

운동부하 심전도에서 V₁ 유도 ST절 상승의 임상적 의의

원광대학교 의과대학 내과학교실

박종철 · 김민석 · 손성식 · 소재범 · 오경아
유남진 · 정진원 · 박양규 · 박옥규

= Abstract =

ST Segment Elevation in Lead V₁ on Treadmill Exercise Test in the Patients with Angina : A Predictor of Coronary Artery Disease and It's Location

Jeong Cheol Park, M.D., Min Suck Kim, M.D., Sung Shik Son, M.D.,
Jae Bum So, M.D., Kyeong A Oh, M.D., Nam Jin Yoo, M.D.,
Jin Won Jeong, M.D., Yang Kyu Park, M.D., Ock Kyu Park, M.D.
*Division of Cardiology, Department of Internal Medicine,
Wonkwang University School of Medicine, Iksan, Korea*

Objectives : To assess the relationship between ST segment elevation during exercise testing and coronary artery disease.

Methods : Treadmill exercise electrocardiography and coronary angiography were performed in 137 patients with angina with no Q waves. The J point elevation of $> 0.03\text{mV}$ (0.3mm) measured from baseline, the elevation of ST segment at 80msec. from J point (ST80) measured larger in lead V₁ than in aV₁, or both the elevation of ST segment at J point and at ST80 developed earlier than or concomitantly with ST depression were considered as abnormal responses.

Results :

- 1) There was no clinical significance of ST elevation in lead aV₁.
- 2) Exercise-induced ST elevation in lead V₁ occurred in 29 of 137 patients with angina.
- 3) Abnormal ST elevation in V₁ was detected in 26 of 86 patients with coronary artery disease, for a specificity of 98%. The patients with left anterior descending coronary artery or left main coronary artery stenosis were observed in 3 of 5 (60%) patients with single-vessel disease, in 7 of 9 (79%) with two-vessel disease, and in 9 of 10 (90%) with three-vessel disease.
- 4) The standard ST depression yielded a specificity of 55% in the patients with isolated or predominant ST depression in inferior leads (II, III, and aV_F) and of 81% in the patients with isolated or predominant ST depression in precordial leads ($P < 0.001$).
- 5) Abnormal exercise-induced ST elevation in V₁ was detected in 13 of 39 (33%) patients with isolated or predominant ST depression in inferior leads and yielded a specificity of 94% for coronary artery disease.

Conclusion : Abnormal ST segment elevation in V₁ may increase the specificity in isolated or

predominant ST segment depression in inferior leads and may predict left anterior descending or left main coronary artery disease

KEY WORDS : Angina · Exercise test.

서 론

운동부하 심전도 검사는 관동맥질환의 진단에 있어 비교적 간편하고 경제적인 비관혈적인 방법으로 널리 사용되고 있다. 운동부하 심전도상 나타나는 ST절 상승은 심실류, 이형협심증, 심한 심근허혈과 좌심실벽운동장애등에서 나타나며, 심근경색 후에는 주로 Q파가 나타나는 유도나 Q파유도에 인접한 유도에서 발생하며, 심실류에 의해 가장 빈번한 것으로 알려져 있다. Q파 심근경색이 없었던 환자에서 운동부하 심전도상 ST절 상승은 흔치는 않으나, 심한 심근허혈 부위를 나타내는 것으로 알려져 있으며⁽¹²⁾, 특히 V₁ 및 aV_L 유도의 ST절 상승은 전벽 심근허혈과 좌전하행지의 근위부 협착과 연관이 있다는 보고가 있으나³⁾, 정상인에서도 나타날 수 있어 이들의 임상적 의의는 분명치 않고 진단기준도 확실치 않다.

저자들은 관동맥질환 환자에서 운동부하 심전도상 V₁ 및 aV_L 유도의 ST절 상승의 특징을 알아보고, 비정상적 ST절 상승의 진단 기준을 정하고, 이들이 관동맥질환의 유무와 관동맥 협착 위치와의 예전에 도움을 줄 수 있을 것인가를 알아보기 위해 본 연구를 시행하였다.

