

《ノート》

## 急性心筋梗塞症における Tc-99m PYP 心筋シンチ グラフィープラナー像の半定量的評価法の再検討

—生化学的方法, SPECT 法, 心機能との比較—

Semiquantification of Technetium-99m Pyrophosphate Uptake in Planar Scintigraphy in Acute Myocardial Infarction—Comparative Studies of Infarct Sizing with Serum Enzyme Release, Cardiac Function and SPECT

後藤 真彦\* 中田 智明\* 能戸 徹哉\* 鷗野起久也\*  
田中 繁道\* 久保田昌宏\*\* 津田 隆俊\*\* 東海林哲郎\*\*\*  
飯村 攻\*

Mahiko GOTOH\*, Tomoaki NAKATA\*, Tetsuya NOTO\*, Kikuya UNO\*,  
Shigemichi TANAKA\*, Masahiro KUBOTA\*\*, Takatoshi TSUDA\*\*,  
Tetsuro SHOJI\*\*\* and Osamu IIMURA\*

\*Second Department of Internal Medicine, \*\*Department of Radiology, and  
\*\*\*Division of Emergency and Critical Care, Sapporo Medical College, Sapporo, Japan

### I. 緒 言

急性心筋梗塞における心筋壊死量の評価は、治療指針、合併症の予測やそれへの対策に加え、最近広く普及してきた急性期における血栓溶解療法や経皮的冠血管形成術 (PTCA) の効果判定上も、有用な指標となりうると考えられる。

心筋梗塞量の臨床的定量化には種々の方法が検討されている<sup>1)</sup>が、Tc-99m ピロリン酸 (以下 Tc-99m PYP) による急性心筋壊死のイメージングな

らびに定量的評価も極めて有用な方法の一つといえる。現在まで、プラナー像による半定量的評価は Parkey の方法<sup>2)</sup>を基本とし、これを一部修正した方法が広く用いられてきた<sup>3,4)</sup>。一方、single photon emission computed tomography (SPECT) の開発は、壊死巣の三次元的イメージングとより正確な定量化を可能にしつつある<sup>5~9)</sup>。

そこで本研究では、Tc-99m PYP プラナー像における取り込み強度の半定量的指標 (Parkey 分類) がどこまで梗塞量を反映しうるか、その精度を、生化学的指標、TI-201 SPECT (二次元極座標表示法と心筋展開図法<sup>10)</sup>)、および Tc-99m PYP SPECT による各種心筋壊死の定量的指標を用いて検討し、さらに左室機能障害推定上の意義についての再評価を試みた。

**Key words:** Tc-99m pyrophosphate, Parkey 分類, 急性心筋梗塞,

\* 札幌医科大学第二内科

\*\* 同 放射線科

\*\*\* 同 救急集中治療部

受付: 2年4月23日

最終稿受付: 2年11月28日

別刷請求先: 札幌市中央区南1条西16丁目 (☎060)

札幌医科大学第二内科

中 田 智 明

## II. 対象

対象は、札幌医科大学附属病院救急集中治療部に入院し、①臨床症状、②心電図変化、③血清酵素の上昇より確実な急性心筋梗塞症と診断された27例である。年齢は40~78歳(平均59±2歳)で、男性18例、女性9例である。

心電図による梗塞部位は、前壁梗塞7例、広範前壁梗塞8例、後側壁梗塞4例、下後壁梗塞8例で、再梗塞例を広範前壁梗塞群に1例、下後壁梗塞群に2例認め、また右室梗塞合併例を下後壁梗塞群に3例認めた。なお、右室梗塞の診断は心電図におけるV<sub>3R</sub>、V<sub>4R</sub>の有意なST上昇、右室壁運動の低下、血行動態および右室壁ピロリン酸の取り込みによりなされた。また、心電図所見より、前壁梗塞群の1例と後側壁梗塞群の1例が非貫壁性梗塞(non Q wave infarction)、その他は貫壁性梗塞(Q wave infarction)と診断された(Table 1)。

## III. 方法

以下に述べる各種RI検査は、プラナーイメージング用として、低エネルギー用汎用コリメーターを装着したLFOV型γカメラ(Searle製)、断層

イメージング用として、低エネルギー用高分解能コリメーターを装着した回転型γカメラ(Simens ZLC-75)にて行い、データ処理は、核医学データ処理専用コンピューターシステム(島津 Scintipac 2400)で行った。

