

運動負荷終了後に出現する ST 低下  
の臨床的意義と機序：男性虚血性心  
疾患症例における検討

*Clinical Significance and Mechanism  
of ST-Segment Changes During the  
Post-Exercise Recovery Period in Male  
Patients With Coronary Artery Disease*

新村 健  
菅沼由佳子  
長谷川 浩  
谷 正人  
中村 芳郎  
赤石 誠\*  
小川 聡\*

Ken SHINMURA, MD  
Yukako SUGANUMA, MD  
Hiroshi HASEGAWA, MD  
Masato TANI, MD  
Yoshiro NAKAMURA, MD, FJCC  
Makoto AKAISHI, MD\*  
Satoshi OGAWA, MD, FJCC\*

**Abstract**

The treadmill exercise test (TET) is evaluated by exercise-induced ST-segment depression ( $\Delta$ ST). However, the depression sometimes only appears during the post-exercise period. Depression appearing only during the post-exercise period may be as useful as depression during exercise to predict coronary artery disease, but little is known about factors that may affect ST depression after exercise. The clinical significance and mechanism of post-exercise ST depression were investigated in patients with coronary artery disease.

Target heart rate- or symptom-limited TET was performed in 531 male patients with definitive effort angina pectoris or myocardial infarction using the Bruce protocol. Patients were divided into four groups according to  $\Delta$ ST during exercise and 1-2 min after exercise; 1) no TET or post-exercise  $\Delta$ ST (Nn,  $n=192$ ), 2) only post-exercise  $\Delta$ ST (Np,  $n=36$ ), 3) only TET  $\Delta$ ST (Pn,  $n=112$ ), 4) both TET and post-exercise  $\Delta$ ST (Pp,  $n=66$ ). Patient profiles, parameters during TET, echocardiographic and coronary angiographic findings and outcome during the year after TET were compared between the Nn and Np or Pn and Pp groups.

The percentage of patients treated with  $\beta$ -blocker was higher in the Np than that in the Nn group (Nn: 45%, Np: 64%,  $p<0.05$ ) and systolic blood pressure declined at 1 min after exercise from peak exercise in the Nn, but not in the Np group (Nn: 175→167 mmHg,  $p<0.05$ ; Np: 170→170 mmHg, not significant). There was no difference in age, other parameters during TET, echocardiographic and coronary angiographic findings and outcome between the Nn and Np group. The incidence of right coronary artery stenosis and that of patients with multi-vessel disease were higher in the Pp than those in the Pn group (Pn: 41%, 58%, Pp: 65%, 73%, both  $p<0.05$ ). The occurrence of chest pain during exercise was higher in the Pp than the Pn group in spite of less  $\Delta$ ST at peak exercise. However, systolic blood pressure declined after exercise in the Pn group, but not in the Pp group (Pn: 164→158 mmHg,  $p<0.05$ ; Pp: 166→164 mmHg, not significant).

These results confirmed that the clinical significance of post-exercise  $\Delta$ ST in patients without TET  $\Delta$ ST differs from that in patients with TET  $\Delta$ ST and suggests that post-exercise  $\Delta$ ST without  $\Delta$ ST during exercise may be associated with an abnormal response to imbalances in the cardiovascular sympathetic system in the post-exercise period rather than with myocardial ischemia.

---

慶應義塾大学医学部 老年科, \*呼吸循環器内科: 〒160 東京都新宿区信濃町 35

Department of Geriatric Medicine, \*Cardiopulmonary Division, Department of Internal Medicine, Keio University School of Medicine, Tokyo

Address for reprints: SHINMURA K, MD, Department of Geriatric Medicine, Keio University School of Medicine, Shinanomachi 35, Shinjuku-ku, Tokyo 160

Manuscript received November 9, 1995; accepted February 5, 1996

**Key Words****exercise test (treadmill), ST-segments, coronary artery disease, blood pressure**

## はじめに

運動負荷心電図検査において運動負荷検査中には心電図変化を認めないものの、運動負荷終了後にST変化が出現する症例にしばしば遭遇する。しかし、運動負荷終了後のST変化に関する臨床的検討は少なく、その意義、機序については明確にされていない。

以前は運動負荷終了後のみのST変化は偽陽性が多く、病的意義が低いと考えられていた<sup>1)</sup>。しかし、近年、運動負荷終了後のみのST低下も運動負荷中のST低下と同等に虚血性心疾患の診断あるいは予後判定上の意義を有するとする報告がなされた<sup>2-5)</sup>。しかし、これらの検討は心電図の判定方法、対象の選択や対比する対照群の選定が様々で、いまだに運動終了後にのみ出現するST低下の意義付けは確立されたとはいえない。

我々は、運動負荷終了後に出現するST変化の臨床的意義を再評価し、その機序への理解を深めることを目的として、虚血性心疾患を有する男性例の運動負荷心電図検査と臨床背景を対比させた retrospective study を行った。

