

운동 정도와 무관한 Tc-99m Methoxyisobutyl Isonitrile 심근관류 스캔의 진단능

경북대학교 의과대학 핵의학교실, 내과학교실¹

이재태 · 김종수 · 천경아 · 이상우 · 강도영 · 조용근¹ · 채성철¹ · 이규보

Diagnostic Ability of Tc-99m MIBI SPECT in Coronary Artery Diseases is not Affected by the Degree of Exercise

Jaetae Lee, M.D., Jong Soo Kim, M.D., Kyung Ah Chun, M.D., Sang Woo Lee, M.D., Do Young Kang, M.D., Yong Keun Cho, M.D.,¹ Shung Chull Chae, M.D.¹ and Kyu Bo Lee, M.D.

Departments of Nuclear Medicine and Internal Medicine,¹ Kyungpook National University School of Medicine, Taegu, Korea

Abstract

Purpose: The sensitivity of ST-depression in the electrocardiogram during exercise is influenced by the level of efforts. However, unlike the prevalence of ST-depression on exercise ECG, the degree of exercise is reported to do not influence the diagnostic ability of myocardial perfusion scan. Furthermore, the relation between the prevalence of myocardial ischemia and effort is still controversial. We evaluated the effect of the degree of exercise on the ability of SPECT imaging to detect coronary artery stenosis. **Materials and Methods:** The patient population was comprised of 111 patients (73 men and 38 women, mean age 56 years) who underwent an exercise test in conjunction with Tc-99m MIBI and cardiac catheterization within 3 months apart each other. The degree of exercise was classified into four groups according to the percentage of maximal predicted heart rate. The sensitivity and specificity was compared between each group. **Results:** The overall diagnostic sensitivity was significantly higher with Tc-99m MIBI SPECT than exercise ECG. The specificity was not significantly different between two tests. Sensitivity and specificity of Tc-99m MIBI was not different between four groups. Sensitivity for individual coronary stenosis seemed to be lower in subjects who had premature termination of exercise due to early appearance of ST depression. **Conclusion:** These results suggest that the overall diagnostic sensitivity of Tc-99m MIBI myocardial perfusion SPECT is not significantly affected by the degree of exercise in stable patients undergoing symptom-limited treadmill exercise testing. Myocardial perfusion SPECT imaging should be added to routine exercise stress testing for the detection of coronary artery disease. (Korean J Nucl Med 1999;33:40-8)

Key Words: Exercise, Tc-99m MIBI, Myocardium, Perfusion, SPECT, Coronary artery disease, Diagnosis

Accepted Jul. 20, 1998; Revision accepted Jan. 20, 1999

Corresponding Author: Jaetae Lee, M.D., Department of Nuclear Medicine, Kyungpook National University School of Medicine, 2-Ga 50, Samduck-Dong, Jung-Gu, Taegu 700-721, Korea

Tel: 82-53-420-5586, Fax: 82-53-426-3206, E-mail: jaetae@bh.kyungpook.ac.kr

※ 이 연구는 1997년도 원자력 연구개발 중장기 계획사업연구비 지원으로 이루어졌음.

서 론

운동부하 심전도검사는 관동맥 질환의 진단과 관동맥 환자의 위험도 측정에 널리 사용되어 왔다.^{1,2)} 운동부하 심근스캔은 관동맥 질환의 진단에서 진단적 예민도가 심전도검사보다 높고, 안정 상태의 심전도상 이상 소견으로 운동심전도의 해석이 불가능한 경우에도 관동맥 협착 부위를 정확하게 진단할 수 있다는 장점이 있다.^{3,5)}

운동부하 심전도검사시 심전도상 ST 분절의 1 mm 이상의 하강이 있거나, 충분한 정도의 운동량에 도달하였으나 흉통이나 심전도상 허혈 소견이 발생하지 않으면 운동을 종료하고 운동부하검사의 결과를 판독할 수 있다. 그러나 관동맥 질환이 호발하는 노년층 환자의 상당수에서는 근력의 감퇴에 기인한 보행의 어려움으로 운동능력이 낮아 충분한 운동량에 도달할 수 없으며, 항협심증 약물요법, 특히 베타차단제 치료를 받고 있는 환자에서는 운동부하를 계속하여도 임상적으로 운동부하 정도의 적정도를 판단하는 지표인 최대 예측 맥박수(maximal predicted heart rate)의 85%에 도달하지 못하여 운동부하검사 결과로 음성이나 양성의 최종적인 결론을 내리기가 어려운 경우가 있다.^{6,7)} 또한 운동부하량이 최대 예측운동량에 도달하지 못한 경우에는 최대 운동 상태에서 방사성핵종을 정맥주사하고 시행한 심근관류 스캔에서 관류결손이 관찰되지 않더라도 이러한 소견이 위음성이 아닌지 의심스러운 경우도 있다. 본 연구는 흉통으로 내원한 환자에서 시행한 운동부하 검사에서 부하정도가 심근관류 스캔의 진단율에 영향을 미치는지를 알아보고자, 답차를 이용한 증상제한적 운동부하와 병행하여 시행한 Tc-99m sestamibi (methoxyisobutyl isonitrile) 심근관류 스캔에서 심박수의 증가정도로 구분한 운동부하 정도에 따른 심근관류 스캔의 관동맥 병변의 진단율 차이를 조사하였다. 또한 운동부하 심근관류 스캔의 진단결과를 운동부하 심전도검사의 성적과 비교하였다.

