

게이트 심근관류 SPECT상 운동 유발성 기절심근을 보이는 환자의 운동부하 심전도, 관류 SPECT 및 심혈관 조영술 소견

경북대학교 의과대학 핵의학교실, 내과학교실¹
안병철 · 서지형 · 배진호 · 정신영 · 박현식¹ · 이재태 · 채성철¹ · 이규보

Characteristic Findings of Exercise ECG Test, Perfusion SPECT and Coronary Angiography in Patients with Exercise Induced Myocardial Stunning

Byeong-Cheol Ahn, MD., Ji-Hyoung Seo, MD., Jin Ho Bae, MD., Shin Young Jeong, MD., Hun Sik Park¹, MD., Jaetae Lee, MD., Shung Chull Chae¹, MD., and Kyu Bo Lee, MD.

Departments of Nuclear Medicine and Internal Medicine¹, Kyungpook National University Hospital, Kyungpook National University Medical School, Daegu, Korea

Purpose : Transient wall motion abnormality and contractile dysfunction of the left ventricle (LV) can be observed in patients with coronary artery disease due to post-stress myocardial stunning. To understand clinical characteristics of stress induced LV dysfunction, we have compared the findings of exercise stress test, myocardial perfusion SPECT and coronary angiography between subjects with and without post-stress LV dysfunction.

Materials and Methods : Among subjects who underwent exercise stress test, myocardial perfusion SPECT and coronary angiography within a month of interval, we enrolled 36 patients with post-stress LV ejection fraction (LVEF) was $\geq 5\%$ lower than rest (stunning group) and 16 patients with difference of post-stress and rest LVEF was lesser than 1% (non-stunning group) for this study. Treadmill exercise stress gated myocardial perfusion SPECT was performed with dual head SPECT camera using 740 MBq Tc-99m MIBI and coronary angiography was also performed by conventional Judkins method. **Results** : Stunning group had a significantly higher incidence of hypercholesterolemia than non-stunning group (45.5 vs. 7.1%, $p=0.01$). Stunning group also had higher incidence of diabetes mellitus and lower incidence of hypertension, but these were not statistically significant. Stunning group had larger and more severe perfusion defect in stress perfusion myocardial SPECT than non-stunning group (extent 18.2 vs. 9.2%, $p=0.029$; severity 13.5 vs. 6.9, $p=0.040$). Stunning group also had higher degree of reversibility of perfusion defect, higher incidence of positive exercise stress test and higher incidence of having severe stenosis (80~99%) in coronary angiography than non-stunning group, but these were not statistically significant. In stunning group, all of 4 patients without perfusion defect had significant coronary artery stenosis and had received revascularization treatment. **Conclusion** : Patients with post-stress LV dysfunction had larger and more severe perfusion defect and severe coronary artery stenosis than patients without post-stress LV dysfunction. All of the patients without perfusion defect in stunning group had significant coronary artery stenosis and needed revascularization. Therefore, we suggest that invasive diagnostic procedures and therapeutic interventions might be needed in patients with post-stress LV dysfunction. (Korean J Nucl Med 38(3):225-232, 2004)

Key Words: Post-stress myocardial stunning, Left ventricular ejection fraction, Gated myocardial perfusion SPECT, Angiography, Exercise ECG test.

서 론

실험동물 연구에서 처음 기술된 기절심근은 심근허혈 상태 이후 관류가 회복되더라도 심근의 수축작용에 장애가 유지되는 것, 즉 허혈 후 발생하는 일과성 좌심실 부전을 일컫는다.^{1,2)} 기절심근은 심근전체의 혈류를 감소시키는 심장정지, 심장수술, 심장이

• Received: 2003. 12. 1. • Accepted: 2004. 4. 19.

• Address for reprints: Byeong-Cheol Ahn, MD., Department of Nuclear Medicine, School of Medicine, Kyungpook National University, 50 Samduk-dong, Jung-gu, Daegu 700-721, Korea
Tel: 053-420-5583, Fax: 053-422-0864
E-mail: abc2000@knu.ac.kr

*이 연구는 2002년도 원자력 중장기연구개발사업의 연구비 지원에 의한 결과임.