## 対象と方法

1993年4月からの1年間に当院心機能室でトレッドミル運動負荷心電図検査(treadmill exercise test, 以下トレッドミル)を受けた男性虚血性心疾患患者531例を対象とした。虚血性心疾患の診断は、1) 過去において典型的な胸痛かつトレッドミル陽性、2) 冠動脈造影での有意狭窄の確認によって診断された労作性狭心症、3) 胸痛、心電図変化、血清酵素変動のいずれか2項目以上で診断された心筋梗塞の既往とした。これらの虚血性心疾患症例に経過観察、運動耐容能の評価を目的として症候限界性にトレッドミルを行った。検査は午前中に行い、朝の治療薬は通常通り使用させた。

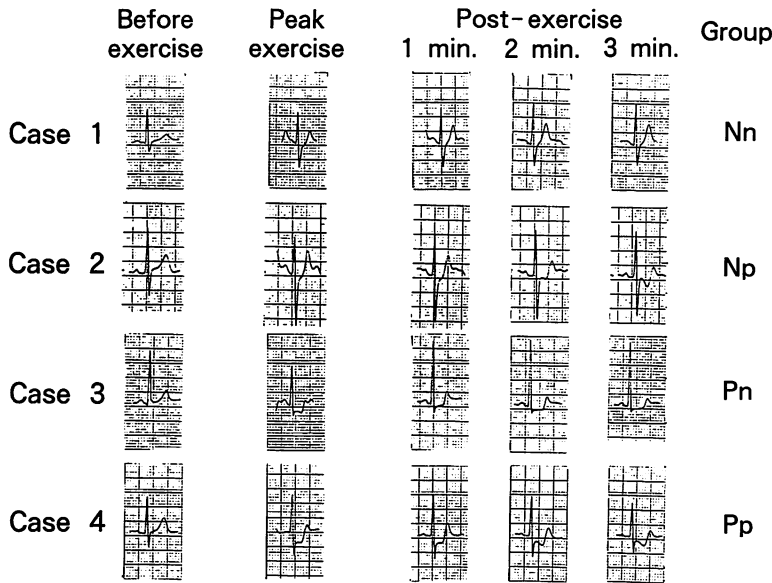
トレッドミルはBruce法に従い段階的に行い、陽性基準は、1) 上行傾向型(upsloping)のST変化ではj点より80 msec後方での2 mm以上のST低下、2) 水平型(horizontal)もしくは下行傾向型(downsloping)のST変化では1 mm以上のST低下、または3) 漸増性で安

静で軽快する狭心痛の出現をもって行った。ジギタリス内服例、左脚ブロック例、ストレイン型左室肥大例、負荷時ST上昇例、有意なST変化を伴わない非典型的胸痛出現例の計78例と、胸痛以外の症状で検査中止となった不完全検査例のうち、運動耐容能7 METs未満の47例を検討から除外した。

トレッドミル陰性と判定された63例と、不完全検査と診断されたが7 METs以上の運動耐容能を有する165例の計228例を運動負荷陰性群(N群)とした。これらN群と運動負荷陽性群(P群)178例とを運動負荷後のST変化の有無で更におのおの2群に分けた。N群では、運動負荷終了後1-2分の早期に水平型もしくは下行傾向型に1 mm以上STが低下した症例をNp群とし、残りをNn群とした。P群では、運動負荷終了後1-2分にSTの型が水平型もしくは下行傾向型に変化したか、ST低下が1 mm以上増強した症例をPp群とし、残りをPn群とした。

Nn群、Np群とP群との間、Pn群とPp群との間で臨床背景、心エコー図、トレッドミル以前に行われた冠動脈造影所見、トレッドミル施行時の血行動態指標、予後を比較した。検討した項目は、トレッドミル施行時の年齢、内服薬、糖尿病合併の有無、心筋梗塞の既往の有無(心電図上Q波の有無)、インターベンション治療の既往、トレッドミル施行時の心拍数、収縮期血圧、double product、心電図変化、胸痛の出現、総運動時間、心エコー図でのMモード計測値、壁運動異常の有無、冠動脈造影での有意狭窄の有無、トレッドミル施行後1年間での心事故発生の追跡である。冠動脈造影の判定に際して冠動脈バイパス術施行例は検討から除外し、インターベンション施行例では確認造影での結果を用いた。冠動脈病変は、American Heart Association(AHA)分類に従い、75%以上(左主幹部は50%以上)の狭窄をもって有意とした。本研究はprospective studyでなく、冠動脈造影施行とトレッドミル施行の時期が同一でないため、詳細な狭窄度、側副血行の評価は行わなかった。

本研究における全ての定量項目は、平均±標準誤差で表した。各群間の比較において、定量項目は2群間ではunpaired t検定で、3群間では分散分析法で、同一



**Fig. 1** Four patterns of ST-segment changes during and after the treadmill exercise test (TET)

Nn group: no TET or post-exercise  $\Delta$ ST group, Np group: only post-exercise  $\Delta$ ST group, Pn group: only TET  $\Delta$ ST group, Pp group: both TET and post-exercise  $\Delta$ ST group.