대상 및 방법

1. 대 상

1996년 1월부터 1998년 6월까지 경북대학교병원에서 운동부하 심근관류 스캔을 실시한 998예 중 심근경색의 병력이 없고 검사 3개월 전후에 관동맥 촬영술을 시행한 111명의 환자를 대상으로 하였다. 이들 중 남자가 73예, 여자가 38예였고, 대상군의 평균연령은 56세(32-78세의 분포)였다. 이들 중 고혈압이 8예(12%), 당뇨병이 15예(14%)에서 동반되어 있었고, 검사를 시행한 이유는 노작성 흉통이 93예, 노작성 호흡곤란이 6예, 비전형적인 전흉부 통증을 호소한 경우가 12예였다.

2. 방 법

1) 운동부하검사 및 판정

검사 8시간 전부터 공복상태를 유지하였고 검사 당일에는 베타차단제, 칼슘통로차단제와 질산염을 포함한 모든 심혈관계 약물을 중단하였다. 답차를 이용한 수정된 부르스의 방법(modified Bruce's protocol)에 의하여 증상제한적 최대 운동부하검사를 시행하였고, 운동 직전과 운동 중 및 운동 후 매 1분마다 심전도를 기록하였고 3분마다 혈압 및 맥박수를 측정하였으며 운동 중에는 지속적으로 12-유도 심전도를 수록하였다. 운동은 심한 피로나 호흡곤란, 중등도 이상의 흉통, 하지의 동통, 혈압강하, 중증의 부정맥 등이 발생하거나 안정시 심전도에 비하여 2 mm 이상의 ST분절 하강이 있을 때까지 시행하였으며 1 mm 이상의 수평 또는 하향경사의 ST분절 하강이 있거나 1 mm 이상의 ST분절 상승이 있는 경우를 양성으로 판정하였다.^{2,6)}

운동시 최대 심박수의 증가를 부하정도의 기준으로 하여 운동부하 정도와 심전도상 1 mm 이상의 ST 분절 하강이 발생하였는지의 유무에 따라 대상 환자를 아래와 같은 4군으로 구분하였다.

(1) 1군: 심박수의 증가가 최대 예측 심박수의 85% 이상에 도달하였고 심전도상 ST 분절의 하강이 없었거나, 안정 상태의 심전도에 이상 소견이 있어 판독이 부적절하였던 경우를 포함한 군

(2) 2군: 최대 예측 심박수의 85% 이상에 도달하였고, 심전도상 ST 분절의 하강이 있었던 군(심전도 검사 양성이었다던 군)

(3) 3군: 최대 예측 심박수의 85%에 도달하기 전에 운동을 중지하였고 심전도상 ST 분절의 유의한 하강이 없었던 군

(4) 4군: 최대 예측 심박수의 85%에 도달하기 전에 심전도검사가 양성으로 운동을 중지하였던 군

2) Tc-99m MIBI 심근관류 SPECT

Tc-99m MIBI 심근관류 SPECT는 102명의 환자에서는 표준 1일 안정-부하영상법, 9명에서는 2일 검사법을 이용하였다. 답자를 이용한 운동부하에서 심박수의 증가로 평가한 부하의 목표치에 도달하였거나, 운동을 종료하기 1분 전에 Tc-99m MIBI를 정맥 주사하였고, 투여 용량은 안정-부하촬영을 1일에 시행한 경우에는 296 MBq (8 mCi) 및 1,110 MBq (30 mCi), 2일에 시행한 경우는 모두 740 MBq (20 mCi)를 주입하였으며, 주사 30분 후에 우유를 포함한 지방식을 먹게 하고 1시간째 3중 검출기 SPECT (Prism 3000XP, Picker, USA)를 이용하여 360도 회전시키면서 각 투사영상당 64×64 컴퓨터 행렬로 20초씩 3°의 간격으로 투사영상을 얻었다. 20% 에너지창을 140 keV를 중심으로 하여 감마선 피크 식별영역을 설정하였고 컴퓨터(Odyssey, Picker, USA)에 수록된 영상은 테크네슘 플러드 선원을 이용하여 균일성 보정을 한 후 심장의 횡단면상을 얻었다. 횡단면상을 재정위하여 2.7 mm 두께로 좌심실의 수평장축단면상, 수직 장축단면상 및 단축 단면상을 얻어 전벽과 중격은 좌전하행지 영역, 측벽은 좌회선지 영역, 후벽과 하벽은 우관동맥의 관류영역으로 판단하였고, 심첨부는 대부분 좌전하행지 영역으로 판단하였으나, 우관동맥 영역에 관류결손이 있으면서 고립된 심첨부의 결손이 있는 경우는 우관동맥 영역으로 정하여, 부하영상과 안정영상을 시각적으로 판독하였다.

