

흉통의 진단에 다단계 담차 운동부하 검사의 의의*

계명대학교 의과대학 내과학교실

김기식 · 김윤년 · 김권배

=Abstract=

Treadmill exercise test to evaluate anterior chest pain

Kee Sik Kim, MD; Yoon Nyun Kim, MD; Kwon Bae Kim, MD

Departmen of Internal Medicine, Keimyung University

School of Medicine, Taegu, Korea

From 1985 to 1987, we performed the treadmill exercise test on 206 patients who had been suffering from anterior chest pain, suspected angina pectoris.

Among the subjects, male to female ratio was 1.8:1, the mean age was 50 years old, and the most prevalent age group was 6th decade (36%). 89 cases revealed positive results(depression of ST segment > 1mm, shape of ST segment: horizontal or declined). In the positive group, 68 cases were showed more than 2.0mm of ST-segment depression, or could not finish stage 2 of Bruce protocol, which represent multiple-vessel disease. Depressed ST-segment showed any site of 12 leads, but the most common lead group was V5—6 (89%), and the next one was II, III, AVF (71%), and the least one was I, AVL (4%). The relationship between the degree of ST segment depression and the number of changed leads, showed positive correlation ($p < 0.01$). During the test, no serious complication occurred. In conclusion, we consider that the treadmill exercise test is a very useful, noninvasive and objective method to assess the ischemic heart disease.

서 론

근래 우리나라에서도 식생활의 개선과 생활 수준의 향상으로 협혈성 심질환이 증가되는 추세이다. 그려므로 흉통을 호소하는 환자에서 관상동맥 질환 유무를 감별하는 것은 매우 중요한 일이며, 이에 운동부하 심전도 검사가 질병 유무를 조기에 감별 할 수 있는 객관적인 검사¹⁾로서 많이 사용되고 있다.

운동부하 심전도 검사는 1929년 Master²⁾에 의해 two step test로 소개된 이래 협혈성 심질환의 진단과 그 예후 평가에 중요한 역할을 하는 비판

혈적인 검사방법으로 인식되어 왔으며, 최근에는 담차(treadmill) 혹은 자전거 운동력 계측기(bicycle ergometer)를 이용하고, 운동부하도 단계별로 담차 운동량을 증가시키는 다단계 운동부하 검사^{3,4)}로서 많이 이용되고 있다.

다단계 운동부하 심전도 검사는 흉통 원인의 진단에 도움이 될뿐 아니라, 협혈성 심질환의 예후 평가 및 치료효과 판정에 도움이 되며, 최근에는 급성심근경색증 환자에서 재활의 지침으로 이용되는 등⁵⁾ 그 사용 범위가 점차 확대되고 있다.

이에 저자들은 본원 내과에 협심증의 전형적 혹은 비전형적인 흉통을 주소로 내원한 환자에서 담차(treadmill)를 이용한 다단계 운동부하 검사를 시

* 이 논문은 1988년도 계명대학교 을증연구비 및 동산의료원 조사연구비로 이루어 졌음.

행하여 다음과 같은 성적을 얻었기에 보고하는 바이다.

대상 및 방법

1985년 3월부터 1987년 12월까지 계명대 동산의료원 내과에 흉통을 주소로 내원한 환자 206명을 대상으로 하였으며, 과거에 협심증에 대한 약물을 복용중인 환자는 대상에서 제외하였고, 환자는 검사전 48시간 이상 모든 약물을 중단후 검사를 시행하였으며, 검사 2시간 전부터 금연 금식을 시킨후 검사를 시행하였다. 판찰대상 중 남자는 132명 여자는 74명으로 그 비는 1.81:1이었고, 연령은 19세에서 74세 사이였으며 평균연령은 50세였다. 판찰대상 중 50대가 75명(36%)으로 가장 많았으며, 40대가 56명(27%), 60대가 36명(17%)의 순이었다.

검사는 MARQUETTE 사의 Serial 4000 탑차을 사용하였으며 운동부하는 Bruce protocol에 stage 0와 stage 1/2을 삽입하여 사용하는 변형된 Bruce protocol(표 2)을 사용하였다.

전례에서 12 lead 심전도를 안정시와 운동시는 3분 간격으로 기록하였으며 운동부하 후에는 1분 간격으로 lead V₁, II, V₅을 기록하였다.