Case 1 (Nn group): No significant ST depression either during or after exercise.

Case 2 (Np group): No significant ST depression during exercise, but downsloping depressed ST segment appeared at 1–3 min of the post-exercise recovery period.

Case 3 (Pn group): Horizontal ST depression during peak exercise, which improved at 1 min of the post-exercise period.

Case 4 (Pp group): Significant ST depression at peak exercise, and deteriorated pattern and depth of ST depression during 1–3 min of post-exercise period.

**Table 1** Characteristics of patient groups

	Nn group (n=192)	Np group (n=36)	P group (n=178)	Pn group (n=112)	Pp group (n=66)
Age (yr)	59±1	58±1	61±1	60±1	62±1
Medication (%)					
Nitrates	36	31	50*	47	52
$\beta$ -blocker	45	64*	74*	72	78
Ca-blocker	61	64	60	60	59
Diabetes mellitus (%)	19	22	15	13	17
Prior myocardial infarction (%)	53	56	44	48	36
(Q: nonQ%)	(58:42)	(42:58)	(41:59)	(44:56)	(35:65)
Past PTCA or DCA (%)	32	28	22	25	17
Past CABG (%)	14	14	9	7	13

\* $p < 0.05$  vs Nn group.

Explanation of the groups as in Fig. 1.

PTCA = percutaneous transluminal coronary angioplasty; DCA = directional coronary atherectomy; CABG = coronary artery bypass grafting.

群内での各時点間では paired  $t$  検定で検討した。定性項目はその陽性率、陰性率を 2 群間で  $\chi^2$  検定により検定し、いずれも  $p < 0.05$  をもって有意差の判定とした。

## 結 果

### 1. 臨床背景

Np 群は水平型の ST 低下 12 例と下行傾向型の ST 低下 24 例の計 36 例とし、N 群の残りの 192 例を Nn 群とした。Pp 群は水平型の ST 低下に変化した 1 例、下行傾向型の ST 低下に変化した 52 例と ST 低下が増強した 11 例から成る計 66 例で、P 群の残りの 112 例を Pn 群とした。代表例を Fig. 1 に示す。

年齢、糖尿病合併率、心筋梗塞既往は Nn–Np 群間、Pn–Pp 群間で差を認めなかった (Table 1)。使用薬物で  $\beta$  遮断薬使用率が Nn 群に比べ Np 群、P 群で有意に高値であった。硝酸薬使用率も P 群で Nn 群に比べ高値であった。トレッドミル前の経皮的冠動脈形成術 (PTCA) および冠動脈バイパス術施行率は各群同等であった。

### 2. トレッドミルの各指標

Np–Nn 群間、Pn–Pp 群間でトレッドミル中の血行動態指標は差を認めなかったが、Np 群は P 群と比べ総運動時間、最大運動時の心拍数、double product は低値

で、その結果、運動終了後1分での心拍数、double product も低値であった (Fig. 2, Table 2). 収縮期血圧は Nn 群, Pn 群では運動負荷ピーク時から負荷終了後1分にかけて有意に低下したが, Np 群, Pp 群では有意な変化を認めなかった (Fig. 2). 運動中の胸痛出現率は Pp 群で高く、運動中の最大 ST 低下度は Pn 群で高度であったが、運動終了後では最大 ST 低下度は Pp 群で高度であった (Table 2).

### 3. 心エコー図, 冠動脈造影所見

心エコー図所見では、壁運動異常の合併率が Nn 群, Np 群に比べ P 群で低値であったが、左室肥大合併率, 左室径, 駆出率には差を認めなかった (Table 3). 罹患冠動脈部位では左主幹部, 左前下行枝, 左回旋枝には Nn-Np 群間, Pn-Pp 群間で差を認めなかったが、右冠動脈病変は Nn 群に比べ P 群で高率で、特に Pp 群に多かった。左冠動脈主幹部を除いた罹患冠動脈数は Nn 群と Np 群の間では差を認めなかったが, Pp 群は Pn 群に比べ多枝病変例の占める割合が大きかった (Fig. 3).

### 4. 予 後

トレッドミル施行後1年間での心事故の発生を追跡した (Table 4). 入院を要した狭心症の不安定化, 新たな冠動脈インターベンションの施行, 新たに発生した心筋梗塞, 心不全の発生, 突然死をもって心事故とすると、発生率は Nn-Np 群間, Pn-Pp 群間では差を認めなかったが, P 群は Nn 群に比べ有意に高率であった. 各群ごとにトレッドミル結果から運動耐容能別に心事故発生率を階層化すると, Np 群における心事故の発生は運動耐容能の低い (7 METs) 症例のみにみられ, Pp 群では運動耐容能の良い (10 METs) 症例においても認められた (Fig. 4).

