

<sup>99m</sup>Tc, <sup>201</sup>Tl を用いた 2 核種  
同時収集 ECT 像による急性  
期冠動脈再疎通療法の検討

Dual energy emission  
computed tomography  
with <sup>99m</sup>Tc pyrophosphate  
and <sup>201</sup>Tl in evaluating  
coronary reperfusion  
therapy for patients with  
acute myocardial infarction

橋本 哲男	Tetsuo HASHIMOTO
神原 啓文	Hirofumi KAMBARA
不藤 哲郎	Tetsuro FUDO
魚津 健司*	Kenji UOZU*
徳永 慎悟*	Shingo TOKUNAGA*
田巻 俊一*	Shunichi TAMAKI*
河合 忠一	Chuichi KAWAI

**Summary**

To evaluate the clinical significance of scintigraphic overlap of thallium-201 (<sup>201</sup>Tl) and technetium-99m pyrophosphate (<sup>99m</sup>Tc), we observed 28 patients with acute myocardial infarction (AMI) in whom coronary reperfusion was attempted. All patients underwent dual energy emission computed tomography (D-ECT) on the third post AMI day which facilitated comparing <sup>99m</sup>Tc and <sup>201</sup>Tl images from identical slices simultaneously.

The scintigraphic results of the 28 patients were as follows:

<i>D-ECT</i>	<i>Successful reperfusion</i>	<i>Unsuccessful reperfusion</i>	
Overlap (+)	7 (I-A)	0	
Overlap (-)	11 (I-B)	10 (II-B)	
		(χ <sup>2</sup> : p<0.05)	
<i>Clinical variables</i>	<i>I-A</i>	<i>I-B</i>	<i>p</i>
Residual stenosis (%)	65±17	55±21	NS
ΣMB-CK (IU/L)	195±114	192±43	NS
Time to reperfusion (h)	2.7±0.7	4.7±1.6	<0.005

京都大学医学部 第三内科  
京都市左京区聖護院川原町 54 (〒606)  
\*武田病院

The Third Division of Internal Medicine, Kyoto University, 54 Kawaracho Shogoin, Sakyo-ku, Kyoto 606  
\*Takeda Hospital

Received for publication August 20, 1987; accepted September 26, 1987 (Ref. No. 34-23)

In conclusion, (1) significant  $^{201}\text{Tl}$  and  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  overlap on D-ECT suggests very early and successful reperfusion, and (2) none of the patients with unsuccessful reperfusion exhibits overlap.

**Key words**

Dual energy emission CT      Coronary reperfusion      Thallium-201      Technetium-99m pyrophosphate

目 的

急性心筋梗塞症 (AMI) に対し,  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ピロリン酸 ( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ) および  $^{201}\text{TlCl}$  ( $^{201}\text{Tl}$ ) によるシンチグラフィは, 非侵襲的評価法として診断上有用である. しかしながら,  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  は小さい梗塞の場合, その局在性を確める上で難かしいことがあり, 一方,  $^{201}\text{Tl}$  は, 新鮮梗塞部, 陳旧性梗塞部および虚血部の鑑別上, 難点があるなどそれぞれ診断上の制約を持っている<sup>1-2)</sup>. したがって我々は,  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  と  $^{201}\text{Tl}$  の両核種の情報を同一スライスでずれなく同時に描出できる 2 核種同時収集 emission CT 法 (D-ECT) を用い, AMI の評価を行っている. 近年, AMI に対し, 冠動脈内血栓溶解 (intracoronary thrombolysis) や経皮経管的冠動脈形成術 (percutaneous transluminal coronary angioplasty: PTCA) による急性期冠動脈再疎通療法 (reperfusion) が盛んに行われている. 今回我々は, 再疎通療法を試みた AMI に対し発症 3 日目に D-ECT を施行し, 再疎通療法の評価に対する検討を行ったので報告する.

