

급성심근경색후 심혈관계 사건의 예측에 대한 조기 Symptom-Limited Exercise Test의 유용성

한림대학교 의과대학 내과학교실, 응급의학교실*

두영철 · 조병동 · 한태호 · 경태영 · 한상진 · 박세영 · 박삼식* · 고순희 ·
한규록 · 오동진 · 유규형 · 임종윤 · 고영박 · 이 영

= Abstract =

Prognostic Values of Symptom-limited Exercise Test Early after Acute Myocardial Infarction

Young-Cheoul Doo, M.D., Byung-Dong Cho, M.D., Tae-Ho Han, M.D.,
Sang-Jin Han, M.D., Sae-Young Park, M.D., Sam-Sik Park, M.D.,*
Soon-Hee Koh, M.D., Kyoo Rok Han, M.D., Dong-Jin Oh, M.D.,
Kyu-Hyung Ryu, M.D., Chong-Yun Rim, M.D.,
Young-Bahk Koh, M.D., Young Lee, M.D.

Department of Internal Medicine and Emergency Medicine, College of Medicine,
University of Hallym, Seoul, Korea*

Background : Uncomplicated myocardial infarction is often the harbinger of future cardiac events such as unstable angina, recurrent myocardial infarction or death. The prognostic utility of exercise test(pre-discharge low level exercise test) in patients recovering from acute myocardial infarction(AMI) has been documented by many studies. However there are few data the safety and value of a symptom-limited exercise test early after AMI. We performed this study to assess the safety of test and the prevalence of abnormal response to symptom-limited exercise test and to determine the ability to predict future cardiac events.

Methods : The study group comprised 91 patients(male ; 73, Anterior infarction : 43, Q-wave infarction : 68, Thrombolysis : 58, Age : 57 ± 1 years) with uncomplicated AMI. Symptom-limited exercise tests were performed before discharge(8.7 ± 0.5 days after infarction) using modified Bruce protocol. Exercise test was considered positive if there was new ≥ 1 mm horizontal or downsloping ST segment depression at 0.08sec after J point compared with baseline. The patients were followed for the development of new cardiac events.

Results :

1) The mean duration of exercise test was 14.2 min(range 4.3 – 21.5)and the mean workload (Metabolic Equivalents : METs) was 6.0 METs(range 2.1 – 17.0). There were no complications during exercise test and post-recovery phase.

2) There were positive test in 31 patients(34%), ST segment elevation in 10(11%), and iade-

quate blood pressure(BP) response in 10 patients(11%).

3) During the follow-up period(1-50 months, mean 12.5 months), 9 patients experienced post-myocardial infarction angina and revascularization therapy, respectively, and 1 patient had cardiac death and recurrent myocardial infarction, respectively.

4) The patients with cardiac events had a significantly higher degree in stenosis of infarct-related artery(90 ± 3 vs 78 ± 3 , $p < 0.05$) and lower systolic BP on peak exercise(136 ± 7 vs 156 ± 4 , $p < 0.05$).

5) The positive exercise test was associated with cardiac events in the follow-up period but ST segment elevation, inadequate BP response, the use of thrombolytic agents, and non-Q wave infarction did not predict future cardiac events.

Conclusions : The symptom-limited exercise tests early after acute myocardial infarction appear to be safe and will identify more patients with inducible myocardial ischemia relatively. The positive test can predict cardiac events and the prognosis of patients of this group can be improved with aggressive management and careful follow-up.

KEY WORDS : Acute myocardial infarction · Symptom-limited exercise test · Cardiac events.

