

Tl-201 心筋 SPECT およ び断層心エコー図法による 梗塞後心筋蘇生能の評価

Myocardial viability in old myocardial infarc- tion as evaluated by Tl-201 SPECT and two- dimensional echocardi- ography

塚原 玲子

Reiko TSUKAHARA

Summary

Myocardial viability of the infarcted area was evaluated in 49 patients with old myocardial infarction by thallium-201 myocardial single photon emission computed tomography (SPECT), two-dimensional echocardiography (2 DE) and electrocardiography (ECG).

The following results were obtained:

1. Tl uptake (%TU) correlated significantly with the % systolic thickening ratio (% Δ Th) and the interventricular septal excursion (IVSE) ($r=0.66$, $r=0.75$), suggesting that both parameters are useful in predicting myocardial viability of the infarcted areas.

2. In 18 patients, the % Δ Th was 0, IVSE ranged from -3 mm to $+3$ mm, and a positive correlation between %TU and IVSE was present, suggesting an advantage of IVSE over % Δ Th as a parameter.

3. Forty-nine patients were categorized into 4 groups based on their ECG findings; 3 with QS and complete RBBB (Group A); 19 with QS and ST elevation (Group B); 10 with QS without ST elevation (Group C); and 17 with non-QS (Group D). All of %TU, % Δ Th and IVSE increased in the order of Groups $A < B < C < D$.

4. The bull's eye method showed redistribution in 5 of 19 patients (26%) in Group B, 5 of 19 (26%) with % Δ Th ≤ 0 and 2 of 9 (22%) with IVSE ≤ 0 .

These results suggested that transmural myocardial infarction, which has been considered irreversible, may be viable and PTCA or coronary bypass surgery is recommended if ECG or 2DE gives indications of myocardial viability.

Key words

Tl-201 SPECT

Myocardial infarction

Two-dimensional echocardiography

Myocardial viability

はじめに

近年、虚血性心疾患に対して PTCA (percu-

taneous transluminal coronary angioplasty) や CABG (coronary artery bypass grafting) などの血行再建術が盛んに行なわれるようになり、心

東邦大学医学部 第二内科
東京都大田区大森西 6-11-1 (〒143)

The Second Department of Internal Medicine, Toho University School of Medicine, Ohmori-Nishi 6-11-1, Ohta-ku, Tokyo 143

Received for publication May 11, 1990; accepted November 24, 1990 (Ref. No. 37-64)

筋蘇生能 (viability) の評価が重要視されている。心筋梗塞領域の蘇生能については各種検査をもってしても的確な評価がなされているとは限らず、血行再建術の決定に際し、適応基準の判定困難な例もしばしば経験される。梗塞心筋の壁動態を心エコー図と左室造影、あるいは心エコー図と核医学的方法を対比させて検討した報告^{1,2)}はしばしばみられるが、今回我々は、陳旧性前壁中隔梗塞に対し、Tl-201 心筋 SPECT および断層心エコー図法を施行し、SPECT については、%Tl 摂取率 (%TU) と再分布の有無を、心エコー図については、収縮期壁厚増加率 (% Δ Th) と中隔運動振幅 (IVSE) に着目し、心電図所見を加え、梗塞領域の心筋蘇生能について検討した。

対 象

対象は臨床症状、および心筋逸脱酵素の上昇などで診断された発症後3ヵ月～3年の陳旧性前壁中隔心筋梗塞49例(男性45例、女性4例)で年齢は29～72、平均55.3歳である。

方 法

1. 心筋 SPECT

運動負荷は自転車エルゴメーターを用い、3分ごとに25 watt ずつ増加させる多段階負荷法にて行なった。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²⁰¹TlClを2～4 mCi 静注し、さらに1分間の運動を継続させた。²⁰¹TlCl 静注5分後より撮像を開始し、これを初期像とした。また3時間後に遅延像を撮像した。SPECT 像は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(ZLC-7500)を用い、右前斜位40度から左後斜位180度を32方向(20～30秒/方向)より撮像した。そして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。なお、データ解析には島津製シンチパック2400を使用した。

