

急性心筋梗塞再疎通成功例における  
急性期陰性 T 波の臨床的意義

*Clinical Significance of Inverted T-waves During the Acute Phase of Myocardial Infarction in Patients With Myocardial Reperfusion*

小菅 雅美  
木村 一雄  
根本 豊治  
清水 智明  
持田 泰行  
中尾 正行  
杉山 貢  
石川 利之\*  
久慈 直光\*  
宮崎 直道\*  
栃久保 修\*  
石井 當男\*

Masami KOSUGE  
Kazuo KIMURA  
Toyoji NEMOTO  
Tomoaki SHIMIZU  
Yasuyuki MOCHIDA  
Masayuki NAKAO  
Mitsugi SUGIYAMA  
Toshiyuki ISHIKAWA\*  
Naomitsu KUJI\*  
Naomichi MIYAZAKI\*  
Osamu TOCHIKUBO\*  
Masao ISHII

**Abstract**

The relationship between the time course of inverted T-waves during the acute phase and infarct size and left ventricular (LV) function was studied in 46 patients (mean age :  $57.3 \pm 9.7$  years) with reperfused first anterior wall acute myocardial infarction (MI).

All patients had coronary reflow within 6 hrs after the onset of MI and were without subsequent reocclusion for at least 14 days. The T-wave inverted progressively and rapidly with maximum depth between 26 and 60 hrs (mean time :  $37.1 \pm 12.4$  hrs). A significant correlation was found between the maximum T-wave depth (T-peak) in all patients and peak CPK, left ventricular ejection fraction (LVEF), regional wall motion, % abnormally contracting segment (%ACS), end-diastolic and end-systolic volume indices (EDVI, ESVI) at day 14 after the onset of MI ( $p < 0.05$ ). T-wave inversion within 24 hrs after onset of MI was observed in 43 patients (93%). There were significant correlations between the depth of T-wave inversion occurring in patients 24 hrs after onset of MI (T24) and peak CPK, LVEF, regional wall motion, %ACS, EDVI, and ESVI at day 14 ( $p < 0.05$ ). The sensitivity and specificity for patients with  $EDVI > 87.0 \text{ ml/m}^2$  at day 14 increased by more than 20% over normal values, predicted by a T24 of 3.0 mm or less, were 94% and 93%, respectively. The sensitivity and specificity for patients with  $EF < 40\%$  at day 14 predicted by a T24 of 3.0 mm or less, were 90% and 75%, respectively.

T-peak and T24 (the depth of the inverted T-wave during the acute phase) may be useful in predicting infarct size and LV function in acute MI patients with reperfusion.

**Key Words**

**myocardial infarction (acute), reperfusion, inverted T-wave**

---

横浜市立大学医学部附属浦舟病院 救命救急センター, \*第二内科: 〒232 横浜市南区浦舟町 3-46

The Critical Care and Emergency Medical Center and \*the Second Department of Internal Medicine, Yokohama City University School of Medicine, Yokohama

Address for reprints: KOSUGE M, MD, The Critical Care and Emergency Medical Center, Yokohama City University School of Medicine, Urafune-cho 3-46, Minami-ku, Yokohama 232

Received for publication June 15, 1994; accepted September 12, 1994

## はじめに

急性心筋梗塞に対する再疎通療法の普及に伴い再疎通後の心電図所見についても種々の報告がなされており<sup>1)</sup>, T波に関しては再疎通に伴い早期に陰性T波が出現し, 梗塞発症後数日で最初の陰性のピークを形成した後, 一時的に基線に近づき再び陰性のピークを形成する二相性変化を示すことが報告されている<sup>2)</sup>. しかし心筋梗塞急性期における心電図変化は極めて多彩であり, 再疎通後のT波の経時的変化やその意義については, いまだ十分に検討されているとはいえず, 不明な点が多い. 今回われわれは, 再疎通に伴い早期に出現する陰性T波に着目し, 急性期T波の意義について梗塞サイズおよび左心機能との関係から検討した.