対象および方法

対象は平均年齢 55 歳の AMI 28 名 (男性 25, 女性 3) である. 救急室にて, 1) 30 分以上続く強い胸部痛, 2) 標準 12 誘導心電図上, 少なくとも 2 つの誘導にて 2 mm 以上の ST 上昇の条件を確認後, 同意書を得て, ただちに緊急冠動脈造影を施行し, 責任冠動脈に対し, まずウロキナーゼによる冠動脈内血栓溶解を, さらに必要に応じて引き続き PTCA による再疎通療法を試みた. 緊急カテーテル検査終了後, 患者を CCU に収容し, AMI 発症後平均 3 日目 (2~4 日) に D-ECT の検査を施行した. D-ECT イメージングに先立

ち, 検査約 3 時間前に約 20 mCi の  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  を, さらに検査 5 分前に約 3 mCi の  $^{201}\text{Tl}$  を肘静脈に静注した.

ECT は LE-HR コリメーター, Shepp & Logan フィルターを装着した東芝製回転型ガンマカメラ (GCA-90B) を用いて実施した. データ収集は左後方斜位より右前方斜位への  $180^\circ$  を  $6^\circ$  おきの 30 方向より, 1 方向 30 秒で行った. 前述のように, 2 核種同時収集プログラムを用い, 80 KeV と 140 KeV の 2 カ所にピークを設定し, それぞれ 20% のウィンドウ幅で収集を施行した. なお, 心筋ファントムを用いた実験によれば,  $^{201}\text{Tl}$  単独収集時に比べ,  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  を加えた 2 核種収集時にはコンプトン散乱により約 1.15 倍の count 増加が認められるが, circumferential profile curve 法を用いた検討では, 定性的にはほぼ同一分布形態を示し, 今回の検討ではコンプトン散乱による影響の補正は行わなかった. このようにして, 1 回の ECT スキャン (約 15 分) で得られた  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  と  $^{201}\text{Tl}$  による 2 核種の情報を GMS-55u の記憶装置上別々に保存し, これらのデータから異なる 2 核種の ECT 像を再構成し,  $64 \times 64$  マトリックスの画面に表示して, 両方の画像を対比検討した. この D-ECT 法を用いれば, 同一スライスで  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  と  $^{201}\text{Tl}$  の像をずれなく比較でき, 両画像上, 明らかな重なりを認めるものを「overlap あり」, 認めないものや明瞭でないものは「overlap なし」と判定した. なお, overlap の有無の判定は再疎通の成否を知らない 2 名の読影者が合議の上決定した.

統計処理には unpaired t-test および chi-square test を用いた.

## 結 果

28名のAMIの患者に対し再疎通療法を試み、冠動脈造影上、18名が成功、10名が不成功であった。これらの症例をD-ECTにおける $^{99m}\text{Tc}$ と $^{201}\text{Tl}$ のoverlapの有無により、Table 1に示

Table 1. Scintigraphic results in 28 cases

Dual ECT	Reperfusion	
	Successful	Unsuccessful
Overlap (+)	7	0
Overlap (-)	11	10
		( $p < 0.05$ )

Dual ECT=dual energy emission computed tomography.

すように3群に分類した。すなわち、再灌流が成功し、 $^{99m}\text{Tc}$ と $^{201}\text{Tl}$ 像のoverlapを認めるもの(I-A群)、認めないもの(I-B群)、さらに再疎通療法不成功例で、overlapを認めないもの(II-B群)である。再疎通療法不成功例でoverlapを示した例は1例もなかった。この分布は $p < 0.05$ の有意な差を示した。

同じ再疎通に成功した例でありながら、D-ECT上、 $^{99m}\text{Tc}$ と $^{201}\text{Tl}$ のはっきりしたoverlapを示したI-A群と、overlapを認めなかったI-B群とにおいて、clinical variablesを対比検討した。I-A群は7名、I-B群は11名であり、責任冠動脈はTable 2に示す通りで、両群に有意差を認めなかった。再疎通療法成功後のAMIの責任冠動脈のresidual stenosisや、梗塞量の指標として使用されるMB-creatin kinaseの総遊出量( $\Sigma\text{MB-CK}$ )においても、I-AとI-B両群間に有意差を認めなかった。ただし、AMI発症から再疎通までの時間は、I-A群でI-B群に比し有意に短かかった( $2.7 \pm 0.7$  vs  $4.7 \pm 1.6$ 時間、 $p < 0.005$ )。

症例例示: Fig. 1はI-A群の代表例のD-

Table 2. Clinical variables in two groups with or without overlap after successful reperfusion

