

経皮的冠動脈形成術後の心筋灌流改善様式からみた梗塞部心筋蘇生能の評価

Evaluation of myocardial viability in the infarcted areas by the improved myocardial perfusion after percutaneous transluminal coronary angioplasty

山崎 純一
大沢 秀文
五十嵐正樹
細井 宏益
森下 健
中野 元*
矢部 喜正*

Junichi YAMAZAKI
Hidefumi OHSAWA
Masaki IGARASHI
Hiromitsu HOSOI
Takeshi MORISHITA
Hajime NAKANO*
Yoshimasa YABE*

Summary

Muscle viability in infarcted areas was evaluated based on the relationship between Tl myocardial scintigraphic findings and improvements in myocardial perfusion after percutaneous transluminal coronary angioplasty (PTCA) in 110 patients with old myocardial infarction (OMI).

1. Myocardial perfusion was improved in 95% of patients with redistribution in infarcted areas before PTCA, but in only 29% of patients without redistribution before PTCA.

2. The %Tl-uptake and the washout rate were significantly improved after PTCA in all patients with redistribution before PTCA with normal to dyskinesia of segmental wall motion. The %Tl-uptake of infarcted area after PTCA was greater than 50% in all patients.

3. The %Tl-uptake and the washout rate were significantly improved after PTCA in patients without redistribution before PTCA. However, the %Tl-uptake was not changed after PTCA in such patients with akinesia or dyskinesia of segmental wall motion.

4. Myocardial perfusion was improved late during prolonged follow-up after PTCA in 40% of patients without restenosis. Stunning of the myocardium is likely in these patients.

5. %Tl-uptake of more over 50% in patients with or without redistribution before PTCA indicates the presence of muscle viability.

Muscle viability cannot be expected in the infarcted areas of patients without redistribution showing akinesia or dyskinesia of segmental wall motion. Patients without redistribution before PTCA include cases with underestimated ischemic lesion. The diagnosis of muscle viability by single photon emission computed

東邦大学医学部 第一内科学
*同 循環器診断センター
東京都大田区大森西 6-11-1 (〒143)

The First Department of Internal Medicine and *Cardiovascular Diagnostic Laboratory Center, Toho University School of Medicine, Ohmori-nishi 6-11-1, Ohta-ku, Tokyo 143

Received for publication January 17, 1992; accepted November 5, 1992 (Ref. No. 39-199)

tomography will be improved by including evaluation of segmental wall motion by echocardiography.

Key words

Myocardial infarction Muscle viability Percutaneous transluminal coronary angioplasty ^{201}Tl myocardial single photon emission computed tomography

はじめに

心筋梗塞症例 (old myocardial infarction: OMI) に対する経皮的冠動脈形成術 (percutaneous transluminal coronary angioplasty: PTCA)¹⁾ の適応基準として、梗塞領域における心筋蘇生能の存在は必須条件であるが、その証明は必ずしも容易ではない。しかし、 ^{201}Tl 心筋シンチグラフィは心筋灌流を視覚的に観察することが可能であり、PTCA や冠動脈バイパス術 (coronary artery bypass grafting: CABG) の適応判定や治療効果の評価には、優れた検査法であると思われる^{2,4)}。そこで今回、われわれは梗塞責任冠動脈に対し、PTCA が成功した心筋梗塞症例 110 例を対象として、PTCA 後の心筋灌流改善様式をもとに、運動負荷 ^{201}Tl 心筋 single photon emission computed tomography (SPECT) による梗塞領域の心筋蘇生能評価の有用性と限界について検討した。

対象と方法

1. 対象

対象は PTCA 前後で運動負荷 ^{201}Tl 心筋 SPECT (心筋 SPECT) を施行しえた OMI 110 例 (男 96 例, 女 14 例, 平均年齢 57.4 ± 8.8 歳) である。梗塞責任冠動脈は左前下行枝 64 病変, 右冠動脈 24 病変, 左回旋枝 22 病変である。