1. 視覚的判定

得られた心筋イメージの初期像と遅延像から再

分布様式を以下の3群に分類した。I群:初期像が完全欠損で遅延像にて再分布のないもの、II群:初期像が灌流低下(hypoperfusion)で遅延像にて再分布のないもの、III群:初期像で完全欠損、あるいはhypoperfusionを呈し、遅延像で再分布を認めるものである。

2. Bull's eye 法

短軸断層像を用い、左心室中心部を心尖部より7スライス(6 mm幅)を配列し、画像表示を行なった。得られた遅延像の梗塞領域の3スライス30度幅の9セグメントのRI(radioisotope)カウントを測定し、Fig. 1に示すごとき式を用い、%Tl摂取率(%TU)を算出した。

2. 断層心エコー図

断層心エコー図は負荷心筋SPECTとほぼ同時期に記録した。長軸断層像におけるMモードを用い、僧帽弁が見え隠れする部位にビームが垂直に当たるもののみを選択し、Fig. 2のごとく測定を行なった。中隔壁厚(WTh=a)は心電図R波の頂点で測定した拡張期中隔壁厚とした。心室中隔振幅(IVSE=c)は心電図R波の頂点での中隔左室心内膜の位置より、心音図II音大動脈成分までの最大偏位とした。また、収縮期壁厚は心電図R波より心音図IIAまでの最大壁厚とし、収縮期壁厚(WThS=b)より拡張期壁厚(a)を引き、これで除した値を収縮期壁厚増加率(% Δ Th)とした。なお、数値はMモードでの連続3心拍の平均をとり、得られた結果をSPECTよりの所見、および心電図所見と比較検討した。

3. 心電図

安静時心電図にてV₁～V₃のQSパターンおよび同部位でのST上昇の有無により次の4群に分類した。A群:QSに完全右脚ブロックを合併してきたもの、B群:QSに2 mm以上のST上昇を伴ったもの、C群:QSにST上昇を伴わないもの、D群:QSを呈さないものである。

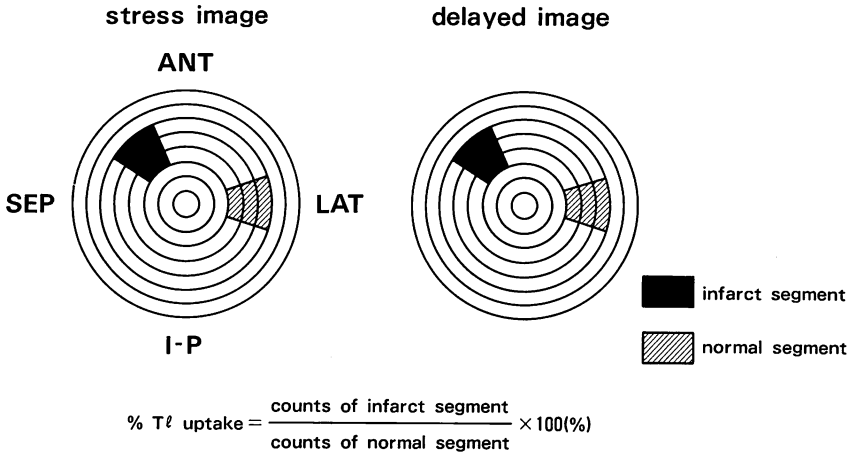


Fig. 1. Schema of bull's eye method to measure %Tl uptake and redistribution.
 %Tl uptake was calculated by the formula shown in this figure.

