

급성 전벽 심근경색 환자에서 재관류 요법후 ST 분절 상승형태에 따른 좌심실 기능의 예측

원광대학교 의과대학 내과학교실,¹ 전남대학교 의과대학 전남대학교병원 심장센터²
 김남호¹ · 정진원¹ · 오석규¹ · 안영근² · 정명호² · 조정관² · 박종춘² · 강정채²

Value of ST-segment Elevation Pattern in Predicting Left Ventricular Function in Patients with Reperfused Acute Anterior Myocardial Infarction

Nam-Ho Kim, MD¹, Jin-Won Jeong, MD¹, Seok Kyu Oh, MD¹, Young Keun Ahn, MD²,
 Myung Ho Jeong, MD², Jeong Gwan Cho, MD², Jong Chun Park, MD² and Jung Chae Kang, MD²

¹Department of Internal Medicine, Wonkwang University School of Medicine, Iksan, ²The Heart Center, Chonnam National University Hospital, Gwangju, Korea

ABSTRACT

Background and Objectives : The implication of the shape of ST elevation in the acute phase of myocardial infarction (MI) remains unclear. **Subjects and Methods** : We examined the relationship between the shape of the ST elevation and infarct size in 60 patients having had a first acute anterior myocardial infarction with reperfusion within 12 hours from the onset of symptoms. A 12-lead electrocardiogram was recorded immediately before, and on the 1st day following reperfusion. **Results** : The shapes of the ST elevation in lead V₃ of the electrocardiogram on the 1st day following reperfusion were classified into 3 types : concave, straight and convex types, with 11, 20 and 29 patients in each group, respectively. The left ventricular ejection fraction was measured by echocardiography at the time of discharge (7 days after the MI), and the concave, straight and convex types were 57.0, 52.5 and 47.7% ($p < 0.05$), respectively. However, there were no significant differences in the mean values of peak troponin I and CK-MB among the three groups. **Conclusion** : In patients with reperfused acute anterior MI, the left ventricular function was excellent in patients with the concave type, but relatively poor in those with the convex type ST elevation on the first day following reperfusion. (Korean Circulation J 2003;33(2):97-103)

KEY WORDS : Myocardial infarction ; Ventricular function, left ; Electrocardiography.

서론

급성 심근경색에서 혈전용해요법은 중요한 치료방법이다. 심근 경색과 관련한 사망률의 감소는 혈전용해요

법에 의한 관상동맥의 재관류가 큰 역할을 하였고,¹⁾²⁾ 경색의 크기는 예후와 큰 연관성이 있다.³⁾

그래서 경색의 크기를 빠르게 그러면서도 비교적 간편하게 예측하고자 하는 노력들이 있어왔다. 심전도상

논문접수일 : 2002년 8월 14일

수정논문접수일 : 2002년 10월 1일

심사완료일 : 2002년 11월 19일

교신저자 : 정진원, 501-757 전북 익산시 신용동 344-2 원광대학교 의과대학 내과학교실

전화 : (063) 850-1070 · 전송 : (063) 852-8480 · E-mail : jjwcar@wonkwang.ac.kr

혈전용해요법을 하기 전과 후의 Selvester QRS score는 경색의 정도를 잘 반영하는 것으로 알려졌으며,⁴⁾⁵⁾ ST 분절이 상승된 유도의 수와 전흉부에서 ST 분절이 상승된 정도의 합으로 경색의 크기 및 좌심실의 기능을 예측하고자 하는 시도들이 이루어져왔다.⁶⁾⁷⁾ 하지만, 대부분의 연구들이 QRS파, ST 분절의 상승 정도 및 상승된 유도수, 혈전 용해 요법 후 ST 분절의 상승이 정상화되는 시간, 그리고 ST 분절과 T파의 형태를 통한 연구들이었고,⁸⁻¹⁰⁾ 심근 경색의 급성기에 ST 분절의 상승된 형태를 통한 경색의 크기 및 좌심실 기능의 예측은 거의 시도되지 않았다.¹¹⁾¹²⁾ 그래서 본 저자들은 급성 전벽 심근경색 환자에서 ST 분절의 상승 형태를 통하여 퇴원당시 좌심실 기능을 예측할 수 있는지를 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

대상 환자

관찰대상은 1998년 1월부터 1999년 7월까지 전남대학교병원, 2002년 1월부터 5월까지 원광대학교병원에 내원한 첫 번째 급성 전벽 심근경색 환자 221명중 V₃

유도에서 3 mm 이상의 ST 분절의 상승과 양성 T파가 관찰되고, 흉통 발생한 지 12시간 내에 재관류 요법을 시행하였던 환자 60명(남 47, 여 13, 59±10세)을 대상으로 하였다.

