

急性心筋梗塞における Gd-DTPA 造影 MRI の造影パターンからみた梗塞の壁深達度と臨床所見

石川恵美子¹, 近藤 武¹, 黒川 洋¹, 徳田 衛¹,
伊藤幹弥¹, 松葉 玲¹, 皿井正義¹, 多賀 真¹,
篠崎仁史¹, 元山貞子¹, 菱田 仁¹, 渡辺佳彦¹,
安野泰史², 木造大夏², 古賀佑彦²

¹藤田保健衛生大学医学部内科学教室 ²同 放射線医学教室

はじめに

急性心筋梗塞は臨床症状, 心電図, 逸脱酵素などから比較的容易に診断できる. しかし, 梗塞の正確な部位や深達度の判定が困難な場合もある. ことに, 近年, 急性心筋梗塞発症早期に再灌流療法が施行されるようになり, 標準 12 誘導心電図で異常 Q 波を認めない non-Q wave myocardial infarction (以下 Non-Q MI) が増加している^{1)~3)}が, このような症例では梗塞の診断そのものが難しいことがしばしばある.

MRI は比較的空間分解能が高く, 任意の断面設定が可能で Gd-DTPA 造影剤を用いれば梗塞部位を明瞭に描出できる. ことに, 他の方法では困難であった心内膜下に限局した梗塞も画像化できるようになってきた. そこで, 急性心筋梗塞を対象に Gd-DTPA 造影 MRI を実施し, 梗塞の深達度から造影パターンを分類し, このパターンと心電図所見, 心エコー図上の左室駆出率 (LVEF), 血清 CK, CK-MB 値, 冠動脈造影所見などとの関係を検討し, Gd-DTPA 造影 MRI の臨床的意義を明確にすることを目的とした.

対 象

対象は発症 3 週以内に Gd-DTPA 造影 MRI を施行しえた急性心筋梗塞患者 145 例である. その内訳は男性 125 名, 女性 20 名で, 平均年齢は 59.2 ± 2.6 歳であった.

但し, 純後壁梗塞では貫壁性であっても標準 12 誘導心電図上, 異常 Q 波が出現しないため本研究では除外した.

方 法

1) MRI

1.5 T 超伝導型 MRI 装置 (島津製 SMT-150) を用い, 心電図同期 SE 法 (TR=R-R 間隔, TE=20 ms, NEX=4, マトリックス 109×256 もしくは 163×256, マルチスライス撮像, スライス幅 8 mm, ギャップ 2 mm) で左室短軸断面を得た. Gd-DTPA 造影剤 (マグネピスト) 0.1 mmol/kg を急速静注し, 造影 MRI を撮像した. 撮像は Gd-DTPA 投与前, 投与直後, 10 分後, 20 分後とした. 得られた画像のうち最も造影効果の高かった画像 (20

キーワード acute myocardial infarction, non-Q wave myocardial infarction, Gd-DTPA, MRI

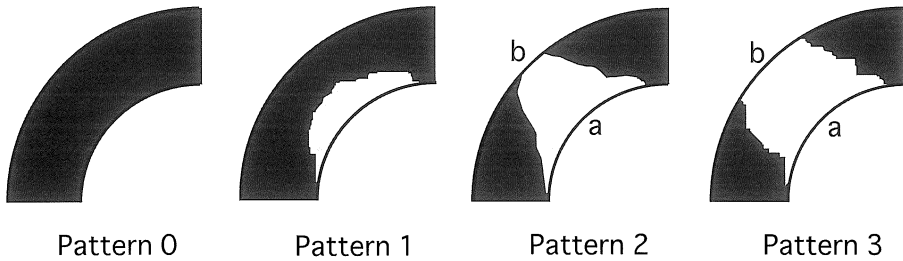


Fig. 1. The patterns of Gd-DTPA-enhanced MR imaging.
 Pattern 0 : unenhancement, Pattern 1 : subendocardial enhancement only, Pattern 2 : transmural arc was narrower than the half of subendocardial arc, Pattern 3 : transmural enhancement.