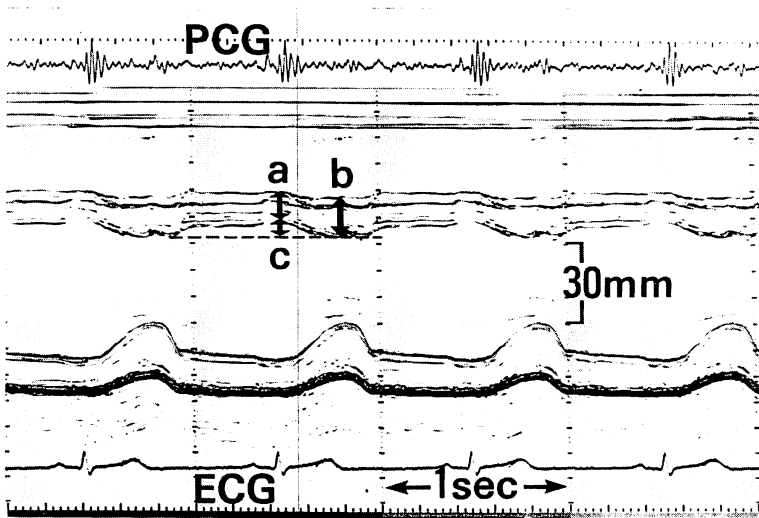


Fig. 2. M-mode echocardiogram illustrating measurement method of parameters.

a=wall thickness; b=systolic wall thickness; %ΔTh=% systolic thickening ratio: $(b-a)/a \times 100$ (%); c=interventricular septal excursion.

結 果

1. SPECT 視覚分類と心エコー図との関係
 運動負荷心筋スキャンによる視覚的判定から I 群 (恒久的欠損) 18 例, II 群 (初期像 hypoperfu-

sion で遅延像にて再分布なし) 12 例, III 群 (再分布あり) 19 例に分類した. I 群での WTh は平均 9.2 mm で II, III 群との間に有意差は認められなかったが I 群での %ΔTh, IVSE は II, III 群に比し, 有意に低値を示した. (Fig. 3)

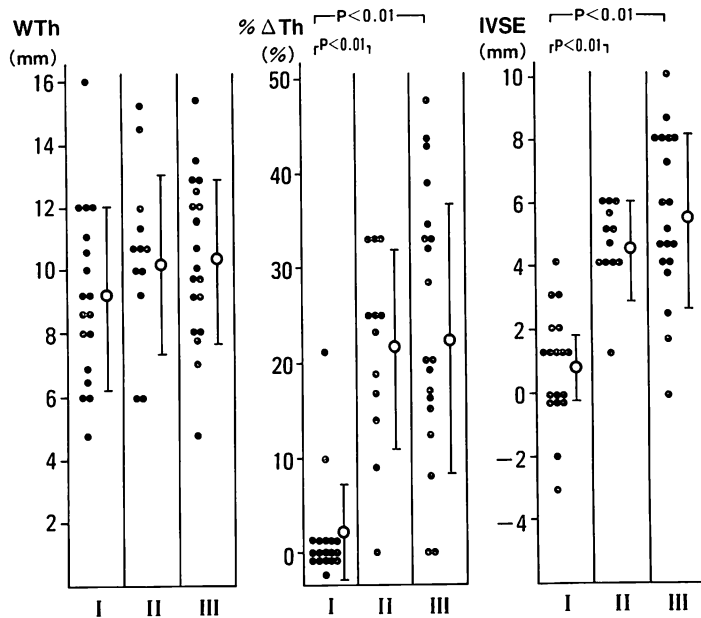


Fig. 3. Comparison of echocardiographic parameters among 3 groups with and without redistribution (RD).

WTh=wall thickness (diastolic); % Δ Th=% systolic thickening ratio; IVSE=interventricular septal excursion; Group I: RD (-), defect in stress image; Group II: RD (-), hypoperfusion in stress image; Group III: RD (+), defect or hypoperfusion in stress image.

2. %TU と % Δ Th との関係 (Fig. 4)

梗塞領域での %TU と同領域での % Δ Th との間には $r=0.66$ ($p<0.01$) の有意な相関が認められた。また % Δ Th の値が 0 の例が 18 例あり、これらの中に I 群の症例が 15 例 (83%) 認められた。

3. %TU と IVSE との関係

%TU と同領域での IVSE の間には $r=0.75$ ($p<0.01$) の良好な相関関係が認められた (Fig. 5)。また, Fig. 4 において % Δ Th が 0 を示す 18 例についてのみでは, 両者に $r=0.62$ ($p<0.01$) の有意な相関関係が認められた (Fig. 6)。(これら 18 例の IVSE は -3 mm (dyskinesis) から $+3$ mm (hypokinesis) までの壁運動異常例であった。

4. 心電図との関係 (Fig. 7)