Table 1. Age and sex distribution

Age	Male	Female	Total
—19	2		2
20—29	5	2	7
30—39	19	7	26
40—49	30	26	56
50—59	49	26	75
60—69	23	13	26
70—	4		4
	132	74	206

Table 2. Modified Bruce Protocol

Stage	Time	Speed (m.p.h)	Grade (%)	Approx. VO ₂	Mets
0	3	1.7	0	8	2.0
1/2	3	1.7	5	12	3.1
1	3	1.7	10	18	4.8
2	3	2.5	12	25	6.8
3	3	3.4	14	34	9.6
4	3	4.2	16	46	12.2
5	3	5.0	18	55	16.1

검사는 나이 및 성별에 따른 최대 심박수의 85% 이상을 목표로 하여 시행하였으며, 양성판단 기준은 J 점에서 0.08초 후 1mm 이상의 ST 절 하강이 있으며 ST 절의 모양이 수평 혹은 하향하는 군파, 운동시 저혈압이 발생하거나 전형적인 협심통이 발작하는 군도 양성으로 판정하였고, 목표 심박수에 도달하기 전 고혈압(수축기압 > 230mmHg), 피로감, 환자의 요청에 의해 중단된 경우는 음성으로 처리하였다.

결과

1. 양성률(표 3)

206예의 대상에서 89예(43%)에서 양성으로 나타났으며 양성군중 남자는 49예 여자는 40예였다.

Table 3. The age and sex distribution in the positive group

Age	Male	Female	Total
—19	0	0	0
20—29	2	0	2
30—39	4	2	6
40—49	11	13	24
50—59	20	16	36
60—69	8	9	17
70—	4	0	4
	49	40	89

Table 4. The end stage of the exercise test in the positive and negative groups

Stage	Positive	Negative
0	3	
1/2	11	
1	14	
2	24	
3	27	11
4	11	42
5		64
	89	117

2. 운동종지점(표 4)

양성군에서 운동부하량이 9.6Mets인 stage 3 이상 시행한 예는 38예(43%)였고, 음성군에서는 전례에서 stage 3 이상 운동부하를 실시하였다.

3. ST 절의 하강 정도와 증증도(표 5)

양성군에서 ST 절 하강이 1.0mm에서 1.9mm 사이가 46예(52%)였고, 2.0mm 이상 ST 절 하강이 보인 예는 43예(48%)였다. Bruce protocol stage 2 이하에서 ST 절 하강이 1.0mm 이상인 예는 50예(56%)로서, 다혈관 질환(multiple vessel disease) 을 추정할 수 있는 ST 절 하강이 2.0mm 이상이거나 stage 2을 끝내지 못했던 예는 68예로서 양성군 중 76%, 전 대상 환자에서 33%였다.

Table 5. The relationship between the time and the degree of ST-segment depression in the positive group

Degree/Stage	0	1/2	1	2	3	4	Sum
1.0~1.9mm	1	4	7	13	14	7	46
>=2.0mm	3	4	11	7	15	3	43
	4	8	18	20	29	10	89

Table 6. The site of ST-segment depression among the 12 leads in the positive group

Leads	number
inferior	
II, III, aVF	63(71%)
anterior	
I, aVL	4(4%)
V1-2	7(8%)
V3-4	45(51%)
V5-6	79(89%)

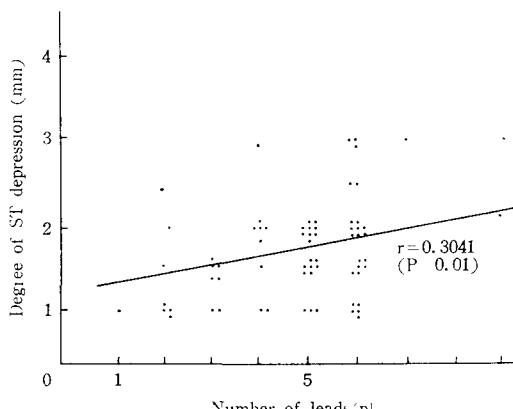


Fig 1. The relationship between the degree of ST-segment depression and the number of changed leads in the positive group.