식술, 급성심근경색후 재관류술 이후뿐만 아니라 국소적인 심근 허혈을 일으키는 운동부하 협심증, 불안정 협심증 이후에도 발생될 수 있다.²⁾ 허혈 후 좌심실 부전의 정도와 지속시간은 허혈에 의한 심근의 손상 정도와 비례하는 것으로 보고되고 있는데, 운동 후 기절심근의 발생정도를 파악하는 것은 심근허혈의 존재 여부를 파악하고, 그 정도를 평가하는데 유용한 자료로 이용될 수 있다.^{3,4)}

심근관류용 방사성 의약품으로 thallium-201 chloride가 널리 사용되어 왔으나, 현재는 검사실에서 쉽게 만들어 쓸 수 있는 Tc-99m 표지 심근관류용 방사성 의약품들이 많이 이용된다. 이러한 Tc-99m 표지 방사성 의약품을 이용하는 경우 반감기가 짧아 많은 양의 방사능을 투여할 수 있고, Tc-99m의 감마선 에너지가 140keV로 영상을 얻기에 적당해 게이트 심근관류 SPECT의 촬영이 용이하다. 또한 게이트 심근관류 SPECT 영상을 분석하는 프로그램의 발달로 인하여 환자의 불편함의 증가나 방사선 피폭의 증가없이 심근관류에 대한 자료와 함께 좌심실 기능에 대한 자료를 쉽게 구할 수 있게 되었다.⁵⁻⁸⁾ 부하 심근관류 SPECT 시 안정시와 부하시의 게이트 영상을 비교하면 부하로 인한 좌심실의 일시적 기능저하를 드물지 않게 관찰 할 수 있다.

본 연구는 운동부하 후 게이트 심근관류 SPECT로 구한 좌심실구혈률이 안정시 얻은 좌심실구혈률 보다 5% 이상 낮은 환자와 그렇지 않은 환자를 대상으로 하여 운동부하 심전도, 심근관류 SPECT 소견 및 관상동맥조영술 소견을 비교해 보았다.

대상 및 방법

1. 대상

운동부하 심전도, 심근관류 SPECT, 심혈관조영술을 모두 시행한 환자 가운데 게이트심근관류 SPECT로 구한 좌심실 구혈률이 안정시에 비해 5%이상 감소가 있는 환자 36명 (기절심근군)과 운동 부하후 좌심실구혈률이 안정시에 비해 1% 이하의 변화가 있는 환자 16명 (비기절심근군)을 대상으로 하였다. 기절심근군은 남자가 28명 (77.8%)으로 평균연령은 60.3±8.5세 였으며, 비기절심근군은 남자가 11명 (68.8%)이고 평균연령은 55.7±6.3세로, 두 군 사이에 연령이나 성별은 유의한 차이가 없었다.

2. 방법

운동부하 심전도 검사 및 판정

검사 6시간 전부터 공복상태를 유지하였고 검사 당일에는 베타 차단제, 칼슘 차단제와 질산염을 포함한 모든 심혈관계 약물을 중지하였다. 답차를 이용한 Bruce 법으로 증상 제한적 최대

운동부하를 이용하였다. 운동직전과 운동 중 1분 간격으로 심전도를 기록하였고, 심박수, 혈압은 3분 간격으로 측정하였으며, 운동중에는 지속적으로 12-유도 심전도를 얻었다. 운동은 심한 피로, 호흡곤란, 중증도 이상의 흉통, 하지의 동통, 혈압강하, 중증의 부정맥 발생 혹은 안정시 심전도에 비해 2mm 이상의 ST 분절의 하강이 있을 때 까지 시행하였으며, 1mm 이상의 수평 또는 하향경사의 ST분절 하강이 있거나 1mm 이상의 ST 분절 상승이 있는 경우를 양성으로 판정하였다.