3) 관동맥조영술

전 예에서 심근 SPECT를 시행하기 3개월 내외에 관동맥조영술을 시행하였다. 관동맥조영술은 Jud-

kins씨 방법으로 실시하였고 좌전하행지, 좌회선지, 우관동맥에서 인접한 정상 부위보다 50%이상의 내경이 감소한 경우를 유의한 협착이 있다고 판정하였고, 협착정도를 판정하기 어려운 경우에는 여러 투사면에서 관찰한 영상을 정량적 관동맥조영법(Quantitative coronary angiography, QCA)으로 평가한 것을 참고로 하여 2명의 심장내과 전문의사의 평가가 일치된 경우를 택하였다.

4) 통계적 분석

관상동맥조영술 소견을 표준으로 하여 심전도검사와 SPECT 검사의 예민도, 특이도를 구하였다. 유의성 검증은 연속변수는 Student's t-test를, 빈도는 Chi-square test를 이용하였고 p값이 0.05 미만인 경우를 유의한 차이로 판정하였다.

결 과

1. 운동부하 정도로 구분한 환자군의 임상상

전체 111명의 대상 중 58명에서(52%) 최대 예측 심박수 85%이상으로 심박동수가 증가되도록 운동을 할 수 있었고, 이들 중 45% (26/58)에서 심전도 검사상 양성으로 나타났다. 최대 예측 심박수의 85% 이상에 도달할 수 없었던 53명의 대상 중 30명에서는 심전도검사상 유의한 ST분절의 하강이 관찰되어 양성으로 판정할 수 있었으나 23명에서는 85% 이상의 운동량에 도달할 수 없어 운동심전도검사의 결론을 내릴 수 없었다. 즉 1군은 32명, 2군 26명, 3군 23명, 4군이 30명이었고, 각 군들의 평균부하량은 1군이 10.0±3.0 Mets, 2군이 6.7±3.5 Mets, 3군이 7.9±2.6 Mets, 4군이 5.2±2.8 Mets였다. 이들 다혈관질환의 비율은 각각 17%, 32%, 39%, 66%로서 초기에 ST 분절의 하강이 있어 운동을 종료하였던 4군에서 다혈관 질환의 비율이 높았다(Table 1).

2. 운동부하 심전도검사와 Tc-99m MIBI 심근관류 스캔의 비교

111명 중 56명에서 ST 분절의 유의한 변화가 관찰되어 운동부하 심전도상 양성으로 판정할 수 있었고, 30명에서는 유의한 ST 분절의 변화가 없어 음성

Table 1. Clinical Data of Subjects who underwent Exercise Tc-99m MIBI SPECT

	%MPHR ≥85%		%MPHR <85%	
	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
Exercise work load (METS)	10.0±3.0	6.7±3.5	7.9±2.6	5.2±2.8
Number of patients, total	32	26	23	30
One vessel	15	15	14	10
Two vessels	2	2	7	10
Three vessels	1	5	2	9
No lesion	14	4	0	1
% of multi-vessel disease	17 (3/32)	32 (7/26)	39 (9/23)	66* [†] (19/30)

Group 1&3, non-diagnostic or normal exercise ECG; Group 2&4, abnormal exercise ECG; %MPHR, % maximal predicted heart rate; *, <0.001 vs Group 1; †, <0.01 vs Group 2.

Table 2. Sensitivity of Exercise Tc-99m MIBI SPECT according to Achieved Exercise Level in the Diagnosis of Coronary Artery Stenosis

	%MPHR ≥85% (Group 1+2)	%MPHR <85% (Group 3+4)
Coronary artery disease (n)		
Lesion (+)	40	52
Lesion (-)	18	1
Exercise SPECT (n)		
Positive	35	45
Negative	23	8
Sensitivity (%)	88	87

Group 1&3, non-diagnostic or normal exercise ECG; Group 2&4, abnormal exercise ECG; %MPHR, % maximal predicted heart rate.

으로 판정하였으나, 25명(23%)에서는 안정 상태의 심전도상에 이상이 있어서 운동 심전도의 명확한 판독이 불가능하였거나, 운동시 최대 심박수의 증가가 충분하지 못하여 운동부하 심전도검사의 결론을 내릴 수 없었다. 관동맥조영술상 50% 이상의 내경 협착이 있었던 92명을 대상으로 하였을 때는 운동부하 심전도검사상 51명(예민도 55%)에서 양성으로 판정할 수 있었고, 관동맥 협착이 없었던 19명 중에서 14명에서 운동부하 심전도검사서 음성 소견(특이도 74%)을 보였다. 운동부하 심전도의 결론을 내릴 수 없었던 25명을 제외하였을 때는 67명의 관동맥 협착 환자 중 52명(예민도 78%)에서 관동맥 질환을 진단할 수 있었다. 운동부하 Tc-99m MIBI SPECT의 진단적 예민도 87% (80/92), 특이도 79% (15/19)

로서 전 예를 대상으로 한 경우 예민도는 SPECT가 심전도보다 유의하게 높았으며 특이도는 유의한 차이는 없었으나 SPECT가 심전도보다 높은 경향을 보였다.