4. ST 절 하강과 변화된 lead의 위치(표 6)

양성군중 ST 절 하강이 있었던 lead를 5개군으로 분류하여 그 빈도를 관찰해 보았다. 5개군은 하벽의 허혈성 변화를 나타내는 Lead II, III, AVF 와 전벽은 4개군으로 분류하여 Lead I과 AVL, V1-2, V3-4, V5-6로 나누었다. 가장 많은 변화가 있었던 lead는 V5-6예 79예(89%)였고, lead II, III, AVF에서 63예(71%)에서 ST 절 하강을 볼 수 있었으며, lead I, AVL에서는 4예(4%)에서만 ST 절의 변화를 볼 수 있었다.

5. ST 절의 하강정도와 변화된 lead 수 (그림 1)

ST 절의 하강정도와 변화된 lead 수와의 상관 관계를 구해 보았을 때 상관 계수 $r=0.3041$ 인 통계적으로 유의한 정상관계가 있어, ST 절의 하강이 클수록 변화하는 lead 수가 많은 것을 볼 수 있었다.

6. 임상증상 및 합병증(표 7)

운동 부하중 협심통이 발작한 예는 양성군중 30 예(34%)에서 나타났고 호흡곤란은 13예(15%), 기 의성 심실 수축은 9예(10%), 심실성 빈맥이 2예, 저혈압은 1예에서 관찰 되었으나 운동중지 후 곤회복 되었으며 입원할 정도의 합병증이 발생한 예나 사망한 예는 1에도 없었다.

Table 7. The frequency of the clinical findings and the complications during the exercise test

Anginal pain	30
Dyspnea	13
PVC*	9
Dizziness	5
Headache	4
Hypotension	2
VT**	2
Cold sweating	1

* Premature ventricular contraction

** ventricular tachycardia

고 졸

관상동맥 질환 환자에서 협심통의 발작시 ST 절의 하강은 1918년 Bousfield⁹⁾에 의해 처음 발견

되었고, 이후 Feil 등⁶⁾에 의해 협심증 환자에서 운동시 협심통의 발작과 ST 절 T파의 변화가 오는 것으로 보고 되었으며, 1929년 Master²⁾에 의해 Two-step test로 실제 협심증 환자의 진단에 사용되었고, 근래에는 자전거 운동력계측기 혹은 담차를 이용하여 단계적으로 운동을 부하 하므로서 협심증 심질환의 진단에 큰 도움을 주고 있다.

운동부하 심전도 검사의 적응^{1,7)}은 흉통 원인의 진단, 관상동맥 질환의 예후평가 및 치료효과 판정, 심근 경색증후 재활의 지침을 제공하고, 부정맥의 평가등에 이용되며, 최근에는 방사선 동위원소⁸⁾ 혹은 심초음파도를 이용하여 심근의 판류 상태나 운동상태를 관찰 하므로서 심전도 단위 이용하여 방법과 병행해서 관상동맥 질환의 진단율을 높이고 있다.

검사 방법으로 종래의 Two-step test는 사용은 간편하나 운동 부하량이 불충분하고 심기능이나 운동능의 측정에 미흡하며 협심증 심질환의 진단에 위양성율과 위음성율이 높게 나타나고 있다⁹⁾. 자전거 운동력 측정계는 담차에 비해 심전도 및 혈압을 정확히 측정할 수 있고 공간 및 가격도 적게드는 장점이 있으나, 담차에 의한 운동부하 방법이 더 생리적인 것⁹⁾으로 알려져 있다.

운동부하 방법은 2, 3분 간격으로 단계적으로 운동량을 점차 증가시켜 최대 산소 소비량에 이르기까지 운동량을 증가시킨다¹⁰⁾. 그러나 운동 중에 산소 소비량을 측정하는 곤란하므로 통상 연령, 성별에 따른 연령대비 최대 심박수를 운동의 중지점으로 하여 시행하며, 아최대 운동 부하 검사는 최대 심박수의 70%, 85~90%을 목표로 하여 운동을 부하하는 방법으로, 전자의 경우 심근경색증 환자에서 많이 사용하고⁹⁾ 있으며, 본 교실에서는 최대 심박수의 85% 이상을 운동의 중지점으로 하여 검사를 실시하였다.

담차를 이용하는 경우 여러방법이 실시되고 있는데 그중 많이 사용되는 방법은 Bruce¹¹⁾, Balke¹²⁾, Ellestad⁹⁾, Naughton¹³⁾ 등의 방법이 있으며, 이중 Bruce protocol이 많이 이용되고¹⁴⁾ 있다. 우리나라에서는 Bruce protocol의 stage 1점에 stage 0, stage 1/2을 첨가한 변형된 방법이 많이 보고 되고 있으며, 본 교실에서도 이 방법을 이용하여 검사를 실시하였다. 위의 각 방법은 운동량에 약간의 차이는 있으나 최대 산소 소비량, 혈압, 심박수에는 큰 차이가 없다고¹⁵⁾ 한다.