서론

급성심근경색증 환자중 합병증 없이 생존한 환자군이 일반인과 비교하여 심근경색증의 재발 및 사망 등의 심혈관계사건이 발생할 위험률이 높은 것으로 알려지고 있으며 따라서 이러한 고위험 환자군을 구별하기 위한 검사방법이 연구가 되고 있다¹⁻³⁾. 이러한 고위험군을 구별하는 검사 방법중의 하나로 운동부하검사가 있으며 운동부하검사의 안정성 및 적합성은 많은 연구를 통해 인정되고 있으나⁴⁻⁹⁾ 심혈관계사건을 예측하는데 유용성에 대해서는 논란의 여지가 있었다^{4,10-14)}. 현재 급성심근경색증 환자의 초기치료에 AHA/ACC의 guideline에¹²⁾ 의하면 퇴원전 Low level Exercise test를 시행하고 6주 후에 Symptom-limited Exercise test를 시행하도록 되어 있는데 2번을 시행하여야 하는 번거러움 및 검사비용의 문제가 있으며, 퇴원전 시행하는 운동부하검사는 Low level Exercise test로 충분한 운동량으로 증상유발이나 심근허혈의 객관적 사항 등을 관찰할 수 없으며, 또한 2차 운동부하검사가 시행되기 전에 심혈관계사건을 경험하는 경우가 있는 제한점을 가지고 있다¹⁵⁻¹⁷⁾. 최근에 제한적인 보고이긴 하지만 급성심근경색 초기에 Symptom-limited Exercise test를 시행해도 안전하며 Low level Exercise test보다 심근허혈의 객관적 지표를 더 많이 관찰할 수 있는 것으로 보고하고 있다^{15,16,18-21)}.

본 연구의 목적은 급성심근경색증 초기에 Symptom-limited Exercise test를 시행하여 검사의 안정성 및 검사의 양성반응의 빈도를 그리고 심혈관계사건을 예측하는데 있어서의 유용성을 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상환자군

급성심근경색증 환자중 심근경색후 협심증이 발생하거나 심부전이 있는 경우, 심실성 부정맥이 발생한 경우, 심전도상 전도장애가 있거나 ST절의 심한 변화가 존재하는 경우, 그리고 운동부하검사를 할 수 없는 신체적 여건인 경우는 본 연구대상에서 제외하였다. PTCA가 시행된 경우에는 PTCA후 운동부하검사가 시행된 경우에만 대상환자에 포함시켰다. 전체 91명으로 남자가 73명이었고 평균나이는 57세(30~83세)였다. 내원당시 심근경색부위는 전벽이 43명, 하벽이 43명, 그리고 측벽이 5명이었다. Q파 심근경색이 68명이었고 58명에서 혈전용해제가 투여되었다. 관상동맥 질환의 위험인자로 고혈압 23명(25%), 당뇨병 16명(18%), 흡연 68명(75%), 고콜레스테롤혈증 21명(23%)이 있었다(Table 1).

2. 운동부하검사

급성심근경색후 보통 8~10일 사이에 실시하도록 하였고 Symptom-limited Exercise test는 Modified

Table 1. Clinical features of the study patients(n=91)

Age(year)	57 +/- 1*(30 - 83)
Sex(M/F)	73/18
Location	
Anterior	43(47%)
Inferior	43(47%)
Lateral	5
Q/Non-Q wave MI	68/23
Thrombolytic therapy	58(64%)
Risk Factor	
Hypertension	23(25%)
Smoking	68(75%)
Diabetes	16(18%)
Cholesterol> 220mg/dl	21(23%)
Family history	6
Ejection fraction(%)	56 +/- 2(20 - 80)

MI : Myocardial infarction, *Mean +/- SE

Bruce protocol에 따라 시행하였다. 휴식시, 운동시 각 단계별로, 그리고 회복기 5~10분동안 3분간격으로 심박수, 혈압, 12 lead 심전도를 기록하였고 운동부하검사에서 흉통이 생기거나, 심한 정도의 호흡곤란이 발생하는 경우, 10mmHg 이상 수축기혈압이 감소하는 경우 그리고 1mm 이상의 ST절의 하강이 관찰되는 경우에는 중지하도록 하였다. 사용하던 약제는 특별한 이유가 없는 한 계속 사용하도록 하였다. 운동부하검사에서 1mm 이상의 ST절의 horizontal or downsloping 하강이 있으면 양성으로 정의하였다.

3. 관동맥조영검사(Coronary Angiogram : CAG) 및 관동맥 풍선확장성형술(Percutaneous Transluminal Coronary Angioplasty : PTCA)

관동맥조영검사는 통상적인 방법으로 시행하였으며 관동맥 협착이 50%를 넘는 경우에 의미있는 협착이 있는 것으로 정의하였다. 협착병변이 70% 이상이며 잔여 허혈의 객관적 증거가 있으며 풍선확장성형술에 적합한 경우에는 통상적인 방법으로 시행하였다.

4. 외래추적관찰

대상환자의 의무기록을 열람하여 사망, 심근경색 그리고 풍선확장성형술 또는 우회로 수술 등의 재관류치료 등의 심혈관계사건의 발생을 조사하였다. 외래관찰을 하지 않은 환자는 전화를 통해 생존여부 등의 심혈관계사건을 조사하였다.