정 의

급성 전벽 심근경색은 30분 이상 지속되는 흉통, 인접한 2개이상의 전흉부 유도에서 ST분절이 0.1 mV이상의 상승, 그리고 혈청 심근 효소의 증가로 정의하였다.

심전도분석

재관류 요법 후 1일째 표준 12유도 심전도를 분석하였다. 등전위선은 TP 분절을 기준으로 하여 ST 분절의 상승정도는 J점에서 측정하였고, 전흉부유도에서 ST 분절의 상승정도의 합을 구하였다. 또한 비정상 Q파가 기록된 전흉부 유도수 및 Q파의 크기의 합을 측정하였다. ST 분절의 상승의 형태는 V₃ 유도에서 3가지 형태(오목형, 직선형, 볼록형)로 나누어 후향적인 분석을 하였다(Fig. 1, 2).

관상동맥조영술

관상동맥조영술은 Judkins씨 방법으로 좌관상동맥은 전후면, 우전경사면 30°, 좌전경사면 45°, 좌측면에서 시행하였고, 우관상동맥은 우전경사면 45°, 좌전경사면 45°에서 시행하였는데 필요에 따라 또 다른 투사면에서 추가로 시행하였다. 관상동맥 조영술상 좌전하행지 동맥에 내경 50%이상의 유의한 협착이 있는 경우 중재시술을 시행하였다.

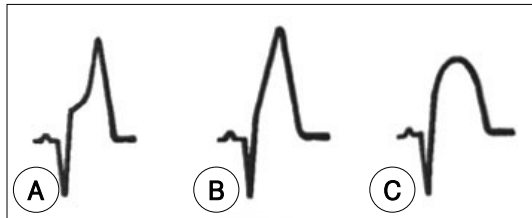


Fig. 1. Schema of the shape of ST-segment elevation. A : concave type, B : straight type, C : convex type.

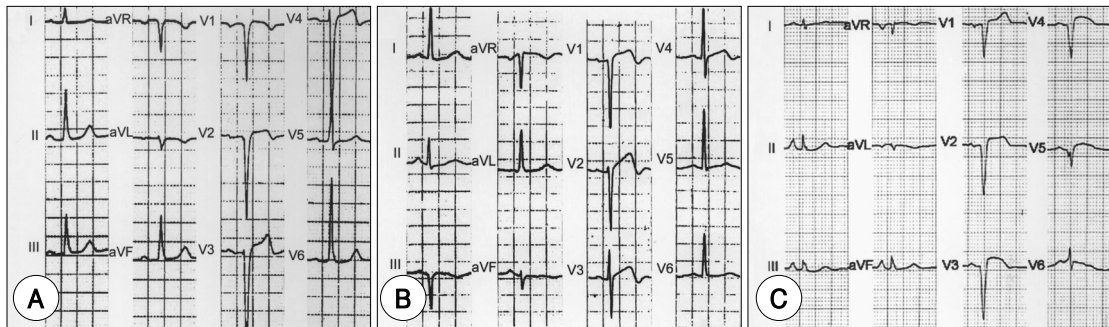


Fig. 2. Representative electrocardiograms of 3 types of ST elevation shape. Concave type, culprit lesion, mid-LAD. Time from symptom onset to reperfusion, 5 hours. LVEF 70% at discharge day (A). Straight type, culprit lesion, mid-LAD. Time from symptom onset to reperfusion, 6 hours (B). LVEF 55% at discharge day. Convex type, culprit lesion, mid-LAD. Time from symptom onset to reperfusion, 4.8 hours. LVEF 48% at discharge day (C). LVEF : left ventricular ejection fraction.

좌심실 기능의 평가

대상 환자들은 Sequoia C 256(Acuson, USA)의 2.5 MHz 탐촉자를 이용하여 내원당시와 재관류 요법 후 7일째 Simpson's method에 의하여 좌심실의 기능을 측정하였다.