1) 게이트 심근관류 SPECT

게이트 심근관류 SPECT는 2일 검사법을 이용하였으며, 부하 영상은 운동부하 심전도 검사 중 최대 운동부하시 740 MBq (20 mCi)의 Tc-99m MIBI를 정맥으로 주사한 후 1분간 더 운동을 지속하게 하였으며, 주사 후 1시간에 저에너지 고해상도 평형 조준기를 장착한 이중헤드 감마카메라 (Vertex Plus, ADAC, USA)를 이용하여 구하였다. 안정시 영상은 안정시에 740 MBq (20 mCi)의 Tc-99m MIBI를 정맥으로 주사한 후 부하시 영상과 동일한 방법으로 영상을 구하였다. 영상 자료의 획득은 20% 에너지 창을 140 keV를 중심으로 설정한 후, 각각의 검출기를 3°씩 180° 회전시키면서 64X64 행렬로 각 25초씩 총 64개를 투사영상을 얻었다. 심전도 게이트는 8 frame으로 시행하였으며, 심전도 상 R-R 간격이 50 %이내인 경우만 영상처리 자료로 이용하였다. 영상의 재구성은 Butterworth 여과기를 사용하여 여과 후 역투사 방법을 이용하였으며, 6.56 mm 두께로 심장의 단축단면상, 수평 장축단면상, 수직 장축단면상을 얻었다. Germano 등에 의해 개발되어 현재 상업적으로 판매되는 프로그램인 AutoQUANT™ 소프트웨어 (Cedars Sinai Medical Center, Los Angeles, Calif.)를 이용한 자동화 방법으로 관류 결손의 크기(% extent), 정도 (summed stress score), 가역성 (summed difference score) 및 좌심실 구혈률을 구하였다.

2) 관상동맥 조영술

경피적 혈관천자를 이용한 Judkin 법으로 관상동맥조영술을 운동부하 검사로부터 1개월 내에 시행하였으며, 판독은 핵의학영상에 대한 정보를 가지지 못한 2명의 관상동맥조영술 전문가가 함께 시행하였으며, 협착의 정도는 정량적 관상동맥조영술 (quantitative coronary angiography)을 이용하여 구하였으며, 직경이 50% 이상 협착된 경우를 유의한 관상동맥 협착이 있는 것으로 하였으며 80~99%의 협착이 있는 경우를 심한관상동맥 협착으로 보았다.

Table 1. Clinical Characteristics of Subjects

	stunning group (n=36)	non-stunning group (n=16)	p value
Age(year)	60.3±8.5	55.7±6.3	0.303
Male	77.8%	68.8%	0.357
Smoking (+)	63.6%	64.3%	0.618
Hypertension (+)	36.4%	64.3%	0.075
Diabetes mellitus (+)	15.2%	0%	0.155
Hypercholesterolemia(+)	45.5%	7.1%	0.010

3. 통계처리

통계적 처리는 SPSS 프로그램 (9.0 version)을 사용하여 student t-test 및 Chi-square test를 시행하였으며, p 값이 0.05 이하인 경우 유의한 것으로 인정하였다.

결 과

기절심근군은 비기절심근군에 비해 고콜레스테롤혈증의 빈도가 유의하게 높았으며(45.5 대 7.1%, p=0.01), 당뇨병의 빈도가 높은 경향을 가졌으며, 고혈압의 빈도는 낮은 경향을 가졌으나 통계적으로 유의하지 않았다(15.2 대 0%, p=0.15, 36.4 대 64.3%, 0.075). 또한 양군 간에 흡연의 빈도는 유사하였다(63.6 대 64.3%, p=0.618).

기절심근군과 비기절심근군의 안정시 좌심실 구혈률에는 차이가 없었으나 부하 후 좌심실 구혈율은 기절심근군이 비기절 심근군에 비하여 유의하게 낮았다 (48.4 ± 10.4% 대 57.7 ± 8.7%, p=0.002). 기절심근군은 비기절심근군에 비해 운동부하 심전도의 양성 소견의 빈도가 높았으나 통계적 유의성이 없었고 (82.9% 대 64.3%, p=0.152), 최대 운동부하 시간과 최대 심박수에는 차이가 없었다(403.0±175.2 대 459.8±215.8초, 124.6±27.6 대 131.9±29.0). 기절심근군은 비기절심근군에 비해 통계적으로 유의하게 관류결손의 크기가 크고 (18.2±13.5 대 9.2±10.8%, p=0.029), 정도가 심하였으며 (13.5±10.3 대 6.9±8.4, p=0.04), 관류결손의 가역성이 더 큰 경향을 가졌으나 통계적으로 유의하지 않았다 (7.9±6.3 대 4.8±4.7, p=0.095). 기절 심근군은 비기절심근군에 비해 관상동맥 조영술상 다혈관질환의 빈도가 더 높았으나 통계적으로 유의하지 않았고 (62.5% 대 46.2%, p=0.279), 관상동맥의 최대 협착 정도에는 차이가 없었다 (75.8% 대 69.3%, p=0.468). 그러나 기절심근군은 비기절심근군에 비해 80~99% 정도의 심한 관상동맥 협착의 존재 빈도가 높은 경향을 나타내었다 (64.7% 대 35.7%, p=0.064). 관류결손의 범위와 정도 및 가역성과 운동부하후 좌심실 구

