563-566, 1986
- 16) Braunwald E, Kloner RA: The stunned myocardium: prolonged, post-ischemic ventricular dysfunction. *Circulation* **66**: 1146-1149, 1982
- 17) Braunwald E, Rutherford JD: Reversible ischemic left ventricular dysfunction: Evidence for the "Hibernating myocardium". *J Am Coll Cardiol* **8**: 1467-1470, 1986
- 18) 児玉和久, 南都伸介, 松村康志: PTCA の臨床的効果——PTCA の最前線——. *肺と心* **35**: 103-112, 1988
- 19) Chesebro JH, Lam JYT, Badimon L, et al: Restenosis after angioplasty: A hemorrhheologic response to injury. *Am J Cardiol* **60**: 10B-16B, 1987
- 20) Cox JL, Gotlieb AI: Restenosis following percutaneous transluminal angioplasty, clinical, physiologic and pathological features. *Can Med Assn J* **134**: 1129-1132, 1986

Summary

Evaluation of Efficacy of PTCA in Patients with Angina Pectoris by Exercise Tl-201 Myocardial SPECT

Takashi UCHI

First Department of Internal Medicine, Toho University School of Medicine

Exercise ^{201}Tl single photon emission computed tomography (Ex-SPECT) was performed before and after percutaneous transluminal coronary angioplasty (PTCA) to detect ischemia and determine the response of the ischemic myocardium. In a series of 132 patients with angina pectoris, 43 were followed up by Ex-SPECT and coronary angiography. Before PTCA, ischemia was detected in 85% of the patients, and in all cases a diameter stenosis (%DS) of 90% or more was seen. After PTCA, 90% of the patients showed improvement of ischemia. An excellent correlation between the pressure gradient (PG) as determined during PTCA and the washout rate (WR) suggests that the WR can be used as a measure for myocardial perfusion in the areas related to coronary stenosis. During

follow-up by Ex-SPECT, 34 patients were found with redistribution, and restenosis was present in 59% of these patients. In comparison with the images obtained one week after PTCA, a further improvement was confirmed by Ex-SPECT during follow-up in 5 of 20 patients without restenosis. Ex-SPECT proved to be of use in evaluating the response of the ischemic myocardium to PTCA, as well as the therapeutic effects and the degree of restenosis. Long-term follow-up revealed that some patients had areas of hibernating myocardium.

Key words: Tl-201 myocardial SPECT, Percutaneous transluminal coronary angioplasty (PTCA), Hibernating myocardium, Re-stenosis.