## 対象と方法

対象は1991年5月-1993年8月の間に当センターCCUに入院した初回前壁梗塞のうち, 発症6時間以内(平均 $4.0 \pm 1.6$ 時間)かつ平均14日後に冠動脈造影および左室造影を施行し, 急性期冠動脈造影時に梗塞責任血管(seg. 6: 33例またはseg. 7: 13例)の完全閉塞および再疎通を確認した連続46例(男37例, 女9例, 年齢29-73歳, 平均年齢 $57.3 \pm 9.7$ 歳)である.

再疎通の方法としては血栓溶解療法または直接的経皮的冠動脈形成術(direct PTCA)を用い, 再疎通療法終了時の再灌流の程度はTIMI grade 3であった. 急性心筋梗塞の診断は特徴的な胸痛, 標準12誘導心電図, 心筋逸脱酵素(creatin phosphokinase: CPK)の上昇より行い, 平均14日後の冠動脈造影で再梗塞を認めた例や経過中再梗塞をきたした例, 非Q波梗塞, 心室内伝導障害をきたした例は対象から除外した. 急性期冠動脈造影で梗塞責任血管の完全閉塞確認時にAHA分類の75%以上の有意狭窄を認める障害枝数は1枝病変39例, 2枝病変5例, 3枝病変2例であった. 薬物治療は急性梗塞発症後, 硝酸薬, Ca拮抗薬の投与を主とし, アンジオテンシン変換酵素(ACE)阻害薬や $\beta$ 遮断薬は投与しなかった.

左心機能評価は, 右前斜位30度の左室造影像からarea-length法<sup>3)</sup>により左室拡張終期容積係数(end-diastolic volume index: EDVI), 収縮終期容積係数(end-systolic volume index: ESVI)を計測し, 総合的な左室機能評価として駆出率(ejection fraction: EF)を求め, 局

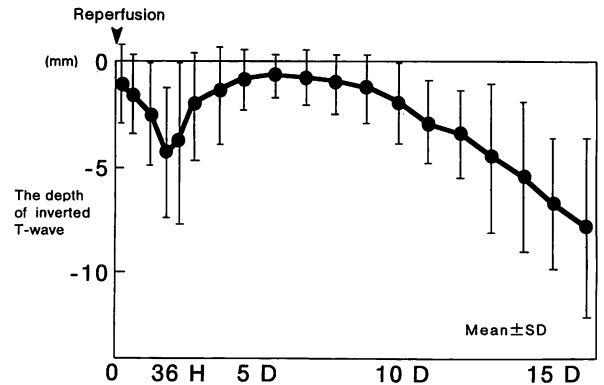


Fig. 1 Time course of the depth of the inverted T-wave during the acute phase in patients with reperfused acute myocardial infarction (MI)

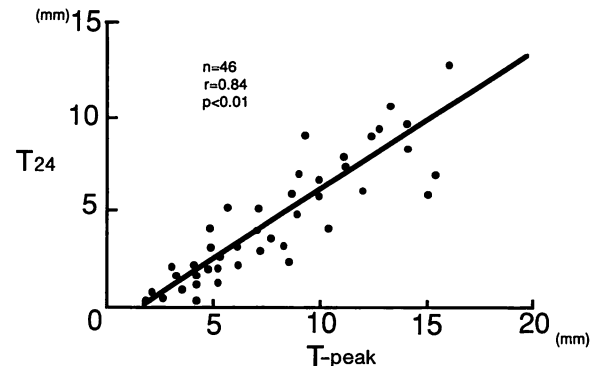


Fig. 2 Relationship between the maximum depth of T-wave inversion with the first maximum negativity (T-peak) and the depth of T-wave inversion 24 hours after the onset of MI (T<sub>24</sub>)

There was a significant relationship between T-peak and T<sub>24</sub> ( $r=0.84, p<0.01$ ).