3. 운동부하 정도에 따라 구분한 Tc-99m MIBI 심근 SPECT의 진단능

최대 예측 맥박수의 85% 이상에 도달한 대상(1, 2군)의 SPECT 검사의 예민도는 88% (35/40)로서, 85%미만에 도달한 경우(3, 4군)의 예민도 87% (45/52)와 유의한 차이가 없었고, 전체 운동부하 Tc-99m MIBI SPECT의 예민도 91%와도 유의한 차이가 없었다(Table 2). 최대 예측 심박수의 85% 이상에 도달하였거나 운동심전도검사상 ST 분절이 양성

이어서 운동검사의 목표에 도달하였던 경우(1, 2, 4 군)의 진단적 예민도는 88% (61/69)였고, 심전도검사상 양성 소견이 없었으나 최대 예측 맥박수의 85%에 도달하지 못한 경우(3군)에서도 예민도가 83% (19/23)로 두 군 간에 유의한 차이는 없었다 (Table 3). 전체 147개의 협착혈관 중 SPECT 검사는 84개의 혈관을 진단하여 57%의 예민도를 보였다. 부하 정도에 따라 구분한 SPECT 검사의 개별 혈관협착진단능은 1군이 64% (14/22), 2군이 65% (22/34), 3군이 56% (19/34), 4군이 51% (29/57)로 심전도상 ST 분절의 하강이 조기에 나타나 운동을 종료한 경우에 각각의 혈관병변의 진단 예민도는 낮은 경향을 보였으나 유의한 차이는 아니었다(Table 4).

고 찰

답차를 이용한 운동부하검사시 심전도상 나타나는 ST분절의 하강은 관동맥 질환을 비침습적으로 진단하는데 가장 많이 이용되어 왔다. 그러나 흉통

을 주소로 내원한 환자군에서 운동부하 심전도검사의 관동맥 질환을 진단하는 예민도는 전체 예를 대상으로 하였을 때 50-65% 정도이고 충분한 운동량에 도달하지 못하였거나 안정시의 기저심전도의 이상 소견으로 판독이 불가능 하였던 경우를 제외하더라도 관동맥 협착의 진단적 예민도는 80% 전후로 보고되고 있어⁷⁻¹²⁾ 관동맥 질환을 조기에 정확하게 진단할 수 있는 보다 예민하고 비침습적인 검사방법이 요구되어 왔다. 심근관류 스캔은 심근의 관류상태를 평가하여 관동맥 질환을 진단하고, 관동맥 환자의 예후를 추정할 수 있게 할 뿐만 아니라, 혈전용해술, 관동맥 우회술이나 관동맥 확장술 등의 재관류 치료 후의 효과판정 등에 널리 이용되고 있다.^{3,4,13,14)} 심근관류 스캔에는 TI-201이 가장 많이 사용되어 왔으나 핵종 자체의 물리적 성질로 인한 조직에서의 감쇄와 긴 반감기 등의 제한점이 있고 운동부하 후 바로 영상을 얻어야 하므로 운동부하검사와 SPECT 영상을 동시에 계획하여야 하는 검사 일정상 효과적으로 시행하기 어려운 경우가 많아, 운동부하검사와 핵의학검사가 다른 장소에서 시행

Table 3. Sensitivity of Exercise Tc-99m MIBI SPECT according to the Final Goal of Exercise Test

	%MPHR ≥85% or ECG (+) (Group 1+2+4)	%MPHR <85% (Group 3)
Coronary artery disease (n)		
Lesion (+)	69	23
Lesion (-)	19	0
Exercise SPECT (n)		
Positive	61	19
Negative	27	4
Sensitivity (%)	88	83

Group 1&3, non-diagnostic or normal exercise ECG; Group 2&4, abnormal exercise ECG; %MPHR, % maximal predicted heart rate.

Table 4. Sensitivity of Exercise Tc-99m MIBI SPECT in the Detection of Individual Coronary Artery Stenosis

	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Total
No. of diseased vessel	22	34	34	57	147
Exercise SPECT (No. of detection)	14	22	19	29	84
Sensitivity (%)	64	65	56	51	57

Group 1&3, non-diagnostic or normal exercise ECG; Group 2&4, abnormal exercise ECG.