### 1. Tc-99m PYP 心筋シンチグラフィによる梗塞量の評価法

発症より21~158時間(平均66±7時間)後にTc-99m PYP 740 MBq (20 mCi)を静注し、3時間後より、まずプラナー像を、正面、左前斜位45度、左側面より撮像した。引き続き、断層像を、左後斜位45度から右前斜位45度の範囲で、5度ごと、36方向、1方向30秒でデータ収集し、6mm厚の体軸横断像を再構成した。

Tc-99m PYP 心筋シンチグラフィ・プラナー像のParkey分類<sup>2,4)</sup>は2名の合議制で以下の5段階に、視覚的に行った。すなわち、Grade 0: 集積なし、Grade I: 集積の疑いはあるが明確とはいえない、Grade II: 明かな異常集積を認めるが骨より弱い、Grade III: 肋骨と同程度の強い集積を示す、Grade IV: 胸骨と同程度もしくはそれ以上の強い集積を示す、以上の5段階に分類した(Fig. 1)。

Table 1 Clinical characteristics and Parkey's classification

Parkey's classification	I	II	III	IV
N	6	7	9	5
Age	54 ± 4	62 ± 5	60 ± 4	59 ± 4
Sex (M/F)	4/2	4/3	7/2	3/2
Location of infarction				
Anteroseptal	3	1	3	0
Extensive anterior	0	0	4 <sup>#</sup>	4
Posterolateral	1	3	0	0
Inferoposterior	2	3 <sup>#</sup>	2 <sup>#</sup>	1
Q wave/ non Q wave*	5/1	6/1	9/0	5/0

Values are mean ± SEM. # includes one case of the reattack of acute myocardial infarction in each group. \* indicates the type of infarction, i.e. Q wave = transmural infarction and non Q wave = subendocardial infarction.

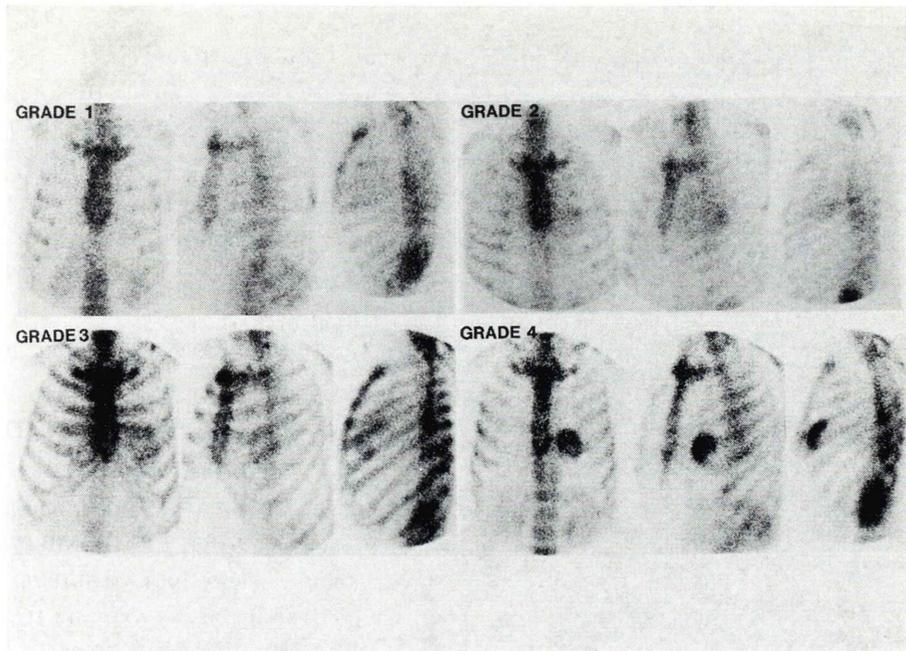


Fig. 1 The grading of myocardial uptake of Tc-99m pyrophosphate in planar imagings from anterior, left anterior oblique and left lateral views.