QS パターンの有無により A 群 (QS+完全右脚ブロック合併) 3 例, B 群 (QS+ST 上昇) 19

例, C 群 (QS+ST 非上昇) 10 例, D 群 (非 QS) 17 例に分類した。

A 群は他の群に比し, % Δ Th, IVSE, %TU とともに低値を示し, さらに各パラメーターとも $A<B<C<D$ の順に高い傾向を示した。また B 群の IVSE は C 群に比し有意に小であったが, 僅かなものまで含めると B 群 19 例中 14 例 (74%) で壁運動が認められた。

QS を伴わない D 群では IVSE で 0 以下の症例は認められず, %TU では A, B, C 群に比し, 有意に高値を示した。B, C 群同様, % Δ Th, IVSE, %TU にばらつきがみられたが, 心電図上 initial R が低い症例では, IVSE, %TU において低値を示す傾向が認められた。

5. 再分布様式による検討 (Fig. 8)

Bull's eye 法による再分布の有無を検討した。心電図分類で A 群 (QS+右脚ブロック合併) で

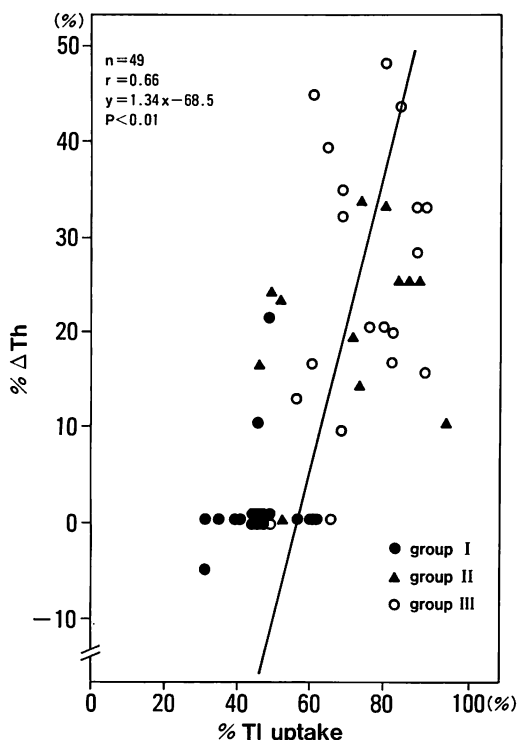


Fig. 4. Relationship between %TI uptake by SPECT, and %ΔTh by 2 DE.

は3例全例(100%)に再分布が認められなかった。また、B群(QS+ST上昇)では19例中5例(26%)にのみ再分布がみられたのに対し、C群(QS+ST非上昇)では10例中8例(80%)に再分布が認められた。さらに%ΔThが0以下の症例でも19例中5例(26%)、またIVSE 0mm以下、すなわち心エコー図上akinesis,あるいはdyskinesisのみられる症例でも9例中2例(22%)に再分布が認められた。

考 按

心筋梗塞後の残存心筋、いわゆる梗塞後心筋の蘇生能を正しく評価することは、治療方針の決定、ないしその効果を予測するのに非常に重要と思われる。

従来、梗塞部位は負荷心筋シンチで恒久的欠損

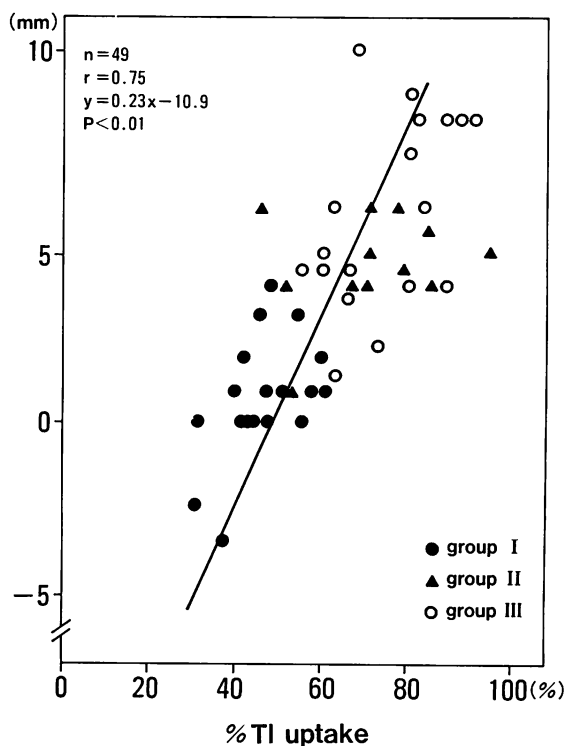


Fig. 5. Relationship between %TI uptake by SPECT, and IVSE by 2 DE.