되는 경우가 많은 우리 나라의 현실상 운동부하 심근관류 SPECT가 널리 이용되지는 못한 형편이다. 본 연구에서는 부하시 추적자 주사 후 영상을 얻는 시기를 보다 탄력적으로 유지하기 위하여 심장근육 세포에 섭취되어 재분포가 적어 지연영상이 가능한 Tc-99m 표지 심근관류 스캔용 방사성 의약품인 Tc-99m MIBI를 사용하였다.^{15,16)} 운동부하시에는 장관 혈류가 운동하는 근육으로 분포되어지므로 복강내 혈류가 감소되어 심장하부의 배후 방사능이 감소된다. 특히 Tc-99m MIBI는 지용성 리간드이어서 간 섭취 후 담도로 배설되어 인접한 좌심실 하벽을 평가하는데 영향을 주므로 이러한 단점도 최소화할 수 있어 깨끗한 심근영상을 얻을 수 있고, 운동부하 Tl-201 영상에서 나타날 수 있는 "upward creep" 등도 배제할 수 있다는 장점이 있다.^{17,18)}

본 연구의 결과는 운동부하 Tc-99m MIBI 심근관류 스캔의 관동맥 질환을 진단하는 능력은 운동부하 심전도검사보다 유의하게 높아 운동부하 스캔을 운동부하 심전도검사에 동반하여 시행하는 것이 운동능력의 평가와 함께 관동맥 질환의 진단율을 높일 수 있다는 기존의 보고들과 유사하였다.^{9,13-16)} Kaul 등⁸⁾은 Tl-201 스캔이 단일혈관 질환이 있는 환자의 진단에서 운동부하 심전도검사보다 관동맥 협착을 보다 예민하게 진단할 수 있었으나, 개개인마다 관동맥의 해부학적인 변이가 있으므로 좌심실의 관류결손 위치가 항상 관동맥의 해부학적인 위치와 일치하지는 않는다고 하였다. 특히 Tl-201 스캔에 나타나는 관류결손 부위의 재분포는 관동맥 협착 부위를 국소화하는데 심근경색의 병력이 있거나, 좌회선지와 우관동맥의 협착이 있는 환자에서 유리하다고 보고하였다. 본 연구의 결과는 운동부하시 임상적으로 판단하여 충분한 정도의 운동량에 도달하지 못한 경우에도 관동맥 질환의 진단능이 운동량이 충분하였던 대상군에서의 진단율과 유의한 차이가 없음을 보여주었다.

이러한 사실은 운동시 심근관류 스캔에서 관류결손이 나타내는 기본 원리인 정상 혈관과 협착혈관의 혈류를 공급받는 심실벽의 관류의 불균형이 흉통이나 심전도상의 ST분절의 변화가 일어나기 전단계에 나타나기 때문에 흉통이나 심전도상의 변화가 일어

나기 전단계에서 운동을 종료하여도 관동맥 협착을 보다 민감하게 진단할 수 있다는 기존에 알려진 사실과 일치한다.^{3,19)} Beller³⁾는 운동부하와 관련하여 나타나는 여러 가지의 증상과 이상 검사 소견의 발생순서는 심근관류 스캔상 관류결손을 야기할 수 있는 관동맥 혈류의 불균일성(heterogeneity)이 가장 먼저 나타나고, 국소적인 심근벽의 기능이상, 협착 부위 심근의 유의한 관류감소, 좌심실의 전반적인 기능이상, 허혈성 ST분절의 발생, 협심증에 의한 통증의 발생의 순으로 발생한다고 한 바가 있다. 심근관류 스캔에서는 관동맥 내경협착이 심하지 않더라도 혈액학적인 이상이 있는 병변 부위를 보다 민감하게 진단할 수 있다. Uren 등²⁰⁾은 단일혈관 병변을 가진 관동맥 질환자에서 관동맥 협착 정도와 심근혈류량의 상관성을 연구하여 관동맥 협착이 심하여도 안정 상태에서의 심근혈류는 정상 대조군과 다르지 않으나 혈관확장제를 주입하여 관동맥 혈류를 최대로 증가시킬 경우 관동맥 내경이 40% 정도의 협착에서부터는 혈관확장 예비능의 감소가 관찰되기 시작하고 관동맥 내면적의 96% 감소에 해당되는 80% 이상의 내경협착이 있는 경우에는 혈류증가 정도가 둔화되어 증가된 최대 혈류량이 기저 상태의 혈류와 다르지 않게 된다고 하였다.

운동 정도가 관동맥 질환의 진단에 미치는 영향은 연구자에 따라 서로 상이한 결과가 보고되어 왔다.^{10,21-23)} Esquivel 등²¹⁾은 단일 관동맥의 협착병변이 있는 288명의 환자에서 증상제한적 운동부하검사와 Tl-201 SPECT를 시행하여 최대 예측 심박수로 구분한 경우, METs로 구분한 경우, 총 운동시간으로 구별하였을 때 3가지 경우의 모두에서 부하 영상에서의 관류결손이 나타나거나 지연영상에서 재분포가 관찰되는 것은 운동부하 정도에 따른 차이는 없어 관동맥질환 진단능력에는 차이가 없다는 본 연구와 유사한 성적을 보고하였다. 그러나 이들의 연구에서는 운동부하가 충분하지 않은 경우에도 관동맥질환을 진단하는 능력은 감소되지 않지만 각각의 협착이 있는 동맥을 찾는 능력은 낮아진다고 하였고, 본 연구에서의 결과도 유사한 경향을 보였으나 유의한 차이는 아니었다. 심근관류 스캔에서는 가장 관류가 잘 되는 혈관영역의 심근을 기준으로 하여