Tc-99m PYP 心筋断層像による梗塞巣の定量化は、全体軸横断像を用い、cut-off level 55%で梗塞巣の辺縁を決定し、各断層面の voxel 数の総和より梗塞容積 infarct volume (IV,  $\text{cm}^3$ )を算出した。

## 2. TI-201 SPECT による梗塞巣の定量化

発症 4 週間以内 (平均 16 日, 7~28 日) に、安静時に TlCl 148 MBq (4 mCi) を静注後、心短軸、心長軸、心水平軸の各断層像を得、視覚的に梗塞部位を判定した。心筋梗塞量の定量的指標として、二次元極座標表示法を用い梗塞巣の左室に占める割合、すなわち %梗塞量 extent score (ES, %) を、また心筋展開図法<sup>10)</sup>を用い梗塞面積 infarct area (IA,  $\text{cm}^2$ ) をそれぞれ算出した (Fig. 2)。

## 3. 心拍同期心プールシンチグラフィによる左室収縮機能評価

発症 1 か月以内 (平均 22 日, 7~30 日) に、心拍同期心プール法にて左室駆出分画を算出した。なお、心室性不整脈多発例、心房細動例の計 3 例

は、この評価の対象から除外した。

## 4. 心筋逸脱酵素による心筋梗塞量の測定

著者らの従来<sup>10)</sup>に従い、入院時より経時的に血清 CK 値および CK-MB 値を正常化するまで測定し、おのおのの最高値 (peak CK, peak CK-MB) を求めた。なお、経時変化の測定が困難な 1 例は、この評価より除外した。

## 5. 統計処理

各指標は、mean  $\pm$  S.E. で表示し、統計処理は、unpaired T-test を用い、 $p < 0.05$  を有意と判定した。

## IV. 結 果

### 1. 症例呈示

Parkey 分類に基づく、Grade I~IV の典型的 Tc-99m PYP 心筋シンチグラフィを示す (Fig. 1)。Fig. 1 左上段は 48 歳、男性、下後壁梗塞例で Grade I の取り込みを示し、各指標は LVEF 60%、%梗塞量 19%、梗塞面積  $13 \text{ cm}^2$ 、梗塞容積  $39 \text{ cm}^3$

であった。右上段は55歳，男性，後側壁梗塞例で Grade II と判定され，心電図上 non Q wave in-

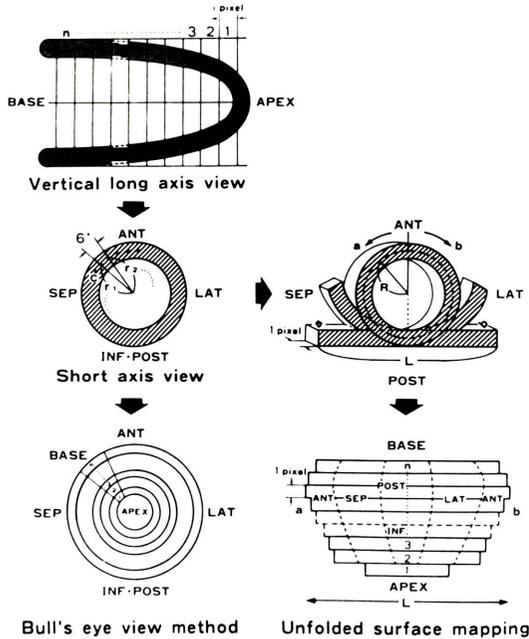


Fig. 2 Schematic representation of the infarct measurement by myocardial SPECT with thallium-201. A percentage and an area of infarcted myocardium are calculated from bull's eye view method (left bottom) and unfolded surface mapping (right bottom), respectively.

farction で，LVEF 50%，%梗塞量 19%，梗塞面積 18 cm<sup>2</sup>，梗塞容積 16 cm<sup>3</sup>，また左下段は 56 歳，男性，広範前壁梗塞例で Grade III と判定され，LVEF 30%，%梗塞量 55%，梗塞面積 72 cm<sup>2</sup>，梗塞容積 48 cm<sup>3</sup>，そして右下段は 60 歳，男性，広範前壁梗塞例で Grade IV の取り込みを示し，LVEF 51%，%梗塞量 47%，梗塞面積 26 cm<sup>2</sup>，梗塞容積 31 cm<sup>3</sup> であった。

2. Parkey 分類

27例について行った Tc-99m PYP 心筋集積像 Parkey 分類の結果を Table 1 に示す。Grade I (以下 I 群) 6 例，Grade II (II 群) 7 例，Grade III (III 群) 9 例，Grade IV (IV 群) 5 例であった。なお，Grade 0 は対象例中には認めなかった。