통 계

모든 자료의 값은 평균±표준편차로 표시하였으며, 통계분석은 SPSS 7.5 프로그램을 이용하여 세 군간의 연속 변수에 대한 통계학적 검정은 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)를 이용하였고 p값이 0.05이하인 경우에 사후 분석은 Tukey 다중 t 검정을 실시하였다. 범주형 변수(categoric variables)는 chi-square test를 시행하였다. p값이 0.05 이하를 통계적으로 의의가 있다고 보았다.

결 과

대상 환자의 임상적 특성

대상 환자들은 혈전용해요법 후 1일째 심전도의 V₃ 유도에서 ST 분절 상승 형태에 따라 세 군으로 나누어 분석하였다. 11명은 오목형 ST 분절 상승(I군), 20명은 직선형 ST 분절 상승(II군), 29명은 볼록형 ST 분절 상승(III군)을 나타내었다. 세 군간의 나이, 성별, 내원당시 수축기 혈압 및 이완기 혈압, 내원당시 맥박수, 재관류 요법까지의 시간, 위험인자 등은 유의한 차이는 없었다(Table 1). 모든 환자는 내원후 평균 3±2일에 관상동맥 조영술을 시행하였고, 관상동맥 조영술상 병변위치, 병변의 형태, 혈류의 정도는 세 군간에 유의한

Table 1. Baseline characteristics of patients

	Group I (n=11)	Group II (n=20)	Group III (n=29)
Age (y)	61±11	60±10	57±10
Men (%)	10 (90.9)	13 (65.0)	24 (82.8)
Systolic blood pressure on admission (mmHg)	134±28	147±21	141±25
Diastolic blood pressure on admission (mmHg)	89±18	91±15	89±18
Heart rate on admission (beats/min)	72±13	78±13	76±12
Time to reperfusion (h)	3.7±1.7	6.3±3.1	5.4±2.9
Risk factors (%)			
Hypertension	3 (27.3)	8 (40.0)	14 (48.3)
Diabetes mellitus	3 (27.3)	4 (20.0)	7 (24.1)
Dyslipidemia	3 (27.3)	7 (35.0)	12 (41.4)
Smoking	5 (45.5)	13 (65.0)	15 (51.7)

Values are expressed as mean±standard deviation or number (percent)

차이가 없었다(Table 2).

재관류 직전의 심전도와 관계

재관류 직전의 ST 분절의 상승 형태는 I군에서 오목형 9명, 직선형 2명, II군에서 오목형 17명, 직선형 2명, 볼록형 1명, III군에서 오목형 27명, 직선형 2명으로 세 군간에 차이가 없었다. 재관류 직전의 ST 분절이 상승된 유도수는 세 군간에 차이가 없었다. ST 분절의 상승된 정도의 합은 I군에서 다른 두 군에 비하여 낮은 경향을 보였으나 통계학적인 의의는 없었다. 재관류 요법 전과 후의 ST 분절 상승의 회복정도 또한 세 군간에 차이가 없었다. 재관류 직전의 Q파의 유도수는 I군 0.7±1.3, II군 1.6±1.8, III군 2.4±2.0으로 I군에서 III군에 비해 유의하게 적었고(p=0.03), Q파의 전압의 크기는 각각 1.64±2.15 mV, 3.31±2.44

Table 2. Angiographic findings of patients

	Group I (n=11)	Group II (n=20)	Group III (n=29)
Culprit lesion (proximal/middle)	4/7	10/9	18/10
TIMI			
0	0	3	3
1	0	1	2
2	8	11	16
3	3	5	8
Lesion type			
A	0	0	0
B ₁	6	7	16
B ₂	3	9	8
C	2	4	5

Values are expressed as number

Table 3. Electrocardiographic findings before reperfusion

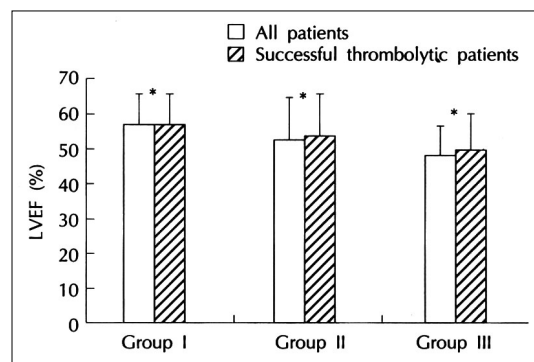
	Group I (n=11)	Group II (n=20)	Group III (n=29)
Sum of ST elevation (mV)	1.08±0.67	1.20±0.85	1.61±1.35
Number of elevated ST-segment	4.0 ±1.6	4.0 ±0.7	4.3 ±1.3
Sum of Q amplitude (mV)	1.64±2.15*	3.31±2.44	4.20±2.73
Number of pathologic Q	0.7 ±1.3*	1.6 ±1.8	2.4 ±2.0