## 考 案

運動中、運動終了時には有意な ST 変化を認めないものの、終了後 ST 変化が出現する症例が存在する. その所見が心筋虚血を示唆するか否かといった議論は 1970 年代よりなされてきたが、いまだ決着をみず、その機序についても不明である.

運動負荷陰性で運動後 ST 低下が出現する頻度は 3-6% とけて高いものではなく<sup>2,5)</sup>, 本研究でも 9% であった. その診断基準は確立しておらず、再現性が高

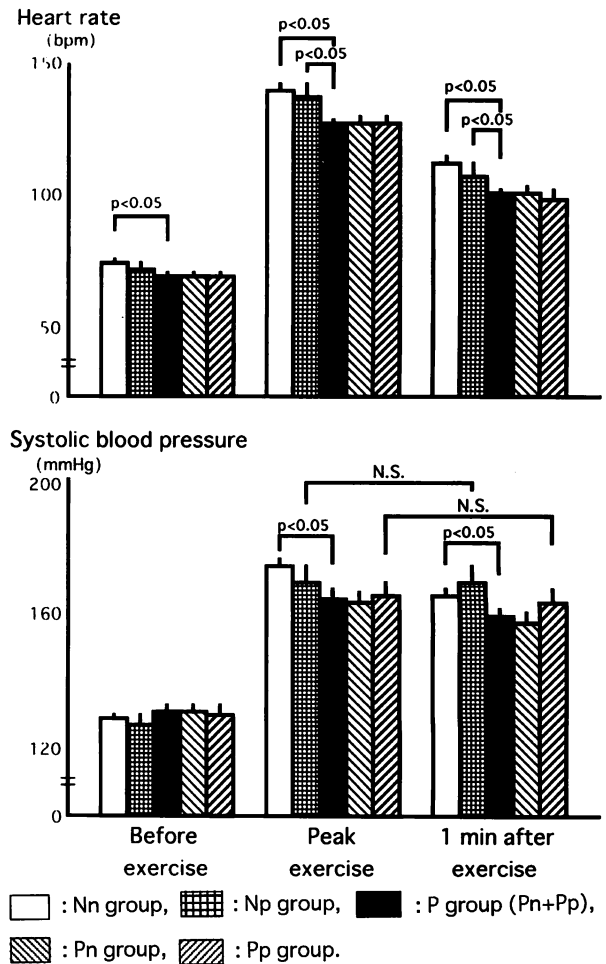


Fig. 2 Changes in heart rate (upper) and systolic blood pressure (lower) during TET in each group

Before exercise, the heart rate in the P group was significantly lower than that in the Nn group. At peak exercise and 1 min after exercise, the heart rate in the P group was all lower than that in the Nn and Np groups.

Although there was no significant difference in systolic blood pressure before exercise, the systolic blood pressure in the P group at peak exercise and 1 min after exercise was lower than that in the Nn group. Systolic blood pressure in the Nn and Pn groups decreased significantly from peak exercise to 1 min after exercise, but no post-exercise decrease in systolic blood pressure was found in the Np and Pp groups.

Explanation of the groups as in Fig. 1.

NS=not significant.

くないことも臨床研究上制限となってきた. 主に胸痛症候群を対象としたこれまでの報告<sup>2-4)</sup>では、運動負荷終了後のみの ST 変化, 特に運動終了後 1-3 分に増強する ST 低下は、心筋虚血の反映である可能性が高いとされた. Froelicher<sup>2)</sup>は、この所見が血行動態の指標から運動耐容能がやや低下している群に多くみられることから、physical fitness の低下をその機序として推測した. しかし、physical fitness の低下は心筋虚血の出現

Table 2 Parameters from treadmill exercise test

	Nn group (n=192)	Np group (n=36)	P group (n=178)	Pn group (n=112)	Pp group (n=66)
Total exercise time (sec)	568±9	600±16	481±10*†	489±13	466±16
Achieved stage of Bruce method (%)					
2	5	3	22	22	22
3	36	36	49	43	59
4	49	53	25	28	19
5	9	8	4	7	0
6	1	0	0	0	0
ST-T segment abnormality at rest (%)	40	33	41	38	45
QTc interval at rest (sec)	0.42±0.01	0.42±0.01	0.42±0.01	0.42±0.01	0.41±0.01
Double product before exercise (mmHg·bpm)	9,678±161	9,168±342	9,163±162	9,220±214	9,061±241
Chest pain during exercise (%)	0	0	56	48	60 <sup>#</sup>
Maximum ST depression during exercise (mV)	0.5±0.1	0.7±0.2	2.3±0.1*†	2.4±0.1	2.1±0.1 <sup>#</sup>
Double product at peak exercise (mmHg·bpm)	24,486±460	23,483±1048	21,134±475*†	21,161±632	21,085±701
Maximum ST depression between 1 and 2 min after exercise (mV)	0.2±0.1	1.5±0.2*	1.3±0.1*	1.1±0.1	1.7±0.1 <sup>#</sup>
Double product at 1 min after exercise (mmHg·bpm)	18,782±385	18,543±838	16,300±382*†	16,238±506	16,409±566

\* $p < 0.05$  vs Nn group, † $p < 0.05$  vs Np group, # $p < 0.05$  vs Pn group.  
Explanation of the groups as in Fig. 1.