	(mean $\pm$ SD)		
	Successful reperfusion		
	Overlap (+) (n=7)	Overlap (-) (n=11)	
Infarct vessel	LAD 5	LAD 4	
	LCx 0	LCx 2	
	RCA 2	RCA 5	
Residual stenosis (%)	$65 \pm 17$	$55 \pm 21$	NS
	$\Sigma\text{MB-CK}$ (IU/L)	$195 \pm 114$	$192 \pm 43$ NS
Time to reperfusion	$2.7 \pm 0.7$	$4.7 \pm 1.6$	$p < 0.005$

LAD=left anterior descending coronary artery; LCx=left circumflex coronary artery; RCA=right coronary artery;  $\Sigma\text{MB-CK}$ =cumulative release of creatine kinase-MB isoenzyme.

ECT像を示す。発症後2時間で再疎通に成功した下壁梗塞例である。短軸像を示したが、 $^{99m}\text{Tc}$ の小さな集積を下壁に認め、その対応する部分には $^{201}\text{Tl}$ の取り込みがあり、ほぼ完全なoverlapを示している。

症例例示: Fig. 2はII-B群の1例である。前壁梗塞発症後3時間で再疎通療法を試みたが不成功であった。図に示すように、overlapは明らかでない。

## 考 察

従来よりAMIのイメージングには $^{99m}\text{Tc}$ と $^{201}\text{Tl}$ が用いられてきたが、AMIの診断上、それぞれ制約がある。すなわち、 $^{99m}\text{Tc}$ は骨に強く集積するため小梗塞の場合骨との重なりがみられること、および正常心筋との位置関係が明らかでないことなどより、心筋集積部の同定が困難なことがあり、また $^{201}\text{Tl}$ はイメージ上、新鮮梗塞部のみならず陳旧性梗塞部や虚血部も陰影欠損(defect)となり、その識別ができないことなどがあ