관류 정도를 평가하므로 다혈관질환에서는 관류의 감소 정도가 가장 심한 부분을 관류결손 부위로 판단하고 다른 혈관이 지배하는 심근영역의 관류 정도는 상대적으로 적은 관류결손으로 나타나거나 관류가 정상인 부위로 판정할 수 있다. 그러므로 다혈관질환에서는 부하 정도가 충분하지 않은 경우에는 각각의 혈관에 나타나는 관류결손 정도를 찾는 능력은 감소될 수 있을 것이다. 그러나 McLaughlin 등²²⁾과 Kaplan 등¹⁰⁾은 적은 수를 대상으로 한 연구였으나 관동맥 질환의 진단시 부하 정도가 클수록 관동맥 협착의 예민도가 높아진다고 하였다. 이들은 평면영상술을 이용한 초기의 연구였고 Iskandrian 등²³⁾의 SPECT 영상술을 이용한 연구에서는 부하 정도가 클수록 관동맥 질환의 진단시 예민도가 높아진다고 하였다. 이들은 운동부하 Tl-201 SPECT를 분석하여 최대 운동부하시 맥박수가 최대 예측 맥박수의 85% 이상에 도달하였거나 심전도상 양성 소견이 있어 운동을 종료한 경우에는 단일혈관 병변, 두혈관의 병변, 세혈관의 병변이 있는 군의 진단적 예민도가 각각 74%, 88%, 98%로서 운동 심박수가 최대 예측 맥박수의 85%에 도달하지 못한 경우의 52%, 84%, 79%보다 높아 운동량이 충분한 경우의 진단율이 더 높았다고 보고하였다.

연구자에 따라 결과가 상이하게 나타나는 이유를 명확하게 설명할 수는 없으나, Iskandrian 등²³⁾은 각 연구에서 대상 환자군의 불균일성, 즉 관동맥 협착 정도가 서로 다르기 때문일 것으로 추측된다고 하였다. 예를 들면 90% 이상 협착이 있는 환자는 최대 운동부하 이전에도 스캔상 허혈이 진단될 수 있지만 50-70%의 협착을 가진 환자는 최대 부하 이전에 운동을 중단한 경우는 스캔상 허혈이 진단되지 않을 수 있는 것이다. 즉 협착의 정도가 심한 환자군에서는 운동부하 정도가 심근 관류 SPECT의 진단능에 미치는 영향이 낮고, 협착의 정도가 보다 경한 환자군에서는 운동부하 정도의 영향이 더 클 것으로 생각된다. 또한 관독시 심근관류 정도를 정량적으로 측정하거나 게이트 방법으로 얻어진 추가적인 정보를 고려하면 본 연구의 결과나 기존의 보고들과는 상이한 결과가 나타날 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구의 제한점은 대상 환자 중 심전도검사나

SPECT 검사에서 양성의 소견을 보이거나, 임상 소견으로 미루어보아 관동맥질환의 확률이 높은 환자군을 대상으로 관동맥조영술을 시행하였을 가능성이 있다는 점이다. 환자의뢰 편견(post-referral bias)은 검사성적에 영향을 미칠 수 있어 대부분 진단적 예민도는 높고 특이도를 감소시키나 본 연구에 포함된 증례는 예민도는 높았으나, 특이도는 낮지 않았다. 특히 1990년대 이후 심근관류 스캔이 관동맥조영술의 적응증을 결정하는 검사로 이용되는 경우가 많아져서, 심근스캔상 이상 소견이 없으면 관동맥조영술을 시행하지 않으므로 80년대의 진단율과 비교하면 대체적으로 검사의 특이도는 낮게 보고되고 있다.²⁴⁾ 그러나 관동맥조영술이 임상에서 관동맥질환의 표준진단법으로 사용되고 있으나 협심증은 관동맥조영술상 50% 이상의 유의한 협착이 없는 경우에도 나타날 수 있고,²⁵⁾ 심근관류 스캔은 이러한 변화를 조기에 진단할 수 있어 향후 이러한 차이에 대한 장기적인 비교 검토가 있어야 할 것이다. Mahmarian 등²⁶⁾은 운동부하 SPECT 검사를 분석한 결과 운동시 흉통없이 나타나는 무통성 허혈(silent ischemia)이 통증이 동반된 경우보다 빈도가 높고, 이러한 경우 유의한 관동맥 협착이 없는 경우에도 허혈증상이 나타나는 경우도 있었다고 보고한 바가 있다.²⁰⁾ 또한 운동부하검사에서 최대 운동 정도를 평가하는 변수들은 운동시의 최대 심박수가 정도와 최대 산소소모량(VO_2 max)의 측정이 가장 많이 이용되고 있다.²⁷⁾ 그러나 이러한 변수로서 판단한 운동부하 정도는 나이에 따른 운동시 최대 심박수 증가를 기준으로 하였을 때 95%의 신뢰도 범위에서의 변화가 분당 50번 정도 있을 수 있다는 보고가 있는 등 개인이나 상황에 따른 변화가 있는 경우도 있어,²⁸⁻³⁰⁾ 본 연구에서 사용한 운동부하 정도의 예측이 약간의 오류가 있을 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구의 결과로 보아 운동부하 SPECT검사는 관동맥 협착에 대한 진단능이 심전도검사보다 높고, 심전도 소견을 관독하기가 어려울 경우에도 관동맥질환을 정확하게 진단할 수 있으리라 생각된다. 또한 충분한 정도의 운동량에 도달하지 못한 경우에도 관동맥 협착을 진단하는 성능은 떨어지지 않음을 알 수 있었다. 향후 보다 많은 수의 환자를 대상으로한

추가적인 연구가 시행되어야 할 것으로 판단된다.