Table 3 Echocardiographic and coronary angiographic findings

	Nn group	Np group	P group	Pn group	Pp group
Echocardiography	(n=121)	(n=27)	(n=127)	(n=80)	(n=47)
LV hypertrophy (%)	18	11	26	26	26
LV wall motion abnormality (%)	63	74	46*†	53	36
LV end-diastolic dimension (cm)	5.0±0.1	5.0±0.1	4.0±0.1	4.9±0.1	4.9±0.1
LV end-systolic dimension (cm)	3.4±0.1	3.3±0.1	3.3±0.1	3.3±0.1	3.3±0.1
Ejection fraction (%)	59±1	61±2	61±1	61±1	61±1
Coronary angiography	(n=164)	(n=29)	(n=155)	(n=100)	(n=55)
Stenotic vessel (%)					
Left main trunk	10	14	7	8	5
Left anterior descending branch	73	79	81	83	76
Left circumflex branch	38	55	49	48	51
Right coronary artery	35	31	50*	41	65 <sup>#</sup>

\* $p < 0.05$  vs Nn group, † $p < 0.05$  vs Np group, # $p < 0.05$  vs Pn group.  
Explanation of the groups as in Fig. 1.

と必ずしも合致するものではない。我が国においても運動負荷終了後のみの ST 低下例には虚血性心疾患例が含まれるといった報告<sup>6-8)</sup>が散見されるが、その機序や予後についての検討はなされていない。

本研究は運動負荷終了後のみの ST 変化による虚血性心疾患診断の可能性よりも、その臨床的意義、出現機序を推測することを目的とした。このため虚血性心疾患を有する男性例のみを対象として臨床的検討を行った。運動負荷終了後のみの ST 変化といっても、運動終了直後、1-3 分後の早期、5 分以降とでは、その

意義は異なる<sup>9)</sup>とされ、本研究では運動終了後 1-2 分での ST 変化のみを評価し、その判定は運動中の虚血診断時と同様の基準で行った。更に運動負荷陰性群と対比するため、運動負荷陽性例のうち、より心筋虚血を示唆する ST 変化と考えられる ST パターンの変化や ST 低下が増強した<sup>10)</sup>例を運動負荷後陽性とした。厳密には投薬中止下での検査が好ましいが、検査前・中・後の危険を考慮し投薬は継続した。本研究は prospective study ではないため、冠動脈造影施行はトレッドミルと施行時期が一致せず、その検査の所見が、必ずし

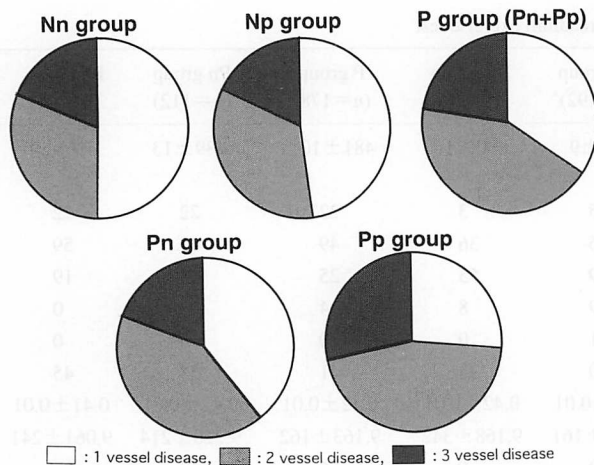


Fig. 3 Number of stenotic vessels in patient groups

There was no difference in the number of stenotic vessels between the Nn, Np and P groups. However, the percentage of patients with double- or triple-vessel disease was significantly higher in the Pp group than that in the Pn group. Explanation of the groups as in Fig. 1.