Table 2. Characteristic Findings of Exercise ECG Test, Perfusion SPECT and Coronary Angiography in Patients with or without Exercise Induced Myocardial Stunning

	stunning group (n=36)	non-stunning group (n=16)	p value
Rest LVEF	56.6 ± 10.6%	57.7 ± 8.4%	0.683
Post-stress LVEF	48.4 ± 10.4%	57.7 ± 8.7%	0.002
Extent of perfusion defect in post-stress imaging	18.2 ± 13.5%	9.2 ± 10.8%	0.029
Severity of perfusion defect (SSS) in post-stress image	13.5 ± 10.3	6.9 ± 8.4	0.040
Reversibility of perfusion defect (SDS) in post-stress image	7.9 ± 6.3	4.8 ± 4.7	0.095
Percentage of patients with severe coronary stenosis(80-99%) on Angio	64.7%	35.7%	0.064
Percentage of patients with positive Ex ECG	82.9%	64.3%	0.095

* abbreviations. LVEF, left ventricular ejection fraction; SSS, summed stress score; SDS, summed difference score; Angio, coronary angiography; Ex ECG, exercise ECG test.

Table 3. Correlations Between Parameters of Perfusion Defect on post-stress perfusion SPECT and Post-stress LVEF Decrease

	correlation	p value
Extent of perfusion defect	r=-0.104	0.629
Severity of perfusion defect (SSS)	r=-0.080	0.711
Reversibility of perfusion defect (SDS)	r=-0.105	0.626

* abbreviations. LVEF, left ventricular ejection fraction; SSS, summed stress score; SDS, summed difference score.

혈를 감소정도와의 상관성이 없었다. 기절심근군 가운데 4명 (11.1%)은 심근관류 SPECT의 시각적 판독에서는 관류결손이 발견되지 않았으나, 4명 모두에서 유의한 관상동맥 협착이 발견되었고, 2명은 경피적 관상동맥 풍선확장술이 시행되었고, 2명은 관상동맥 우회로술이 시행되었다. 비기절심근군 가운데 3명 (18.8%)은 심근관류 SPECT상 관류 결손이 발견되지 않았으며 그 중 2명 (66.7%)은 관동맥 조영술상 유의한 협착이 없었으며, 1명은 세혈관질환으로 경피적 관상동맥 풍선확장술이 시행되었다.

고 찰

게이트 심근관류 SPECT는 기존의 심근관류 정보에 추가

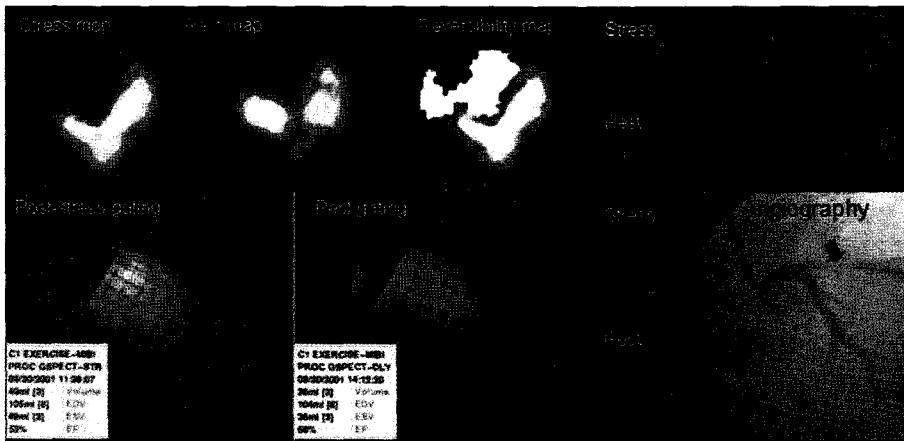


Fig. 1. Case showing post-stress myocardial stunning. Myocardial perfusion SPECT of a 65-year-old male showed reversible perfusion defect in left anterior descending artery territory and gated SPECT revealed transient anteroapical hypokinesia and decrease of post-stress LVEF more than 5%. His coronary angiography showed 80% stenosis of left descending artery.