Values are expressed as mean±standard deviation. * : p<0.05 vs group III

Table 4. Mean values of peak cardiac enzyme and left ventricular function

	Group I (n=11)	Group II (n=20)	Group III (n=29)
Myoglobin (ng/mL)	286 ±205	362 ±174	394 ±190
CK-MB (U/L)	146 ±145	247 ±165	248 ±171
Troponin I (ng/mL)	55 ± 46	96 ± 55	106 ± 56
LVEF at admission (%)	50.8± 7.0	48.3± 11.5	45.0± 9.7
LVEF at follow-up (%)	57.0± 8.1*	52.5± 11.1	47.7± 10.1
ΔLVEF (%)	6.2± 5.0	4.3± 4.9	3.0± 12.1

Values are expressed as mean±standard deviation. * : p<.05 vs group III. CK-MB : MB isoenzyme of creatine kinase, LVEF : left ventricular ejection fraction, ΔLVEF : difference of LVEF between follow-up and admission

**Fig. 3.** Comparison of left ventricular ejection fraction between all included patients and successful thrombolytic patients. * : p= non-specific.

mV, 4.20±2.73 mV로 I 군에서 III군에 비하여 유의하게 낮았다(p=0.02) (Table 3).

심근 경색의 크기와 좌심실 기능

혈중 CK-MB, troponin I는 I 군에서 II군과 III군에 비하여 낮은 경향을 보였으나 통계학적으로 유의하지는 않았다. 내원당시 좌심실 구혈률은 I 군 50.8±7.0%, II군 48.3±11.5%, III군 45.0±9.7%로 세 군간에 유의한 차이는 없었으며, 혈전용해요법후 7일째 좌심실 구혈률은 I 군 57.0±8.1%, II군 52.5±11.1%, III군 47.7±10.1%로 I 군에서 III군에 비해 유의하게 좋았다(p=0.02). 좌심실 기능의 호전의 정도는 I 군 6.2±5.0%, II군 4.3±4.9%, III군 3.0±12.1%로 I

군에서 가장 높은 호전의 정도를 보였으나 통계학적으로 유의하지는 않았다(Table 4).

성공적인 재관류(TIMI II-III)가 이루어진 환자군과 비교

성공적인 재관류가 이루어진 환자는 오목형 11명, 직선형 16명, 볼록형 24명이었다. 각각의 좌심실 구혈률은 57.0±8.1%, 53.2±11.1%, 49.7±10.9%이었으며, 전체 환자군과 비교하였을 때 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(Fig. 3).

고 찰

급성 심근 경색에서 경색의 크기 정도가 단기와 장기 예후에 중요한 역할을 한다.³⁾ 그래서 간편하면서도 비침습적이고 경제적인 표준형 12 유도 심전도로 심근경색의 정도를 예측하고자 하는 많은 연구가 다양한 형태로 진행되어왔다.⁴⁾¹³⁻¹⁵⁾ 심전도상 QRS score와 ST 분절을 이용한 방법들이 대표적이다. 하지만, 보고자에 따라서는 서로 상반된 결과를 발표하기도 하여 아직은 경색의 크기 예측에 있어서 심전도의 역할은 아직 명확하지 않으나, 재관류요법 전의 Selvester 32-point QRS scoring system은 보존적인 치료를 한 환자에서 예후를 예측하는데 그 유용성은 인정된다.¹⁶⁾ 그러나, 혈전용해요법을 실시한 경우에는 심전도상 Q파가 나타나는 경색 부위에서 생존 심근의 존재로 그 유용성이 의

문시되기도 한다.¹⁷⁾ Juergens 등⁵⁾은 심근경색 7일째 32-point QRS score가 혈전 용해 요법 후 경색 정도를 평가하는 지표가 될 수 있음을 보고하였고, Birnbaum 등¹⁸⁾은 혈전 용해 요법을 받은 심근 경색 환자의 내원 당시 심전도에서 QRS군의 끝부분의 왜곡현상이 사망률과 관련이 있다는 보고를 하였다.