もトレッドミルの結果に対応していない可能性もある。更に今回の検討では、側副血行の影響などの詳細な検討は不可能と判断した。これらの点で本研究には限界があるが、いくつかの興味深い結果が認められた。

本研究において Np 群では、Nn 群との間において  $\beta$  遮断薬使用率と運動負荷終了後早期での血圧回復様式に差を認め、P 群とは総運動負荷量と壁運動異常の合併率に差を認めた。本研究の対象は運動負荷により虚血を起こしうる症例であり、薬物などの治療によりその病態が修飾されうる。 $\beta$  遮断薬は運動中の double product 増加を抑制し、胸痛出現と ST 低下の関係を修飾し、運動耐容能を改善する<sup>11)</sup>。したがって Np 群は良好な治療効果による心筋虚血の偽陰性化である可能性がある。

運動負荷後の血圧回復の遅延は、虚血性心疾患においてしばしば出現し<sup>12-16)</sup>、その機序として虚血誘発による左心機能の低下<sup>12,13)</sup>、末梢血中への catecholamine、主に norepinephrine の過剰な分泌の関与<sup>14)</sup> が推測された。すなわち左室機能低下による心拍出量の減少が冠血流の低下をきたし、更に心筋虚血を増強することが運動負荷後の ST 変化増強の機序であるとするれば、Np 群の運動負荷終了後の血圧回復遅延は norepinephrine による末梢血管抵抗増加により冠灌流圧を維持しようとする代償機転との推測もできるかもしれない。

しかし、先の報告では、 $\beta$  遮断薬投与はこの現象を修飾せず<sup>12)</sup>、心電図変化の増強が出現するとの記載も

ない<sup>12,16)</sup>。更に  $\beta$  遮断薬使用例の多い Np 群で、運動終了後の血圧回復が遅延した。薬剤投与下とはいえ Np 群には胸痛出現例は含まれず、Nn 群と虚血性心疾患の内容、総運動量、最大運動時の double product が同等であったことは、Np 群の運動終了後の ST 変化出現は全て心筋虚血に由来するものではないことを示唆する。このことは以後の心事故発生率に差がないことから支持される。

心筋虚血が心筋の自律神経不均衡を起こすことは実験的には明らかにされている<sup>17)</sup>。したがって運動負荷終了後のみの ST 変化出現の機序は、運動終了時の過剰な catecholamine 分泌により生じた心血管の交感神経系興奮の運動後の回復過程の差が、その不均衡下における心筋の脱分極異常をもたらすことが本態なのではないかと推測した。交感神経系不均衡は、T 波の形態変化のみならず、ST 部分の偏位をも引き起こす可能性は推測されている<sup>18)</sup>。Np 群で  $\beta$  遮断薬の使用率が高かったのは、 $\beta$  遮断薬により補正されていた心筋脱分極異常が、運動終了時の過剰な catecholamine 分泌により顕性化し、運動後に ST 変化を生じたからではないだろうか。

いずれにせよ今回の検討からは、運動耐容能が不十分な症例の運動負荷後のみの ST 変化は、physical fitness 低下による偽陰性化と、十分な運動耐容能を有する症例では運動負荷陰性と解釈すべきと考えられた。

Pp 群には、右冠動脈を含む多枝病変例が多く、一方で心筋梗塞既往例、壁運動異常合併例が少ない傾向を認めた。運動終了後の ST 低下増強は、より心筋虚血の検出率を高め<sup>9,19)</sup>、運動終了後の血圧回復遅延も認めることから、Pp 群で心筋虚血が誘発された可能性は極めて高い。一方で、運動終了後の ST 変化増強は多枝病変に多いものの、一枝病変例にも認められる<sup>19)</sup>。今回の結果から、Pp 群では胸痛閾値が相対的に低い蘇生可能な心筋の存在する可能性が推測される。

良好な側副血行の存在は運動中の ST 低下そのものには影響せず、運動終了後の ST 低下回復を促進すると報告されているが<sup>20,21)</sup>、多枝病変例において不十分な側副血行、危機にさらされた側副血行 (jeopardized collateral) の存在は、逆に運動終了後の ST 低下回復を遅延させる可能性も推測されうる。本研究では側副血行の評価をしていないが、Pp 群では胸痛、高度な虚血

Table 4 Prognosis during 1 year after treadmill exercise test

	Nn group (n=192)	Np group (n=36)	P group (n=178)	Pn group (n=112)	Pp group (n=66)
Incidence of cardiac events (%)	5	8	18*	18	19
Major cardiac event (n)					
Unstable angina	4	2	5	3	2
Coronary intervention	4	0	22	13	9
Newly developed myocardial infarction	2	1	2	2	0
Congestive heart failure	0	0	2	2	0
Sudden death	0	0	2	1	1

\* $p < 0.05$  vs Nn group.

Explanation of the groups as in Fig. 1.

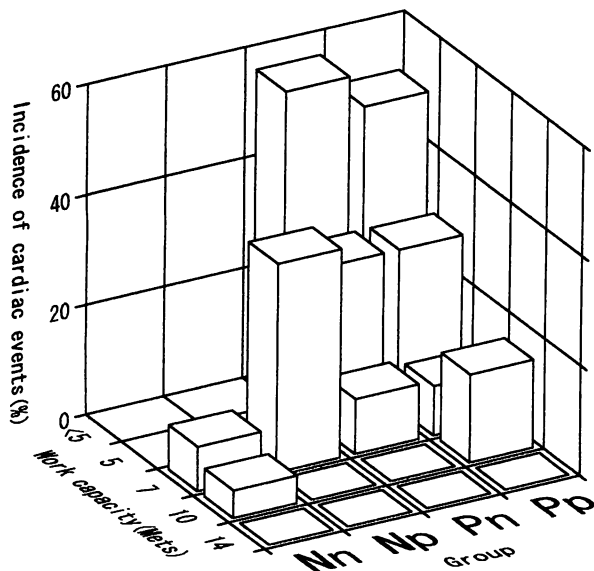


Fig. 4 Incidence of cardiac events in patient groups divided by work capacity estimated from TET

Cardiac events in the Np group occurred only in patients with a lower work capacity (7 METs). Cardiac events in the Pp group developed even in patients with a good exercise capacity (10 METs).

