

心筋梗塞患者の運動負荷時梗塞部 ST 上昇と長期予後

Long-Term Prognosis in Patients With Exercise-Induced ST-Segment Elevation After Myocardial Infarction

渋谷 敏行
宮崎 俊夫
猪木 達
山本 忠彦
日置 潤也
中川 築
山本健太郎
坂口 好秀
石川 欽司
香取 瞭

Toshiyuki SHIBUTANI, MD
Toshio MIYAZAKI, MD
Tatsu INOKI, MD
Tadahiko YAMAMOTO, MD
Junya HIOKI, MD
Kizuku NAKAGAWA, MD
Kentaro YAMAMOTO, MD
Yoshihide SAKAGUCHI, MD
Kinji ISHIKAWA, MD, FJCC
Ryo KATORI, MD, FJCC

Abstract

The present study investigated whether the exercise-induced ST-segment elevation can predict the prognosis for patients with myocardial infarction. Among 529 patients with myocardial infarction, 411 underwent treadmill exercise testing about 5 weeks after the onset. All patients were followed up (mean [\pm SD] 54 \pm 41 months) to compare the incidence of cardiac events. One hundred and eighteen patients (22%) could not perform the exercise test due to cardiac or noncardiac limitation. Ineligibility for exercise test was most useful for risk stratification. Multivariate analysis showed that elimination from the stress test with cardiac limitation was the most significant predictor for cardiac death.

Excluding the 16 patients with bundle branch block, the 395 patients were classified into four groups of ST-segment elevation (107 cases, 27%), ST-segment elevation combined with depression (22 cases, 6%), ST-segment depression (106 cases, 27%) and ST-segment unchanged (160 cases, 40%).

Among the various stress test abnormalities, only low exercise duration was a predictor for cardiac death. ST-depression and ST-elevation combined with depression were independent risk predictors for all cardiac events. Most patients with ST-elevation had single-vessel disease with excellent exercise capacity and low incidence of cardiac events. ST-segment elevation during exercise 5 weeks after myocardial infarction is not associated with a poor prognosis.

Key Words

Exercise tests, Myocardial infarction, Prognosis, ST segments (elevation)

はじめに

運動負荷試験は心筋梗塞患者の予後の予測にも用いられてきた¹⁻⁸⁾。梗塞部 ST 上昇は梗塞後患者の 16-39% の症例にみられるが¹⁻⁴⁾、その機序は明らかでな

く、予後予測因子になるか否かに関しても一定の見解は得られていない^{1-5,9,10)}。そこで心筋梗塞患者の予後規定因子を解析し、運動負荷試験時 ST 上昇の意義を検討した。

近畿大学医学部 第一内科：〒589 大阪府大阪狭山市大野東 377-2

The First Department of Internal Medicine, Kinki University School of Medicine, Osaka

Address for reprints: SHIBUTANI T, MD, The First Department of Internal Medicine, Kinki University School of Medicine, Ohno-Higashi 377-2, Osaka-Sayama, Osaka 589

Manuscript received May 13, 1996; revised November 12, 1996; accepted December 17, 1996

対象と方法

1. 対象

対象は1977年1月-1993年6月に近畿大学医学部附属病院に入院した急性心筋梗塞患者672例のうち院内死亡107例、緊急手術9例、急性期転院22例、非同意5例を除く529例である。このうち退院前トレッドミル運動負荷試験を411例(うち脚ブロック16例)に施行した。運動負荷非施行は118例(22%)で、その理由から心臓性16例(心不全10例、不整脈3例、重症狭心症2例、心膜炎1例)と非心臓性102例(脳血管疾患10例、末梢血管疾患8例、整形外科疾患39例、高齢22例、精神疾患10例、外傷術後3例、悪性疾患合併3例、その他7例)の2群に分類した。全症例の退院時内服薬服用率はβ遮断薬63%、Ca拮抗薬65%、抗血小板薬62%、硝酸薬74%、warfarin 43%であった。