심근 경색의 급성기에 ST 분절의 상승은 심근허혈의 심한 정도를 반영한다.⁸⁾ ST 분절을 이용한 경색의 크기 및 심실 기능의 예측은 상승된 ST 분절의 수와 상승된 정도의 합이 주로 이용되어졌다.⁷⁾⁸⁾ Mauri 등¹⁹⁾은 GISSI-1 연구에 포함되었던 환자들을 대상으로 내원 당시 ST 분절이 상승된 유도수에 따라 4군으로 분류하여 10년 후의 사망률을 분석하였는데 ST 분절의 상승 유도수가 작은 군에서 장기 예후가 좋음을 보고하여 심전도가 장기 예후의 예측인자로서 사용할 수 있음을 보고하였다. 최근에는 ST 분절의 형태를 이용하여 경색의 크기 및 심실 기능을 예측하려고 하는 시도가 이루어지고 있다.¹¹⁾¹²⁾ Adler 등¹²⁾은 ST 분절의 상승 없이 음성 T파만 있는 경우가 ST 분절의 상승과 음성 T파가 있는 경우와 ST 분절의 상승과 양성 T파가 있는 경우보다 관류 결손의 정도가 적고, 관류 결손이 있는 분절 수 또한 적고, 심실 구혈률이 높음을 보고하여 재관류 요법 3~10일 후의 ST-T 형태로 경색의 크기 및 좌심실의 수축기 기능을 예측할 수 있음을 보고하였다.

저자들은 본 연구에서 혈전용해요법 후 1일째 심전도에서 ST 분절의 상승 형태를 V₃ 유도에서 3가지(오목형, 직선형, 볼록형) 형태로 나누어 각각의 형태에 따른 경색의 정도를 후향적인 분석을 통하여 비교하였다. Ben-gal 등²⁰⁾은 급성 전벽 심근 경색에서 V₁ 유도에 대한 의문점을 제시하였는데, V₁ 유도는 좌전하행지의 septal branch와 우관상동맥의 conal branch에 의해 같이 혈류를 공급받는 경우도 있어 전벽경색을 잘 반영할 수 없다는 점이다. 그래서 본 저자들은 V₃ 유도에서 ST 분절을 분석하였다. 본 연구에서 재관류 1일째 심전도의 V₃ 유도에서 오목형 ST 분절 상승은 재관류 요법 전에서 적은 병적인 Q파의 수, 낮은 병적인 Q파의 전압 크기의 합, 그리고 퇴원 당시의 보다 보존된 좌심실 기능과 연관성이 있었다. 볼록형 ST 분절 상승은 재관류 요법 전 많은 병적인 Q파의 수, 높은 병적인 Q파의 전압 크기의 합, 그리고 퇴원 당시 낮은 좌심실 기능과 연관성이 있었다. 하지만, 혈중 troponin I와

CK-MB는 오목형 ST 분절 상승에서 낮은 경향을 보였으나 통계학적으로 유의하지는 않았다. 급성 심근 경색에서 ST 분절 상승 형태의 차이가 발생하는 기전에 대하여서는 아직 명확하지 않다. 심근 허혈 초기에 막성 활동 전위가 현저한 변화를 일으키는데, 허혈은 활동 전위 기간을 짧게 하며, 전압, 상승 속도, 안정 전위를 감소시킨다.²¹⁻²³⁾ 활동 전위와의 변화는 활동 전위 곡선의 2기와 3기를 변화시키고, 이러한 변화는 ST 분절의 상승 형태를 변화시키는데 이는 심근 손상의 정도를 반영한다. ST 분절 형태 중 오목형 ST 분절 상승은 정상적인 ST 분절의 형태와 유사하므로 심근 손상 정도가 덜 할 것으로 생각되며, 이러한 심근 손상 정도는 심실의 기능에 영향을 주어 오목형 ST 분절 상승에서 심실 기능이 가장 잘 보존될 것으로 기대한다. 본 연구에서도 좌심실의 수축기 기능은 오목형에서 볼록형에 비하여 좀더 보존된 것을 확인할 수 있었다.