모든 결과는 평균치 +/- 표준편차로 표시하였고 각 군

간의 비교는 unpaired t-test 와 chi-square test를 이용하여 검정하였고 P값이 0.05 미만인 경우에 통계적 유의성을 두었다.

결 과

1) 급성심근경색증후 평균 8.7일(3~23일)에 운동부하검사가 시행되었으며 평균 운동시간은 14.2분(4.3~21.5분)이었다. 휴식시 평균 심박수는 71회/분, 운동시 평균 최대심박수는 134회/분, 휴식시 평균 수축기혈압은 115mmHg, 운동시 평균 최대수축기혈압은 151mmHg였고 휴식시 평균 이완기혈압은 72mmHg, 운동시 평균 최대이완기혈압은 86mmHg였다. 평균 최대 에너지 소비(METs : Metabolic Equivalents)는 6.0 METs(2.1~17.0)였다(Table 2). 운동부하검사에서 또는 후에 심근경색, 심실성부정맥, 사망등의 부작용은 발생하지 않았다.

2) 운동부하검사 결과 31명(34%)에서 1mm 이상의 ST절의 하강을 관찰할 수 있었고 10명(11%)에서 각각 불충분한 혈압상승 및 1mm 이상의 ST절의 상승이 관

Table 2. Results of exercise tests

Medication	
Beta-blocker	36(40%)
ACE-inhibitor	16(18%)
Ca ⁺⁺ channel blocker	20(22%)
Nitrate	56(62%)
Duration of exercise(min)	14.2 +/- 0.4(4.3 - 21.5)
Exercise work-load(METs)	6.0 +/- 0.3(2.1 - 17.0)
Heart rate(beat/min)	
Baseline	71 +/- 1(49 - 109)
Peak	134 +/- 3(81 - 189)
Blood pressure(mmHg)	
Systolic baseline	115 +/- 2(70 - 152)
Peak	151 +/- 3(90 - 231)
Diastolic baseline	72 +/- 1(49 - 108)
Peak	86 +/- 4(53 - 130)
Response of exercise	
Positive(ST-segment ↓)	31(34%)
Negative	53(58%)
Inadequate	7
Inadequate BP response*	10(11%)
ST-segment elevation**	10(11%)

* ≥ 10mmHg depression in systolic BP during exercise

** ST-segment elevation > 1mm in infarction related leads

All data presented Mean +/- SE

찰되었다(Table 2).

3) 관동맥 조영검사가 82명에서 시행되었고 단혈관 질환이 50명, 다혈관질환이 31명 그리고 1명에서는 정상혈관이 관찰되었다. 42명의 환자에서 심근경색과 관련된 병변에서 PTCA가 시행되었다. 좌심실 구축률이 40% 미만인 경우가 8명이었다.

4) 평균 추적관찰기간은 12.5개월(1~50개월)이었고 60명에서 6개월 이상 외래관찰이 가능하였다. 관찰기간 동안 사망 2명(순환기계 사망 1명), 심근경색 1명, 재관류치료 9명(PTCA 7명, CABG 2명) 그리고 심근경색 후 협심증 9명이 있었다(Table 3).

5) 운동부하검사상 양성을 보인 환자군에서 의의있게 심혈관계사건이 많이 발생하였다($p<0.01$). 그리고 심혈

관계사건이 발생한 환자군에서 심근경색과 관련된 혈관의 협착정도(90 ± 3 vs 78 ± 3 , $p<0.05$)가 심했고 최대 운동시 수축기혈압이(136 ± 7 vs 156 ± 4 mmHg, $p<0.05$) 낮았다. 그러나 연령, 심근경색 위치, Q파 또는 non-Q파 심근경색, 혈전용해제 사용여부, 관상동맥 위험인자, 사용약제, 심실수축기능, 운동시 에너지소비(METs), 운동중 불충분한 혈압상승, 그리고 ST절의 상승여부에 따른 심혈관계사건 발생에 차이는 없었다(Table 4).