分後像が85%, 10分後像が25%)を選び, 造影剤の心筋壁への深達度から以下のように分類 (Fig. 1) した. ① Pattern 0 (P0): 造影効果なし, ② Pattern 1 (P1): 心内膜に局限して造影されたもの, ③ Pattern 2 (P2): 心内膜に局限しているが一部心外膜まで造影されたもの ($b/a < 1/2$), ④ Pattern 3 (P3): 心外膜まで完璧性に造影されたもの ($b/a \geq 1/2$) とした. (ただし, a は心筋梗塞心内膜側の円周長, b は心筋梗塞心外膜側の円周長とした.)

2) 心電図

標準12誘導心電図上の異常Q波の有無からQ MI群 (129例) とNon-Q MI群 (16例) に分類した. 異常Q波はRの高さの25%以上の深さがあり, かつQ波の幅が0.04秒以上あるものと定義した. Non-Q MIの診断基準はMadias⁴⁾の基準, すなわち①心筋梗塞に特徴的な胸痛発作を認める, ②心筋逸脱酵素の上昇 (CK値が正常上限の2倍以上) を認める, ③心電図上, 経時的なST, T変化があり, 新たな異常Q波が出現しないことの全3項目を満たしたものとした.

3) 逸脱酵素

梗塞サイズの指標として, peak CK値とpeak CK-MB値を測定した. 当院での正常範囲はCKが男: ~35 ml/dl, 女: ~25 ml/dlで, CK-MBは~20 u/lである.

4) 心エコー図

心機能の指標として, 入院時の心エコー図からmodified Simpson法を用いて左室駆出率 (LVEF) を算出した.

5) 冠動脈造影

冠動脈造影は通常の方法で行い, 75%以上の狭窄を有意として, 病変枝数から①病変なし (0) ②1枝病変 (SVD) ③2枝病変 (DVD) ④3枝病変群 (TVD) に分類した. また, 再灌流状況から①緊急冠動脈造影時に自然再開通 (spontaneous reperfusion=SPR) を認めるもの, ②6時間以内に再灌流に成功したもの (successful reperfusion=SR, $SR \leq 6$ h), ③6時間を超えてから再灌流が得られたもの ($SR > 6$ h), ④再灌流を認めなかったもの (total occlusion=TO) に分類した.

6) 統計分析

連続的な変数は平均値±標準偏差で示した. 比率の比較にはChi-squareかFisher確率検定を用いた. 群間の平均値の比較にはunpaired Student t検定を行った. P値が0.05以下の場合, 統計的に有意であるとした. なおP0群は2例のみであったため統計処理は行わなかった.