2. 方法

1) 心筋 SPECT および心筋灌流の定量的評価

心筋 SPECT は、PTCA 前および PTCA 後平均 1 週目に無投薬下で施行した。運動負荷は自転車エルゴメーターを用い、最大運動負荷時 (胸痛の発現や心電図上の ST 上昇または 2 mm 以上の ST 下降など) に、 $^{201}\text{TlCl}$ 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 分後より撮像を開始し、これを初期像とし、さらに 3 時間後に遅延像を撮像した。低エネルギー汎用コリメーターを装着した回転型ガンマカメラを用い、心筋 SPECT 像を右前斜位 40° から左後斜位 40° までの 180° を 32 方向 (20–30 秒/方向) から撮像した。断層像として短軸断層像、水平長軸断層像、矢状長軸断層像を作成した。得られた断層像より、視覚的に梗塞領域の Tl 欠損および再分布の判定を行い、Tl 取り込みの改善、または再分布の消失をもって虚血改善と判定した。また bull's eye 法に基づき⁵⁾、梗塞領域の %Tl-uptake を初期像より、および洗い出し率 (washout rate) を初期像、遅延像から算出した (Fig. 1)。

2) 視覚的評価による症例の分類

PTCA 前に施行した心筋 SPECT 像から視覚的に再分布を判定し、その有無により 110 例を次のごとく分類した。PTCA 前再分布を呈した症例 (68 例) で、PTCA 後再分布が消失し、心筋灌流も改善した症例を I 群 (39 例)、心筋灌流に改善が示されるも、再分布が残存した症例を II 群 (25 例)、心筋灌流に改善が示されなかった症例を III 群 (4 例) とした。PTCA 前再分布のなかった症例 (42 例) で、PTCA 後心筋灌流に改善が示された症例を IV 群 (12 例)、改善が示されなかった症例を V 群 (30 例) とした。

心筋 SPECT 所見と局所壁運動を比較するため、PTCA 前に施行した左室造影から梗塞領域の壁運動を視覚的に次の 4 段階に分類した。PTCA 前再分布を呈した症例では、normal または mild hypokinesis の症例を A 群、moderate hypokinesis の症例を B 群、severe hypokinesis の症例を C 群、akinesis または dyskinesis の症例を D 群とした。PTCA 前

再分布のなかった症例では、normal または mild hypokinesis から akinesis または dyskinesis の症例を、それぞれ E・F・G・H 群とした。

結 果

1. PTCA 前の梗塞責任冠動脈狭窄率の比較

PTCA 前再分布を呈した症例 (I・II・III 群) に

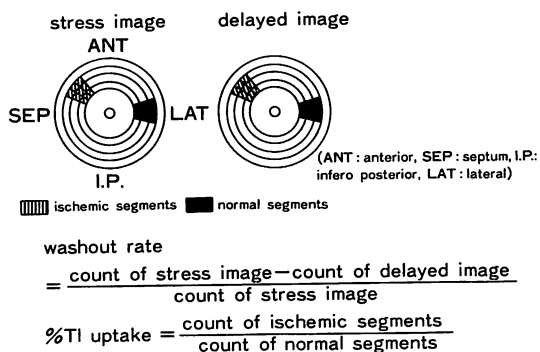


Fig. 1. %TI-uptake and washout rate in the infarcted areas calculated by the bull's eye method.

おける責任冠動脈の狭窄度は、PTCA 前平均 82.0% であった。一方、再分布のなかった症例 (IV・V 群) の冠動脈狭窄度は 80.3% で、両者間に有意差は認められなかった。

2. PTCA 前後での心筋灌流改善様式の検討

1) PTCA 前再分布が示された症例での検討

I・II 群では PTCA 前後で、冠動脈狭窄度、%TI-uptake と洗い出し率にそれぞれ有意な改善が示された。また PTCA 後の %TI-uptake は、I 群では II 群に比し有意に高値を示した。一方、III 群では PTCA 後、冠動脈狭窄度に有意な拡張効果が得られたが、%TI-uptake、洗い出し率に改善は認められなかった。PTCA 後の冠動脈狭窄度を 3 群で比較したが、III 群は I・II 群に比し有意に高値を示した (Table 1)。

2) PTCA 前再分布が示されなかった症例での検討

IV 群では PTCA 前後で、冠動脈狭窄度、%TI-uptake、洗い出し率に有意な改善が示された。しかし V 群では、冠動脈狭窄度に有意な拡張効果が

Table 1. Comparison of %TI-uptake and washout rate after PTCA in patients with redistribution before PTCA