고 안

급성심근경색증후 합병증 없이 생존한 환자군이 일반인과 비교시 사망이나 심근경색 등의 심혈관계사건이 많이 발생할 위험률을 가지고 있다는 것은 잘 알려져 있다¹⁻³⁾. 이러한 위험률을 감소시키기 위한 중재적 시술 및 치료방법이 연구되고 있으며 고위험률 환자군을 구별하기 위한 검사방법도 연구되고 있다. 이러한 검사방법중의 하나가 운동부하검사로 이전의 많은 연구결과로 급성 심근경색 초기에 실시하는 운동부하검사의 안정성 및 적합성은 인정되고 있으나^{4,9)} 심혈관계사건을 예측하는데 있어서의 유용성에 대해서는 일관된 결과를 보여주지 못하고 있다^{4,10-14)}. 기존의 운동부하검사는 AHA/ACC Guideline에¹²⁾ 따라 급성심근경색증 초기에는 Low level 운동부하검사를 시행하고 6~8주에 Symptom-limited 운동부하검사를 시행하도록 되어 있는데 Low level 운동부하검사는 낮은 운동부하로 인해 충분히 심근허혈이나 심근

Table 3. Results of clinical follow-up

Follow-up Duration(month)	12.5 +/- 1.3(1-50)
Death	2
Cardiac death	1
Revascularization	
PTCA	7
CABG	2
Myocardial infarction	1
Post-MI angina	9
Cerebrovascular accident	1
No events	67
No follow-up	2

PTCA : Percutaneous transluminal coronary angioplasty

CABG : Coronary artery bypass graft

MI : Myocardial infarction

Table 4. Relation between exercise or clinical variables and cardiac events

		Cardiac events(+) (n=20)	Cardiac events(-) (n=67)	
Exercise test				
Positive(ST-segment ↓)	(n=29)	15	14	$P<0.01$
Inadequate BP response	(n=10)	4	6	NS
ST-segment elevation	(n= 8)	1	7	NS
Exercise tolerance				
≥5 METs	(n=33)	9	24	NS
Clinical variables				
Age ≥ 60 years	(n=51)	15	36	NS
Q wave infarction	(n=65)	17	48	NS
EF < 40%	(n= 8)	2	6	NS
Thrombolysis	(n=56)	14	42	NS
Anterior wall MI	(n=42)	9	33	NS

METs : Metabolic equivalents, MI : Myocardial infarction

수축기능 이상을 반영하지 못하는 점^{15,16,18-21)} 및 2차 운동부하검사가 시행되기 전에 심혈관계사건을 경험하게 되는 제한점을 가지고 있다¹⁵⁻¹⁷⁾. 이러한 제한점을 극복하기 위한 노력으로 급성심근경색 초기 퇴원전에 충분한 운동부하를 통해 잔여생존심근의 허혈을 유발하여 심혈관계사건의 예측에 있어서의 유용성을 보기 위한 Symptom-limited 운동부하검사를 시행하게 되었다. Symptom-limited 운동부하검사의 Mortality가 0.04%(대상환자 28052명)로 Low-level 운동부하검사의 0.03%(대상환자 99695명)와 비교시 차이가 없다는 Hamm 등의²¹⁾ 보고 및 다른 연구결과를^{16,18-20)} 통해 Symptom-limited 운동부하검사가 안전하게 시행될 수 있으며 Low level 운동부하검사보다 더 많은 환자에서 심근허혈을 유발할 수 있음을 확인할 수 있었다. 본 연구에서도 대상환자 91명중 한명의 환자에서도 부작용이 발생하지 않아 검사의 안전성은 확인할 수 있었으며 운동부하검사로 심근허혈을 객관적으로 확인할 수 있었던 운동부하검사상 양성 결과도 34%(31/91)에서 관찰되어 이전의^{22,23)} Symptom-limited 운동부하검사의 양성빈도 40%와 비슷한 결과를 보여 주었다. 그리고 저자 등의 Low level 운동부하검사의 유용성에 대한 연구결과에서²⁴⁾ 운동부하검사상 양성빈도 25%(37/149)와 비교시에는 더 많은 환자에서 심근허혈을 유발할 수 있음을 확인할 수 있었다.