대상 및 방법

1. 대 상

1단계는 1991년 1월부터 1993년 12월까지 117명과 2단계는 1991년 1월부터 1994년 3월까지 137명의 흉통을 주소로 내원하여 운동부하검사 및 관동맥조영술을 시행하였던 환자를 대상으로 하였으며 과거 심근 경색, digoxin 사용, 심방세동, WPW증후군, 좌각블록, 이형 협심증, 및 운동중 전형적인 ST절 상승이 있었던 경우는 제외하였다. 1단계는 운동부하 심전도상 V₁ 및 aV_L 유도의 ST절 상승의 특징을 알아보고 그 진단 기준을 정하기 위해 관동맥 협착 위치와의 관계를 알아보고, 2단계는 이들이 관동맥질환의 진단에 도움을 줄 수 있을 것인가를 알아보기 위하여 시행하였다. 1단계와 2단계 대상군 간의

연령, 남녀 성비 및 동맥경화에 대한 위험인자에 있어 유의한 차이는 없었다(Table 1).

2. 운동부하검사

검사전 62%의 환자에서 항협심증제(nitrate제제, 베타차단제, 칼슘차단제)의 투약을 하고 있는 상태로 최소 48시간 이전에 안정시 흉통이 없는 경우에 시행하였다. Marquette사의 AM3 Treadmill을 이용하여 Modified Bruce 또는 Bruce protocol로 증상제한 운동부하 검사를 시행하였으며, 운동전 앙와위 및 직립위에서, 운동도중과 회복기에는 매 3분마다 12유도 심전도 및 상완혈압을 측정하였다. 운동중 뚜렷한 협심증의 흉통이나 ST절 하강을 보일때 또는 다수의 부정맥, 수축기 혈압의 하강등이 나타나면 운동을 중지하였다. 심전도의 판독은 두명의 관찰자가 서로 독립적으로 시행하였으며, 양성반응은 1mm이상의 ST절 하강이 J점에서 보이며 J점으로 부터 0.08초(J + 80)에서 지속되는 편평(flat) 또는 하행곡선(downsloping)을 표준 ST절 지표 양성인 경우로 하였다. ST절 하강이 양성인 유도군과 ST절이 최대로 하강된 유도의 위치를 관찰하였고, V₁ 및 aV_L 유도의 ST절 상승은 J점과 J + 80에서 측정하여 직립위보다 0.3mm이상 상승한 경우로 하였다(Fig. 1). 또한 이러한

Table 1. Clinical characteristics of the subjects

	Phase I	Phase II
No of case	117	137
Age(yr)	57 ± 10	56 ± 10
M : F	1.4 : 1	1.5 : 1
Typical angina(%)	63	61
CCFC	2.8 ± 0.9	2.9 ± 0.9
Hypertension(%)	51	48
Hypercholesterolemia(%)	49	43
Smoking(%)	42	39
Diabetes Mellitus(%)	21	24
Nitrate(%)	63	61
β-blocker(%)	52	55
LVH(%)	26	21

CCFC : Canadian Cardiovascular Society Functional Class

ST절 하강과 상승의 시간관계도 관찰하였다.

결 과

3. 관동맥조영술

운동부하검사후 4일이내에 시행하였으며, 관상동맥 촬영은 전후위(AP) 및 좌측위(LL), 우전사위(RAO)와 좌전사위(LAO)를 포함한 두측 영상(cephalic view)과 미측영상(caudal view)을 여러 각도에서 측정하였고, 내경의 50%이상 협착을 보일때 유의한 병변으로 간주하였다.

4. 통 계

관찰 성적은 평균 \pm 표준편차로 표시하였고, 각 단계 및 각 군의 비교는 Machintosh의 Statview II 통계 프로그램을 이용하여 unpaired t-test에 의하여 검정하였고, contingency table을 적용하였다.

1. 1단계 연구에서 V_1 및 aV_L 유도에서의 ST절 상승으로 관동맥질환의 유무를 예측 할 수 있을 것인가를 알아 보면, V_1 유도는 ST절 상승이 다른 유도의 ST절 하강에 선행하거나 동시에 보일 경우는 J점에서 31예중 28예, J + 80에서 31예중 27예로 대부분 관동맥질환이 있었고, ST절 하강 이후나 단독으로 보일 경우는 J점에서 16예중 6예, J + 80에서 13예중 3예에서만 관동맥질환이 있었다. 관동맥진단율은 J점에서의 ST절 상승이 예민도 90%로 J + 80의 87% 보다 다소 높았고, V_1 유도에서 J점이 상승되고 J + 80에서의 상승정도가 aV_L 유도보다 큰 경우