Group		I	II	III
No. of patients		39	25	4
Redistribution		+→-	+→+	+→+
%diameter stenosis	Pre	82.9 ± 13.5	79.3 ± 12.0	89.3 ± 13.5
	Post	25.1 ± 10.3	28.4 ± 14.0	43.5 ± 4.7
		**		
%TI-uptake	Pre	53.0 ± 13.4	54.1 ± 13.1	56.5 ± 10.3
	Post	72.8 ± 12.6	65.6 ± 12.4	56.9 ± 9.4
		*		
Washout rate	Pre	0.30 ± 0.12	0.29 ± 0.15	0.36 ± 0.15
	Post	0.50 ± 0.08	0.45 ± 0.11	0.38 ± 0.19
		**		

*p < 0.05, **p < 0.01.

%TI-uptake and washout rate for patients with redistribution after PTCA were significantly lower than the corresponding values for patients without redistribution.

Table 2. Evaluation of efficacy of PTCA in patients without redistribution before PTCA

Group		IV	V
No. of patients		12	30
%diameter stenosis	Pre	86.6±11.3	77.8±11.7
	Post	28.8±8.3**	29.1±11.1**
%Tl-uptake rate	Pre	48.7±12.5	50.0±15.4
	Post	64.0±14.9**	55.6±15.3
Washout	Pre	0.21±0.10	0.41±0.09
	Post	0.40±0.12**	0.45±0.09*

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

Myocardial perfusion apparently improved only in 12 (group IV) of the patients without redistribution.

得られたものの, %Tl-uptake に有意な改善は示されなかった (Table 2).

3. 心筋 SPECT 所見と局所壁運動の比較

1) PTCA 前再分布が示された症例での検討 (Fig. 2)

PTCA 前再分布が示された症例で, 局所壁運動からみた心筋 SPECT 所見を各群で比較した. %Tl-uptake は PTCA 前後で, A 群は 63% から 81%, B 群は 58% から 70%, C 群は 47% から 66%, D 群は 39% から 62% と, それぞれ有意な改善が示された ($p < 0.05$). 洗い出し率は A 群で 0.32 から 0.49, B 群で 0.35 から 0.48, C 群で 0.22 から 0.50, D 群では 0.22 から 0.46 と, 有意な改善が示された ($p < 0.05$).

2) PTCA 前再分布が示されなかった症例での検討 (Fig. 3)

PTCA 前再分布が示されなかった症例で, 局所壁運動からみた心筋 SPECT 所見を比較した. PTCA 前後での %Tl-uptake は, E 群では不変であった. F 群および G 群では, 鎖線で示した 12 症例のごとく, PTCA 後 %Tl-uptake に改善が示された症例が多く含まれた. かつ, この 12 症例中 10 症例での洗い出し率は 0.3 以下であった. F 群における PTCA 前後での %Tl-uptake・洗い出し率は, それぞれ 56% から 63%, 0.38 から 0.45 と有意な改善

が示された ($p < 0.05$). また G 群でも PTCA 前後での %Tl-uptake は 44% から 52%, 洗い出し率は 0.31 から 0.44 と有意な改善が示された ($p < 0.05$). 一方, H 群での洗い出し率は, 0.34 から 0.41 と有意な改善が示されたものの ($p < 0.05$), %Tl-uptake は不変であった. H 群は心筋 SPECT 所見, 局所壁運動からも心筋蘇生能の存在は否定的であったが, 梗塞責任冠動脈以外にも有意狭窄病変があり, 同時に PTCA を施行した症例である.

4. 遠隔期での心筋灌流改善の評価

遠隔期にも心筋 SPECT を施行し, かつ再狭窄のなかった 10 例で, 心筋灌流改善様式を観察した. PTCA 前再分布が認められた 5 例は, いずれも 1 週後に心筋灌流に改善が示され, うち 1 例では遠隔期にさらに改善が認められた. PTCA 前再分布を認めなかった 5 例でも, PTCA 1 週後 2 例で改善が示され, 遠隔期にはうち 1 例でさらに改善を認めた. また PTCA 1 週後では, 心筋灌流に改善の認められなかった症例が 3 例あったが, うち 2 例は遠隔期で初めて改善が示された (Table 3).