Explanation of the groups and abbreviation as in Fig. 1.

による運動終了後の catecholamine の過剰分泌と、不十分な側副血行により運動終了後の心筋血流再分配を起こして ST 低下が増強された可能性は十分ある。このことを証明するには、時間解像力の優れた PET などの

特殊な方法により、動的に心筋血流分布を観察する必要がある。更に運動負荷終了後の ST 変化増強例では、比較的運動耐容能の良好な症例においても心事故の発生がみられたことは、誘発される虚血以外に交感神経系・内分泌系反応の予後への関与を示唆し、着目すべき点ではないかと考えた。

## 結 語

男性虚血性心疾患症例において運動終了後に出現する ST 変化の臨床的意義、その機序を検討した。

1. 運動終了後のみの ST 低下の出現は、 $\beta$ 遮断薬治療例に多く、運動終了後の収縮期血圧の回復遅延がみられたが、運動終了後の ST 低下を認めない他の運動負荷陰性例と比べ、臨床背景、冠動脈病変、総運動量、心機能、予後には差を認めなかった。このことから運動後の ST 低下出現の機序として、虚血そのものより運動後の心血管交感神経系回復過程の差異の関与が大きいと推測した。

2. 運動負荷陽性例における運動終了後の ST 低下増強は、多枝病変による高度な虚血の存在と虚血回復過程における側副血行・心交感神経系による修飾を反映し、運動終了後のみに出現する ST 変化とは必ずしも同意義でないと考えられた。

## 要 約

近年、運動負荷終了後のみ出現するST変化は、運動負荷陽性と同等に虚血性心疾患の診断的あるいは予後判定上意義が高いと報告された。しかし、その臨床的意義はいまだ確立したとはいえ、出現機序も明らかでない。そこで、我々は運動終了後のST変化の臨床的意義を再評価し、その機序への理解を深めることとした。

虚血性心疾患と確定診断された男性531例中、判定不能・運動耐容能7 METs未達の不完全検査例125例を除いた406例を対象とした。症候限界性にBruce法でトレッドミル運動負荷検査を施行し、運動中の心電図判定と運動終了後1-2分におけるST変化の有無で、判定陰性・運動後ST変化(+):36例(Np群),同(-):192例(Nn群),判定陽性・運動後ST変化(+):66例(Pp群),同(-):112例(Pn群)の4群に分け、臨床背景,検査所見,予後を対比した。

NpとNnでは、臨床背景,冠動脈病変,総運動量,心機能,予後には差を認めなかったが,Npでは $\beta$ 遮断薬治療例が多く(Nn:45%,Np:64%, $p<0.05$ ),Nnでみられた最大運動時から運動終了後1分での収縮期血圧低下を認めなかった(Nn:175→167, $p<0.05$ ;Np:170→170 mmHg,有意差なし)。PpではPnと比べ予後に差がなく,運動中の最大ST低下は小であった(Pn:2.5,Pp:2.1 mV, $p<0.05$ )が,運動終了後の収縮期血圧の低下を認めなかった(Pn:164→158, $p<0.05$ ;Pp:166→164 mmHg,有意差なし)。右冠動脈病変・多枝病変例が多く(右冠動脈罹患率Pn:41%,Pp:65%,多枝病変率Pn:58%,Pp:73%,ともに $p<0.05$ ),運動中の胸痛出現率が高かった(Pn:48%,Pp:60%, $p<0.05$ )。

このことから運動負荷陰性例と陽性例では、運動終了後のST変化出現の意義は異なることが再確認され、運動終了後のみ出現するST低下は心筋虚血そのものよりも、心血管交感神経系の運動後の回復反応異常を反映しているものと推測した。