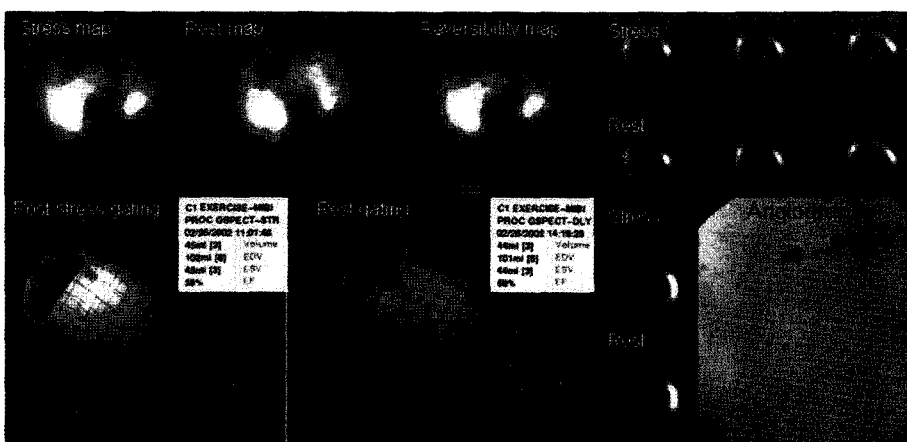


Fig. 2. Case showing no post-stress myocardial stunning. Myocardial perfusion SPECT of a 69-year-old female showed fixed perfusion defect in right coronary artery territory and gated SPECT revealed persistent basal inferior hypokinesia. Her coronary angiography showed complete obstruction of proximal right coronary artery.

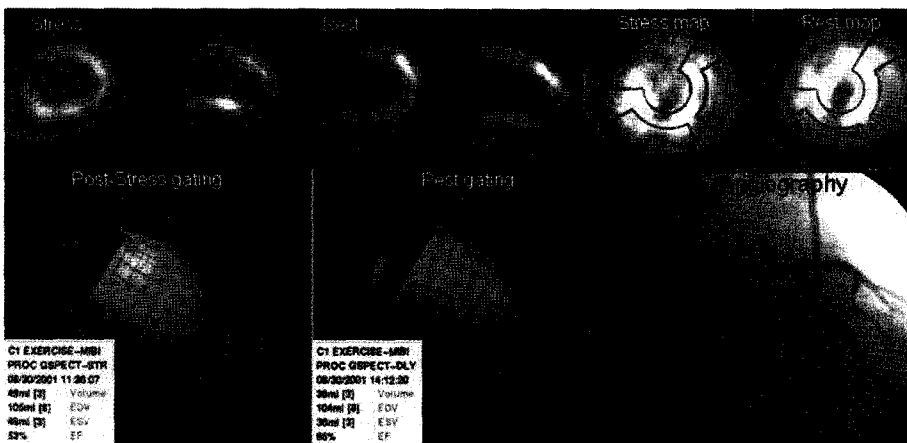


Fig. 3. Myocardial perfusion SPECT of a 62-year-old male showed normal perfusion but gated SPECT revealed anteroapical hypokinesia and decrease of post-stress LVEF more than 5%. His coronary angiography showed 80% stenosis of left main branch and finally he received coronary artery bypass graft surgery.

하여 국소적 심벽운동, 심벽의 두꺼워짐, 좌심실의 이완기말/수축기말 용적 및 좌심실 구혈률에 관한 정보를 제공한다.^{5,9,10} 게이트 심근관류 SPECT영상에서 객관적으로 좌심실의 기능적 정보를 쉽고 편리하게 얻기 위해 많은 소프트웨어가 개발되고 있다. 현재 널리 이용되는 되는 게이트 심근관류

SPECT 분석 프로그램은 좌심실용적과 좌심실구혈률을 완전 자동화된 방식으로 구하여 주는 종류가 많으며, 이는 작업자에 따른 주관적 영향을 배제할 수 있다는 장점이 있고, 결과의 재현성도 많은 연구자에 의해 인정되고 있다.¹¹⁻¹⁵ 이러한 장점으로 인하여 정량적 게이트 검사법의 일상적 이용이 늘