3. Parkey 分類と血清 CK, CK-MB 値の関係

Peak CK は，I 群が 963 ± 470 IU/l，II 群が 1,478 ± 422 IU/l，III 群が 3,622 ± 614 IU/l，IV 群が 3,965 ± 660 IU/l で，III 群，IV 群はそれぞれ I 群，II 群に比して有意な高値を示した (Fig. 3)。また，Peak CK-MB についても同様で，III 群 (657 ± 84 IU/l)，IV 群 (571 ± 51 IU/l) はそれぞれ I 群 (178 ± 114 IU/l)，II 群 (244 ± 84 IU/l) に比して有意な高値となった。

4. Parkey 分類と%梗塞量 (extent score)

III 群 (60 ± 3%) は I 群 (12 ± 4%)，II 群 (27 ±

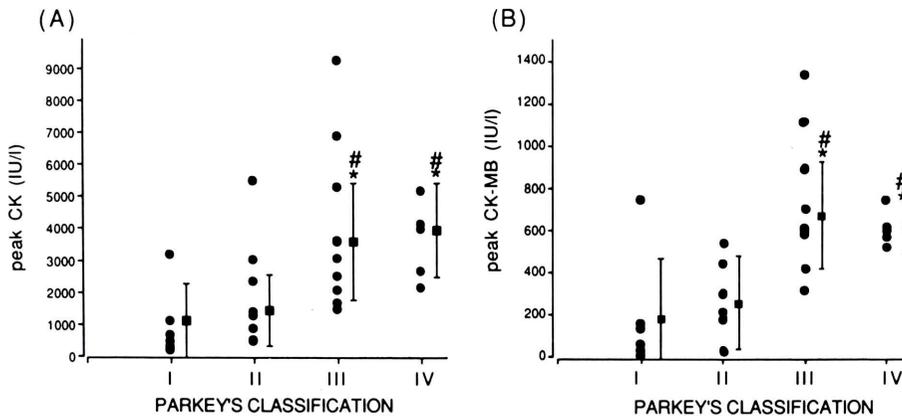


Fig. 3 Correlation between the Parkey's classification and peak CK (A) or peak CK-MB isozyme (B). The bars show mean ± SD. \*p < 0.05 vs Parkey I, #p < 0.05 vs Parkey II.