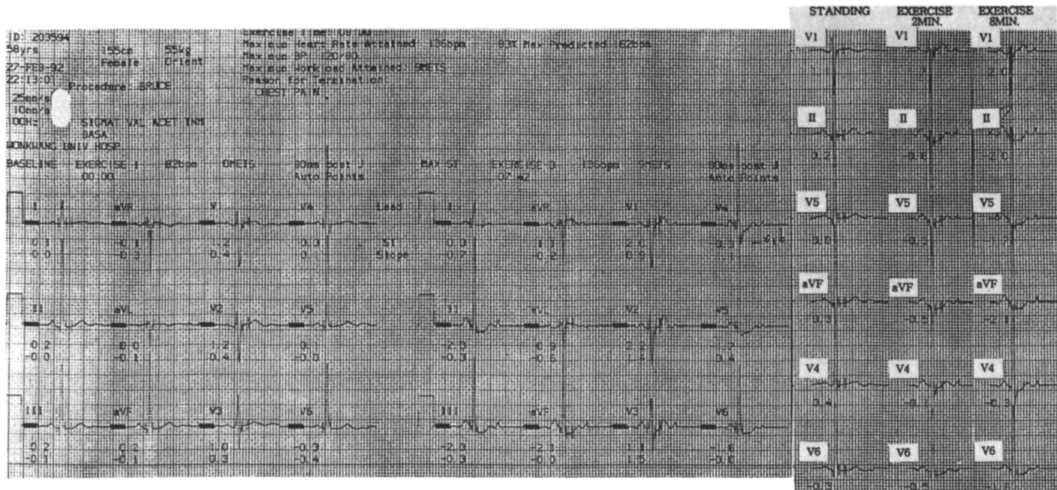


Fig. 1. An example of abnormal response with J point elevation of $> 0.03mV(0.3MM)$ measured from baseline, elevation of ST segment at 80msec. from J point(ST80) measured larger in lead V_1 than in aV_L , and both of above criteria developed earlier than or concomitantly with ST depression.

Table 2. Frequency of CAD according th the time relation between ST elevations in V_1 and aV_L and ST depression of positive standard criteria

	V_1				aV_L			
	Elevation ST-J		Elevation ST80		Elevation ST-Js		Elevation ST80	
	CAD (-)	(+)	CAD (-)	(+)	CAD (-)	(+)	CAD (-)	(+)
Before ST depression	0	1	0	2	0	3	1	3
With ST depression	3	27	4	25	18	30	18	26
After ST depression	4	0	5	1	1	0	1	1
With & after ST depression	2	2	0	2	3	0	0	0
No ST depression	4	4	5	0	7	6	7	4
Elevation ST-J and ST80 in $V_1 \geq$ ST80 in aV_L							1	25

CAD : Coronary artery Disease

Table 3. Frequency of abnormal elevation of ST segment in V₁ in relation to angiographic lesions

	OVD	1VD	2VD	3VD	LMD(Pure)
No of case	35	33	19	30	13(4)
ST elevation in V ₁	1	5	9	10	7(2)
Lesion of prox.LAD		3	7	9	2
(%)		(60)	(78)	(90)	

VD : vessel disease, LMD : left main coronary artery disease, prox.LAD : proximal left anterior dencending

Table 4. Frequency of abnormal elevation of ST segment in V₁ in the patients with (+) or without (-) coronary artery disease(CAD) in the phase II study

	CAD (-)	CAD (+)
- ST elevation V ₁	44(98%)	64
+ST elevation V ₁	1	28(30%)
Total	45	92

에 26예중 25예로 관동맥질환의 진단 특이도가 96%로 더 높았다. 반면, aV_L 유도에서 ST절 상승은 J점에서 68예 중 39예, J + 80에서 61예중 34예로 관동맥질환의 예측율이 낮았다(Table 2).