考 按

1. PTCA 前再分布が示された症例での心筋蘇生能の評価

PTCA 前, 再分布が示された心筋梗塞症例では, PTCA 後 95% の症例で心筋灌流改善が示され, 心筋梗塞症例においても, 再分布は心筋蘇生能の存在を意味する^{6,7)}. しかし, このような症例においても PTCA 後, 心筋灌流改善様式で再分布が消失するもの (I 群), 再分布が残存するもの (II 群) に分類された. I 群では PTCA 1 週後には, 心筋血流, 心筋代謝の面からも改善が示されたことを意味する. II 群では洗い出し率が PTCA 後有意に改善したことから, PTCA により冠血流はある程度改善した. しかし, II 群での %Tl-uptake は I 群に比べて, 有意に低値を示し, PTCA 1 週後では再分布も残存したことから, 心筋虚血の観点からは改善が遅延していることが示唆された⁸⁾. また PTCA 前再分布が示されたにもかかわらず, PTCA 後も心

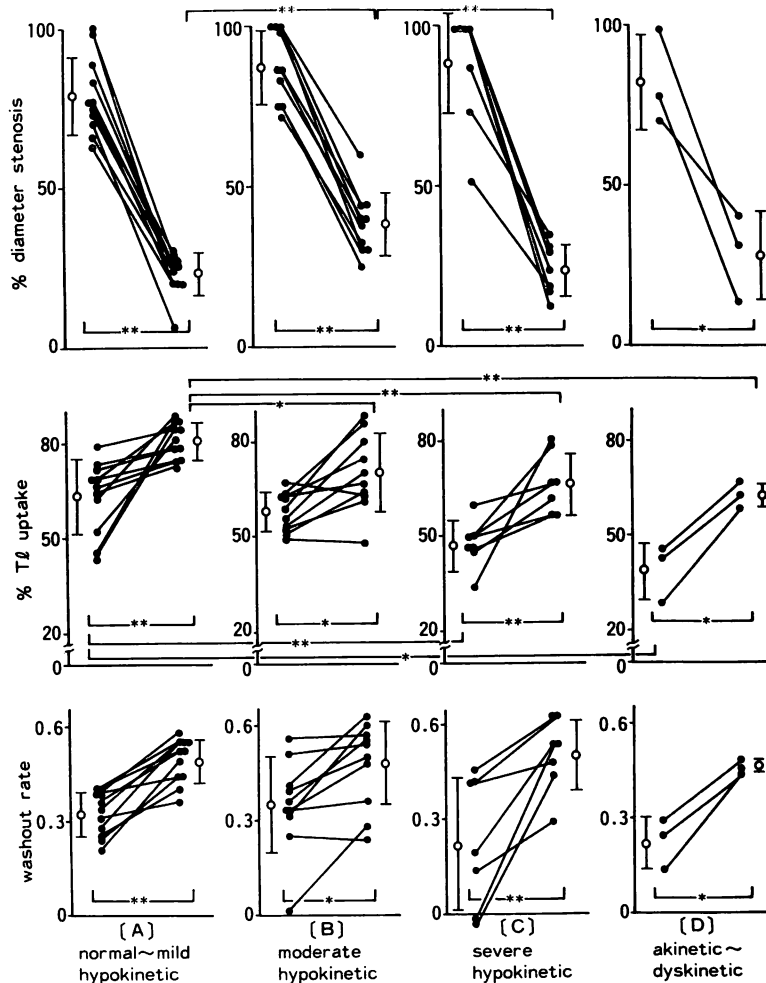


Fig. 2. Comparison between the findings of myocardial SPECT and the segmental wall motion in patients with redistribution before PTCA.

%Tl-uptake and washout rate significantly improved after PTCA in all groups (groups A-D).