외래관찰중 사망2명(순환기계적 사망 1명), 심근경색 1명, 재관류치료 9명(CABG 2명) 그리고 심근경색후 협심증 9명으로 총 20명에서 심혈관계사건이 관찰되었으며 심혈관계사건이 운동부하검사중 양성을 보인 환자군(15/24 : 52%)에서 운동부하검사중 음성 또는 non-diagnostic test를 보인 환자군(6/59 : 10%)과 비교시 유의하게($p < 0.001$) 많이 발생하여 심혈관계사건을 예측하는데 있어 유용한 지표임을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 Thrombolysis를 시행한 환자군만을 대상으로 한 연구에서 중등도의 Sensitivity, Specificity 및 낮은 Positive predictive value로 고위험 환자군을 분류하기 위한 Screening Test로는 제한이 있다는 일부 연구결과²⁵⁾와 다르게 본 연구에서는 64%에서만 혈전용해제가 투여되었지만 Sensitivity 71%, Specificity 79%, Positive predictive value 52%, Negative predictive value 90%로서 Screening test로 의의가 있을 것으로 생각된다. 그러나 Thrombolytic era에서의 심혈관계사

건의 발생이 Pre-thrombolytic era에서 발생하는 기전과 다르게 심근경색과 관련된 혈관이 Platelet activation 또는 혈관경련에 의한 폐쇄에 의해 발생하며 혈관의 폐쇄 정도와는 관련이 없는점 등을 고려할때 고위험 환자군을 구별하기 위한 Screening test로서 운동부하검사의 역할에 대한 재평가가 이루어져야 하며 따라서 좌심실 기능장애 및 병의 severity를 반영하는 dynamic test인 운동부하검사 보다는 심근경색이 발생한 혈관의 재폐쇄로 발생하는 심혈관계사건을 예측하기에 적합한 비관혈적 검사의 개발이 필요할 것으로 생각된다²⁶⁾.

운동부하검사중 ST절의 변화를 관찰한 요소외에 심근경색위치, Q파 심근경색여부, 혈전용해제 사용여부, 관상동맥 위험인자의 존재여부 그리고 심실 수축기능 등의 임상적요소와 운동시 에너지 소비정도, 운동시 불충분한 혈압상승 그리고 ST절의 상승여부 등의 운동부하검사상 요소에 따라서는 심혈관계사건 발생에 있어 의의있는 차이를 발견할 수 없었다. 이러한 결과는 대상환자의 제약 및 좌심실의 기능장애와 관련되어 있는 요소인 ST절의 하강, 운동시 불충분한 혈압상승, 운동중 에너지소비정도가 Thrombolytic era에서 Recurrent ischemic events를 예측하는데 제약이 있는점 즉 상기의 요소가 Rversible ischemia 보다는 광범위한 Myocardial injury와 관련되어 있는점 그리고 심혈관계 사건의 Endpoint를 어떻게 설정하는냐에 따라 변화할 수 있는점 등으로 설명할 수 있으며 Thrombolytic era에서의 Recurrent Ischemic events 발생의 이론적인 면이나 이전에 발표된 연구결과를 고려할 때 운동부하검사상 양성(ST절의 의미있는 하강)의 요소보다는 앞으로의 심혈관계사건을 예측하는데 제약이 있을 것으로 생각된다.

결론적으로 본 연구결과를 통해 Symptom-limited 운동부하검사를 급성심근경색증 초기에 실시하여도 안전함을 알 수 있었으며 운동부하검사상 양성빈도도 높음을 확인할 수 있었다. 그리고 운동부하검사상 양성인 경우에 심혈관계사건이 발생하는 고위험환자군을 분류하는데 유용할 것으로 생각되나 이러한 유용성을 확인하기 위해서는 대상환자수 및 구성의 제약 그리고 혈전용해제 투여시대에 있어 recurrent ischemia 발생의 이론적인 면을 고려할때 많은 환자군을 대상으로 한 연구가 필요할 것으로 생각되며 새로운 비관혈적인 검사의 연구 및 개발이 필요할 것으로 사료된다.

요 약

연구배경 :

급성심근경색증후 합병증 없이 생존한 환자군에서 심근경색증의 재발 및 사망 등의 심혈관계사건이 발생할 고위험 환자군을 구별하기 위한 비관혈적 방법중의 하나로 운동부하검사가 있다. AHA/ACC Guideline에서는 퇴원전 low-level Exercise test를 시행하고 퇴원후 6~8주에 Symptom-limited Exercise test를 시행하도록 하고 있으나 2번 시행의 번거러움, 비용문제, 퇴원전 시행하는 low-level Exercise test로는 충분한 운동량으로 심근허혈의 객관적 사항 등을 관찰할 수 없으며 그리고 2차 운동부하검사가 시행되기 전에 심혈관계사건을 경험할 수 있는 제한점을 가지고 있다. 본 연구의 목적은 심근경색증 초기에 충분한 운동량을 제공할 수 있는 Symptom-limited Exercise test를 시행하여 검사의 안전성, 검사의 양성빈도 그리고 심혈관계사건을 예측하는데 있어서의 유용성을 알아보고자 하였다.