2. 方法

1) 運動負荷試験

トレッドミル運動負荷試験はEllestadのプロトコルを一部改変して行い(各stage3分間負荷、stageIVは時速4.5mileに減速)、症候限界性とした。発症後平均5.6±2.9週に施行し、胸痛、重篤な不整脈、0.2mV以上のST下降、20mmHg以上の収縮期血圧下降、250mmHg以上の収縮期血圧上昇、運動継続困難な自覚症状、目標心拍数到達などをもって負荷終了とした。心電図はII, aVF, V₁, V₄-V₆の6誘導を記録し、ST低下は上行傾斜型ではJ点より80msec後、水平型、下降傾斜型ではJ点で計測し、0.1mV以上の偏位を陽性とした。ST上昇はJ点で計測し、0.1mV以上の上昇を陽性とした。脚ブロック16例を除く395例を、以上の診断基準で、梗塞部ST上昇群107例(27%)、梗塞部ST上昇・非梗塞部ST低下群22例(6%)、非梗塞部ST低下群106例(27%)、ST不変群160例(40%)の4群に分類した。

2) 冠動脈造影、心エコー図検査

冠動脈造影はAmerican Heart Association(AHA)分類¹¹⁾を用いて、75%以上(左主幹部は50%以上)を有意狭窄とした。Mモード心エコー図より左室拡張末期径、左室収縮末期径、左室短縮率を、断層心エコー図からHegerら¹²⁾の方法に基づき左室を11分画し、そ

れぞれにnormokinesis 0点からdyskinesis 4点の5段階スコアリングを行い、その合計を左室壁運動異常スコアとした。

3) 予後調査

予後調査終了は1996年3月とし、平均観察期間は54±41ヵ月であった。心事故は退院後の心臓死、突然死、非致死性再梗塞、入院を要した心不全、血行再建術(冠動脈大動脈バイパス術、経皮的冠動脈形成術)とした。

4) 統計学的解析

数値は平均値±標準偏差で示し、有意差検定は χ^2 検定、Studentのunpaired *t*検定を用い、多群間比較は分散分析で有意性を確認した後にBonferroni検定を用いて行った。累積心事故発生率はKaplan-Meier法で算出し、long-rank法で有意差検定を行った。Tables 1-3に示す変数の心事故発生に対する相対危険率を、Cox回帰分析(SPSS 6.0)による変数増加法で求めた。

成績

1. 運動負荷施行群、非施行群の臨床像

Table 1に運動負荷施行群と非施行群の患者背景を比較した。心臓性理由による運動負荷非施行群は、非心臓性理由の運動負荷非施行群および運動負荷施行群と比較し、CK最高値、左室収縮末期径、左室壁運動異常スコアが有意に大きく、前壁梗塞、Killip重症型の頻度より高かった。

2. 運動負荷施行例の臨床像および運動負荷試験結果

Table 2に運動負荷を施行した395例のST偏位別の臨床像を示す。ST上昇群、ST上昇・低下群には前壁梗塞の占める割合が多かった。ST上昇群、ST不変群には初回梗塞が多かった。冠危険因子では糖尿病がST上昇・低下群、ST低下群で高率にみられた。Killip分類はST上昇・低下群、ST上昇群でII型以上の重症型が占める率が高かった。冠動脈造影所見では、ST上昇群は一枝病変例が多くを占めた。ST低下群では多枝病変が高率で、梗塞責任血管の有意狭窄残存の割合が高かった。ST上昇群、ST上昇・低下群の左室壁運動異常スコアは大きく、左室短縮率は低下していた。

Table 3に運動負荷時間、最大心拍数、最大収縮期血圧、胸痛の発生頻度を示す。ST上昇群の運動負荷時間

Table 1 Baseline characteristics and two-dimensional echocardiographic findings of patients, subdivided according to eligibility for exercise testing

Variable	Exercise test not performed		Exercise test performed
	Cardiac limitations	Noncardiac limitations	
Number of patients	16	102	411
Age (yr)	62.9±9.5	68.7±11.2 [†]	57.6±10.2
Sex (% female)	37.5*	40.2 [†]	14.6
First MI (%)	81.2	84.3	88.2
Anterior MI (%)	62.5**	33.3	37.9
Coronary risk factors (%)			
Hypercholesterolemia	31.3	28.4*	40.1
Hypertension	43.8	54.9	40.7
Cigarette smoking	75.0	65.7 [†]	81.3
Diabetes mellitus	6.3	24.5	25.2
Thrombolysis (%)	31.3	45.1	54.4
Killip class I (%)	45.5**	76.8	81.9
Peak CK (IU/l)	4,584±4,369**§	2,390±2,032*	3,019±2,209
Wall motion score index	15.7±7.3 ^{§§}	8.9±5.7	7.8±5.2
LVDd (mm)	54.0±8.7	50.8±6.9	50.5±5.9
LVDs (mm)	44.4±9.1 ^{§§}	35.1±8.7	35.5±7.8
Fractional shortening	0.21±0.09 ^{§§}	0.32±0.10	0.30±0.09