어나고 있으며, 많은 병원에서 환자진료시 심근관류 스펙트의 기본검사법으로 사용되고 있다.¹⁶⁾

운동부하 후 좌심실 구혈률은 심근의 상태에 따라 다르게 변화한다고 알려져 있다. 정상심근인 경우, 운동부하 후 좌심실 구혈률이 증가하게 되는데 이는 운동으로 인하여 혈액내 카테콜아민의 농도가 높아지고 이로 인하여 심근의 수축력이 올라가게 됨으로 나타나게 된다.¹⁷⁾ 그러나 관상동맥 협착으로 운동으로 인한 산소요구량 증가분을 채워주지 못할 때 심근은 허혈 상태에 노출되며, 이로 인한 일시적 심근손상과 기능이상 발생시킬 수 있다. 이러한 가역적 허혈은 보통 5-14분 이내에 정상관류로 회복되는데¹⁸⁾ 심실 기능 이상은 심근혈류가 정상화 된 후에도 지속될 수 있는데 이를 운동 유발성 기절심근이라 부른다.¹⁹⁾ 기절심근은 동물실험에서 처음 기술되었으며,¹⁾ 운동부하 후에도 발생할 수 있음이 보고되었다.²⁰⁻²²⁾ 기절심근의 발생원인으로 산소 자유단(oxygen free radical) 이론과 칼슘 과부하 이론이 거론되고 있다.^{19,23)}

본 연구에서는 운동부하 후 안정시에 비해 게이트 심근관류 SPECT로 구한 좌심실 구혈률이 5% 이상 감소하게 된 경우, 이를 우연한 검사결과의 차이가 아닌 운동에 의한 좌심실의 기능이상으로 생각하였다. 이는 Johnson 등¹⁷⁾이 게이트 심근관류 SPECT의 재현성 연구에서 표준편차 2배 이상의 좌심실구혈률 감소를 기절심근 발생의 기준으로 설정한 후 많은 연구자들^{4,24)}에 의해 이용되고 있는 수치이다.

운동유발성 좌심실 부전, 즉 기절심근의 발생은 심근의 허혈 크기와 정도에 비례한다는 많은 보고들이 있으며,^{25,26)} 부하 후 좌심실기능 저하의 정도와 지속기간은 허혈에 의한 심근손상 정도와 허혈손상 이전의 심근상태에 달려있다고 보고되고 있다.²⁷⁾ Bestetti 등²⁴⁾도 기절심근이 발생하는 환자군이 관류결손 정도가 더 심하다고 보고 하였다. 본 연구에서는 기절심근군이 비기절심근군에 비해 부하 심근관류 SPECT상 관류 결손의 범위가 넓고 정도가 심하여, 이전의 보고와 유사한 결과를 보였다. 그러나 기절심근군이 비기절심근군에 비해 가역성 정도도 높고, 운동부하 심전도 검사에서 허혈양성 소견을 보이는 빈도가 높았으나 통계적 유의성은 없었다. 향후 증례 수를 증가시켜 운동부하 심전도 양성결과 빈도와 심근관류 SPECT상 결손의 가역성에 대한 재평가가 필요하리라 생각된다.

부하 후 좌심실 벽운동의 감소정도는 허혈의 정도와 비례한다고 보고되고 있으나,^{3,28,29)} 심근허혈 정도와 좌심실구혈률 감소의 상관성을 비교한 본 연구에서는 유의한 관련이 없는 것으로 나타났다. 이는 전체 좌심실기능을 나타내는 좌심실구혈률이 국소벽운동은 평가에 비해 예민성이 낮고, 또한 국소적 심

벽운동 저하시 주위심벽의 보상적 운동증가가 발생하여 좌심실구혈률 감소가 감추어 질수 있기 때문이라고 생각된다.

부하후 좌심실기능 이상은 관상동맥협착이 중증임을 나타내고, 관상동맥협착이 심할수록 완전폐쇄로 진행될 가능성이 높아진다고 알려져 있다.^{4,26)} 또한 부하후 좌심실기능 이상이 있는 경우 관상동맥질환이 심하고 범위가 넓음을 나타내고, 이러한 환자에서 향후 심장사건의 가능성 높다고 보고되어,³⁰⁾ 관상동맥 조영술 혹은 혈관 재개통의 필요성이 높아진다.²⁶⁾ 본 연구에서도 기절심근군에서 심한 관상동맥협착(80~99%)의 빈도가 높은 경향을 나타냈는데, 이러한 환자에서는 관상동맥조영술 또는 혈관재개통술이 환자의 임상적 경과에 도움이 될 것으로 생각한다. Emmett 등⁴⁾도 기절심근이 발생하는 환자에서 중증의 관상동맥 협착이 많다고 보고하였다.