요 약

목적: 운동부하 심전도검사에 나타나는 ST-분절의 하강은 운동부하의 정도에 영향을 받는다. 그러나 운동부하의 정도가 운동부하 심근관류영상의 관동맥 질환 진단능에 미치는 영향은 보고자마다 달라 아직도 논란이 되고있다. 본 연구는 운동부하의 정도가 심근관류 영상의 관상동맥 질환 진단능에 미치는 영향을 규명하고자 시행하였다. **대상 및 방법:** 111명(남자 73명, 여자 38명, 평균연령; 56세)의 안정된 환자를 대상으로 운동부하검사와 함께 Tc-99m MIBI를 이용한 심근관류 스캔을 실시하고 3개월 이내에 관상동맥촬영술을 실시하였다. 운동부하의 정도는 운동시 최대 예측 심박수의 85%에 도달했는가를 기준으로 하고, 운동심전도 소견을 첨가하여 4군으로 구분하고 각각의 군에서의 진단능을 비교하였다. **결과:** 1) Tc-99m MIBI 심근관류 스캔의 예민도와 특이도는 심전도검사의 소견이나 심박수의 증가 정도에 따른 차이는 없었다. 2) 운동부하 Tc-99m MIBI SPECT의 예민도는 87%, 특이도는 79%였고 전례를 대상으로 한 경우 운동부하 심전도는 예민도 55%, 특이도 74%로서 예민도는 SPECT가 운동부하 심전도보다 유의하게 높았으며 특이도는 유의한 차이는 없었으나 SPECT가 더 높은 경향을 보였다. 3) 최대 예측 심박수의 85% 이상의 운동량에 도달한 경우의 관동맥 질환 진단 예민도는 85% 이하의 운동량에 도달한 군과 유사하였다(88% vs 87%, p=NS). 4) 운동부하 정도가 적었으나 조기에 심전도검사상 양성 소견을 보인 경우에는 다혈관 질환에서 개개 혈관의 협착 진단능은 낮은 경향을 나타내었다. **결론:** 이상의 결과로 볼 때 운동부하 Tc-99m MIBI 심근관류 스캔의 관동맥 협착 진단능은 운동부하 심전도검사보다 높았고, 답차를 이용한 증상 제한적 운동부하검사에서 심박동수의 증가로 평가한 운동 정도가 운동 목표량에 도달하지 않아도 진단능이 감소되지 않음을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- 1) Pashkow FJ. Role of routine exercise electrocardiographic testing. In: Marwick TH, ed. *Cardiac stress testing and imaging*. New York: Churchill Livingstone; 1996. p. 1-31.
- 2) Weiner DA. Screening for latent coronary artery disease by exercise testing. *Circulation* 1991;83: 1104-6.
- 3) Beller DA. Detection of coronary artery disease. In: *Clinical Nuclear Cardiology*. Philadelphia: WB Saunders; 1995. p 98.
- 4) Hlatky MA, Pryor DB, Harrel FE, Califf RM, Mark DB, Rosati RA. Factors affecting sensitivity and specificity of exercise electrocardiography. Multivariate analysis. *Am J Med* 1984;77:64-71.
- 5) Bodenheimer MM, Banka VS, Fooshee CM, Helfant RH. Comparative sensitivity of the exercise electrocardiogram, thallium imaging and stress radionuclide angiography to detect the presence and severity of coronary artery disease. *Circulation* 1979;60:1270-8.
- 6) Ellestad MH. Physiology of cardiac ischemia. In: Ellestad MH, ed. *Stress testing: Principles and practice*. 3rd ed. Philadelphia: FA Davis; 1986, p71.
- 7) Iskandrian AS, Segal BL. Value of exercise thallium-201 imaging in patients with diagnostic and non-diagnostic exercise electrocardiograms. *Am J Cardiol* 1981;48:233-8.
- 8) Kaul S, Keiss MC, Liu P, Pohost GM, Okada RD, Guiney TE, et al. Comparison of exercise electrocardiography and quantitative thallium imaging for one-vessel coronary artery disease. *Am J Cardiol* 1985;56:257-61.
- 9) Botvinick EH, Taradash MR, Shames DM, Parmley WW. Thallium-201 myocardial perfusion scintigraphy for the clinical clarification of normal, abnormal and equivocal electrocardiographic stress tests. *Am J Cardiol* 1978;41:43-51.
- 10) Kaplan MA, Harris CN, Aronow WS, Parker DP, Ellestad MH. Inability of submaximal exercise treadmill stress test to predict the location of coronary disease. *Circulation* 1973;47:250-6.
- 11) Linhart JW, Turnoff HB. Maximal exercise testing in patients with abnormal control electrocardiograms. *Circulation* 1974;49:667-72.