Data are presented as mean ± standard deviation (SD). * $p < 0.05$, [†] $p < 0.01$ vs exercise test performed, [‡] $p < 0.05$, [§] $p < 0.01$ vs exercise test not performed with noncardiac limitations.

MI = myocardial infarction; CK = creatine kinase; LVDd = left ventricular end-diastolic dimension; LVDs = left ventricular end-systolic dimension.

Table 2 Baseline characteristics, angiographic and two-dimensional echocardiographic findings in 395 patients who underwent treadmill tests

Variable	ST-segment elevation	ST-segment elevation combined with depression	ST-segment depression	ST-segment unchanged
Number of patients	107	22	106	160
Age (yr)	55.4±10.3	59.0±7.7	57.6±8.7	57.6±10.3
Sex (% female)	10.3	9.1	17.9	16.9
First MI (%)	92.5 ^{¶¶}	72.7*	82.1*	92.5
Anterior MI (%)	82.2 ^{¶¶¶}	54.5 ^{§§}	18.9	20.0
Coronary risk factors (%)				
Hypercholesterolemia	38.9	50.0	36.1	47.0
Hypertension	40.4	52.6	61.0	50.0
Cigarette smoking	90.1	77.3	81.8	86.2
Diabetes mellitus	22.3 ^{¶¶}	47.6*	33.3*	20.1
Thrombolysis (%)	66.4**§	54.5	46.2	51.9
Killip class I (%)	80.2*	72.7*	86.3	92.1
Single-vessel disease (%)	66.2 ^{¶¶¶}	33.3	24.2*	53.5
≥75% residual stenosis of infarct-related artery (%)	86.0	95.0	90.2*	78.7
Wall motion score index	10.1±4.4 ^{§§}	9.3±4.1 [†]	6.9±5.4	6.2±4.8
LVDd (mm)	52.0±5.8 [†]	51.0±5.8	50.7±5.7 [†]	48.7±5.7
LVDs (mm)	37.8±7.4 [†]	40.0±11.8 ^{§§}	35.9±7.8 [†]	33.1±6.4
Fractional shortening	0.27±0.08 ^{§§}	0.25±0.09 [†]	0.31±0.09	0.33±0.07

Data are presented as mean ± SD. * $p < 0.05$, [†] $p < 0.01$ vs ST-segment unchanged, [‡] $p < 0.05$, [§] $p < 0.01$ vs ST-segment depression, [¶] $p < 0.05$ vs ST-segment elevation combined with depression.

Abbreviations as in Table 1.

Table 3 Variable derived from exercise test in 395 patients with myocardial infarction

Variable	ST-segment elevation	ST-segment elevation combined with depression	ST-segment depression	ST-segment unchanged
Exercise duration time (min)	7.6±2.7 ^{††}	5.8±2.4	6.4±2.7	7.0±3.0
Maximal heart rate (beats · min ⁻¹)	144.8±20.4 ^{†††}	130.3±26.0	128.1±29.0*	151.5±24.4
Maximal systolic blood pressure (mmHg)	149.2±26.0	139.4±23.8*	148.9±29.0	151.5±24.4
Chest pain (%)	6 (5.6)	7 (31.8) [†]	28 (26.4) [†]	4 (2.5)

Data are presented as mean±SD. * $p<0.05$, [†] $p<0.01$ vs ST-segment unchanged, ^{††} $p<0.01$ vs ST-segment depression, ^{†††} $p<0.01$ vs ST-segment elevation combined with depression.