대상 및 방법 :

급성심근경색증후 퇴원전에 Symptom-limited Exercise test를 시행한 91명의 환자(남자 73명, 평균나이 57세)를 대상으로 운동부하검사 결과와 심혈관계사건의 연관성을 조사하였다. 운동부하검사는 Modified Bruce Protocol에 따라 하였고 운동부하검사중 ST절의 1mm 이상의 하강이 관찰되는 경우를 양성으로 정의하였다.

결 과 :

1) 급성심근경색증후 평균 8.7일에 운동부하검사가 시행되었고 평균 운동부하검사 시간은 14.2(+/-0.4분), 평균에너지소비는 6.0(+/-0.3) METs 였다. 운동부하검사중 또는 후에 합병증은 발생하지 않았다.

2) 운동부하검사결과 31명(34%)에서 1mm 이상의 ST절의 하강이 관찰되었고 10명(11%)에서 각각 불충분한 혈압상승 및 ST절의 상승을 관찰할 수 있었다.

3) 평균 추적관찰기간은 12.5+/-1.3(1~50)개월이었고 60명에서 6개월 이상의 외래관찰이 가능하였다. 관찰기간동안 사망 2명(순환기계적 사망 1명), 심근경색 1명, 재관류치료 9명(CABG 2명) 그리고 심근경색후 협심증 9명이 관찰되었다.

4) 운동부하검사상 양성을 보인 환자군에서 유의있게 심혈관계사건이 많이 발생하였다($p < .001$). 그러나

연령, 심근경색위치, Q파 심근경색유무, 혈전용해제 사용여부, 관동맥 위험요소, 심실수축기능, 운동시 에너지소비, 운동시 불충분한 혈압상승 그리고 운동중 ST절의 상승에 따른 심혈관계사건 발생에 차이는 없었다.

결 론 :

상기의 결과로 급성심근경색증 초기에 Symptom-limited Exercise test를 시행하여도 안전함을 알 수 있었으며 운동부하검사의 양성빈도도 높음을 확인할 수 있었다. 그리고 운동부하검사상 양성인 경우에 심혈관계사건의 발생을 예측할 수 있어 보다 적극적인 치료 및 관리가 환자의 예후를 향상시킬 수 있을 것으로 생각된다. 이러한 유용성을 확인하기 위해서는 환자군의 수 및 구성상의 제약 그리고 혈전용해제 치료시대에 있어서의 심혈관계사건 발생의 기전의 차이 등을 고려할때 많은 환자군을 대상으로한 연구가 필요할 것으로 생각되며 새로운 비관혈적검사의 연구 및 개발이 필요할 것으로 사료된다.

References

- 1) Moss AJ, De Cammilla J, Davis M : *Cardiac death in the first 6 months after myocardial infarction : Potential for mortality reduction in the early posthospital period.* Am J Cardiol 39 : 816-820, 1977
- 2) Gruppo Italiano per lo Studio della Streptochinasi nell' Infarcto Miocardico(GISSI) : *Long-term effects of intravenous thrombolysis in acute myocardial infarction : Final report of the GISSI study.* Lancet 2 : 871-874, 1987
- 3) ISIS-2(Second International Study of Infarc Survival) Collaborative Group : *Randomized trial of intravenous streptokinase, oral aspirin, both or neither among 17,817 cases of suspected acute myocardial infarction.* Lancet 2 : 349-360, 1988
- 4) Theroux P, Waters DD, Halphen C, Debaisieux JC, Mizgala HF : *Prognostic value of exercise testing soon after myocardial infarction.* N Engl J Med 301 : 341-345, 1979
- 5) Starling MR, Crawford MH, Keneddy GT, O'Rourke RA : *Exercise testing early after myocardial infarction : Predictive value for subsequent unstable angina and death.* Am J Cardiol 46 : 909-914, 1980
- 6) Rapaport E, Remedios P : *The high risk patient aft-*