검사의 양성 판단 기준은 여러가지가 사용되고

있다. 운동 시행 중 심근의 산소요구량 증가에 심근의 산소 공급이 불충분하여 심내막의 판류가 면적 손상을 받고 협혈 상태에 이르기 때문에 심전도상에 ST 절의 하강이 나타난다 한다¹¹⁾.

현재 널리 사용되는 양성 기준은 ST 절이 1mm 이상(J 절에서 0.08초 후) 하강된 경우이며 이외에도 U파의 음전, R과 높이의 증가, 저혈압, 운동 중 협심통의 발생, 부정맥의 출현 등을 들 수 있으나 ST 절의 하강이 수평 혹은 하향 하는 모양일 때 그 진단적 가치가 가장 높다고 한다. Goldschlager 등¹⁶⁾의 보고에 의하면 ST 절의 하강하는 모양에 따라 예민도에 차이를 볼 수 있다 한다. ST 절이 1mm 이상 하강되고 그 모양이 하향인 경우 위양성이 1%인데, 수평인 경우는 15%, 상향인 경우에는 32% 위양성이 나타난다고 보고 하였으며, Martin 등¹⁷⁾의 보고에 의하면 ST 절 하강정도에 따라 예민도와 특이도에 차이가 많은데 1mm 이상의 하향을 양성으로 하는 경우 예민도는 62%, 특이도는 89% 정도라고 보고 하였다. 이제까지의 여러 보고자^{17~21)}에 따르면 관상동맥 조영술과 운동부하 심전도 검사를 비교 하였을 때 특이도는 90% 정도이나 예민도에서는 70% 정도로 낮게 보고 하고 있으며 특히 단일 혈관 질환의 경우 그 예민도가 더욱 떨어지는 것으로 보고 하고 있다.

ST 절의 하강정도와 나타나는 시기도 관상동맥 질환의 정도를 판정하는데 큰 도움이 된다. ST 절의 하강이 2.0mm 이상이거나 Bruce protocol stage 2을 넘지 못하는 경우 종종의 관상동맥 질환일 확률이 높다 한다. Cheitlin 등²²⁾의 보고에 의하면 ST 절의 하강이 2.0mm 이상인 경우, 1) 좌관상동맥 주간지의 75% 이상의 협착, 2) 좌전하행지와 좌회선지 근위부의 75% 이상의 협착, 3) 좌전하행지나 중요 분지 근위부의 90% 이상의 협착이 있는 경우에 나타난다 하였다. Goldman 등²³⁾도 3mm 이상의 ST 절 하강 시 3혈관 질환의 가능성이 높고, 좌전하행지의 근위부 협착을 시사하는 소견이라 보고 하였다.

저자들의 연구에서도 양성군중 43예(49%)에서 2mm 이상의 ST 절 하강이 있었으며 49예(55%)에서는 Bruce protocol stage 2 이하에서 양성 소견을 보여 중증(triple vessel disease)의 관상동맥 질환을 의심하는 예가 67예로 대상군중 33%, 양성군중 75%나 차지하고 있어 아직도 많은 환자가 중증의 상태에서 흉통의 진단과 치료를 받기 위해 병원을 방문하는 것을 추정할 수 있다.

ST 절의 하강정도와 함께 ST 절이 하강되는 lead의 위치와 범위도 관상동맥 질환의 중증도, 위치와 유관하다고⁹⁾ 한다. 저자들의 연구에서도 ST 절의 하강 정도와 변화된 lead 수와는 상관 관계가 있음을 알 수 있었다. 그러나 심전도상의 ST 절의 하강의 위치와 관상동맥 질환의 해부학적 위치와의 상관 관계는 아직 많은 논란^{9, 24~27)}이 있다. Mark 등²⁴⁾의 보고에서는 ST 절이 하강된 위치가 협착된 곳을 반영치는 못한다고 하였다. 대개의 보고^{24~27)}에서는 lead V5-6에 가장 많은 ST 절의 하강을 보고 하고 있으며 다음으로 lead II, III, AVF의 변화를 보고 하고 있다. 저자들의 환자에서도 V5-6의 ST 절 하강이 양성군중 89%로 가장 많았으며 II, III, AVF에는 71%에 달하였다. 이는 이제까지의 보고와 일치하는 소견이었다.