像として表現され、このことが梗塞部位と虚血部位の鑑別に用いられていた³⁻⁵⁾。しかし、梗塞部位においても再分布を認める症例が存在するとの報告が相次ぎ^{6,7)}、同部の蘇生能との関連が注目されている。本研究においても、恒久的欠損像を呈するI群は心エコー図で収縮期壁厚の増加しないもの、あるいは高度壁運動異常を呈するものが多く、同部の蘇生能はほとんどないものと思われた(Fig. 2)。しかし、このような症例においてもわずかながら壁運動の認められるものがあり、本研究ではより客観的な評価を得るため、遅延像の%TI摂取率を算出し、心エコー図上の%ΔTh, およびIVSEとの関係を検討し、梗塞領域の%TIと%ΔThあるいはまたIVSEとの間に、それぞれ良好な相関関係を認め、%ΔTh, IVSEはともに蘇生能を示す有用な指標であると思われ

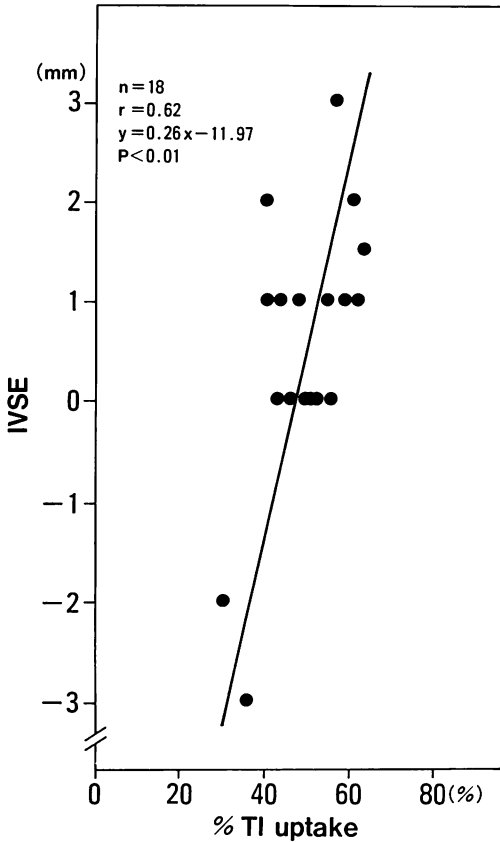


Fig. 6. Relationship between % TI uptake by SPECT, and IVSE by 2 DE (% Δ Th=0).

た。しかし、% Δ Th が 0 の症例が 18 例認められ、これらの症例の IVSE には、dyskinesia 例から hypokinesia を呈するものまで、壁運動に差がみられた。さらにこれら 18 例においても %TU と IVSE との間に有意な相関が示され、したがって、心エコー図上、収縮期壁厚増加のない (% Δ Th \leq 0) 梗塞部位でも、壁運動が観察されれば、蘇生可能な心筋の存在する可能性があり、心エコー図における IVSE は、% Δ Th に比し、蘇生能の評価により有用であることが示唆された。

心電図分類を加えた検討で、QS パターンに完全右脚ブロックを合併した症例では、% Δ Th、IVSE、%TU など貫壁性壊死を示唆する所見

を呈した。このことは右脚ブロックを合併した前壁梗塞が、梗塞範囲も広く、予後不良なものが多いとする諸家の報告^{8,9)}と一致する。その機序として、広範な中隔壊死による右脚枝障害の結果、右脚ブロックが生じたと理解できるが、さらにこのような症例において血行再建術などの適応はないものと考えられた。