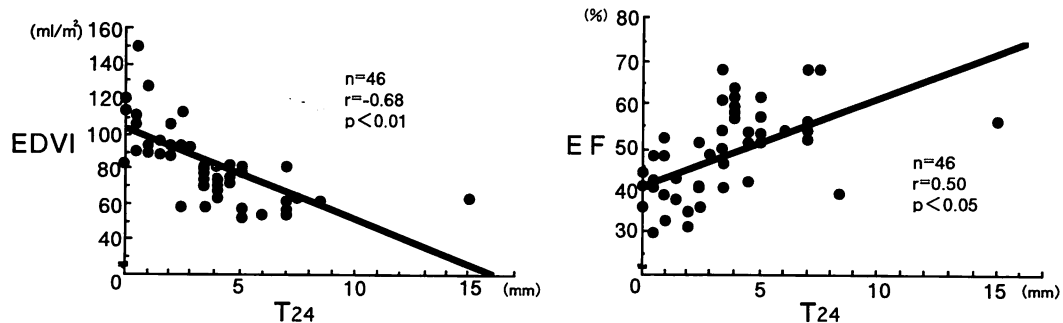
Abbreviation as in Fig. 1.

所壁運動の解析には Sheehan のセンターライン法<sup>4)</sup>より梗塞部局所壁運動(SD/chord; SD=standard deviation)を計測した. また梗塞サイズの指標として同じくセンターライン法を用いて, 正常心に比し $-2SD$ 以下のshortening fractionを示したコード数を求めた梗塞周囲径比(abnormally contracting segment: %ACS)を算出した.

標準12誘導心電図の記録は発症24時間までは3時間ごと, 2日以降7日までは6時間ごと, 以後12時間ごとに行った. 陰性T波はTP基線より0.5 mm以上の低下と定義し, 胸部誘導(主にV<sub>3</sub>またはV<sub>4</sub>)で最も深い陰性T波の深さ(振幅)を連続3心拍で計測し平均した. なお陰性T波の計測は同一症例では同一誘導を用いた.

**Table 1** Relationship between the depth of the inverted T-wave during the acute phase and infarct size and several parameters of left ventricular function at day 14 after the onset of MI

	CPK <sub>max</sub>	EF	%ACS	SD/chord	EDVI	ESVI
T-peak	$r=-0.68^{**}$	0.51*	-0.52*	0.53*	-0.64**	-0.62**
T <sub>24</sub>	$r=-0.72^{**}$	0.50*	-0.60*	0.57*	-0.68**	-0.65**

\* $p<0.05$ , \*\* $p<0.01$ EF=ejection fraction; %ACS=abnormally contracting segment; EDVI=end-diastolic volume index; ESVI=end-systolic volume index. T-peak and T<sub>24</sub> as in Fig. 2. Other abbreviation as in Fig. 1.**Fig. 3** T<sub>24</sub> plotted against end-diastolic volume index and ejection fraction at day 14 after the onset of MIT<sub>24</sub> had a significant linear correlation with both parameters of left ventricular function at day 14 after the onset of MI ( $r=-0.68, 0.50, p<0.05$ ).

Abbreviations as in Table 1, Figs. 1, 2.

CPK の測定は発症 24 時間までは 3 時間ごと、2 日以降 7 日までは 6 時間ごと、以後 12 時間ごとに行った。

統計学的検討は、群間の比較に対応のない Student's *t*-検定を用い、また各指標間の関連度の指標として直線回帰係数(相関係数)を求め、危険率 5% 以下を統計学的に有意とした。得られたデータは平均±標準偏差で示した。

## 結 果

### 1. 急性心筋梗塞再疎通後の T 波の経時的変化

発症直後に増高した T 波は次第に減高し、急性心筋梗塞発症後 12±10 時間で陰性化し、発症 24 時間以内の陰性 T 波の出現頻度は 93% (43/46 例)であった。陰性 T 波は徐々に深くなり、発症後 37±12 時間で最初の陰性のピークを形成した。その後陰性 T 波は徐々に浅くなり、発症後 4±2 日でいったん基線に近付き、7±3 日後に再び深くなった (Fig. 1)。

### 2. 急性期陰性 T 波の深さと梗塞サイズおよび左心機能との関係

#### 1) 急性期陰性 T 波の深さと臨床像との関係

心筋梗塞発症後平均 37 時間にみられる陰性 T 波の最初のピーク時の深さ(ピーク値)は CPK 最高値および平均 14 日後の EF, %ACS, SD/chord, EDVI, ESVI との間に有意な相関関係を認めた ( $r=-0.68, 0.51, -0.52, 0.53, -0.64, -0.62; p<0.05$ ) (Table 1)。