본 연구의 제한점으로는 첫째, 소규모의 환자에서 이루어진 후향적인 연구라는 점이다. 향후 많은 환자를 대상으로 다기관으로 전향적인 연구가 진행되어야 할 것이다. 둘째는 경색의 정도를 심근 효소로만 평가하였는데 이를 보완할 수 있어야 할 것이다. 핵의학 검사를 보조적인 방법으로 추가한다면 경색의 정도를 정량화하는데 많은 도움을 얻을 수 있을 것으로 생각된다. 셋째는 좌심실의 기능 평가를 비교적 조기인 7일째 실시하였는데, 생존 심근의 존재로 인한 심실의 기능 변화가 있을 수 있으므로 장기적인 추적 검사가 필요할 것이다. 하지만, 이와 같은 제한점에도 불구하고 급성 전벽 경색을 갖는 환자에서 재관류 요법 후 1일째 심전도상 V₃ 유도에서 ST 분절의 형태는 퇴원시 환자의 좌심실의 기능을 평가할 수 있는 하나의 지표로 사용할 수 있을 것으로 생각한다.

요 약

배경 및 목적 :

급성 전벽 심근경색 환자에서 혈전용해요법 후 1일째 V₃ 유도에서 ST분절 상승형태를 분석하여 퇴원전 좌심실 기능을 예측할 수 있는지 알아보고자 하였다.

방 법 :

급성 전벽 심근경색으로 내원한 221명중 V₃ 유도에 서 3 mm 이상의 ST 분절 상승과 양성 T파가 관찰되

고, 흉통이 발생한 지 12시간 이내에 혈전용해요법이 이루어진 60명(남 47, 여 13, 59±10세)을 대상으로 하였다.

결 과 :

혈전용해요법 전의 ST 분절 증가 합, Troponin I 값, 그리고 CK-MB 값은 오목형에서 직선형과 불룩형에 비교하여 낮은 경향을 보였으며, 흉통 발생 후 재관류요법까지의 시간은 오목형보다는 직선형과 불룩형에서 높은 경향을 보였다. 재관류요법 전의 Q파 유도수와 Q파의 전압 크기의 합은 오목형에서 불룩형에 비하여 유의하게 낮았다($p<0.05$). 내원당시 좌심실 구혈률은 세군간에 유의한 차이는 없었으나, 퇴원 당시 좌심실 구혈률은 오목형에서 불룩형에 비해 좋았다($p=0.02$).

결 론 :

급성 전벽 경색을 갖는 환자에서 혈전용해요법 후 1일째 심전도상 V_3 유도에서 ST 분절의 형태는 퇴원시 환자의 좌심실의 기능을 평가할 수 있는 하나의 지표로 사용할 수 있을 것이다.

중심 단어 : 심근 경색 ; 좌심실 기능 ; 심전도

이 논문은 2002년도 원광대학교의 교비 지원에 의해서 수행됨.