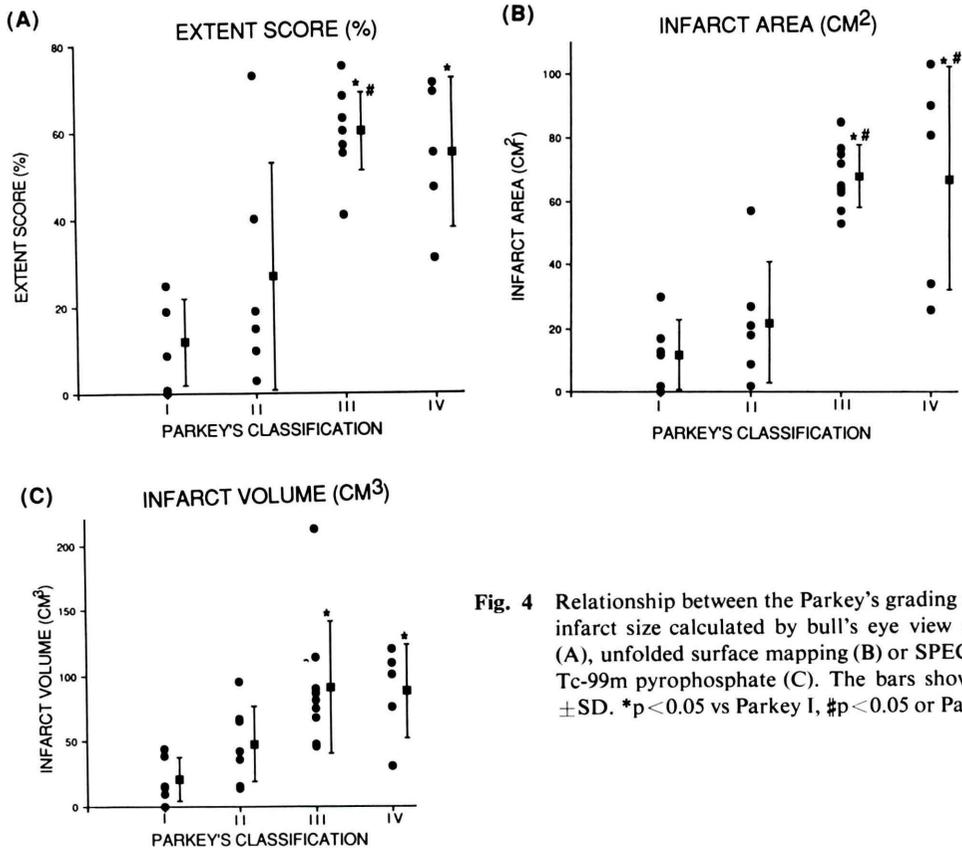


Fig. 4 Relationship between the Parkey's grading and the infarct size calculated by bull's eye view method (A), unfolded surface mapping (B) or SPECT with Tc-99m pyrophosphate (C). The bars show mean  $\pm$  SD. \* $p < 0.05$  vs Parkey I, # $p < 0.05$  or Parkey II.

11%) に比して、また IV 群 (55 $\pm$ 7%) は I 群に比し、いずれも有意な高値を示した (Fig. 4A).

なお、II 群中で、%梗塞量が 73% と異常高値を示した 1 例は再梗塞例であり、初回梗塞巣が%梗塞量に含まれたため高値を示したと考えられた。他方、III 群、IV 群で%梗塞量がそれぞれ 41%、31%であった 2 症例は、いずれも梗塞量が比較的小さいにもかかわらず Tc-99m PYP の集積が高度であり、過大評価例と考えられた。

##### 5. Parkey 分類と梗塞面積 (infarct area).

III 群 (68 $\pm$ 3 cm<sup>2</sup>)、IV 群 (67 $\pm$ 15 cm<sup>2</sup>) はそれぞれ I 群 (12 $\pm$ 4 cm<sup>2</sup>)、II 群 (22 $\pm$ 8 cm<sup>2</sup>) に比して有意に高値であった (Fig. 4B).

なお、II 群において、梗塞面積が 57 cm<sup>2</sup> を示した症例は、前述の%梗塞量が 73% の症例であっ

た。また、IV 群において梗塞面積が 26 cm<sup>2</sup>、35 cm<sup>2</sup> を示した 2 症例は、Parkey 分類の過大評価例と考えられ、うち一例は%梗塞量よりみても過大評価と考えられた。

##### 6. Parkey 分類と梗塞容積 (infarct volume).

III 群 (91 $\pm$ 17 cm<sup>3</sup>)、IV 群 (88 $\pm$ 16 cm<sup>3</sup>) は I 群 (21 $\pm$ 7 cm<sup>3</sup>) に比して有意に高値であった (Fig. 4C).

また、III 群において梗塞容積が 212 cm<sup>3</sup> であった症例は、下後壁梗塞に広範囲の右室梗塞を合併した症例で、このため梗塞容積が高値を示したものと考えられた。

なお、広範梗塞の指標として、%梗塞量 $\geq$ 55%、梗塞面積 $\geq$ 60 cm<sup>2</sup>、梗塞容積 $\geq$ 70 cm<sup>3</sup> と定義すると、Parkey III または IV 群による広範梗塞検出

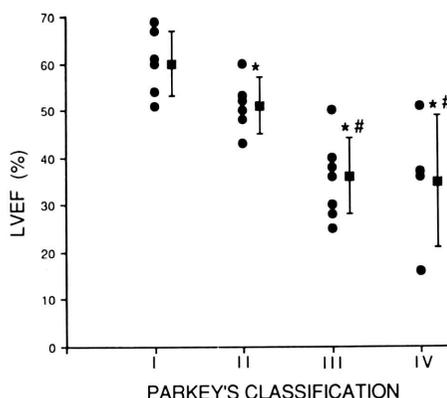


Fig. 5 Relationship between the Parkey's classification and left ventricular ejection fraction (LVEF) calculated from gated radionuclide ventriculography. The bars show mean $\pm$ SD. \* $p$ <0.05 vs Parkey I, # $p$ <0.05 vs Parkey II.