また、QS パターンを示す例の中でも、ST 上昇を伴う B 群と伴わない C 群との間に、IVSE および %TU に有意差が認められたが、B 群においても、軽度なもので含めると、壁運動が高頻度に認められ、かつ %TU にも比較的高値を示す症例があることから、心電図所見より蘇生能を判定すると、それを過小評価してしまう可能性が大きいと思われた。安静時 ST 上昇の有無にかかわらず、運動時 ST 上昇を示す症例は高度壁運動異常を呈するものが多いとする報告^{10~12)}もあり、負荷心電図を加えた検討が今後必要であると思われた。

Bull's eye 法による再分布は、心電図分類の B 群と C 群とで著明な差があり、両群間の蘇生可能な心筋の量に明らかな差があることが再確認された。また心エコー図にて収縮期に壁厚の増加しなかった部位 (% Δ Th \leq 0) や、akinesis あるいは dyskinesia (IVSE \leq 0) を呈する部位においても再分布が認められたが、今回は負荷心筋 SPECT 3 時間後の遅延像で評価したのみであり、もし安静時、あるいは負荷後さらに遅延像のイメージで評価¹³⁾すれば、同部の再分布率はさらに高いものであったと思われる。このような高度の壁運動異常を呈していても、病理学的に正常心筋を認める例のあることがあり^{14,15)}、これら蘇生可能な心筋の存在が、再分布の機序にかかわっている可能性がある。梗塞筋の中に壊死にまでは至らない可逆性心筋虚血が存在することは、Braunwald ら¹⁶⁾により提唱されたいわゆる冬眠心筋 (hibernating myocardium) の概念にもつながるものと考えられ、かかる asynergy を有する梗塞心筋の残存虚血を血行再建術によって軽減させれば、収縮能の

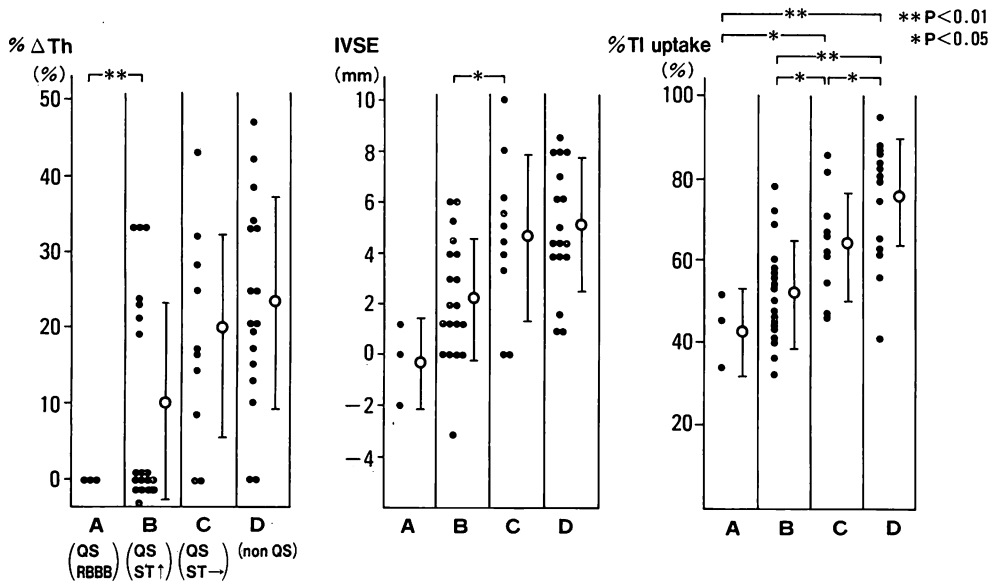


Fig. 7. Comparison of 3 parameters among the 4 ECG groups.