운동부하 검사중 ST 절의 하강뿐 아니라 ST 절의 상승도 가끔 관찰할 수 있는데 이는 심근 혈액의 소견으로 더욱 중요하다. 심근경색증이나 좌심실류가 없이 ST 절의 상승이 있는 경우 관상동맥의 경축^{28, 29)}이나 좌전하행지 근위부의 심한 협착을 의심케 하는 소견²⁷⁾이라 하였으며, ST 절의 하강보다 병변의 위치를 추정하는데 큰 도움이 된다.

운동부하 심전도 검사의 핵병증은 부정맥, 급성 심근경색증, 저혈압 등이 있다. 그러나 이로 인한 핵병증은 극히 빈도가 낮은 것으로 보고하고 있다. Rochmis 와 Blackburn 등³⁰⁾의 보고에 의하면 170,000예의 검사중 0.01%의 사망율이 있었고, 0.024%에서 각종 핵병증으로 입원하였으며, Ellestad 등¹⁴⁾의 보고에는 50년에 이상의 운동부하 검사에서 0.035%에서 심근경색증 발병하였고 0.48%에서 심각한 부정맥이 나타났으나 사망률은 0.005% 정도 보고하고 있으며, 국내의 최³²⁾, 김³³⁾ 등의 보고에서도 사망한 예는 없었다고 보고하고 있다.

저자들의 경험에도 사망하거나 입원할 정도의 심한 핵병증은 나타나지 않아 답자를 이용한 운동부하 심전도 검사는 비교적 안전하게 흉통의 진단과 예후 판정에 사용될 수 있는 검사임을 알 수 있었다.

요 약

1985년부터 1987년까지 흉통을 주소로 내원한 206 예의 환자에서 답자를 이용한 다단계 운동부하 심전도 검사를 시행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

대상군의 남녀비는 1.8:1로 남자가 많았으며, 평균연령은 50세였고 50대 환자가 76예(36%)로 가

장 많았다. 총 206예 중 89예에서 양성으로 판정되었으며 이중 50대 환자가 36예(39%)로 가장 많았다.

중증의 관상동맥 질환이 추정되는 ST 절의 하강이 2mm 이상이거나, Bruce protocol stage 2 이하에서 양성인 예는 68예(76%)였다.

ST 절의 하강은 lead V5-6에 79예(89%)로 가장 많았고 다음이 lead II, III, AVF 있으며 lead I, AVL에서는 4예(4%)에서 ST 절의 하강이 있었다. ST 절의 하강정도와 변화된 lead 수와는 상관계수 $r=0.3041$ 의 정상상관 관계($p<0.01$)를 판찰할 수 있었다.

운동부하중 심실성 기외수축, 심실성 빙백, 저혈압 등의 핵병증이 소수에서 발생하였으나 입원하거나 사망한 예는 1예도 없었다.

이상의 결과로 다단계 운동부하 심전도 검사가 혈액성 심질환 평가에 유용한 비판혈적이며, 객관적인 검사임을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- Sheffield LT: *Heart Disease*, ed 3. WB Saunders Co, 1988, p 223
- Master AM, Oppenheimer ES: A simple exercise tolerance test for circulatory efficiency with standard tables for normal individual: *Am J Med Sci* 1929; 177: 223.
- American College of Sport Medicine: *Guidelines for graded exercise testing and exercise prescription*, ed 2. Philadelphia, L&F, 1980
- Astrand PD, Saltin B: Maximal oxygen uptake and heart rate in various type of muscular activity. *J Appl Physiol* 1961; 16: 977
- Bousfield G: Angina pectoris: changes in the electrocardiogram during paroxysm. *Lancet* 1918; II: 457
- Feil H, Siegel M: Echocardiographic changes during attacks of angina pectoris. *Am J Med Sci* 1928; 175: 225
- Jones N, Camphell EJM: *Clinical Exercise Testing*, ed 2. Philadelphia, WB Saunders, 1982
- Zaret BL, et al: A non-invasive scintiphotographic method for detecting regional