の感受性は74%, 特異性は95%, 診断精度は84%であった。

#### 7. Parkey分類と左室駆出分画(LVEF).

III群(36 $\pm$ 3%), IV群(35 $\pm$ 7%)はそれぞれI群(60 $\pm$ 3%), II群(51 $\pm$ 2%)に比して, またII群はI群に比していずれも有意な低値を示した(Fig. 5). Parkey IIIまたはIV群による高度左室収縮機能障害(LVEF $\leq$ 40%)検出の感受性は83%, 特異性は100%, 診断精度は92%となった。

なお, III群においてLVEFが50%の症例(%梗塞量57%, 梗塞面積53 cm<sup>2</sup>), IV群においてLVEFが51%の症例(%梗塞量47%, 梗塞面積26 cm<sup>2</sup>)はいずれも, 心筋梗塞量が比較的小さく, このためLVEFが保持されたものと考えられた。またドーナツ型は5例に認められたが, いずれもIII, IV群にのみ出現し, その平均LVEFは33 $\pm$ 6%, 平均%梗塞量は59 $\pm$ 4%, 平均梗塞面積は74 $\pm$ 13 cm<sup>2</sup>, 平均梗塞容積は77 $\pm$ 16 cm<sup>3</sup>であった。したがって, PYP-SPECT法による梗塞容積の評価からIII, IV群はドーナツ型出現の有無にかかわらず大きな梗塞であることが示された。

#### V. 考 案

Parkeyらのgrade分類はTc-99m PYPの集積

度の評価であり, その範囲や集積のパターンを考慮しておらず, 種々の修正も試みられてはいるが<sup>3,4</sup>, 心筋梗塞の重症度評価法としては定性的評価法にとどまっている。また, プラナーイメージを用いたカウント比やピクセル数による心筋梗塞単定量評価の報告もみる<sup>11)</sup>が, これらの手法を用いた梗塞量と他の臨床的方法で推定される梗塞量との関係は, 十分に検証されたものとはいえない。

今回著者らは, Tc-99m PYP プラナー像におけるTc-99m PYPの取り込み強度の半定量的評価法(Parkey分類)を, より定量性が高いと考えられるSPECTによる核医学的定量的指標, 生化学的指標, および左室機能指標との関連から再検討し, ここに, Parkey分類の意義と限界を明らかにした。

#### 1. 梗塞量の指標としてのParkey分類

生化学的指標(peak CK, peak CK-MB)や, TI-201心筋SPECT(%梗塞量, 梗塞面積)との比較で, Parkey分類がある程度心筋壊死量を反映していると考えられた。また本研究では, 前壁梗塞の43%(3/7)がIII群(IV群なし), 下壁梗塞の38%(3/8)がIII, IV群であったことより, 本gradingが梗塞部位による影響を受けることは少なく, 梗塞量自体により強く依存することが示唆された(Table 1)。一方, 梗塞量の核医学的評価と生化学的なそれとは, 前壁梗塞群では良好な相関を示すが, 下壁梗塞群では相関に乏しいとの報告がある<sup>12,13)</sup>。この報告より, 下壁梗塞群では前壁梗塞群に比して梗塞量が小さく, そのバラツキが少ないため, 下壁梗塞群のみを対象として相関関係を解析するには注意を要することが指摘される。

#### 2. 心機能指標としてのParkey分類

左室収縮機能(LVEF)との比較では, I~IV群は順にLVEFの低下を示し, 心機能障害の程度とよく相関していた(Fig. 5)。I群の全例がLVEFが50%以上であるのに対し, III・IV群では12例中の2例を除く10例(83%)がLVEFが40%以下と高度の収縮障害を示していた。このことから,

本分類が心筋壊死に伴う左心機能障害を推定する上にも有用であると考えられた。

### 3. Tc-99m ピロリン酸心筋シンチグラフィーおよび Parkey 分類の問題点

Parkey<sup>2)</sup>の報告以後、Tc-99m PYP プラナー像の視覚的判定が4段階に分類されることが通例となっているが、これはそもそも本分類がTc-99m PYPのCaへの集積親和性<sup>14)</sup>を利用して、肋骨や胸骨の集積度との比較より便宜上なされたものである。しかし、本研究でI, II群とIII, IV群の病態上の差が明瞭に示され、本分類の臨床的意義がさらに明確にされたと考えられる。なお、Parkey分類上I群は非梗塞群とされている<sup>2)</sup>が、本研究では6症例がI群と判定された。いずれも、他の方法で急性心筋梗塞であるとの確定診断は得ており、本法のfalse negativeと言え、3例は下壁梗塞、1例は心内膜下梗塞例で、いずれも小梗塞にとどまったことがその原因と考えられた。