症例提示

1) P1群の代表例

M. T. 59歳, 男性. 診断はNon-Q MIで,

1997年6月4日受理 1997年7月11日改訂

別刷請求先 〒470-11 豊明市沓掛町田楽ヶ窪 1-98 藤田保健衛生大学医学部内科学教室 石川恵美子

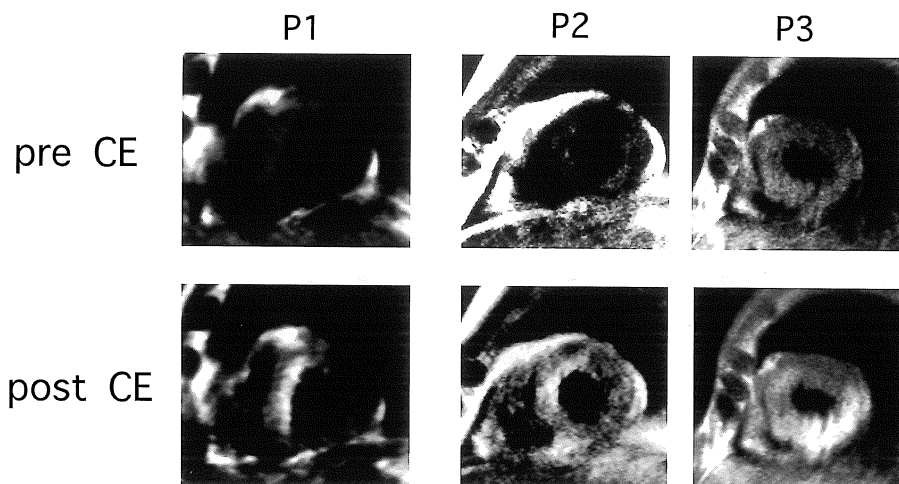


Fig. 2. Cases presentation of Gd-DTPA-enhanced MR patterns.
 Pattern 1 (P-1) : 59-year-old man with non-Q MI whose peak CK and CK-MB were 81 ml/dl and 58 u/l.
 Pattern 2 (P-2) : 46-year-old man with acute anteroseptal myocardial infarction (Q MI). The peak CK and CK-MB were 211 ml/dl and 182 u/l.
 Pattern 3 (P-3) : 65-year-old man with acute inferior myocardial infarction. The peak CK and CK-MB were 639ml/dl and 349u/l.

peak CK=81 ml/dl, CK-MB=58 u/l, 心エコー図のLVEF=74%であった。MRI上, 心室中隔の心内膜下だけに造影効果を認めた (Fig. 2 left).

2) P2 群の代表例

A. I. 46 歳, 男性. 診断は急性前壁中隔心筋梗塞 (Q MI) で, peak CK=211 ml/dl, CK-MB=182 u/l, 心エコー図のLVEF=60%であった。MRI上, 前壁から心室中隔上部は心内膜のみの, 心室中隔下部は心外膜までの造影効果を認めた (Fig. 2 center).

3) P3 群の代表例

M. T. 65 歳, 男性. 診断は急性下壁心筋梗塞 (Q MI) で, peak CK=639 ml/dl, CK-MB=349 u/l, 心エコー図のLVEF=55%であった。MRI上, 下壁から側壁下部に心外膜まで達する貫壁性の造影効果を認めた (Fig. 2 right).

結 果

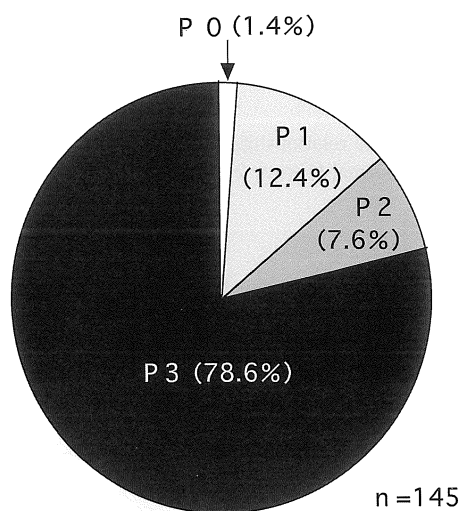


Fig. 3. The frequency of enhanced MRI patterns.

1) 各種造影パターンの出現頻度

P0群は2/145 例 (1.4%), P1群は18/145例 (12.4%), P2 群は 11/145 例 (7.6%), P3 群は 114/145 例 (78.6%) であった (Fig. 3).

2) 造影パターンと異常Q波

P0群では全例 (2/2; 100%) Non-Q MIであった。P1群ではNon-Q MIが14/18例 (78%) に、Q MIが4/18例 (22%) に認められた。P2 (11/11例 (100%)) およびP3 (114/114例(100%)) では全例Q MIであり、Non-Q MIは認められなかった (Fig. 4)。

3) 造影パターンと心筋逸脱酵素

血清CKのpeak値はP0群64.0 ml/dl, P1群 248.1±231.3 ml/dl, P2群 369.2±279.4 ml/dl, P3群 567.2±331.2 ml/dlであり、P1群

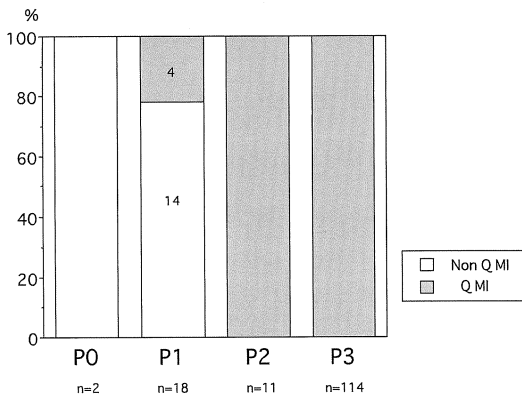


Fig. 4. The relationship of enhanced MRI patterns with abnormal Q wave by ECG.