심내막하에 혈류가 10~20% 정도 줄어드는 경우 부하 후 좌심실 수축기능은 낮아지나 심근관류 SPECT로는 그 감소 정도를 인지하기 어렵다.²⁶⁾ 혈류 증가를 제한 할 수 있을 정도의 관상동맥 협착이 있는 경우, 운동을 하게 되면 혈류분포가 주로 심외막하로 되며, 심내막하는 혈류감소가 가장 커지게 된다.^{20,31)} 그러나 심내막하는 심근부위 중 수축정도가 가장 크게 일어나고 산소소모량도 높아,³²⁾ 운동부하 시 산소공급과 산소요구량 사이의 불균형이 가장 크게 나타나게 된다.¹⁶⁾ 이러한 기전으로 인하여 전체적인 심근의 혈류에는 별 변화가 없더라도 심내막하에 국한된 허혈은 발생할 수 있다고 생각되고 있다.¹⁶⁾ 그 외에, 심근세포 보다 신경세포가 허혈에 더 민감하다는 근거를 기반으로, 운동 후 좌심실기능 감소의 원인으로 심근세포 자체 보다 심근에 분포하는 신경세포에 의해 기능손상에 의해 발생한다는 보고도 있다.^{33,34)} 이러한 심내막하에 국한된 심근 허혈이나 신경세포 허혈손상에 의한 일시적 좌심실기능손상은, 관류 SPECT상 결손이 없는 환자에서 운동유도 기절심근의 발생원인이 될 수 있다고 생각된다.

본 연구에서도 기절심근군 환자중 국소적 심근관류감소가 발견되지 않아 정상관류소견으로 파악된 4명 모두에서 유의한 관상동맥협착이 발견되었으며, 2명에서는 경피적 관상동맥풍선확장술이 시행되었고 2명에서는 관상동맥우회로술이 시행될 정도로 심각한 관상동맥협착이 있었다. 이러한 결과를 보면 심근관류 SPECT상 관류결손이 발견되지 않더라도 부하후 좌심실기능저하 소견을 보이면 적극적인 진단적 접근이 필요하리라 생각된다.

본 연구에서는 좌심실의 전반적기능을 나타내는 지표인 좌심실구혈률을 이용하여 부하후 좌심실기능저하를 평가를 하였으나, 국소적인 좌심실기능을 나타낼 수 있는 국소적 좌심실벽

운동을 이용하여 부하후 좌심실기능저하를 평가하면, 운동부하 후 기절심근의 발생을 더 예민하게 파악할 수 있다. 이 등³⁵⁾은 저운동심박의 주위에는 보상적 기전으로 과운동심박이 존재하게 되는데, 이로 인하여 전체적 좌심실기능평가는 국소적 좌심실기능평가에 비해 예민도가 낮게 된다고 하였다. Akaishi 등³⁶⁾도 기절심근은 국소적으로 발생되므로 허혈부위와 비허혈부위의 모두가 합쳐져서 결과를 나타내는 좌심실구혈률 같은 전체적인 좌심실기능지수를 이용하면 기절심근의 발생을 실제적인 빈도를 낮게 평가할 수 있다고 지적하고, 좌심실구혈률이 감소하려면 좌심근의 약 25%정도가 허혈상태여야 한다고 보고 하였다. Paul 등³⁾도 국소적 심근벽운동장애가 있는 환자의 20%에서만 전체적 좌심실기능장애가 발생한다고 보고 하였다.

관류결손이 심한 경우 본 연구에서 사용된 AutoQUANT™ 프로그램과 같은 자동화된 정량화 프로그램을 사용하는 경우 심실의 경계를 추적하는 알고리즘에 제한점이 있어 좌심실구혈률의 정확한 측정에 영향이 있을 수 있으며, 특히 가역적 결손의 경우 이로 인한 기술적 문제로 게이트 SPECT에 운동 후 좌심실구혈률 감소가 나타날 수 있다.^{17,37)} 그러나 Paul 등³⁾은 고정관류 결손 환자에서 운동후 좌심실 구혈률 감소가 나타났음을 보고하고, 이러한 기술적 문제가 운동 후 좌심실 구혈률 감소의 주원인으로 보기 어렵다고 하였다. 본 연구에서도 가역적 관류결손 뿐만 아니라, 고정관류 결손환자에서 운동부하 후 좌심실 구혈률 감소가 있었다. 심근관류 SPECT의 해상도 한계로 인하여 파악하기 어려운 심내막하 국한 관류감소가 고정관류결손 환자에서의 부하후 좌심실구혈률 감소의 원인이 될 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구의 결과로 보아 게이트 심근관류 SPECT로 발견된 기절심근을 가진 환자는 심근의 허혈정도가 심하고 심한 관상동맥 협착의 존재 가능성이 높아,^{4,26,30)} 관상동맥 조영술을 포함한 적극적인 진단과 치료적 개입이 환자의 예후에 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다.