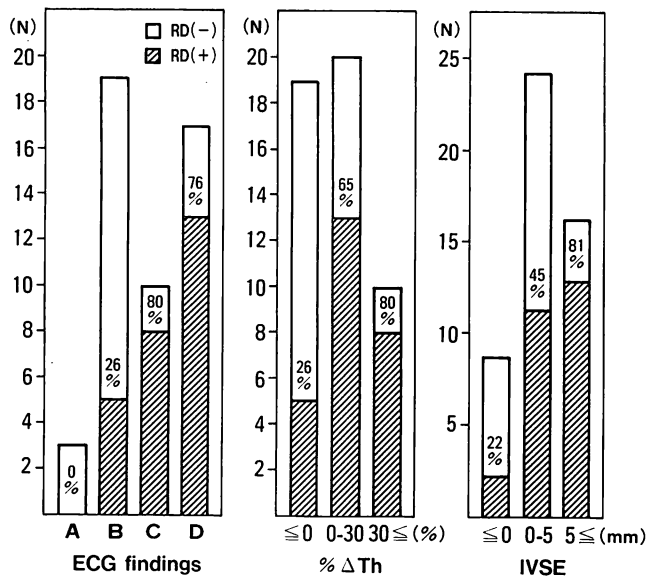


Fig. 8. Percentages of redistribution (RD) according to ECG and echocardiographic findings.

Redistribution is observed even in cases with electrocardiographic or echocardiographic "transmural" infarction, indicating the presence of viable myocardium.

A: QS+complete RBBB; B: QS+ST elevation; C: QS+non-ST elevation; D: non-QS.

改善も期待できるものと思われる。

今回の研究で、従来、非可逆的と思われていた貫壁性梗塞心筋において、心エコー図、SPECT、心電図所見には不一致の症例も認められるが、蘇生可能な心筋という観点から、そのうちいずれかの検査のみでも心筋蘇生の可能性をみれば、積極的に血行再建術を試みるべきであると思われる。今後 positron emission tomography (PET) など代謝面の評価^{17,18)}を加えることにより、さらに詳細な検討が可能であろう。

要 約

陳旧性前壁中隔心筋梗塞 49 例について運動負荷心筋 SPECT、心エコー図、心電図を記録し、中隔の梗塞部心筋の蘇生能について検討した。

1. 梗塞領域の %TU と心エコー図での % Δ Th, IVSE との間に、各々有意な相関関係 ($r=0.66, 0.75$) を得、各パラメーターはともに心筋蘇生能評価にとって有用な指標であることが示された。

2. % Δ Th が 0 であっても (18 例)、IVSE は -3 mm から +3 mm に至る壁運動を示し、さらに IVSE と %TU との間に有意な相関 ($r=0.62, p<0.01$) をみたことより、心筋蘇生能の評価にとって、IVSE は % Δ Th よりも有用性が高いと思われた。

3. 心電図上、QS+完全右脚ブロック (A 群)、QS+ST 上昇 (B 群)、QS+ST 非上昇 (C 群)、非 QS (D 群) の 4 群において、%TU、% Δ Th、IVSE は各々 $A<B<C<D$ の順に高い傾向を示した。

4. Bull's eye 法では、心電図分類の B 群においても 26%、心エコー図の % Δ Th が 0 以下の群でも 26% に、また IVSE が 0 以下の群においても 22% に再分布が認められた。

従来、貫壁性で不可逆性と考えられていた梗塞心筋において、各種検査 (心エコー図、SPECT、心電図) によって虚血に関する所見に不一致をみる症例があり、かかる例ではいずれか一つでも陽

性所見があれば、梗塞部に蘇生可能な心筋の残存することが示された。

謝 辞

稿を終えるにあたり、御指導、御校閲を賜りました東邦大学第二内科 上嶋権兵衛教授に深甚なる謝意を表します。また、核医学的データ解析の御指導をいただきました同第一内科、山崎純一講師に厚く感謝いたします。