とP3群の間に有意差 (p<0.001) を認めた (Fig. 5)。

血清CK-MBのpeak値はP0群46.5 u/l, P1群 129.8±161.4 u/l, P2群 221.5±195.3 u/l, P3群 310.7±187.3 u/lであり、P1群とP3群の間に有意差 (p<0.001) を認めた (Fig. 6)。

4) 造影パターンとLVEF

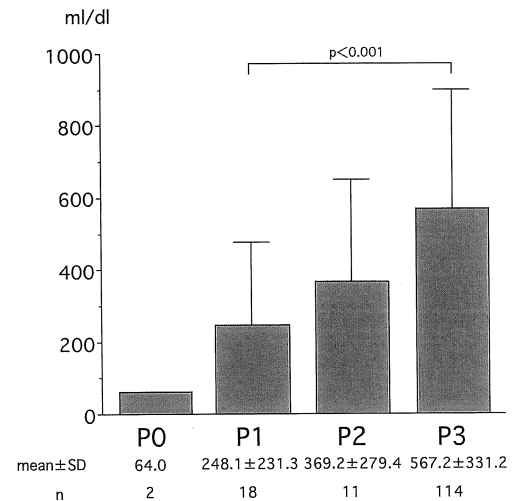


Fig. 5. The relationship of peak CK value with enhanced MRI patterns.

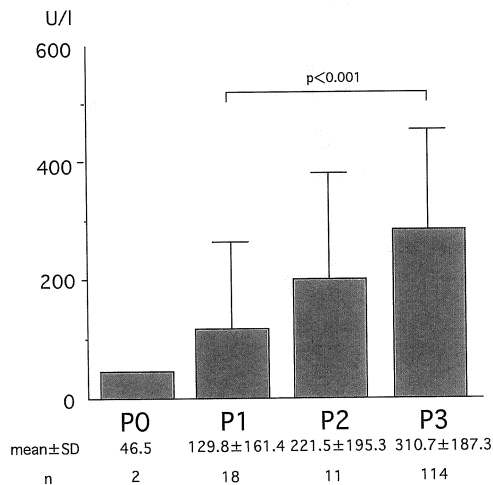


Fig. 6. The relationship of peak CK-MB value with enhanced MRI patterns.

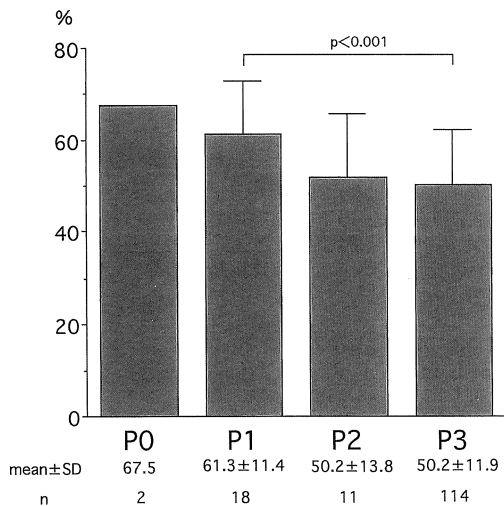


Fig. 7. The relationship of LVEF with enhanced MRI patterns.

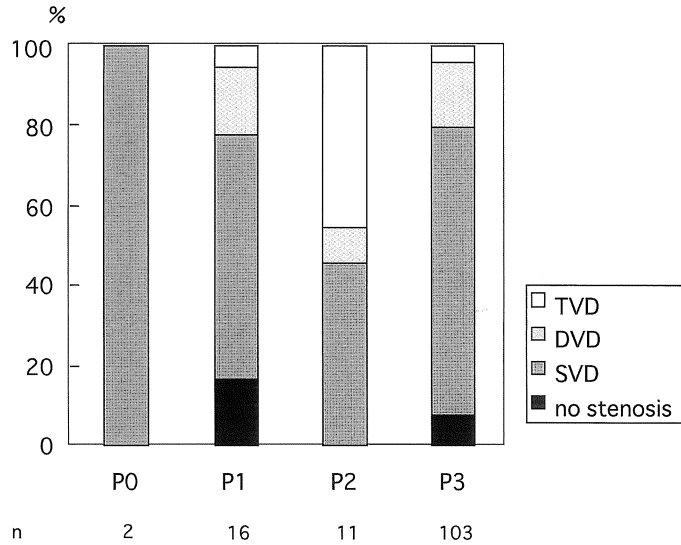


Fig. 8. The relationship between the number of coronary artery lesion and enhanced MRI patterns.