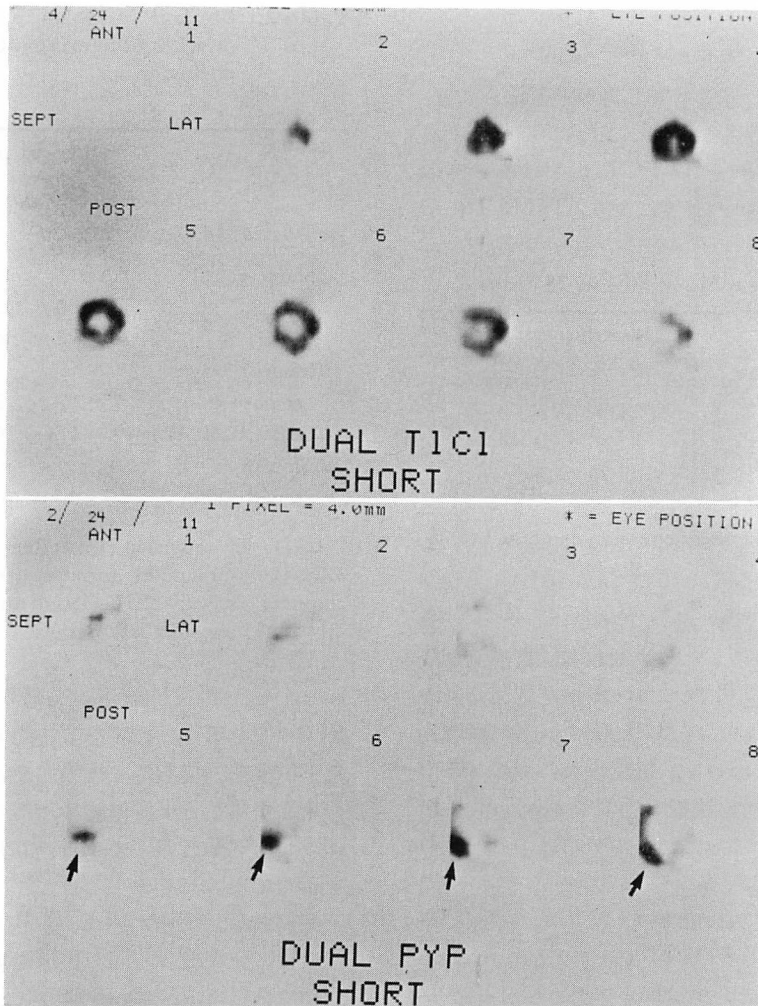


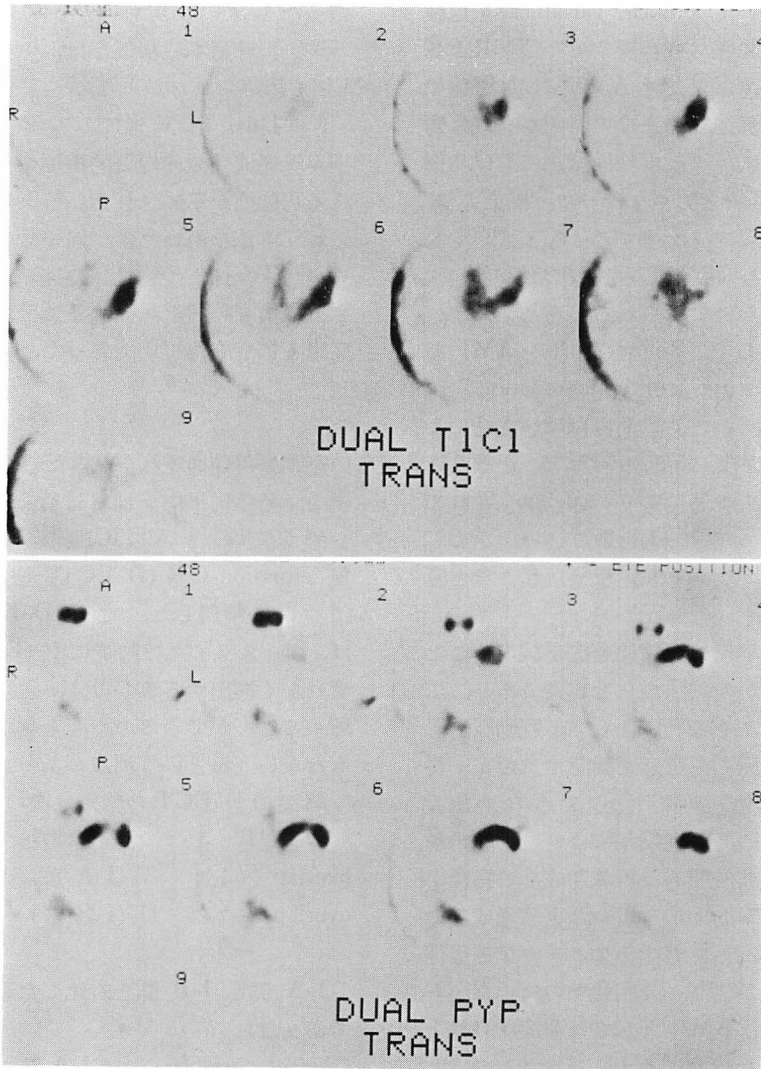
Fig. 1. Short-axial sections of dual-ECT in a case of inferior infarction (Group I-A).

Thallium and technetium-99m pyrophosphate emission computed tomograms after recanalization of the right coronary artery 2 hours after the onset of acute inferior myocardial infarction show significant overlap of thallium uptake and pyrophosphate accumulation in the inferior region (arrow).

ANT=anterior; LAT=lateral; POST=posterior; SEPT=septal.

る<sup>1-2)</sup>。したがってこれら2核種の情報を組み合わせてAMIの診断能を向上させようとする試みが一部の施設で行われてきた<sup>2-7)</sup>。しかしこれらの研究はイメージングに planar 法を用いており、2次元表示であるための制約が大きく、また<sup>99m</sup>Tcと<sup>201</sup>Tlのスキャンを別々に施行しており、両画像を比較する際に、イメージング時の患者の

位置“ずれ”、時間的“ずれ”などが問題となる。そのため我々は3次的により正確な局在診断の可能な emission CT (ECT) 法を用い、2核種同時収集プログラムを使用して、イメージングを施行した。本法によれば、一回のスキャン(約15分)で<sup>99m</sup>Tcおよび<sup>201</sup>Tlの2核種の情報が同時に、同一スライスで全く“ずれ”なく得られ、



**Fig. 2. Transaxial sections of dual-ECT in a case of anterior infarction (Group II-B).**

Thallium and technetium-99m pyrophosphate tomographic scintigrams of a patient with unsuccessful recanalization of left anterior descending coronary artery show no significant thallium and technetium overlap in the anterior region.