しかし梗塞急性期陰性 T 波のピーク値を正確に計測することは難しく、梗塞発症 24 時間後の陰性 T 波の深さ(24 時間値)の臨床的意義について検討した。ピーク値と 24 時間値の間には  $r=0.84$  ( $p<0.01$ ) と良好な相関関係を認めた (Fig. 2)。24 時間値はピーク値と同様に CPK 最高値および平均 14 日後の EF, %ACS, SD/chord, EDVI, ESVI と相関し ( $r=-0.72, 0.50, -0.60, 0.57, -0.68, -0.65; p<0.05$ ) (Table 1, Fig. 3), 24 時間値がピーク値の代用となりうる可能性が示された。

#### 2) 急性心筋梗塞発症 24 時間後の陰性 T 波の深さによる左室拡大および左心機能の予測

今回の検討では 24 時間値の平均は  $3.3\pm 1.7$  mm であ

**Table 2** The sensitivity, specificity of  $T_{24} < 3.0$  mm for indicating infarct size and several parameters of LV function at day 14 after the onset of MI

	Sensitivity (%)	Specificity (%)
EDVI $\geq$ 87.0 ml/m <sup>2</sup>	94	93
EF<40%	90	75
%ACS $\geq$ 25	70	85
SD/chord<-2.5	76	92

Abbreviations as in Table 1.

り、3.0 mm を指標とすると 24 時間値<3.0 mm は平均 14 日後の EDVI が当施設での正常例の平均 EDVI より 20% 以上拡大した例 ( $\geq 87.0$  ml/m<sup>2</sup>) を感度 94% (16/17 例), 特異度 93% (27/29 例) で判別した。同様に平均 14 日後の EF<40% の左心機能低下例を感度 90% (9/10 例), 特異度 75% (27/36 例) で, %ACS $\geq$ 25 である梗塞サイズの大きい例を感度 70% (14/20 例), 特異度 85% (22/26 例) で, 梗塞部の SD/chord<-2.5 と局所壁運動が不良である例を感度 76% (16/21 例), 特異度 92% (23/25 例) で判別した (Table 2)。

## 考 察

本研究では急性梗塞早期再疎通成功例における陰性 T 波の経時的变化を詳細に観察し、とくに再疎通に伴い形成される発症早期の陰性 T 波のピークに着目し、急性期陰性 T 波の深さと梗塞サイズおよび左心機能との関係について検討した。

陰性 T 波の二相性変化は全例でみられ、梗塞早期再疎通後の心電図変化の一つの特徴であると考えられた。本間<sup>2)</sup>は再疎通成功例ほど早期に最初の陰性のピークを形成すると報告しており、Matetzky ら<sup>3)</sup>は血栓溶解療法後の急性梗塞で発症後 24 時間以内に陰性 T 波が出現する例は梗塞責任血管の再疎通率が高く、退院時の左心機能の改善が良好であると報告している。今回の検討では発症 24 時間後の陰性 T 波の出現頻度は 93% であり、梗塞発症後 37 $\pm$ 12 時間で最初の陰性のピークを形成したが、今回の検討は早期再疎通成功例のみを対象としたもので、諸家の報告とはほぼ一致していると考えられた。

Oliva ら<sup>6)</sup>は陰性 T 波の最初のピークに関して、ピーク時間だけでなくその深さも再疎通の影響を受け、再疎通成功例ほど早期に深いピークを形成すると報告しているが、左心機能との関係については検討していな

い。今回の検討では最初のピーク時および 24 時間後の深さは梗塞サイズおよび梗塞発症 14 日後の左心機能と相関した。このことから急性期陰性 T 波の深さから梗塞サイズや退院時の左心機能を予測できると考えられた。さらにより実用的な指標として 24 時間値<3.0 mm は左室拡大例 [正常例の EDVI の 20% 以上 (EDVI $\geq$ 87.0ml/m<sup>2</sup>) の拡大を示した例] や左心機能低下例 (EF<40%) を感度、特異度ともに高率に判別し、その有用性が確認された。