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

筋灌流改善が認められなかった症例が4例あった(III群)。III群の冠動脈狭窄度はPTCA前後で有意に改善したものの、残存狭窄度は43.5%とやや高値であり、洗い出し率もPTCA後不変であったことから、冠血流、心筋代謝の面からも改善が得られなかったことが考えられた。II群、III群では冬眠心筋⁹⁾、再狭窄¹⁰⁾の観点からも、十分な経過観察が必要と思われた。

PTCA前再分布が示された症例において、PTCA

前の局所壁運動をnormalまたはmild hypokinesis(A群)から、akinesisまたはdyskinesis(D群)の4段階に分類し、心筋灌流改善様式との関係について検討した。PTCA前再分布を示した症例では、いずれの群においてもPTCA後、冠動脈狭窄度、%Tl-uptake、洗い出し率に有意な改善が示された。PTCA前の洗い出し率は各群間で有意差は認められなかったが、局所壁運動の重症度に従い%Tl-uptakeは有意に低値を示し、局所壁運動と%Tl-

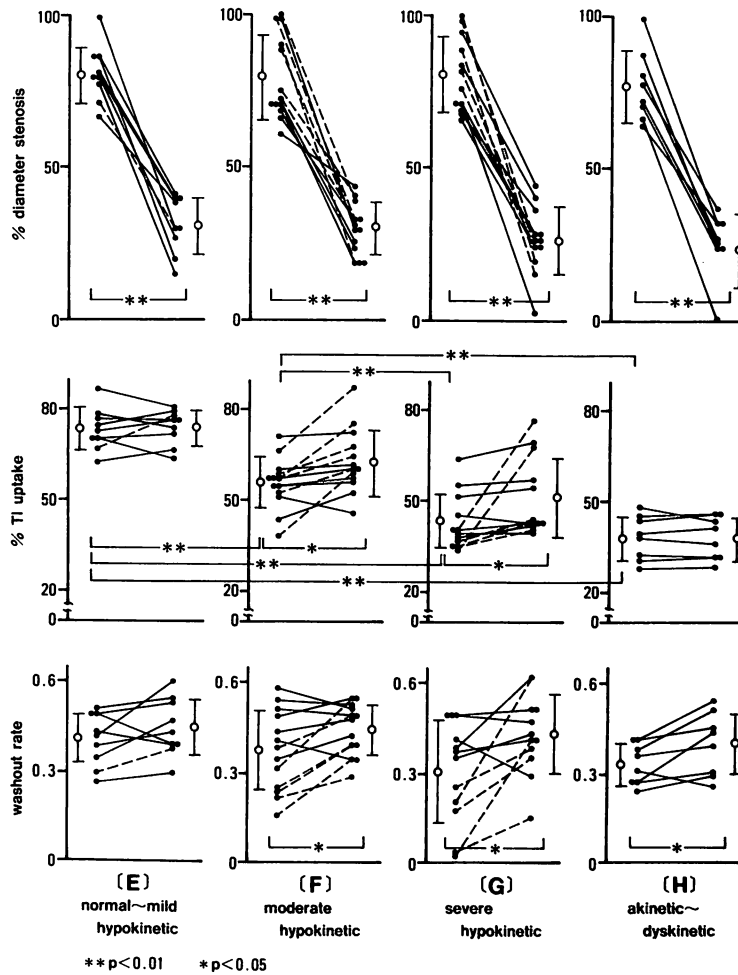


Fig. 3. Comparison between the findings of myocardial SPECT and the segmental wall motion in patients without redistribution before PTCA

Many patients with moderate to severe hypokinesia of the wall motion (groups F and G) showed improvements in both %TI-uptake and washout rate after PTCA.

uptake との間に密接な関係が示された。PTCA 後の %TI-uptake はいずれの症例においても 50% 以上であり、このことから %TI-uptake が 50% 以上を示した症例では、心筋蘇生能の存在が示唆された。

2. PTCA前再分布の認められなかった症例での心筋蘇生能の検討

PTCA 前再分布がなかった症例では、PTCA 後

心筋灌流に改善が示された症例は 29% にとどまった。このような症例では PTCA 前の冠動脈狭窄度は 86.8% で、洗い出し率も 0.21 と非改善群の 0.41 に比較し有意に低値を示したことから、再分布が遅延したことが考えられた¹¹⁾。このため、PTCA 前再分布が示されなくとも洗い出し率が 0.3 以下の症例では、24 時間遅延像や TI 再静注法を用いた心筋蘇生能の評価が必要であると思われた^{12,13)}。PTCA