J Cardiol 1996; 27: 231-239

## 文 献

- McHenry PL, Moris SN: Exercise electrocardiography: Current state of the art. *in* Advances in Electrocardiography, Vol 2 (ed by Schlant RC, Hurst JW). Grune & Stratton, New York, 1976; pp 265-304
- Froelicher VF: Interpretation of ECG responses. *in* Exercise and the Heart (ed by Froelicher VF, Myers J, Follansbee WP, Labovitz AJ), 3rd Ed. Mosby, St. Louis, 1993; pp 111-115
- Savage MP, Squires LS, Hopkins JT, Raichlen JS, Park CH, Chung EK: Usefulness of ST-segment depression as a sign of coronary artery disease when confined to the postexercise recovery period. *Am J Cardiol* 1987; **60**: 1405-1406
- Froelicher VF, Thompson AJ, Longo MR Jr, Triebwasser JH, Lancaster MC: Value of exercise testing for screening asymptomatic men for latent coronary artery disease. *Prog Cardiovasc Dis* 1976; **18**: 265-276
- Karnegis JN, Matts J, Tuna N, Amplatz K, the POSCH group: Comparison of exercise-positive with recovery-positive treadmill graded exercise tests. *Am J Cardiol* 1987; **60**: 544-547
- 田村 敬二, 鼠尾祥三, 田中淳二, 忠岡信一郎, 長谷川浩一, 沢山俊民: Treadmill 負荷後の回復期に downward ST 下降を生じる例の冠動脈疾患診断における有用性について. *Jpn J Electrocardiol* 1990; **10**: 574 (abstr)
- 中原則昭, 森本 寛, 小出 靖, 鈴木 淳, 豊福深奈, 島田尚史, 金丸修三, 四倉正之, 岡田道雄, 石川恭三: トレッドミル運動負荷心電図の回復期ST変化による虚血性心疾患の診断: ST/HR slope との対比. *Jpn J Electrocardiol* 1990; **10**: 577 (abstr)
- 及川直樹, 山下武志, 井上 博, 安喰恒輔, 郭 宗徳, 碓井雅博, 村川祐二, 野崎 彰, 杉本恒明: 運動負荷回復期ST下降が増す例の検討: 負荷 T1 心筋シンチグラムとの対比. *Jpn J Electrocardiol* 1991; **11**: 596 (abstr)
- Barlow JB: The "false positive" exercise electrocardiogram: Value of time course patterns in assessment of depressed ST segments and inverted T waves. *Am Heart J* 1985; **110**: 1328-1336
- Goldschlager N, Selzer A, Cohn K: Treadmill stress tests as indicators of presence and severity of coronary artery disease. *Ann Intern Med* 1976; **85**: 227-286
- 斉藤宗靖: 運動負荷試験による薬剤効果の評価. *in* 心臓病と運動負荷心電図. 中外医学社, 東京, 1990; pp 191-197
- Amon KW, Richards KL, Crawford MH: Usefulness of the postexercise response of systolic blood pressure in the diagnosis of coronary artery disease. *Circulation* 1984; **70**: 951-956
- Miyahara T, Yokota M, Iwase M, Watanabe M, Matsunami T, Koide M, Saito H, Takeuchi J: Mechanism of abnormal postexercise systolic blood pressure response and its diagnostic value in patients with coronary artery disease. *Am Heart J* 1990;



- 120 : 40-49
- 14) Fujita T, Ajisaka R, Matsumoto R, Iida K, Sugishita Y, Ito I, Takeda T, Akisada M : Variable neurohumoral and hemodynamic responses to exercise in patients with exertional angina. *Clin Cardiol* 1987; **10** : 99-103
- 15) Acanfora D, De Caprio L, Cuomo S, Papa M, Ferrara N, Leosco D, Abete P, Rengo F : Diagnostic value of the ratio of recovery systolic blood pressure to peak exercise systolic blood pressure for the detection of coronary artery disease. *Circulation* 1988; **77** : 1306-1310
- 16) Hashimoto M, Okamoto M, Yamagata T, Yamane T, Watanabe M, Tsuchioka Y, Matsuura H, Kajiyama G : Abnormal systolic blood pressure response during exercise recovery in patients with angina pectoris. *J Am Coll Cardiol* 1993; **22** : 659-664
- 17) Inoue H, Skale BT, Zipes DP : Effects of ischemia on cardiac afferent sympathetic and vagal reflexes in dog. *Am J Physiol* 1988; **255** : H26-H35
- 18) Lehmann KG, Shandling AH, Yusi AU, Froelicher VF : Altered ventricular repolarization in central sympathetic dysfunction associated with spinal cord injury. *Am J Cardiol* 1989; **63** : 1498-1504
- 19) 笠松 謙, 佐藤磐男, 高木 洋, 高垣健二, 下村克朗 : 運動中と回復期の ST 低下度による冠動脈病変の有無と重症度の推定. *心臓* 1991 ; **23** (Suppl I) : 58-59
- 20) Tubau JF, Chaitman BR, Bourassa MG, Lespérance J, Dupras G : Importance of coronary collateral circulation in interpreting exercise test results. *Am J Cardiol* 1981; **47** : 27-32
- 21) Bonetti F, Margonato A, Mailhac A, Carandente O, Cappelletti A, Ballarotto C, Chierchia SL : Coronary collaterals reduce the duration of exercise-induced ischemia by allowing a faster recovery. *Am Heart J* 1992; **124** : 48-55