は7.6±2.7分とST不変群の7.0±3.0分より長い値に保持され、ST低下群、ST上昇・低下群との間に有意差があった。最大心拍数は、ST上昇群が他の3群に比べ、最も上昇した。負荷時胸痛発生はST上昇群と不変群で低率であった。

3. 運動負荷施行の有無と予後

全症例を対象とした心臓死に対する多変量解析結果をTable 4に示す。心臓死に対する相対危険率は心臓性の理由による運動負荷非施行、左室拡張末期径の拡大、左室短縮率の低下、高コレステロール血症、70歳以上の高齢において有意に高かった。累積心臓死発生率(Fig. 1)は運動負荷施行群に比し非施行群で高く、非施行の理由が心臓性である場合が最も高率であった。

4. 運動負荷施行例のST偏位と予後

ST偏位別の累積心臓死発生率曲線をFig. 2に示す。ST低下群はST不変群、ST上昇群と比較し、心臓死発生率が高かった。ST上昇群に心臓死増加はみられなかった。総心事故発生率曲線(心臓死、非致死性再梗塞、心不全および血行再建術)をFig. 3に示す。累積総心事故発生率はST低下の有無で大きく異なり、7年時ST低下群66.1%、ST上昇・低下群64.9%で、両群はST上昇群34.0%、ST不変群35.2%と比べ有意に高率であった。運動負荷を施行したサブグループ395例における多変量解析結果をTable 5に示す。ST低下、ST上昇・低下は血行再建術を含む総心事故を規定する因子であった。しかし心臓死、心臓死+非致死性再梗塞はいずれもST偏位で規定されず、心臓死予測には左室拡張末期径、運動負荷時間が、心臓死+非致死性再梗塞予測には胸痛が有意であった。

Table 4 Ranked independent predictors of cardiac death after discharge among all patients ($n=529$) by the Cox model

Predictor	p value	Relative risk	95% confidence interval
Exercise test not performed due to cardiac limitations	0.0001	3.15	1.79–5.57
LVDd \geq 57 mm	0.0002	7.86	2.67–23.10
Fractional shortening \leq 0.25	0.0039	2.98	1.42–6.27
Hypercholesterolemia	0.0085	2.14	1.21–3.78
Age \geq 70 years	0.0136	2.38	1.20–4.76

Abbreviation as in Table 1.

考 案

トレッドミル運動負荷の施行できない症例の予後は最も不良で^{1,6-8,13}、運動負荷指標のうちでは、運動時間短縮、心拍血圧反応不良は低左心機能を反映し、心臓死を規定する重要な因子とされてきた^{4,6-9,13}。ST変化は血行再建も含めた総心事故規定には有意だが⁵、心臓死の予測因子にはならないとする報告が多い^{4,6,7}。本研究においても、心臓性理由による運動負荷非施行は独立した予後規定因子であり、運動負荷を施行したサブグループにおいては、心臓死を規定した運動負荷指標は運動時間のみであった。ST偏位のうちでは、ST低下の有無のみが血行再建術を含めた心事故予測に有用であった。ST上昇群は左室内径が大きく、低左心機能例が多い事実に対し、長期予後は良好であった。

本研究では、治療の変遷を考慮した対象の限定はできなかったが、 β 遮断薬服用率は63%で、これは血栓溶解療法時代の運動負荷試験と予後との関係を検討したStevensonら⁴⁾の33%、Abboudら⁶⁾の52%と比し高率であった。

ST上昇例の予後が不良か否かには一定の見解はなく、一部の報告はST上昇例の心臓死増加を報告している^{1-3,5)}のに対し、ST上昇は有意な因子でなく^{4,7,10)}、