REFERENCES

- Gruppo Italiano per lo Studio della Streptochinasi nell' Infarto Miocardico (GISSI). Effectiveness of intravenous thrombolytic treatment in acute myocardial infarction. *Lancet* 1986;1:397-402.
- Second International Study of Infarct Survival (ISIS-2) Collaborative Group. Randomized trial of intravenous streptokinase, oral aspirin, both, or neither among 17,187 cases of suspected acute myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 1988;12(Suppl A):3A-13A.
- Geltman EM. Infarct size as a determinant of acute and longterm prognosis. *Cardiol Clin* 1984;2:95-103.
- Selvester RH, Wagner GS, Hindman NB. The selvester QRS scoring system for estimating myocardial infarct size: the development and application of the system. *Arch Intern Med* 1985;145:1877-81.
- Juergens CP, Fernandes C, Hasche ET, Meikle S, Bautovich G, Currie CA, Freedman SB, Jeremy RW. Electrocardiographic measurement of infarct size after thrombolytic therapy. *J Am Coll Cardiol* 1996;27:617-24.
- 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;61:749-53.
- Clemmensen P, Grande P, Aldrich HR, Wagner GS. Evaluation of formulas for estimating the final size of acute myocardial infarcts from quantitative ST-segment elevation on the initial standard 12-lead ECG. *J Electrocardiol* 1991;24:77-83.
- Daniell HB. Studies on the relationship between ST-segment elevations and extent of infarction following coronary artery occlusion in dogs. *Res Commun Chem Pathol Pharmacol* 1979;23:333-40.
- Jain A, Gettes LS. Patterns of ST-segment change during acute no-flow myocardial ischemia produced by balloon occlusion during angioplasty of the left anterior descending coronary artery. *Am J Cardiol* 1991;67:305-7.
- Purcell IF, Newall N, Farrer M. Change in ST segment elevation 60 minutes after thrombolytic initiation predicts clinical outcome as accurately as later electrocardiographic changes. *Heart* 1997;78:465-71.
- Kosuge M, Kimura K, Ishikawa T, Kuji N, Tochikubo O, Sugiyama M, Ishii M. Value of ST-segment elevation pattern in predicting infarct size and left ventricular function at discharge in patients with reperfused acute anterior myocardial infarction. *Am Heart J* 1999;137:522-7.
- Adler Y, Zafirir N, Ben-Gal T, Lulu OB, Maynard C, Sclarovsky S, Balicer R, Mager A, Strasberg B, Solodky A, Wagner GS, Birnbaum Y. Relation between evolutionary ST segment and T-wave direction and electrocardiographic prediction of myocardial infarct size and left ventricular function among patients with anterior wall Q-wave acute myocardial infarction who received reperfusion therapy. *Am J Cardiol* 2000;85:927-33.
- Rautaharju PM, Warren JW, Jain U, Wolf HK, Nielsen CL. Cardiac infarction injury score: an electrocardiographic coding scheme for ischemic heart disease. *Circulation* 1981;64:249-56.
- Askenazi J, Maroko PR, Lesch M, Braunwald E. Usefulness of ST segment elevations as predictors of electrocardiographic signs of necrosis in patients with acute myocardial infarction. *Br Heart J* 1977;39:764-70.
- Hindman NB, Schocken DD, Widmann M, Anderson WD, White RD, Leggett S, Ideker RE, Hinohara T, Selvester RH, Wagner GS. Evaluation of a QRS scoring system for estimating myocardial infarct size: specificity and method of application of the complete system. *Am J Cardiol* 1985;55:1485-90.
- Holmvang L, Lyck F, Clemmensen P, Behar V, Maynard C, Grande P, Wagner GS. Serial prognostic capabilities of electrocardiographic indices of infarcted and hibernating myocardium in predicting short- and long-term outcome following coronary artery bypass surgery. *Cardiology* 1997;88:333-9.
- Brunken R, Tillisch J, Schwaiger M, Child JS, Marshall R, Mandelkern M, Phelps ME, Schelbert HR. Regional perfusion, glucose metabolism, and wall motion in patients with chronic electrocardiographic Q wave infarctions: evidence for persistence of viable tissue in some infarct regions by positron emission tomography. *Circulation* 1986;73:951-63.
- Birnbaum Y, Criger DA, Wagner GS, Strasberg B, Mager A, Gates K, Granger CB, Ross AM, Barbash GI. Prediction of the extent and severity of left ventricular dysfunction in anterior acute myocardial infarction by the admission electrocardiogram. *Am Heart J* 2001;141:915-24.
- Mauri F, Franzosi MG, Maggioni AP, Santoro E, Santoro L. Clinical value of 12-lead electrocardiography to predict the

- longterm prognosis of GISSI-1 patients. J Am Coll Cardiol* 2002;39:1594-600.
- 20) Ben-Gal T, Sclarovsky S, Herz I, Strasberg B, Zlotikamien B, Sulkes J, Birnbaum Y, Wagner GS, Sagie A. *Importance of the conal branch of the right coronary artery in patients with acute anterior wall myocardial infarction: electrocardiographic and angiographic correlation. J Am Coll Cardiol* 1997;29:506-11.
 - 21) Downar E, Janse MJ, Durrer D. *The effect of acute coronary artery occlusion on subepicardial transmembrane potentials in the intact porcine heart. Circulation* 1977;56:217-24.
 - 22) Eiji IO, Kazuhira M, Haruki K, Seiji Y, Yoshio S, Takishima T. *The effect of ventricular conduction velocity on ST-segment level in acute myocardial ischemia. Jpn Heart J* 1986;27(Suppl 1):245-54.
 - 23) Janse MJ. *Electrophysiology and electrocardiology of acute myocardial ischemia. Can J Cardiol* 1986;(Suppl A): 46A-52A.