入院時の心エコー図におけるLVEFはP0群67.5%, P1群61.3±11.4%, P2群51.9±13.8%, P3群50.2±11.9%であり, P1群とP3群の間に有意差 (p<0.001) を認めた (Fig. 7).

5) 造影パターンと冠動脈所見

a) 造影パターンと冠動脈病変枝数

P0群では2/2例ともSVDであった. P1とP3群のそれぞれ2例, 11例は冠動脈造影検査を施行しておらず, この検討に限り除外した. P1群ではSVDが11/16例 (68.8%) と最も多く, DVDは3/16例 (18.8%), TVDは1/16例 (6.3%) でその比率はP3群とはほぼ同程度であった. またP1群は1/16例 (6.3%), P3群は3/103例 (2.9%) で有意狭窄を認めなかった. P2群ではTVDが5/11例 (45.5%) と有意 (p<0.001) に高値を示した (Fig. 8).

b) 造影パターンと再灌流状況

P0群では2/2例がSPRであった. P1群ではSPRが10/16例 (62.5%) で, SR≤6hが3/16例 (18.8%) で, SR>6hが2/16例 (12.5%) で, TOは1/16例 (6.3%) であ

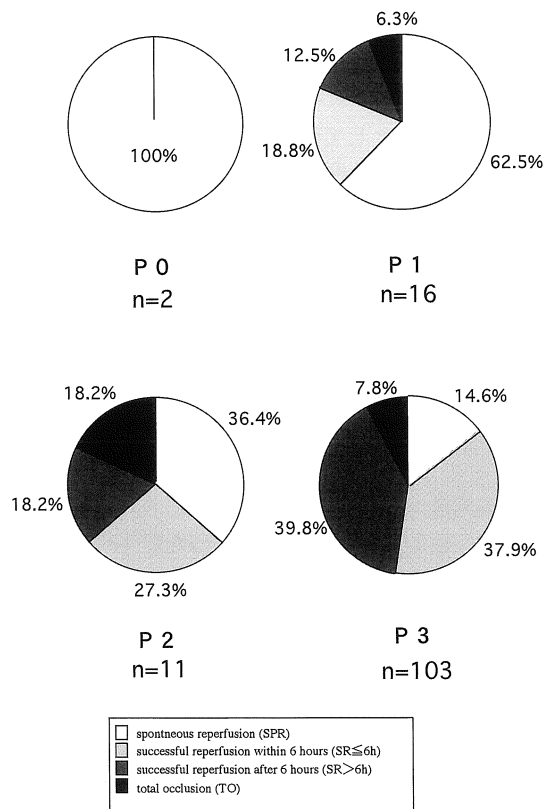


Fig. 9. The correlation of different reperfusion with enhanced MRI patterns.

た。

P2群ではSPRが4/11例(36.4%)で、SR \leq 6hが3/11例(27.3%)で、SR $>$ 6hが2/11例(18.2%)で、TOが2/11例(18.2%)であった。

P3群ではSPRが15/103例(14.6%)で、SR \leq 6hが39/103例(37.9%)で、SR $>$ 6hが41/103例(39.8%)で、TOが8/103例(7.8%)であった(Fig. 9)。

考 按

1) MRIによる急性心筋梗塞の診断

急性心筋梗塞のMRIによる診断に関しては多数の報告がある。造影剤を使わない方法として①SE法T₁強調像があり、この方法では梗塞部位の信号強度が増加するが明瞭ではない。SE法T₂強調像では、梗塞組織の浮腫性変化を反映して、やはり信号強度が増加し、比較的明瞭な画像が得られる^{5),6)}。これらに対し造影剤を使う方法としては、1984年にWesby⁷⁾やMcNamaraら⁸⁾が梗塞作成犬にGd-DTPA造影MRIを施行し、梗塞部位を描出し、その後、この方法は臨床応用されるようになった。