- ventricular dysfunction in man. *N Engl J Med* 1971; 284: 1165
9. Ellestad MH: *Stressing testing*, ed 3. Philadelphia, 1986
 10. Taylor HL, Wang Y, Rowell L, Blomquist G: The standardization and interpretation of submaximal and maximal tests of working capacity. *Pediatrics* 1963; 32: 703
 11. Bruce A: Comparative prevalence of segment ST depression after maximal exercise in healthy men in Seattle and Taipei, in Simonson (ed): *Physical Activity and the Heart*, Springfield, Charles C Thomas, III, 1967
 12. Blake B, Ware RW: An experimental study of physical fitness of Air Force personnel. *US Armed Force Med J* 1959; 10: 675
 13. Naughton J, Balke B, Nagle F: Refinements in methods of evaluation and physical conditioning before and after myocardial infarction. *Am J Cardiol* 1964; 14: 838
 14. Stuart RJ, Ellestad MH: National survey of exercise stress testing facilities. *Chest* 1980; 77: 94
 15. Polleck ML, Buchanan RL, Cooper KH: A comparative analysis of four protocols for maximal treadmill stress testing. *Am Heart J* 1976; 92: 39
 16. Goldschlager N, Selzer A, Cohn K: Treadmill stress test as indicator of presence and severity of coronary artery disease. *Ann Intern Med* 1976; 85: 277
 17. Martin CM, McConahay: Maximal treadmill exercise electrocardiography. *Circulation* 1972; 156: 956
 18. Kausebaum DG, Sutherland KI, Judkin MP: A comparison of hypoxemia and exercise electrocardiography in coronary disease. *Am Heart J* 1932; 7: 371
 19. Mc Henry PL, Philips JF, Knobebol SB: Correlation of computer quantitated treadmill exercise ECG with angiographic location of coronary artery disease. *Am J Cardiol* 1972; 30: 747
 20. Helfant RH, et al: Exercise related ventricular premature complexes in coronary shear disease. *Ann Intern Med* 1974; 80: 589
 21. Bartel AG, et al: Graded exercise stress tests in angiographically documented coronary artery disease. *Circulation* 1974; 49: 348
 22. Cheitlin M, Davis J, de Castro C: Correlation of 'critical' left coronary artery lesions with positive submaximal exercise tests in patients with chest pain. *Am Heart J* 1975; 89: 305
 23. Goldman S, Tsilos S, Cohn K: Marked depth of ST-segment depression during treadmill exercise testing. *Chest* 1976; 69: 6
 24. Robertson D, Kostyk WJ, Ahuja SP: The localization of coronary artery stenosis by 12 lead ECG response to graded exercise test support for intracoronary steal. *Am Heart J* 1976; 91: 437
 25. Fox KM, Selwyn A, Oakley D, Shillingford JP: Relation between the precordial projection of ST segment changes after exercise and coronary angiographic findings. *Am J Cardiol* 1979; 44: 1068
 26. Tubau JF, Chaitman BR, Bourassa MG, Lesperance J, Dupras G: Importance of coronary collateral circulation in interpreting exercise test results. *Am J Cardiol* 1981; 47: 27
 27. Mark DB, Hlatky MA, Harrel FE, Lee KL, Calif RM, Pryor DB: Localizing coronary artery obstructions with the exercise treadmill test. *Ann Intern Med* 1987; 106: 53
 28. Derty JMR, et al: Maximal exercise testing in patients with spontaneous angina pectoris associated with transient ST segment elevation. *Br Heart J* 1975; 37: 897
 29. Cahahine RA, Raezner AE, ISchimori T: The clinical significance of exercise induced ST segment elevation. *Circulation* 1976; 54: 209
 30. Spechhia G, de Servi S, Falcone C, Angeli L, Mussini A, Bramucci E, Marioni GP, Ardisino D, Salerno J, Bobba P: Signifi-

- cance of exercise induced ST-segment elevation in patient without myocardial infarction. *Circulation* 1981; 63: 46
31. Rochmis P, Blackburn H: Exercise test: A survey of procedures; safety and experience in approximately 170,000. *JAMA* 1971; 217: 1061
32. 최덕현, 김영중, 배영구, 곽정재, 정재화, 서후영: 단계 답차를 이용한 관상동맥 경화증의 진단적 의의. 대한내과학회잡지 1981; 24: 1
33. 김민호, 김남호, 김선정, 최석구, 유원상: 단계 답차 운동부하 심전도 검사 1,000예보고. 순환기 1986; 16: 503