Table 3. Improvement of myocardial perfusion during prolonged follow-up after PTCA in 10 patients without restenosis

Pre-PTCA	Post-PTCA	Remote study
(+)	improved 5 (0)	improved 1 (0)
		no change 4 (0)
	no change 0	
(-)	improved 2 (0)	improved 1 (1)
		no change 1 (0)
	no change 3 (0)	improved 2 (1)
		no change 1 (0)

RD=redistribution. ()=RD(+).
Four of 10 patients demonstrated improvement.

前再分布が認められなかった症例を、局所壁運動の観点からも検討した。PTCA 前再分布が示されなかった症例では、F 群、G 群とも PTCA 後 %TI-uptake に有意な改善が示されたことから、再分布の有無にかかわらず、わずかでも局所壁運動が認められた症例では、心筋蘇生能の存在が示唆され、PTCA や CABG の適応となりうるものが考えられた。PTCA 前 akinesis ないし dyskinesis を示した領域での洗い出し率に有意に改善が示され、冠血流量は増加したものの、%TI-uptake は PTCA 前後で不変であったことから、%TI-uptake が 50% 以下で、akinesis または dyskinesis の領域での心筋蘇生能の存在は期待しがたい。また E 群のごとく PTCA 前の %TI-uptake が高値を示した症例では、局所壁運動が良好であったことから、再分布は認められなかったものの、心筋蘇生能の存在は明らかである。PTCA 前再分布のなかった症例でも冠動脈狭窄度は高度であったことから、心筋 SPECT が虚血性病変を過小評価している可能性がある。このため、たとえ再分布が確認されなくても、心筋 SPECT で %TI-uptake が 50% 以上であれば心筋蘇生能の存在が示唆され、PTCA や CABG の適応となると思われた。

3. 遠隔期における心筋灌流改善様式からみた蘇生能の評価

遠隔期に再狭窄がなく、心筋 SPECT を施行しえた症例は 10 例と少なかったが、平均 3 ヶ月後の再検査で、さらに心筋灌流に改善が示された症例が 4 例 (40%) あり、心筋 SPECT の観点からは、このような症例では、stunning myocardium¹⁴⁾ の存在が示唆された。遠隔期にさらに心筋灌流改善が示された症例と、不変であった症例を PTCA 前の冠動脈狭窄度で比較したが、前者の 4 例では 85.0% と、遠隔期も不変であった 6 例の 66.5% とし狭窄病変は高度であった。また前者では PTCA 前再分布が認められず、%TI-uptake も低値を示した症例が 4 例中 3 例あり、このような症例では、PTCA 後も心筋灌流改善に時間を要することが推察され^{8,15)}、長期にわたる観察が必要と思われた。

要 約

梗塞責任冠動脈に対し、PTCA が成功した心筋梗塞例 110 例を対象として、PTCA 後の心筋灌流改善様式をもとに、運動負荷 ²⁰Tl 心筋 SPECT による梗塞領域の心筋蘇生能について検討した。

1. PTCA 前再分布が認められた心筋梗塞症例では、PTCA 後 95% に心筋灌流改善が示された。一方、非再分布症例での心筋灌流改善率は 29% であった。
2. PTCA 前再分布が示された症例では、局所壁運動が mild hypokinesis から dyskinesis のいずれの群においても、PTCA 後、%TI-uptake、洗い出し率に有意な改善が示された。また PTCA 後の %TI-uptake は、いずれの群においても 50% 以上であった。
3. PTCA 前再分布が示されなかった症例では、局所壁運動が moderate と severe hypokinesis の群で、PTCA 後 %TI-uptake、洗い出し率に有意な改善が示された。しかし akinesis または dyskinesis の症例では、%TI-uptake は PTCA 前後で不変であった。
4. PTCA 後、遠隔期でさらに心筋灌流に改善が示された症例が 40% あり、このような症例では

stunning myocardium の存在が示唆された。

以上より, 再分布の有無にかかわらず, %TI-uptake が50%以上であれば, 心筋蘇生能の存在が示唆された。しかし再分布がなく, かつ akinesia または dyskinesia を示した症例では, 心筋蘇生能の存在は期待したい。PTCA 前再分布がなかった症例では, 虚血性病変の過小評価があり, 心筋 SPECT に心エコー図法などによる壁運動の評価を加えることにより, 心筋蘇生能の診断が向上するものと思われる。