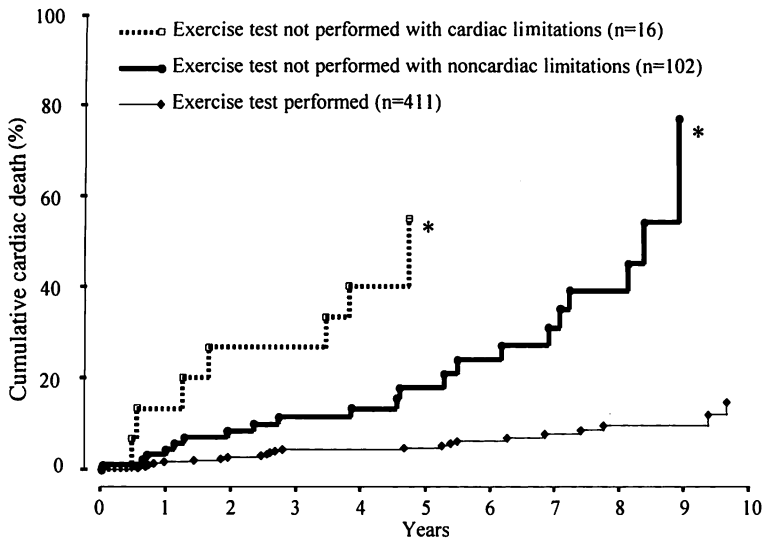


Fig. 1 Cumulative cardiac death rate subdivided according to eligibility for stress testing
* $p < 0.01$ vs exercise test performed.

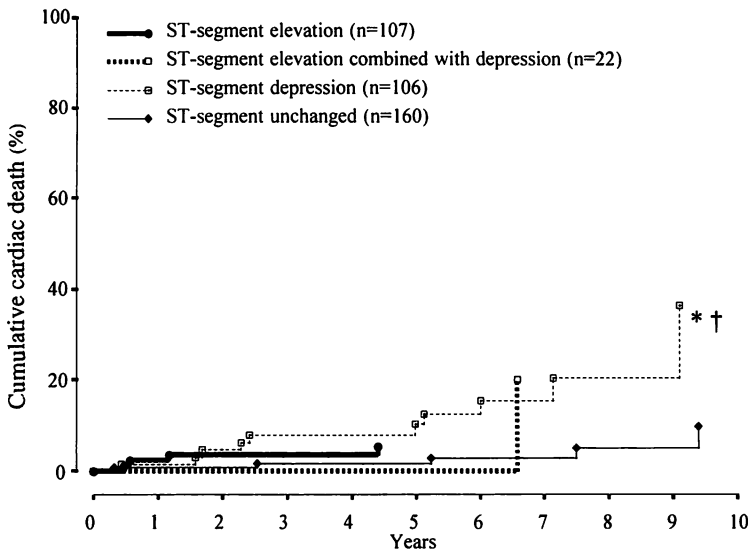


Fig. 2 Cumulative cardiac death rate in the four groups
* $p < 0.01$ vs ST-segment unchanged, † $p < 0.05$ vs ST-segment elevation.

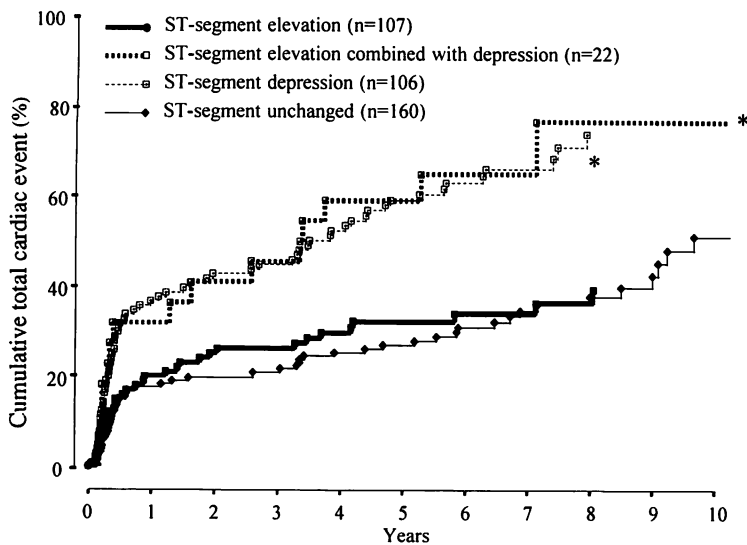


Fig. 3 Cumulative cardiac events rate in the four groups
* $p < 0.01$ vs ST-segment unchanged and ST-segment elevation.

Table 5 Ranked independent predictors of clinical outcome after discharge among patients eligible for treadmill exercise test ($n=395$) by the Cox model

Predictor	<i>p</i> value	Relative risk	95% confidence interval
Variable estimates for cardiac death			
LVDd \geq 57 mm	<0.0001	6.42	2.63–15.69
Exercise duration \leq 3 min	0.0017	4.24	1.72–10.45
Variable estimates for cardiac death and nonfatal reinfarction			
Chest pain	0.0059	2.96	1.37–6.39
Variable estimates for total events			
ST-segment depression	0.0061	1.42	1.10–1.82
ST-segment elevation combined with depression	0.0133	1.63	1.11–2.41
Multivessel disease	0.0384	1.43	1.02–1.99

Abbreviation as in Table 1.