2. 1단계 연구에서 V₁ 유도 ST절의 비정상적 상승을 보인 경우에 관동맥의 협착위치를 조사한 결과 좌전하행지 상부의 병변이 단일 혈관질환에서는 60%(5예중 3명), 2혈관질환에서는 78%(9예중 7명), 3혈관질환에서는 90%(10명중 9명)에서 관찰되었고, 좌주간동맥질환은 13예중 7예에서 V₁ 유도의 ST절 상승이 관찰되어 ST절 상승을 보인 관동맥질환 환자 총 26명중 21예(81%)에서 좌주간동맥 또는 좌전하행지 협착이 있어, V₁ 유도 ST절의 비정상적 상승의 좌주간동맥 또는 좌전하행지 근위부의 협착에 대한 양성 예측도는 79%였다(Table 3).

3. 2단계 연구에서 관동맥질환의 진단에 있어 V₁ 유도 ST절의 비정상적 상승의 예민도는 30%였으며, 특이도는 98%였다(Table 4).

4. ST절 하강이 양성인 유도의 위치에 따른 관동맥 질환의 유무를 비교해 보면, 흉부유도에서 독립적으로 또는 주로 ST절 하강을 보인 환자군에서는 총 50예중 45예에서 관동맥질환이 있었으나, 하부유도에서 독립적(16예)으로 또는 주로 ST절 하강(23예)을 보인 환자군에서는 39예 중 관동맥질환 환자는 21예에 불과하였다. 이러한 환자군에서 비정상적 ST절 상승은 13예에서 관찰되었고, 그 중 12예에서 관동맥 질환이 있음을 관찰할 수 있어 흉부나 하부유도에 ST절 하강이 있고 V₁ ST절 상승이 동

Table 5. Relation of abnormal elevation of ST segment in V₁ to the leads group of positive standard ST criteria

	- STC	+ STC	
		Inf.	Chest
	CAD(-) : (+)	CAD(-) : (+)	CAD(-) : (+)
	22 : 26	18 : 21	5 : 45
+ST ↑ V ₁	0 : 0	1 : 12	0 : 16

STC : standard ST depression, CAD : coronary artery disease, Inf : isolated or predominant ST depression in inferior leads, Chest : isolated or predominant ST depression in chest leads, +ST ↑ V₁ : ST elevation in V₁

반될시에 관동맥질환의 확진율이 높았다(Table 5).

고 찰

운동부하 심전도 검사상 가장 빈번하게 관찰되는 소견은 ST절 하강으로 알려져 있으며, ST절 상승은 비교적 드문 소견이다. Waters등⁴⁾은 720명의 환자 중 47명에서, Chahine등⁵⁾은 84명의 환자 중 29명에서, 그리고 Bruce등⁶⁾은 1136명의 환자 중 1.1%에서 ST절 상승을 보고하여 그 빈도가 다양함을 알 수 있다. 본 연구에서는 137명 중 27명에서 관찰되어 19%로 비교적 높은 빈도를 보였다. 이러한 다양한 빈도를 보이는 이유는 연구된 환자의 수, 기준이 되는 ECG 변화의 설정, 관찰된 ECG 유도의 수 및 위치, 과거 심근경색의 유무, 특히 Q파 심근경색, 또한 ST절 상승의 분석방법 및 그 정의 등에 의하여 좌우될 수 있다⁷⁾. 대부분의 경우 0.5mm⁸⁾ 또는 1mm^{9,11)} 이상의 상승이 있는 경우를 비정상으로 보았으나, Bruce등⁶⁾은 computer에서 관찰되는 모든 ST절 상승을 비정상적으로 판독하였다. 저자들은 J점에서 0.3mm이상의 상승 즉 가시적으로 판단되는 ST절 상승을 비정상으로 정의하였다. Water⁴⁾등과 Gerwit¹²⁾에 의하면 과거 Q파 경색이 있었던 경우 ST절 상승은 좌심실류 또는 좌심실 벽운동 장애등과 같은 좌심실 운동장애와 관련되어 있음을 주장하였으나, 본 논문에서는 이의 배제를 위해 과거

심근경색으로 진단 받았던 환자들은 제외하였다. 또한 ST절 상승은 관동맥의 수축과 연관되어 이형협심증에서 관찰될 수 있으므로^{13, 18)} 과거력상 이형협심증이 의심되거나 증명된 경우와 운동부하검사중 전형적인 ST절의 상승을 보인 경우도 제외하였다. Digoxine의 사용¹⁹⁾, WPW증후군, 심방세동, 및 좌각블록등²⁰⁾은 ST절 판독에 영향을 미칠 수 있으므로 제외하였다.