ただし、従来からTc-99m PYP心筋シンチグラフィー自体の欠点も指摘されている。すなわち、①発症後の経過時期によるイメージングの変化<sup>15)</sup>、②広範梗塞例にみられる壊死中心部の非画像化(いわゆるドーナツ型)、つまりは梗塞内血流量の影響<sup>16)</sup>、③Tc-99m PYPの集積機序の非特異性と、それによる心筋壊死の過大評価の可能性、④壊死心筋における再灌流の影響<sup>17)</sup>等である。本研究では、イメージングの時期が全体で平均66時間、各群の平均をみてもII群で45時間と若干早いものの、他はいずれも84時間以内で、本分類に与える撮像時期の差の影響はさしてないものと考えられた。また、ドーナツ型出現(5例)に伴う梗塞量の過小評価は認められず、本法の利点といえるかもしれない。なお、今回発症6時間以内の急性期に血栓溶解療法(ICT)を施行し、再開通を得たのは2例のみであり、再灌流の本分類に与える影響については十分な解析を行えなかった。ただし、この2例はいずれもParkey分類III群を示し、梗塞量(%梗塞量、梗塞面積、梗塞容積)とLVEFよりみる限り当該群よりの逸脱は認めなかった。心筋梗塞急性期におけるICT/PTCAによ

る再灌流は虚血部局所心筋血流を著増させるため、Tc-99m PYPの非梗塞部への集積増加や早期陽性化<sup>9,18,19)</sup>を生じ、本法を用いた梗塞巣の定量化の際、新たな問題になるものと考えられる。

一方、Tc-99m PYP SPECT法と本grade分類の比較(Fig. 4C)では、TI-201 SPECT法との比較(Fig. 4A, B)に比して、各群のoverlapが比較的多いといわざるをえない。このことは、同じ梗塞量でもプラナー像ではその前後方向の重複の度合によってgradeが上がってしまうことを意味しており、本grade分類の過大評価の機序の一つを示すものと考えられた。この点、SPECT法による三次元評価は局在診断に加え、その定量法としても優れている<sup>17-20)</sup>。したがって、プラナー法による簡便性、迅速性、全体像の把握などの長所を生かしつつ、その限界を十分理解することが重要である。さらに、その短所を補い診断精度を上げるためには、SPECT法を施行することが不可欠であり、実際上両者の併用がより実用的で有用と考えられた。

## VI. 結 語

急性心筋梗塞におけるTc-99m ピロリン酸心筋シンチグラフィープラナー像の半定量的評価法(Parkey分類)を、より定量性の高い心筋壊死の指標(peak CK, peak CK-MB, %梗塞量, 梗塞面積, 梗塞容積)と対比検討し、その意義を再評価した。Tc-99m ピロリン酸の取り込み強度はある程度心筋壊死量の反映と考えられ、したがってその半定量的指標により、心筋梗塞に伴う左室機能障害を予測することも可能であった。特に、本grade分類は再梗塞や右室梗塞合併例を含め17~26%の例で過大ないし過小評価することに注意を要するものの、III, IV群は広範梗塞(%梗塞量 $\geq 55\%$ , 梗塞面積 $\geq 60\text{ cm}^2$ , 梗塞容積 $\geq 70\text{ cm}^3$ )ならびに高度左室機能障害(左室駆出分画 $\leq 40\%$ )を高い精度をもって示すと考えられた。以上、梗塞量、合併症の発生、予後の推定や治療方針の決定の際、Parkey分類は限界はあるものの一つの有用な指標と考えられる。ただし、III, IV群の区別は病態