A=anterior; L=left; P=posterior; R=right.

両画像の比較を容易に行えると考えられた。しかも、イメージングの時間は従来の単核種による場合と同じであり、比較的重症な患者でも、検査を短時間で行うという長所もあった。

我々は今回、発症早期に冠動脈再疎通療法を試

みた AMI のうち、28 名に発症後平均 3 日目に  $^{99m}\text{Tc}$  と  $^{201}\text{Tl}$  を用い D-ECT を施行した。そのうち、18 名で reperfusion が成功し、そのうち D-ECT 上明瞭な overlap を 7 名 (I-A) に認め、11 名 (I-B) には認めなかった。これらの再疎通

成功例の両群において clinical variables を比較した場合, 責任冠動脈の残存狭窄度や  $\Sigma$ MB-CK では有意差を認めず, ただ I-A 群では I-B 群に比し, 発症から再疎通成功までの時間が有意に短かかった ( $p < 0.005$ ). また再疎通療法の不成功例では overlap は 1 例も認めなかった. 以上より, D-ECT において認められる  $^{99m}\text{Tc}$  と  $^{201}\text{Tl}$  像の overlap 現象は, 再疎通の得られた例の中で, ごく早期に成功した例にみられると考えられた. この現象の機序として, Reimer ら<sup>8)</sup>の AMI 発症機転に関する “wave front phenomenon” 説に基づき<sup>8)</sup>, AMI のごく早期の再疎通成功によって, 心内膜側は壊死に陥り  $^{99m}\text{Tc}$  を取り込むが, 心外膜側は再疎通により salvage されて viable な状態となって  $^{201}\text{Tl}$  を取り込み, かくして  $^{99m}\text{Tc}$  と  $^{201}\text{Tl}$  の overlap 現象が起こると考えている.

AMI に対し, 早期に再疎通療法を試みることは, 心筋の salvage の意味からも重要であり, 広く検討されている. その判定として, 冠動脈造影において責任冠動脈の再疎通を確認するのが一番確実であるが, 緊急冠動脈造影のできない施設や, 血栓溶解物質の静脈内投与により冠動脈再疎通を行う場合に, 非侵襲的な再疎通成功の指標が重要である. 核医学的手法を用いた再疎通成功の指標として  $^{99m}\text{Tc}$  シンチグラフィの早期陽性化がいわれているが<sup>9-11)</sup>, 今回我々の用いた D-ECT 法によれば, AMI としては発症 3 日目という比較的安定した時期にイメージングして, しかも overlap を認めれば, 早期再疎通成功を推定できると考えられる. すなわち, D-ECT における  $^{99m}\text{Tc}$  と  $^{201}\text{Tl}$  の overlap は, 早期再疎通療法の成功に対する新しい非侵襲的指標として使用できる可能性が示唆される.

## 結 語

1. 再疎通療法成功例 18 名中,  $^{99m}\text{Tc}$  /  $^{201}\text{Tl}$  の overlap を有する 7 名は, overlap のない 11 名に比べ, 発症から再疎通までの時間が有意に短か

かった ( $2.7 \pm 0.7$  h vs  $4.7 \pm 1.6$  h,  $p < 0.005$ )

2. 再疎通不成功例では, overlap のある例は 1 例も認められなかった.

3. Dual ECT 像でみられる overlap は, 早期再疎通成功の非侵襲的指標の一つとして使用できる可能性が示唆された.

4. 本法を用いれば, 同一スライスで, ずれなく  $^{99m}\text{Tc}$  像と  $^{201}\text{Tl}$  像を描出することができ, さらに検査時間を短縮することができるので, 重症患者にも施行可能であった.

## 要 約

冠動脈再疎通療法を試みた急性心筋梗塞(AMI) 例中, 発症後平均 3 日目に行った  $^{99m}\text{Tc}$ -ピロリン酸 ( $^{99m}\text{Tc}$ ) と  $^{201}\text{TlCl}$  ( $^{201}\text{Tl}$ ) の 2 核種同時収集 emission-CT (D-ECT) 法の有用性を 28 例について検討した. この D-ECT 法を用いれば, 同一スライスで同時に  $^{99m}\text{Tc}$  像と  $^{201}\text{Tl}$  像をずれなく描出する事ができ, さらに検査時間を短縮することができるので, 全身状態の悪い患者にも行ないうるという利点があった.