なお今回の検討では ACE 阻害薬、 $\beta$  遮断薬は投与しておらず、薬剤による左心機能および左室拡大に及ぼす影響は少ないと考えられた。

T 波は心室の再分極過程を反映し、梗塞部の陰性 T 波の形成には梗塞周囲虚血部の再分極過程の遅延による再分極相の不均一が関与するとされているが、梗塞発症後の心筋の活動電位持続時間の空間的分布や経時的变化については現在でも多くの検討がなされており<sup>7-9)</sup>、その病態生理学的意義はいまだ明らかにされていない。しかし虚血に伴う陰性 T 波についての報告もあり、Renkin ら<sup>10)</sup>は、左前下行枝に有意狭窄を有する不安定狭心症に対し PTCA を施行し、PTCA 前に前胸部誘導に陰性 T 波を認めた例は、認めなかった例に比べ左心機能の改善が良好であったと報告している。また Hirota ら<sup>11)</sup>は、左前下行枝に責任病変を有する切迫梗塞または急性心筋梗塞 8 例で、PTCA 直後より V4 を中心とした巨大陰性 T 波の出現を認め左心機能の改善が良好であったと報告し、いずれの報告も陰性 T 波が気絶心筋層を反映するとしている。この説明によれば再疎通療法により救済された心筋つまり気絶心筋層が大きいと陰性 T 波が深くなると考えられた。

近年、急性心筋梗塞の急性期の治療法として再疎通療法が確立されたが、その効果を早期に判定することは難しく、さまざまな指標が検討されているが、いまだに確立されたものはない。今回の検討では、急性期の陰性 T 波の深さから梗塞サイズや退院時の左心機能が予測でき、急性心筋梗塞発症 24 時間後の陰性 T 波の深さが 3.0 mm であることが一つの指標になりうるという結果が得られた。標準 12 誘導心電図による評価として再疎通前の  $\Sigma$ ST および ST 上昇を認めた誘導数も心筋障害の程度を反映し、梗塞サイズの指標となることが報告<sup>12)</sup>されているが、再疎通前の ST 上昇は経時的に大きく変動するため計測する時期の問題や、再

疎通療法後の左心機能は再疎通前の心筋障害の程度だけでなく、再疎通療法の成否、再灌流障害などさまざまな因子が関与して決定されることを考えると、再疎通療法後の左心機能の評価には適さない可能性がある。しかし急性心筋梗塞発症 24 時間後の陰性 T 波の計測であれば、再疎通療法施行後の評価であり、しかも経時的に心電図変化を検討する必要もなくなり、早期に簡便に予後を推定することができるという点で、その臨床的意義は非常に大きいと考えられた。

急性心筋梗塞において予後に関して左心機能が最も問題となるのは前壁梗塞例であり、本研究では対象を

発症 6 時間以内の再疎通成功例で平均 14 日後に梗塞責任血管の開存が確認できた初回前壁梗塞としたが、今後は発症 6 時間以降の再疎通例、非再疎通例や下壁梗塞例などにおける検討も必要であると思われた。

## 結 論

再疎通に成功した初回前壁梗塞で急性期陰性 T 波の深さ、とくに急性心筋梗塞発症 24 時間後の陰性 T 波の深さは、梗塞サイズや退院時の左心機能を予測するのに有用であると考えられた。

## 要 約

発症 6 時間以内の再疎通と平均 14 日後に梗塞責任血管の開存を確認した初回前壁梗塞 46 例 (平均年齢  $57.3 \pm 9.7$  歳) で、急性期陰性 T 波の経時的变化と梗塞サイズおよび左心機能との関連について検討した。