文 献

- 1) Gruentzig AR, Senning A, Siegenthaler WE : Nonoperative dilation of coronary-artery stenosis: Percutaneous transluminal angioplasty. *N Engl J Med* **301** : 61-68, 1979
- 2) Okada RD, Lim YL, Boucher CA, Pohost GM, Chesler DA, Block PC : Clinical, angiographic, hemodynamic, perfusional and functional changes after one-vessel left anterior descending coronary angioplasty. *Am J Cardiol* **55** : 347-356, 1985
- 3) Harvey HS, Shaw RE, Bruce TR, Ryan C, Stertz SH, Myler RK : Usefulness of tomographic thallium-201 imaging for detection of restenosis after percutaneous transluminal coronary angioplasty. *Am J Cardiol* **66** : 1314-1318, 1990
- 4) Ohtani H, Tamaki N, Yonekura Y, Mohiuddin IH, Hirata K, Ban T, Konishi J : Value of thallium-201 reinjection after delayed SPECT imaging for predicting reversible ischemia after coronary artery bypass grafting. *Am J Cardiol* **66** : 394-399, 1990
- 5) Maddahi J, Garcia EV, Berman D, Waxman A, Swan HJC, Forrester J : Improved noninvasive assessment of coronary artery disease by quantitative analysis of regional stress myocardial distribution and washout of thallium-201. *Circulation* **64** : 924-935, 1981
- 6) Melin JA, Wijns W, Keyeux A, Gurne O, Cogneau M, Michel C, Bol A, Robert A, Charlier A, Pouleur H : Assessment of thallium-201 redistribution versus glucose uptake as predictors of viability after coronary occlusion and reperfusion. *Circulation* **77** : 927-934, 1988
- 7) Granato JE, Watson DD, Flanagan TL, Gascho JA, Beller GA : Myocardial thallium-201 kinetics during coronary occlusion and reperfusion: Influence of method of reflow and timing of thallium-201 administration. *Circulation* **73** : 150-160, 1986
- 8) 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
- 9) Braunwald E, Rutherford J : Reversible ischemic left ventricular dysfunction: Evidence for the hibernating myocardium. *J Am Coll Cardiol* **3** : 902-908, 1984
- 10) Hardoff R, Shefer A, Gips S, Merdler A, Flugelman MY, Halon DA, Lewis BS : Predicting late restenosis after coronary angioplasty by very early (12 to 24h) thallium-201 scintigraphy : Implications with regard to mechanisms of late coronary restenosis. *J Am Coll Cardiol* **15** : 1486-1492, 1990
- 11) Gutman J, Berman DS, Freeman M, Rozanski A, Maddahi J, Waxman A, Swan HJC : 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
- 12) Tamaki N, Ohtani H, Yamashita K, Magata Y, Yonekura Y, Nohara R, Kambara H, Kawai C, Hirata K, Ban T, Konishi J : Metabolic activity in the areas of new fill-in after thallium-201 reinjection: Comparison with positron emission tomography using fluorine-18-deoxyglucose. *J Nucl Med* **32** : 673-678, 1991
- 13) Cloninger KG, Depuey EG, Gracia EV, Roubin GS, Robbins WL, Nody A, Depasquale EE, Berger HJ : Incomplete redistribution in delayed thallium-201 single photon emission computed tomographic (SPECT) images : An overestimation of myocardial scarring. *J Am Coll Cardiol* **12** : 955-963, 1988
- 14) Braunwald E, Kloner RA : The stunned myocardium: Prolonged, postischemic ventricular dysfunction. *Circulation* **66** : 1146-1149, 1982
- 15) Wilson RF, Johnson MR, Marcus ML, Alyward PEG, Skorton DJ, Collins S, White CW : The effect of coronary angioplasty on coronary flow reserve. *Circulation* **77** : 873-885, 1988