Dunn²³⁾등은 과거 심근 경색이 없었던 환자를 대상으로 하여 관찰한 결과 ST절 상승은 심한 관동맥질환과 연관되며 ST절 하강과의 관계에 있어 상반변화(reciprocal change)이거나 다른 독립적 부위의 허혈을 나타내는 것으로 주장하였다. 본 연구에서는 심근관류 스캔을 사용하지 않았기 때문에 그러한 결과를 확인할 수 없었으며, 1단계 연구에서 귀납적으로 검토해 본 결과 ST절의 상승이 다른 유도의 ST절 하강보다 선행하거나 동시에 출현한 경우 특히 J+80에서 V₁ 유도의 상승이 aV_i 유도 상승보다 큰 경우에 관동맥 질환의 가능성이 높음을 관찰할 수 있었다. 저자들은 1단계 연구의 결과로 V₁ 유도 ST절의 비정상적 상승은 J점에서 직립위보다 0.3mm 이상 상승되고, J+80에서의 상승이 V₁ 유도에서 aV_i 유도보다 큰 경우이며, 다른 유도의 유의한 ST절 하강보다 선행하거나 동시에 출현한 경우로 정의하였다.

Fortuin¹⁾등은 12명의 환자를 대상으로 연구하여 ST절 상승이 심한 관동맥질환과 연관이 있으며 상승된 유도의 위치는 관동맥의 협착과 연관되어 있음을 관찰하였고, Hegge²¹⁾등은 158명 중 18예에서 ST절 상승을 관찰하여 17명이 해부학적으로 ST절 상승과 관동맥 질환이 일치함을 발표하였다. Dunn²³⁾등은 심근 경색이 없었던 환자에서 V₁ 유도 및 aV_i 유도의 ST절 상승은 좌전하행지 관동맥의 병변 및 전벽의 허혈과 연관됨을 thallium 심근관류를 이용하여 증명한 바 있다. 본 연구에서는 관동맥 질환의 진단에 유용한 aV_i 유도 ST절 상승의 특징은 관찰할 수 없었으나, V₁ 유도 ST절의 비정상적 상승은 단일혈관질환 환자 5명중 3예(60%), 2혈관질환 환자 9명중 7예(78%), 3혈관질환 환자 10명중 9예(90%)에서 관찰되었고, 좌주간동맥 또는 좌전하행지 관동맥질환 환자 총 26명중 21예(81%)에서 비정상적 ST절 상승이 있어, 특히 다혈관질환이나 좌주간동맥질환에서 빈도가 높음을 관찰할 수 있었다.

Miranda²⁴⁾등은 하부유도의 ST절 하강은 관동맥질환의 예측에 높은 위양성율을 보이며 흉부유도 V₅ 만의 하강이 관동맥질환의 예측에 도움을 준다고 보고 하였으며,

Sketch²²⁾도 하부유도 II에서만 ST하강을 보인 7명의 환자중 3명에서만 관동맥질환이 있음을 관찰하여 운동시 유발되는 하부유도에 국한된 ST절 하강은 관동맥질환의 진단에 있어 진단적 의의가 낮은 것으로 평가되고 있다. 본 연구에서도 하부유도 ST절 하강은 예민도 72%, 특이도 49%로 낮은 특이도를 보였으며, 특히 하부유도에서만 ST절 하강을 보이거나 흉부유도보다 하부유도에서 ST절 하강이 더 클때 특이도는 55%로 흉부유도에서 주로 ST절 하강을 보인 환자군의 81%에 비해 유의하게 낮았다. V₁의 ST절 상승은 30%의 비교적 낮은 예민도를 보이나 특이도는 98%로 높았다. 또한 하부 유도에서 주로 ST절 하강을 보인 39예중 13예(33%)에서 V₁의 ST절 상승이 있고 특이도가 94%로 진단적 가치가 높아 표준 ST절 하강의 진단 특이도는 낮은 하부유도 ST절 하강을 보인 환자의 진단에 도움이 될 것으로 사료된다. Chikamori²⁵⁾은 흉부유도보다 하부유도가 진단적 가치는 적지만 하부유도의 ST하강을 흉부유도 ST절 하강과 결부시켜 평가하면 관상동맥질환의 중증형을 찾아내는데 도움이 된다고 하였다. 따라서 운동부하검사로서 관상동맥질환의 진단시에는 흉부유도 및 하부유도의 ST절 하강이나 V₁ 유도의 ST절 상승등의 여러변화를 면밀히 관찰하므로써 진단적 유의성을 높일 수 있을 것이다.