陰性 T 波は発症後  $37.1 \pm 12.4$  時間 (26–60 時間) で最初のピークを形成した。陰性 T 波の最初のピーク時の深さ (T-peak) は、CPK 最高値および平均 14 日後の左室駆出率、左室局所壁運動、梗塞周径比、左室拡張終期容積係数、収縮終期容積係数と有意な相関を示した ( $p < 0.05$ )。また発症 24 時間後における陰性 T 波の出現頻度は 93% (43/46 例) であり、24 時間後の陰性 T 波の深さ (T<sub>24</sub>) は CPK 最高値および平均 14 日後の左室駆出率、左室局所壁運動、梗塞周径比、左室拡張終期容積係数、左室収縮終期容積係数と有意な相関を示した ( $p < 0.05$ )。さらに T<sub>24</sub> < 3.0 mm は平均 14 日後に当施設での正常例の平均左室拡張終期容積係数から 20% 以上拡大した例 (>87.0 ml/m<sup>2</sup>) を感度 94%、特異度 93% で、左心機能低下例 (駆出率 < 40%) を感度 90%、特異度 75% で判別した。

再疎通した初回前壁梗塞で急性期陰性 T 波の深さ (T-peak および T<sub>24</sub>) は、梗塞サイズや左心機能を予測するのに有用であると考えられた。

*J Cardiol* 1995; 25: 69–74

## 文 献

- 1) 柴木宏美, 佐々木達哉, 加藤 修, 浜野 裕, 福井須賀男, 南野隆三, 福並正剛, 伯 徳武: 急性心筋梗塞における陰性 T 波の推移: 特に再疎通と陰性 T 波について. 第 3 回日本心電学会抄録集. 1986; p401
- 2) 本間友基: 急性心筋梗塞後の QT 時間と陰性 T 波の変動に関する臨床的検討. *Jpn J Ele* 1990; 10: 783–782
- 3) Sandler H, Dodge HT: The use of single plane angiocardiograms for the calculation of left ventricular volume in man. *Am Heart J* 1968; 75: 325–334
- 4) Sheehan FH, Bolson EL, Dodge HT, Mathey DG, Schofer J, Woo HW: Advantages and applications of the centerline method for characterizing regional ventricular function. *Circulation* 1986; 74: 293–305
- 5) Matetzky S, Barabash G, Shahar A, Rabinowitz B, Rath S, Har-Zahav Y, Agrat O, Kaplinsky E, Hod H: The prognostic significance of early inversion of T-waves after thrombolytic therapy for acute myocardial infarction. *Circulation* 1991; 85 (Suppl II): II-63 (abstr)
- 6) Oliva PB, Hammill SC, Edwards WD: Electrocardiographic diagnosis of postinfarction regional pericarditis. *Circulation* 1993; 88: 896–904
- 7) Dangman KH, Danilo P Jr, Hordof AJ, Mary-Rabine L, Reder RF, Rosen MR: Electrophysiologic characteristics of human ventricular and purkinje fibers. *Circulation* 1982; 65: 362–368
- 8) Wong SS, Bassett AL, Cameron JS, Epstein K, Kozlovskis P, Myerburg RJ: Dissimilarities in the electrophysiological abnormalities of lateral border and central infarct zone cells after healing of myocardial infarction in cats. *Circ Res* 1982; 51: 486–493
- 9) Yamaki M, Igarashi H, Ikeda K, Kubota I, Tsuiki K, Yasui S: The body surface distribution of the interval in patients with previous

- myocardial infarction and normal subjects. *Jpn Circ J* 1987; **51** : 1289-1295
- 10) Renkin J, Wijns W, Ladha Z, Col J : Reversal of segmental hypokinesia by coronary angioplasty in patients with unstable angina, persistent T wave inversion, and left anterior descending coronary artery stenosis. *Circulation* 1990; **82** : 913-921
- 11) Hirota Y, Kita Y, Tsuji R, Hanada H, Ishii K, Yoneda Y, Shimizu G, Suwa M, Kawamura K : Prominent negative T waves with QT prolongation indicate reperfusion injury and myocardial stunning. *J Cardiol* 1992; **22** : 325-340
- 12) Aldrich HR, Wagner NB, Boswick J, Corsa AT, Jones MG, Grande P, Lee KL, Wagner GS : Use of initial ST-segment deviation for prediction of final electrocardiographic size of acute myocardial infarcts. *Am J Cardiol* 1988; **61** : 749-753