上有意ではなく、したがって 4 段階評価で十分と考えられた。また、その精度をさらに向上させるにはやはり SPECT 法を併用することが不可欠と考えられた。

なお、本論文の要旨は、第 62 回日本循環器学会北海道地方会(札幌)にて発表した。

謝辞：ご協力いただいた札幌医科大学附属病院核医学診断室技士ご一同に深謝致します。

### 文 献

- 1) 田中繁道, 中田智明, 今野 敦, 他: 急性心筋梗塞における心筋壊死量の判定. 循環器科 **25**: 266-274, 1989
- 2) Parkey RW, Bonte FJ, Meyer SL, et al: A new method for radionuclide imaging of acute myocardial infarction in humans. *Circulation* **50**: 540-546, 1974
- 3) Berman DS, Amsterdam EA, Hines HH, et al: New approach to interpretation of technetium-99m pyrophosphate scintigraphy in detection of acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* **39**: 341-346, 1977
- 4) Holman BL: Freeman and Johnson's clinical radionuclide imaging. Vol. 1, 3rd Freeman LM, eds. Grune & Stratton, Orlando, 1984, p. 537
- 5) Holman BL, Goldhaber SZ, Kirsch CM, et al: Measurement of infarct size using single photon emission computed tomography and technetium-99m pyrophosphate: A description of the method and comparison with patient prognosis. *Am J Cardiol* **50**: 503-511, 1982
- 6) Corbett JR, Lewis SE, Wolfe CL, et al: Measurement of myocardial infarct size by technetium pyrophosphate single photon tomography. *Am J Cardiol* **54**: 1231-1236, 1984
- 7) Tamaki S, Kadota K, Kambara H, et al: Emission computed tomography with technetium-99m pyrophosphate for delineating location and size of acute myocardial infarction in man. *Br Heart J* **52**: 30-37, 1984
- 8) Jansen DE, Corbett JR, Wolfe CL, et al: Quantification of myocardial infarction: a comparison of single photon-emission computed tomography with pyrophosphate to serial plasma MB-creatinine kinase measurements. *Circulation* **72**: 327-333, 1985
- 9) Hashimoto T, Kambara H, Fudo T, et al: 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
- 10) Nakata T, Noto T, Uno K, et al: Quantification of area and percentage of infarcted myocardium by single photon emission computed tomography with thallium-201: A comparison with serial serum CK-MB measurements. *Ann Nucl Med* **3**: 1-8, 1989
- 11) 桐山卓三, 近藤 武, 渡辺佳彦, 他: <sup>99m</sup>Tc-PYP心筋シンチグラフィによる心筋梗塞量の評価——カウント法による定量的評価の試み——. 核医学 **22**: 75-79, 1985
- 12) 近藤 武, 桐山卓三, 加藤善久, 他: 急性心筋梗塞における<sup>99m</sup>Tc-PYP心筋シンチグラフィの臨床的有用性と限界——心筋梗塞面積の評価を中心に——. 核医学 **19**: 871-879, 1982
- 13) 鈴木晃夫, 佐藤昭彦, 都田裕之, 他: 心筋梗塞量推定における<sup>99m</sup>Tc-PYPおよび<sup>201</sup>Tl心筋イメージングの臨床的有用性——血清総CPK遊出量および梗塞急性期左室機能との相関——. 呼吸と循環 **33**: 537-543, 1985
- 14) Buja LM, Tofe AJ, Kulkarni PV, et al: Sites and mechanisms of localization of technetium-99m phosphorus radiopharmaceuticals in acute myocardial infarcts and other tissues. *J Clin Invest* **60**: 724-740, 1977
- 15) Bonte FJ, Parkey RW, Graham KD, et al: A new method for radionuclide imaging of myocardial infarcts. *Radiology* **110**: 473-474, 1974
- 16) Buja LM, Parkey RW, Dees JH, et al: Morphologic correlates of technetium-99m stannous pyrophosphate imaging of acute myocardial infarcts in dogs. *Circulation* **52**: 596-607, 1975
- 17) Hashimoto T, Kambara H, Fudo T, et al: Significance of technetium-99m/thallium-201 overlap on simultaneous dual emission computed tomography in acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* **61**: 1181-1186, 1988
- 18) Wheelan K, Wolfe C, Corbett JR, et al: 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
- 19) Jansen DE, Corbett JR, Buja LM, et al: Quantification of myocardial injury produced by temporary coronary artery occlusion and reflow with technetium-99m-pyrophosphate. *Circulation* **75**: 611-617, 1987
- 20) 鶴野起久也, 中田智明, 能戸徹哉, 他: 核医学的心筋壊死定量法の有用性と限界の検討——Tl-201 SPECT, Tc-99m PYP SPECT, CK 遊出量を用いて. *J Cardiol* **20**: PS48, 1990 (in press)