- er recovery from myocardial infarction : Recognition and management. *J Am Coll Cardiol* 1 : 391-400, 1983
- 7) DeBusk RF, Kraemer HC, Nash E, Lew H : Stepwise risk stratification soon after acute MI. *Am J Cardiol* 52 : 1161-1166, 1983
 - 8) Atterhog JH, Ekelund LG, Kaijser L : Electrocardiographic abnormalities during 3 weeks to 18 months after anterior myocardial infarction. *Br Heart J* 33 : 871-877, 1971
 - 9) Waters DD, Theroux P, Halphen C, Mizgala HF : Clinical predictors of angina following myocardial infarction. *Am J Med* 66 : 991-996, 1979
 - 10) Krone RJ, Gillespie JA, Weld FM : Low level exercise testing after myocardial infarction : Usefulness in enhancing clinical risk. *Circulation* 71 : 80-89, 1995
 - 11) Jennings K, Reid DS, Hawkins T, Julian DJ : Role of exercise testing early after myocardial infarction in identifying candidates for coronary surgery. *Br Med J* 288 : 185-187, 1984
 - 12) American College of Cardiology/American Heart Association : ACC/AHA guidelines for the early management of patients with acute myocardial infarction. *Circulation* 82 : 664-707, 1990
 - 13) Frolicher VF, Perdue S, Pewen W, Rich M : Meta-analysis using electronic spread sheet : Application to exercise testing in post-MI patients. *Am J Med* 83 : 1045-1054, 1987
 - 14) Sivarajan Froelicher E, Perdue S : Clinical, epidemiologic and statistical methods used in prognostic studies of survival after myocardial infarction. *J Cardiopul Rehabil* 10 : 16-22, 1991
 - 15) Juneau M, Colles P, Theroux P, De Guise P, Pelletier G, Lam J, Waters D : Symptom-limited versus low level exercise testing before hospital discharge after myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 20 : 927-933, 1992
 - 16) Starling MR, Crawford MH, Kennedy GT, O'Rourke RA : Treadmill exercise tests predischage and six weeks post-myocardial infarction to detect abnormalities of known prognostic value. *Ann Intern Med* 94 : 721-727, 1981
 - 17) DeBusk RF, Haskell W : Symptom-limited vs heart-rate-limited exercise testing after myocardial infarction. *Circulation* 61 : 738-743, 1984
 - 18) Jelinek VM, McDonald IG, Ryan WF, Ziffer RW, Clemens A, Gerloff J : Assessment of cardiac risk 10 days after uncomplicated myocardial infarction. *BMJ* 284 : 227-230, 1982
 - 19) Nielsen JR, Mickley H, Damsgaard EM, Froland A : Predischage maximal exercise test identifies risk for cardiac death in patients with acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 65 : 149-153, 1990
 - 20) Starling MR, Crawford MH, O'Rourke RA : Superiority of selected treadmill exercise protocols predischage and six weeks postinfarction for detecting ischemic abnormalities. *Am Heart J* 104 : 1054-1060, 1982
 - 21) Hamm LF, Stull GA, Serfass RC, Ainsworth B : Prognostic endpoint yield of high-level versus low-level graded exercise testing. *Arch Phys Med Rehabil* 69 : 86-69, 1988
 - 22) Jain A, Myers H, Sapin PM, O'Rourke RA : Comparison of symptom-limited and low-level exercise tolerance tests early after myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 22 : 1816-1820, 1993
 - 23) Miranda CP, Herbert WG, Duback P, Lehmann KG, Froelicher VF : Post MI exercise testing : Non-Q wave vs Q wave correlation with coronary angiography and long-term prognosis. *Circulation* 84 : 2357-2365, 1991
 - 24) 두영철 · 서중산 · 김현수 · 박태림 · 이록윤 · 오홍국 · 한윤창 · 고순희 · 임종윤 · 고영박 · 이영 : 급성 심근경색증후 심혈관계사건의 예측에 대한 운동부하검사의 유용성. *순환기* 25-1 : 11-17, 1995
 - 25) Stevenson RN, Umachandran V, Ranjadayan K, Wilkinson P, Marchant BG, Timmis AD : Reassessment of treadmill stress testing for risk stratification in patients with acute myocardial infarction treated by thrombolysis. *Br Heart J* 70 : 415-420, 1993
 - 26) Stevenson RN, Wilkinson P, Marchant BG, Ranjadayan K, Timmis AD : Relative value of clinical variables, treadmill stress testing, and Holter ST monitoring for postinfarction risk stratification. *Am J Cardiol* 74 : 221-225, 1994