본 연구는 후향적 방법으로 시행되었기 때문에 심전도의 변화가 관동맥 조영술상의 병변과 연관되었으리라는 가정하에 시행되어, ST절 상승의 기전에 대한 예측은 불가능하였다.

앞으로 전향적방법으로 심근관류스캔이나 운동부하 심초음파등을 함께 시행하여 ST절 상승의 시기와 비교한다면, ST절 상승의 기전등을 밝혀낼 수 있어 임상적 응용이 보다 향상되리라고 사료된다.

요 약

연구목적 :

관상동맥질환 환자에서 운동부하 심전도상 V₁ 및 aV_i 유도의 ST절 상승의 특징을 알아보고, 비정상적 ST절 상승이 관동맥질환의 유무와 관동맥협착 위치의 예견에 도움을 줄 수 있을 것인가를 알아보기 위해 본 연구를 시행하였다.

방 법 :

1단계는 1991년 1월부터 1993년 12월까지 117명, 2단

계는 1991년 1월부터 1994년 3월까지 137명의 흉통을 주소로 내원하여 운동부하검사 및 관동맥 조영술을 시행하였던 환자에서 V_1 및 aV_1 유도에서 ST절 상승과 ST절 하강이 양성인 환자에서 ST절이 최대로 하강된 유도의 위치를 관찰하였고, 또한 ST절 하강과 상승의 시간관계도 관찰하였다.

결 과 :

1) aV_1 유도 ST절 상승은 관동맥 질환의 진단에 유용하지 않았다.

2) V_1 유도 ST절 상승의 진단기준은 J점에서 직립위보다 0.3mm 이상 상승되고, J + 80에서의 상승이 V_1 유도에서 aV_1 유도보다 큰 경우이며, 다른 유도의 유의한 ST절 하강보다 선행하거나 동시에 출현한 특성이 있었다.

3) 관동맥 질환의 진단에 있어서 V_1 유도 ST절의 비정상적 상승의 예민도는 30%, 특이도는 98%였으며, V_1 유도 ST절의 비정상적 상승을 보인 환자중 단일혈관질환 환자는 3/5(60%), 2혈관질환 환자는 7/9(78%), 3혈관질환 환자는 9/10(90%)에서 좌주간동맥 또는 좌전하행지 근위부에 협착이 있었다.

4) 표준 ST절 하강의 관동맥 질환에 대한 진단 특이도는 하부유도에서 주로 ST절 하강을 보인 환자군에서 55%로 흉부유도에서 주로 ST절 하강을 보인 환자군의 81%보다 유의하게 낮았다($P < 0.001$).

5) V_1 유도 ST절의 비정상적 상승은 하부유도에서 주로 ST절 하강을 보인 환자 39예중 13예(33%)에서 보였고, 그 중 12예에서 관동맥협착이 있어 특이도가 94%로 진단적 가치가 높았다.

결 론 :

aV_1 유도의 ST절 상승은 관동맥 질환의 진단에 도움이 되지 않으나, V_1 유도의 ST절의 비정상적 상승은 특이도가 높아 진단적 가치가 있다고 사료된다. 이러한 소견은 주로 좌주간동맥과 좌전하행지 근위부 협착 환자에서 출현하며, 표준 ST절 하강의 진단 특이도가 낮은 하부유도 ST절 하강 환자의 진단에 도움이 될 것으로 사료된다.

References

- 1) Fortuin NJ, Friesinger GC : *Exercise-induced ST segment elevation : Clinical, electrocardiographic and arteriographic studies in twelve patients. Am J Med* 49 : 459, 1970