- 12) Ellestad MH, Savitz S, Bergdall D, Teske J. The false positive stress test. Multivariate analysis of 215 subjects with hemodynamic, angiographic and clinical data. *Am J Cardiol* 1977;40:681-5.
- 13) DePasquale EE, Nody AC, DePuey EG, Garcia EV, Pilcher G, Bredlan C, et al. Quantitative rotational thallium-201 tomography for identifying and localizing coronary artery disease. *Circulation* 1988;77:316-27.
- 14) Mahmarian JJ, Verani MS. Exercise thallium-201 perfusion scintigraphy in the assessment of coronary artery disease. *Am J Cardiol* 1991;67:2D-11D.
- 15) Maddahi J, Kiat H, van Train KF, Prigent F, Friedman J, Garcia EV, et al. Myocardial perfusion imaging with technetium-99m sestamibi SPECT in the evaluation of coronary artery disease. *Am J Cardiol* 1990;66:55E-62E.
- 16) Choi JY, Hwang JY, Hwang JH, Lim HJ, Park HS, Cho YK, et al. Diagnostic efficacy of exercise Tc-99m tetrofosmin SPECT in patients with coronary artery disease. *Korean J Med* 1997;53:759-68.
- 17) Friedman J, Van Train K, Maddahi J, Rozanski A, Prigent F, Bietendorf J, et al. "Upward creep" of the heart: a frequent source of false-positive reversible defects during thallium-201 stress-redistribution SPECT. *J Nucl Med* 1989;30:1718-22.
- 18) Cooper JA, Neumann PH, McCandless BK. Effect of patient motion on tomographic myocardial perfusion imaging. *J Nucl Med* 1992;13:1566-1671.
- 19) Mahmarian JJ, Boyce TM, Goldberg RK, Conanougher MK, Roberts R, Verani MS. Quantitative exercise thallium-201 single photon emission computed tomography for the enhanced diagnosis of ischemic heart disease. *J Am Coll Cardiol* 1990;15:318-29.
- 20) Uren NG, Melin JA, De-Bruyne B, Wijns W, Baudhuin T, Camici PG, et al. Relation between myocardial blood flow and the severity of coronary artery stenosis. *N Engl J Med* 1994;330:1782-8.
- 21) Esquivel L, Pollock SG, Beller GA, Gibson RS, Watson DD, Kaul S. Effect of the degree of effort on the sensitivity of the exercise thallium-201 stress test in symptomatic coronary artery disease. *Am J Cardiol* 1989;63:160-5.
- 22) McLaughlin PR, Martin RP, Doherty P, Daspit S, Goris M, Haskell W, et al. Reproducibility of Tl-201 myocardial perfusion imaging. *Circulation* 1977;55:497-503.
- 23) Iskandrian AS, Heo J, Kong B, Lyons E. Effect of exercise level on the ability of thallium-201 tomographic imaging in detecting coronary artery disease: Analysis of 461 patients. *J Am Coll Cardiol* 1989;14:1477-86.
- 24) Diamond GA, Forrester JS, Hirsch M, Staniloff HM, Vas R, Berman DS, et al. Application of conditional probability analysis to the clinical diagnosis of coronary artery disease. *J Clin Invest* 1980;65:1210-21.
- 25) Zijlstra F, Fioretti P, Reiber JHC, Serruys PW. Which cineangiographically assessed anatomic variable correlates best with functional measurements of coronary severity? comparison of quantitative analysis of the coronary cineangiogram with measured coronary flow reserve and exercise/redistribution thallium scintigraphy. *J Am Coll Cardiol* 1988;12:686-91.
- 26) Mahmarian JJ, Pratt CM, Cocanougher MK, Verani MS. Altered myocardial perfusion in patients with angina pectoris or silent ischemia during exercise as assessed by quantitative thallium-201 single-photon emission computed tomography. *Circulation* 1990;82:1305-15.
- 27) Weiner DA. Normal hemodynamic, ventilatory and metabolic response to exercise. *Arch Intern Med* 1983;143:2173-5.
- 28) McGinn AL, White CW, Wilson RF. Interstudy variability of coronary flow reserve. Influence of heart rate, arterial pressure, and ventricular preload. *Circulation* 1990;81:1319-30.
- 29) Czernin J, Muller P, Chan S, Brunken RC, Porenta G, Krivikapich J, et al. Influence of age and hemodynamics on myocardial blood flow and flow reserve. *Circulation* 1993;88:62-9.
- 30) Hammond HK, Froelicher VF. Normal and abnormal heart rate response to exercise. *Prog Cardiovasc Dis* 1985;27:271-96.