むしろ残存虚血や左心機能、運動時間がより有用とする報告も多い⁶⁻⁹⁾。

本研究での心臓性理由による運動負荷非施行群には、ST上昇の条件すなわち梗塞サイズの大きい前壁梗塞^{1,3,5)}が多かった。しかし、ST上昇を予後不良とした過去の報告¹⁻³⁾も、本研究と同様に心不全例や重症虚血例を対象より除外している。Stone^ら¹⁾は梗塞発症6ヵ月後に外来で最大運動負荷を施行し、ST上昇群の心臓死増加を報告した。彼らの運動負荷非施行群は全対象の34% (246/719例)で、心臓性理由はこのうちの28% (68/246例)を占め、我々の検討よりもむしろ除外症例数が多い。また本研究とは発症6ヵ月後という負荷施行時期の差がある。ST上昇の程度は一般に梗塞後の時間経過で減少し¹⁴⁻¹⁶⁾、これは側副血行路の発育や梗塞の癒着による残存虚血の消失¹⁴⁾、あるいは梗塞周囲冬眠心筋の時間的推移¹⁵⁾に関連するという。したがって、発症より時間が経過しても依然運動負荷でSTが上昇する症例は予後不良であるとも考えられる。

本研究のST上昇・低下群は、梗塞既往歴、糖尿病既往歴、多枝病変、胸痛の頻度などが多く、かつ左室壁運動異常スコアが大きかった。ST上昇に伴う対側性ST低下は虚血を示す場合¹⁷⁾と、ST上昇のミラーイメージを示す場合がある¹⁸⁾。ST上昇・低下が総心事故に関して、ST低下と同様に独立した予後規定因子となったことは、この心電図変化が心筋虚血の表現で、ST上昇単独とは区別すべき所見と考えられる。Haines^ら²⁾は第10病日にトレッドミル負荷試験を施行し、ST上昇群の累積5年心臓死発生率は22%で、ST非上昇群11%よりも高率の傾向があったと報告した。しかし彼らのST上昇群の35%は対側性ST低下を有して

おり、これら虚血合併例の多いことがST上昇群の予後を悪くした一因と考えられる。

ST上昇の機序が心筋虚血であるか否かには議論が多い^{1-4,10,14-16,19-25)}。Margonato^ら¹⁹⁾はthallium 201を用いた検討から、Fox^ら²⁰⁾は冠動脈大動脈バイパス術を行うことでSTが上昇しなくなることより、ST上昇を心筋虚血と関連付けている。一方、最近のdobutamine負荷心エコー図法や核医学的手法を用いた検討は、ST上昇の頻度は虚血合併例と非合併例で差はなく、ST上昇と虚血の関連は薄いとされている^{21,22)}。

本研究でのST上昇群の86%の症例には責任冠血管に有意狭窄が残存していた。しかし大半の症例は一枝病変で、最大心拍数が高く、胸痛出現率が低率で、この群に残存虚血が少ないと考えられた。Katori^ら²³⁾はこのようなST上昇群は、運動負荷時に血漿norepinephrineの有意な増加とともに、最大心拍数が増加し、運動時の心拍出量が保持されることを報告している。運動時交感神経活性亢進は虚血合併のないST上昇群に特徴的で、ST上昇時に梗塞周囲および非梗塞部の有意な壁運動亢進がみられる^{16,24,25)}。これは、ST上昇群が安静時低左心機能であるが、その運動能力が保持され、予後が不良でないことに関与すると考えられる。

結 論

退院前運動負荷試験における心筋梗塞患者の梗塞部ST上昇は低左心機能を示すが、運動能力が十分に保持された初回一枝病変例が多く、ST上昇で予後を規定することはできない。対側性ST低下を有すST上昇は、ST低下同様に虚血合併を意味し、血行再建を必要とする例が多く、ST上昇単独とは区別すべき所見である。