このGd-DTPA造影MRIでは梗塞部をT₂強調像よりも明瞭に描出可能⁹⁾で、現在では広く臨床応用されている。

Gd-DTPA造影MRIで梗塞巣が描出される原理は梗塞巣および心筋障害部の血流は低下しているのでGd-DTPAのfill-in, washoutが遅延し異常信号域として描出されるとされ、梗塞巣の細小血管障害による造影剤の血管外への漏出、細胞膜障害による細胞内への取り込みの増加、梗塞部新生血管の増加などによると考えられている。このMRI造影剤で描出された梗塞巣の部位、大きさは病理学的所見ともよく一致するとされている¹⁰⁾。しかし、本研究のように多数例を対象とした梗塞の深達度に関する検討はほとんどない。

2) 梗塞の深達度からみた造影パターン分類

急性心筋梗塞では心内膜側は虚血に陥りやすく心筋壊死は心内膜側から心外膜に向かう(wave front phenomenon)とされている¹¹⁾。したがって、極めて早期に再灌流が成功すれば心内膜下梗塞が形成されることになる。心内膜下梗塞では心電図上異常Q波を認めず、貫壁性梗塞では異常Q波を認めるとされている。しかし、心内膜下梗塞の画像化は困難で、実際の臨床の場で梗塞の深達度と異常Q波の関係を検討することはできなかった。近年、Gd-DTPA造影MRIが登場し、初めて臨床の場で梗塞の深達度を可視化できるようになってきた。そこで、この梗塞の深達度をGd-DTPA造影MRIで評価し、パターン分類を行って、その臨床的意義を明らかにすることを目的に本研究を行った。

3) 造影パターンと異常Q波

造影効果を認めないP0の2例はともにNon-Q MIであった。これらの症例のpeak CKは53, 75 ml/dl, CK-MBが40, 53 U/lと極めて低く、梗塞と診断すべきか否か迷った症例である。一般に発症1~2週の急性期にGd-DTPAの造影効果が最も高いといわれ、3週間前後の亜急性期には急速に信号が低下し、3か月を経過した慢性期ではほとんど造影効果は得られないとされている^{10),12),13)}。これらのP0群の2例の撮像時期は梗塞発症後20日目と16日目であり、このことも造影効果が得られなかった理由かもしれない。

心内膜下だけに造影効果を認めるP1群では約3/4がNon-Q MIで、約1/4がQ MIであった。これは梗塞が心内膜下に局限していても心電図上異常Q波を呈することが約25%にあり得ることを示しており興味深い。病理学的検討でも梗塞が心筋壁の2/3以上に達するとQ波が生ずるとされている^{6),14)}。我々の検討では深達度を心外膜面に達するか否かでP1とP2を分類しているので、どの程度以上の深達度でQ波が出現するかについては詳細に検討できなかったが、心外膜に達しない梗塞でも異常

Q を呈しうるとの結果はこの病理学的検討を支持するものである。P2 および P3 群では全例 Q MI であり、少しでも心外膜に届くような梗塞では心電図上異常 Q 波を呈することが示された。

4) 造影パターン分類と心筋逸脱酵素

梗塞の深達度が高度なほど、すなわち心内膜側 (P1) から心外膜側にまで及ぶ (P3) ほど、CK および CK-MB の peak 値は高値を示す傾向を認め、心内膜下梗塞の CK および CK-MB の peak 値は貫壁性梗塞より有意に低値を示した。これは wave front phenomenon からも想像がつくことである。

5) 造影パターン分類と心機能

梗塞の深達度が高度なほど、すなわち、心内膜側 (P1) から心外膜側にまで及ぶ (P3) ほど LVEF は低値を示す傾向を認め、心内膜下梗塞の LVEF は貫壁性梗塞より有意に高値を示した。