28 名の D-ECT の結果は次のごとくであった.

D-ECT	再疎通成功	再疎通不成功
overlap (+)	7 (I-A 群)	0
overlap (-)	11 (I-B 群)	10 (II-B 群)

( $\chi^2$ :  $p < 0.05$ )

I-A 群と I-B 群を対比した結果は次のごとくであった.

Clinical variables	I-A 群	I-B 群	p
残存狭窄 (%)	65 $\pm$ 17	55 $\pm$ 21	NS
$\Sigma$ MB-CK (IU/L)	195 $\pm$ 114	192 $\pm$ 43	NS
再疎通所要時間 (h)	2.7 $\pm$ 0.7	4.7 $\pm$ 1.6	<0.005

結論として, (1)  $^{99m}\text{Tc}$  と  $^{201}\text{Tl}$  像とが D-ECT 法において明瞭な overlap を示せば, AMI 発症後ごく早期の再疎通成功を示す; (2) 再疎通療法不成功例では, overlap を示したのは 1 例もなかった.

## 文献

- 1) Niess GS, Logic JR, Russell RO Jr, Rackley CE, Rogers WJ: Usefulness and limitations of thallium-201 myocardial scintigraphy in delineating location and size of prior myocardial infarction. *Circulation* **59**: 1010-1019, 1982
- 2) Parkey RW, Bonte FJ, Stokely EM, Leurs SE, Graham KD, Buja LM, Willerson JT: Acute myocardial infarction imaged with Tc-99m stannous pyrophosphate and Tl-201: A clinical evaluation. *J Nucl Med* **17**: 771-779, 1976
- 3) Zaret BL, DiCola VC, Danabedian RK, Puri S, Wolfson S, Freedman GS, Cohen LS: Dual radionuclide study of myocardial infarction. *Circulation* **53**: 422-428, 1976
- 4) Buja LM, Parkey RW, Stokely EM, Bonte FJ, Willerson JT: Pathophysiology of technetium-99m stannous pyrophosphate and thallium-201 scintigraphy of acute anterior myocardial infarcts in dogs. *J Clin Invest* **57**: 1508-1522, 1976
- 5) Berger HJ, Gottschalk A, Zaret BL: Dual radionuclide study of acute myocardial infarction. *Ann Int Med* **88**: 145-154, 1978
- 6) Schofer J, Mathey DG, Montz R, Bleifeld W, Stritzke P: Use of dual intracoronary scintigraphy with thallium-201 and technetium-99m pyrophosphate to predict improvement in left ventricular wall motion immediately after intracoronary thrombolysis in acute myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* **2**: 737-744, 1983
- 7) Schofer J, Spielmann RP, Bromel T, Bleifeld W, Mathey DG: Thallium-201 / technetium-99m pyrophosphate overlap in patients with acute myocardial infarction after thrombolysis: Prediction of depressed wall motion despite thallium uptake. *Am Heart J* **112**: 291-295, 1986
- 8) Reimer KA, Lowe JE, Rasmussen MM, Jennings RB: The wave front phenomenon of ischemic cell death: I. Myocardial infarct size vs duration of coronary occlusion in Dogs. *Circulation* **56**: 786, 1977
- 9) Wheelan K, Wolfe C, Corbett J, Rude R, Winniford M, Parkey RW, Buja LM, Willerson JT: Early positive technetium stannous pyrophosphate images as a marker of reperfusion after thrombolytic therapy for acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* **56**: 252-256, 1985
- 10) Hashimoto T, Kambara H, Nohara R, Fudo T, Uozu K, Tamaki S, Kawai C: Evaluation of coronary reperfusion for acute myocardial infarction by emission CT using technetium-99m pyrophosphate. *J Cardiogr* **17**: 231-239, 1987
- 11) Hashimoto T, Kambara H, Fudo T, Tamaki S, Nohara R, Takatsu Y, Hattori R, Tokunaga S, Kawai C, Kenji U: Early estimation of acute myocardial infarct size soon after coronary reperfusion using emission computed tomography with technetium-99m pyrophosphate. *Am J Cardiol* **60**: 952-957, 1987