要 約

運動負荷時梗塞部 ST 上昇が心筋梗塞患者の予後の予測因子であるか否かを明らかにする目的で、心筋梗塞連続 529 例中 411 例に発症 5 週目にトレッドミル運動負荷を行い、退院後の心事故発症頻度を平均 [±SD] 54±41 ヶ月観察した。118 例 (22%) では心臓性もしくは非心臓性の理由で運動負荷が施行できなかったが、この群は運動負荷施行例に比しハイリスクで、多変量解析では心臓性の理由による運動負荷非施行は独立した心臓死規定因子であった。

脚ブロック 16 例を除く運動負荷施行 395 例を、ST 上昇群 107 例 (27%)、ST 上昇・低下群 22 例 (6%)、ST 低下群 106 例 (27%)、ST 不変群 160 例 (40%) の 4 群に分類した。

運動負荷試験指標の中で心臓死を規定したのは運動負荷時間のみであった。ST 上昇・低下、ST 低下は総心事故のみを規定した。ST 上昇群の大半は初回梗塞一枝病変例で、運動能力は保持されており、心臓死、心事故発生率は ST 不変群と同様に低かった。以上より発症 5 週目における運動負荷時の ST 上昇は梗塞患者の予後規定因子にはならないと考えられた。

J Cardiol 1997; 29: 133-140

文 献

- 1) Stone PH, Turi ZG, Muller JE, Parker C, Hartwell T, Rutherford JD, Jaffe AS, Raabe DS, Passamani ER, Willerson JT, Sobel BE, Robertson TL, Braunwald E, the MILIS Study Group: Prognostic significance of the treadmill exercise test performance 6 months after myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 1986; **8**: 1007-1017
- 2) Haines DE, Beller GA, Watson DD, Kaiser DL, Sayre SL, Gibson RS: Exercise-induced ST segment elevation 2 weeks after uncomplicated myocardial infarction: Contributing factors and prognostic significance. *J Am Coll Cardiol* 1987; **9**: 996-1003
- 3) Mazzotta G, Camerini A, Scopinaro G, Claudiani F, Griffo R, Bellotti P, Lionetto R, Vecchio C: Predicting cardiac mortality after uncomplicated myocardial infarction by exercise radionuclide ventriculography and exercise-induced ST segment elevation. *Eur Heart J* 1992; **13**: 330-337
- 4) Stevenson R, Umachandran V, Ranjadayalan K, Wilkinson P, Marchant B, Timmis AD: Reassessment of treadmill stress testing for risk stratification in patients with acute myocardial infarction treated by thrombolysis. *Br Heart J* 1993; **70**: 415-420
- 5) Bruce RA, Fisher LD, Pettinger M, Weiner DA, Chaitman BR: ST segment elevation with exercise: A marker for poor ventricular function and poor prognosis: Coronary Artery Surgery Study (CASS) confirmation of Seattle Heart Watch results. *Circulation* 1988; **77**: 897-905
- 6) Abboud L, Hir J, Eisen I, Cohen A, Markiewicz W: The current value of exercise testing soon after acute myocardial infarction. *Isr J Med Sci* 1992; **28**: 694-699
- 7) Fioretti P, Brower RW, Simoons ML, Bos RJ, Baardman T, Beelen A, Hugenholtz PG: Prediction of mortality during the first year after acute myocardial infarction from clinical variables and stress test at hospital discharge. *Am J Cardiol* 1985; **55**: 1313-1318
- 8) Froelicher VF, Perdue S, Pewen W, Risch M: Application of meta-analysis using an electronic spread sheet to exercise testing in patients after myocardial infarction. *Am J Med* 1987; **83**: 1045-1054
- 9) Olona M, Candell-Riera J, Permanyer-Miralda G, Castell J, Barrabés JA, Domingo E, Rosselló J, Vaqué J, Soler-Soler J: Strategies for prognostic assessment of uncomplicated first myocardial infarction: 5-year follow-up study. *J Am Coll Cardiol* 1995; **25**: 815-822
- 10) Currie P, Saltissi S: Significance of ST-segment elevation during ambulatory monitoring after acute myocardial infarction. *Am Heart J* 1993; **125**: 41-47
- 11) Austen WG, Edwards JE, Frye RL, Gensini GG, Gott VL, Griffith LSC, McGoon DC, Murphy ML, Roe BB: AHA Committee Report: A reporting system on patients evaluated for coronary artery disease. *Circulation* 1975; **51** (Suppl): 5-40
- 12) Heger JJ, Weyman AE, Wann LS, Dillon JC, Feigenbaum H: Cross-sectional echocardiography in acute myocardial infarction: Detection and localization of regional left ventricular asynergy. *Circulation* 1979; **60**: 531-538
- 13) Volpi A, De Vita C, Franzosi MG, Geraci E, Maggioni AP, Mauri F, Negri E, Santoro E, Tavazzi L, Tognoni G, the Ad hoc working group of the Gruppo Italiano per lo Studio della Sopravvivenza nell'Infarto Miocardico (GISSI)-2 data base: Determinants of 6-month mortality in survivors of myocardial infarction after thrombolysis: Results of the GISSI-2 data base. *Circulation* 1993; **88**: 416-429
- 14) Atterhög JH, Ekelund LG, Kaijser L: Electrocardiographic abnormalities during exercise 3 weeks to 18 months after anterior myocardial infarction. *Br Heart J* 1971; **33**: 871-877
- 15) Elhendy A, Fioretti PM: Stress-induced ST-segment elevation after a recent myocardial infarction: Myocardial necrosis, viability or both? *Eur Heart J* 1996; **17**: 975-977
- 16) Katori R, Yamashita K, Miyazaki T, Sakaguchi Y, Inoki T, Yamamoto T, Shibutani T: Beta-adrenergic stimulation induces ST-segment elevation in dogs with healing myocardial infarction. *Tohoku J Exp Med* 1995; **177**: 233-248
- 17) Dunn RF, Bailey IK, Uren R, Kelly DT: Exercise-induced ST-segment elevation: Correlation of thallium-201 myocardial per-