文 献

- 1) Van Reet RE, Quinones MA, Poliner LR, Nelson JG, Waggoner AD, Kanon D, Lubetkin SJ, Pratt CM, Winters WL: Comparison of two-dimensional echocardiography with gated radionuclide ventriculography in the evaluation of global and regional left ventricular function in acute myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 3: 243-252, 1984
- 2) Konishiike A, Mihata S, Matsumori Y, Kondo T, Fujisue R, Naruse H, Ohyanagi M, Yasutomi N, Tanimoto M, Iwasaki T: Comparison of two-dimensional echocardiography with ²⁰¹Tl-single photon emission computed tomography for evaluating the myocardial infarct zone. *J Cardiol* 17: 699-710, 1987 (in Japanese)
- 3) Pohost GM, Okada RD, O'Keefe DD, Gewirtz H, Beller G, Strauss HW, Chaffin JS, Leppo J: Thallium redistribution in dogs with severe coronary artery stenosis of fixed caliber. *Circ Res* 48: 439-446, 1981
- 4) Greenberg BH, Hart R, Botvinick EH, Werner JA, Brundage BH, Shames DM, Chatterjee K, Parmley WW: Thallium-201 myocardial perfusion scintigraphy to evaluate patients after coronary bypass surgery. *Am J Cardiol* 42: 167-176, 1978
- 5) Gerry JL Jr, Becker LC, Flaherty JT, Weisfeldt ML: Evidence for a flow-independent contribution to the phenomenon of thallium redistribution. *Am J Cardiol* 45: 58-62, 1980
- 6) 西村恒彦, 植原敏勇, 林田孝平, 小林 満, 小塚隆弘, 住吉徹哉, 斎藤宗靖: 運動負荷心筋スキャンによる梗塞部再分布に関する検討: 臨床所見, 心電図, 心血行動態との対比を中心として. *核医学* 24: 1343-1350, 1987
- 7) 菅野和治, 斎藤宗靖, 住吉徹哉, 黄田純子, 土師一夫, 平盛勝彦, 西村恒彦, 小塚隆弘: 運動負荷 ²⁰¹Tl 心筋シンチグラムにおける梗塞部再分布の意

- 義. 呼吸と循環 32: 925-930, 1984
- 8) Dabizzi RP, Aiuzzi L, Barletta GA, Teodori G: Right bundle-branch block in coronary artery disease: A hemodynamic and angiographic study. *Clin Cardiol* 11: 412-418, 1988
 - 9) Haft JI, Demaio SJ Jr, Bartoszyk OB: Coronary arteriographic findings in symptomatic right bundle branch block. *Am J Cardiol* 53: 770-773, 1984
 - 10) Waters DD, Chaitman BR, Bourassa MG, Tubau JF: Clinical and angiographic correlates of exercise-induced ST-segment elevation: Increased detection with multiple ECG leads. *Circulation* 61: 286-296, 1980
 - 11) 梅澤滋男, 野上昭彦, 谷口興一, 武内重五郎, 藤原秀臣, 雨宮 浩, 城山暢博, 廣江道昭: 陳旧性前壁梗塞患者における運動負荷梗塞部 ST 上昇に関する核医学的検討. 呼吸と循環 35: 1171-1177, 1987
 - 12) Yamaki M, Kubota I, Ikeda K, Tonooka I, Tsuiki K, Yasui S: The clinical significance of exercise-induced ST-segment elevation in previous anterior myocardial infarction. *Jpn Circ J* 49: 949-959, 1985
 - 13) 武藤敏徳: 運動負荷 Tl-201 心筋 SPECT による遅延再分布の検討. 核医学 25: 639-646, 1988
 - 14) Bodenheimer MM, Banka VS, Hermann GA, Trout RG, Pasdar H, Helfant RH: Reversible asynergy: Histopathologic and electrographic correlations in patients with coronary artery disease. *Circulation* 53: 792-796, 1976
 - 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) Brawnwald E, Rutherford JD: Reversible ischemic left ventricular dysfunction: Evidence for the hibernating myocardium. *J Am Coll Cardiol* 8: 1467-1470, 1986
 - 17) Tamaki N, Yonekura Y, Yamashita K, Senda M, Saji H, Hashimoto T, Fudo T, Kambara H, Kawai C, Ban T, Konishi J: Relation of left ventricular perfusion and wall motion with metabolic activity in persistent defects on thallium-201 tomography in healed myocardial infarction. *Am J Cardiol* 62: 202-208, 1988
 - 18) Hashimoto T, Kambara H, Fudo T, Hayashi M, Tamaki S, Tokunaga S, Tamaki N, Yonekura Y, Konishi J, Kawai C: Non-Q wave versus Q wave myocardial infarction: Regional myocardial metabolism and blood flow assessed by positron emission tomography. *J Am Coll Cardiol* 12: 88-93, 1988