- 2) Dunn RF, Bailey IK, Uren R, Kelly DT : *Exercise-induced ST-segment elevation : correlation of thallium-201 myocardial perfusion scanning and coronary arteriography. Circulation* 61 : 989, 1980
- 3) Richard F, Freedman DB, Kelly DT, Bailey IK, McLaughlin : *A Exercise-induced ST-segment elevation in leads V_1 or aV_1 : A predictor of anterior myocardial ischemia and left anterior descending coronary artery disease. Circulation* 63 : 1357, 1981
- 4) Waters DD, Chaitman BR, Bourassa MG, Tubau JF : *Clinical and angiographic correlates of exercise-induced ST-segment elevation, Increased detection with multiple ECG leads. Circulation* 61 : 286, 1980
- 5) Chahine RA, Raizner AE, Ishimori T : *The clinical significance of exercise-induced ST-segment elevation. Circulation* 54 : 209, 1976
- 6) Bruce RA, Fisher LD : *Unusual prognostic significance of exercise-induced ST elevation in coronary patients. J Electrocardiol* 84-88, 1987
- 7) Farshad JN, Victor FF : *ST elevation during exercise testing. Am J Cardiol* 63 : 986, 1989
- 8) Longhurst JC, Kraus WL : *Exercise-induced ST elevation in patients without myocardial infarction. Circulation* 60 : 616, 1979
- 9) 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* 4 : 897, 1988
- 10) Sriwattanakomene S, Ticzon AR, Zubritzky SA, Blobner CG, Rice M, Duffy FC, Lanna EF : *ST segment elevation during exercise : electrocardiographic and arteriographic correlation in 38 patients. Am J Cardiol* 45 : 762, 1980
- 11) Stiles GL, Tosati RA, Wallace AG : *Clinical relevance of exercise-induced ST-segment elevation. Am J Cardiol* 46 : 931, 1980
- 12) Gerwitz H, Sullivan M, O'Reilly G, Winter S, Most A : *Role of myocardial ischemia in the genesis of exercise-induced ST segment elevation in previous anterior myocardial infarction. Am J Cardiol* 51 : 1293, 1983
- 13) Endo M, Kanda I, Hosoda : *Prinzmetal's variant form of angina pectoris. Re-evaluation of mechanisms. Circulation* 52 : 33, 1975

- 14) Shubrooks SJ, Bete JM, Hutter AM : *Variant angina pectoris : clinical and anatomic spectrum and results of coronary bypass surgery. Am J Cardiol* 36 : 142, 1975
- 15) Maseri A, Severi S, DeNes M : *Variant angina : one aspect of continuous spectrum of vasospastic myocardial ischemia. Am J Cardiol* 42 : 1019, 1978
- 16) Higgins CB, Wexler L, Silverman JF, Schroeder JS : *Clinical and arteriographic feature of Prinzmetal's variant angina : documentation of etiologic factors. Am J Cardiol* 37 : 831, 1976
- 17) Caplin JL, Banim SO : *Chest pain and electrocardiographic ST-segment elevation occurring in the recovery phase after exercise in a patient with normal coronary arteries. Clin Cardiol* 8 : 228, 1985
- 18) Hill JA, Conti CR, Feldman RL, Pepine CJ : *Coronary artery spasm and its relationship to exercise in patients without severe coronary obstructive disease. Clin Cardiol* 11 : 489, 1988
- 19) Sundqvist K, Atterhog JH, Hogestrand T : *Effect of digoxin on the electrocardiogram at rest and during exercise in healthy subjects. Am J Cardiol* 57 : 661, 1986
- 20) Whinnery JE, Froelicher VF, Stuart AJ : *The electrocardiographic response to maximal treadmill exercise in asymptomatic men with left bundle branch block, Am Heart J* 94 : 316, 1977
- 21) Hegge FN, Tuna N, Burchell HB : *Coronary arteriographic findings in patients with axis shifts or ST segment elevations on exercise testing. Am J Med* 49 : 459, 1973
- 22) Miranda CP, Liu J, Kadar A, Janosi A, Froning J, Lehmann KG, Froelicher VF : *Usefulness of exercise-induced ST-segment depression in the inferior leads during exercise testing as a marker for coronary artery disease. Am J Cardiol* 69 : 303, 1992
- 23) Sketch MH, Nair CK, Esterbrooks DJ, Mohiuddin SM : *Reliability of single-lead and multiple lead electrocardiography during and after exercise. Chest* 74 : 394, 1978
- 24) Chikamori T, Yamada M, Takata J, Furuno T, Yamasaki F, Yabe T, Doi Y : *Diagnostic significance of exercise induced ST segment depression in the inferior leads in patients with suspected coronary artery disease. Am J Cardiol* 74 : 1161, 1994