6) 造影パターン分類と冠動脈所見

Non-Q MI は冠動脈造影で責任冠動脈の完全閉塞率が低いとされている。Kenn らは Q MI の 91% に対し Non-Q MI は 39% の完全閉塞率であると報告している¹⁵⁾。Antman らは、Non-Q MI は閉塞性血栓が早期に部分的に自然溶解して発生し、これは Q MI と不安定狭心症の中間に位置づけられるだろうと述べている¹⁶⁾。Non-Q MI は梗塞サイズが小さいので、一般に早期予後は良好であるが、Gibson らの検討によると Non-Q MI では残存狭窄により再梗塞や梗塞後狭心症の発生が高いとしている。しかし、かれらは Q MI および Non-Q MI にかかわらず長期予後を悪化させる最大の因子は多枝病変であり、いちがいに Non-Q MI の予後が不良であるとはいえないとも述べている¹⁷⁾。Non-Q MI では 3 枝病変が多いとする報告もあるが、Fox ら¹⁸⁾は 1 枝病変が多く、3 枝病変は Q MI と同等であるとしており、我々の結果とほぼ同様であった。P2 群で TVD が有意に高値を示した理由は不明であるが、こ

の群は症例数が少なく、さらなる検討が必要と思われた。

結 語

急性心筋梗塞患者を対象に Gd-DTPA 造影 MRI を施行し、梗塞の深達度から造影パターンを P0 (造影効果なし, 1.4%), P1 (心内膜下に限局, 12.4%), P2 (わずかに心外膜に到達, 7.6%), P3 (明らかな貫壁性の造影効果, 78.6%) に分類した。この造影パターンと心電図 Q 波, 心エコー図上の左室駆出率 (LVEF), 血清 CK, CK-MB 値, 冠動脈造影所見などとの関係を検討した。P2, P3 群では全例で Q MI で、P0, P1 群ではほとんどが Non-Q MI であったが、P1 群のうち 22% では異常 Q 波を認めた。P0, P1 群の CK, CK-MB は低値で、左心機能も良好であった。また、P1 群の病変枝数は P3 群と差はなかったが、P0, P1 群の再灌流状態は P3 群より自然再開通が多かった。

近年、急性心筋梗塞発症早期に再灌流療法が施行されるようになり、Non-Q MI が増加しているが、その正確な部位や深達度の診断は比較的困難である。本研究で示したように、Gd-DTPA 造影 MRI により非貫壁性梗塞の診断も可能で、梗塞深達度から分類した造影パターンと臨床所見には関連があり、Gd-DTPA 造影 MRI は臨床的にも有用な検査法であると考えられた。

文 献

- 1) Edlavitch SA, Crow R, Burke GL, Baxter J: Secular trends in Q wave and non Q-wave acute myocardial infarction: The Minnesota Hear Survey. *Circulation*, 1991; 83: 492-503
- 2) Goldberg RJ, Gore JM, Alpert JS, Dalen JE: Non Q-wave myocardial infarction: Recent changes in occurrence and prognosis; a community-wide perspective. *Am Heart J* 1987; 113:

- 273-279
- 3) Kornreich F, Montague TJ, Rautaharju PM : Identification of first acute Q wave and non-Q wave myocardial infarction by multivariate analysis of body surface potential maps. *Circulation* 1991 ; 84 : 2442-2453
 - 4) Madias JE : On reporting cases of acute non transmural myocardial infarction. *Arch Int Med* 1978 ; 138-141
 - 5) Rockey R, Verani MS, Bolli R, et al. : Myocardial infarct size quantification by MR imaging early after coronary artery occlusion in dogs. *Radiology* 1986 ; 158 : 771-774
 - 6) Caputo GR, Sechtem U, Tscholakof D, Higgins C : Measurement of myocardial infarct size at early and late time intervals using MR imaging. An experimental study in dogs. *AJR* 1987 ; 149 : 237-243
 - 7) Wesby GE, Higgins CB, McNamara MT, et al. : Effect of gadolinium-DTPA on the magnetic relaxation times of normal and infarcted myocardium. *Radiology* 1984 ; 153 : 165-169
 - 8) McNamara MT, Higgins CB, Ehman RL, et al. : Acute myocardial ischemia : Magnetic resonance contrast enhancement with gadolinium DTPA. *Radiology* 1984 ; 153 : 157-163
 - 9) McNamara MT, Higgins CB : Magnetic resonance imaging of chronic myocardial infarcts in man. *AJR* 1986 ; 146 : 315-320
 - 10) Reimer KA, Lowe JE, Rasmussen MM, Jennings RB : The wavefront phenomenon of ischemic cell death. 1. Myocardial infarct size versus duration of coronary occlusion in dogs. *Circulation* 1977 ; 56 : 786-794
 - 11) Ross AD, Doornbos J, Wall EE, Voorthuisen AE : MR imaging of acute myocardial infarction : value of Gd-DTPA. *AJR* 1988 ; 150 : 531-534
 - 12) Ross AD, Rossum AC, Wall EE, et al. : Reperfused and nonreperfused myocardial infarction : diagnostic potential of Gd-DTPA-enhanced MR imaging. *Radiology* 1989 ; 172 : 717-720
 - 13) Nishimura T, Kobayashi H, Ohara Y, et al. : Serial assessment of myocardial infarction by using gated MR imaging and Gd-DTPA. *AJR* 1989 ; 153 : 715-720
 - 14) 杉浦昌也 : 心内膜下梗塞. 杉本恒明, 他編. *Annual Review 循環器* 1987. 東京 : 中外医学社, 1987 ; 130-137
 - 15) Keen WD, Savage MP, Fischman DL, et al. : Comparison of coronary angiographic findings during the first six hours of non-Q-wave and Q-wave myocardial infarction. *Am J Cardiol* 1994 ; 74 : 324-328
 - 16) Antman EM, Braunwald E. Acute myocardial infarction. In : Braunwald, E, ed *Heart disease. A textbook of cardiovascular medicine*. Philadelphia : W. B. Saunders 1997 : 1184
 - 17) Gibson RS, Beller GA, Gheorghide M, et al. : The prevalence and clinical significance of residual myocardial ischemia 2 weeks after uncomplicated non-Q-wave infarction : A prospective natural history study. *Circulation* 1986 ; 73 : 1186-1198
 - 18) Fox JP, Beattie JM, Salih MS : Non-Q wave infarction : exercise test characteristics, coronary anatomy, and prognosis. *Br Heart J* 1990 ; 63 : 151-153

Relationship between Clinical Findings and the Extent of Mural Involvement Based on Gd-DTPA Enhanced MRI Patterns in Acute Myocardial Infarction

Emiko ISHIKAWA¹, Takeshi KONDO¹, Hiroshi KUOKAWA¹,
Mamoru TOKUDA¹, Mikiya ITO¹, Akira MATSUBA¹,
Masayoshi SARAI¹, Shin TAGA¹, Hitoshi SHINOZAKI¹,
Sadako MOTOYAMA¹, Hitoshi HISHIDA¹, Yoshihiko WATANABE¹,
Hirofumi ANNO², Taika KIZUKURI², Sukehiko KOGA²

¹*Department of Internal Medicine and* ²*Department of Radiology,*
Fujita Health University School of Medicine
1-98 Dengakugakubo, Kuthukakecho, Toyoake, Aichi, 470-11

To clarify the utilities of Gadolinium diethylenetriamine pentaacetic acid (Gd-DTPA) enhanced magnetic resonance imaging (MRI) in evaluating the precise location and extent of mural involvement in acute myocardial infarction (AMI), ECG gated Gd-DTPA enhanced MRI was performed within 3 weeks following the onset of the acute event in 145 patients with AMI using 1.5 T MRI system. The images thus obtained were classified into 1 of 4 patterns based on the extent of mural enhancement : pattern 0-no enhancement ; pattern 1-subendocardial enhancement only ; pattern 2-intramural arc enhancement narrower than half of the subendocardial enhancement ; and pattern 3-transmural enhancement. All patients with pattern 0 and 78% of patients with pattern 1 showed non-Q MI, whereas all patients with patterns 2 and 3 demonstrated Q MI. The patients with pattern 0 and pattern 1 showed lower peak CK and CK-MB, values and greater LVEF than patients with pattern 2 and 3. In addition, the patients with pattern 0 or 1 had a significantly greater frequency of spontaneous reperfusion than patients with pattern 3. We therefore conclude, that Gd-DTPA enhanced MRI is very useful for diagnosing subendocardial (non-Q) MI.