- fusion scanning and coronary arteriography. *Circulation* 1980; **61** : 989-995
- 18) Fuchs RM, Achuff SC, Grunwald L, Yin FCP, Griffith LSC : Electrocardiographic localization of coronary artery narrowings : Studies during myocardial ischemia and infarction in patients with one-vessel disease. *Circulation* 1982; **66** : 1168-1176
 - 19) Margonato A, Ballarotto C, Bonetti F, Cappelletti A, Sciammarella M, Cianflone D, Chierchia SL : Assessment of residual tissue viability by exercise testing in recent myocardial infarction : Comparison of the electrocardiogram and myocardial perfusion scintigraphy. *J Am Coll Cardiol* 1992; **19** : 948-952
 - 20) Fox KM, Jonathan A, Selwyn A : Significance of exercise induced ST segment elevation in patients with previous myocardial infarction. *Br Heart J* 1983; **49** : 15-19
 - 21) Lanzarini L, Fetiveau R, Poli A, Cavaoltti C, Griffini M, Previtali M : Significance of ST-segment elevation during dobutamine-stress echocardiography in patients with acute myocardial infarction treated with thrombolysis. *Eur Heart J* 1996; **17** : 1008-1014
 - 22) Elhendy A, Geleijnse ML, Roelandt JRTC, van Domburg RT, Cornel JH, TenCate FJ, Postma-Tjoa J, Reijts AEM, El-Said GM, Fioretti PM : Evaluation by quantitative 99m-technetium MIBI SPECT and echocardiography of myocardial perfusion and wall motion abnormalities in patients with dobutamine-induced ST-segment elevation. *Am J Cardiol* 1995; **76** : 441-448
 - 23) Katori R, Miyazaki T, Ohno M, Yamashita K, Sakaguchi Y, Takada K, Inoki T, Yamamoto T, Shibutani T : Exercise-induced ST-segment elevation and hemodynamic responses one month after myocardial infarction. *Jpn Circ J* 1994; **58** : 757-766
 - 24) Yamamoto T, Miyazaki T, Hirano Y, Yamashita K, Inoki T, Shibutani T, Katori R : Wall motion abnormalities improved during the period of exercise-induced ST-segment elevation in post myocardial infarction. *Circulation* 1992; **86** (Suppl I) : I-384 (abstr)
 - 25) Yamamoto T, Katori R : Isoproterenol induces ST-segment elevation without wall motion aggravation and myocardial ischemia in experimental myocardial infarction. *J Cardiol* 1995; **26** : 167-175 (in Jpn with Eng abstr)