제한점

본 연구에서는 협착을 가진 관상동맥 분포심근의 측부순환을 고려하지 않았는데, 이러한 측부순환은 기절심근의 발생을 줄일 수 있는 인자로 작용할 수 있다. 또한 비기절심근군을 안정시와 부하후 좌심실 구혈률 차이가 1% 이내인 환자로 국한시킴으로 인하여, 비기절심근군 의 일부 선택에 의한 편견이 발생하였을 가능성이 있다. 그러나 본 연구의 결과는 앞선 보고와 잘 부합하고 있어, 전체환자를 대상으로 한 연구결과를 비교적 양호하게

나타냈다고 생각할 수 있다.

향후 심혈관조영술상 측부순환 정도를 평가하고, 좌심실구혈률이 5% 미만인 모든 환자를 대상으로 한 연구가 필요하리라 생각된다.

국문요약

목적 : 관상동맥질환을 가진 환자에서는 운동부하 후 일시적인 심근기절로 인하여 좌심실의 벽운동이상과 좌심실구혈률 감소가 발생될 수 있다. 본 연구는 운동 후 좌심실기능저하를 보이는 환자와 그렇지 않은 환자의 관상동맥조영술과 운동부하 심근관류 SPECT 소견을 비교분석 하고자 하였다.

대상 및 방법 : 운동부하심전도, 관상동맥조영술 및 심근관류 SPECT를 시행한 환자 중 게이트 SPECT로 구한 좌심실구혈률이 운동 후 5%이상 감소된 36명 (기절심근군)과 운동부하 후 좌심실구혈률 변화가 1%이하인 16명 (비기절심근군)을 대상으로 하였다. 답차를 이용한 운동부하중 심전도검사를 시행하고, 최대 운동부하시 Tc-99m MIBI 740MBq를 투여한 후 이중헤드 감마카메라(Vertex Plus, ADAC)로 부하 심근관류영상을 얻었다. 심혈관조영술은 위 검사로부터 1개월내에 시행되었다.

결과 : 기절심근군은 비기절심근군에 비해 고콜레스테롤혈증의 빈도가 유의하게 높았으며(45.5 대 7.1%, p=0.01), 당뇨병의 빈도가 높은 경향을 가졌으며, 고혈압의 빈도는 낮은 경향을 가졌으나 통계적으로 유의하지 않았다. 비기절심근군에 비해 기절심근군에서 SPECT 검사상 관류결손의 범위 (18.2% 대 9.1%, p=0.029)와 정도 (13.5 대 6.9, p=0.04)는 더 컸으며, 가역성정도 (7.9 대 4.8, p=0.09)는 더 큰 경향을 가졌으며, 운동부하심전도상 허혈양성 소견의 빈도가 높은 경향을 가졌다 (82.9% 대 64.3%, p=0.095). 심혈관조영술상 중증 (80~99%)의 관상동맥협착의 빈도가 높은 경향을 보였으나 (64.7% 대 35.7%, p=0.064), 다혈관질환의 빈도 (62.5% 대 46.2%, p=0.279), 협착정도 (75.8% 대 66.8%, p=0.468)에는 유의한 차이가 없었다. 기절심근군 중 관류결손이 발견되지 않았던 4명 (11.1%) 모두에서 유의한 관상동맥협착이 있었고 혈관재개통술이 시행되었다.

결론 : 운동부하로 5%이상의 좌심실구혈률의 감소를 보이는 환자는 그렇지 않은 환자에 비하여 심근관류 SPECT상 관류결손 크기와 정도가 크며, 가역성이 더 높은 경향을 나타내었으며, 혈관조영술상 관상동맥협착 정도가 중증인 경향을 가지고 있으며, 비록 관류 SPECT상 결손이 없더라도 관상동맥

조영술상 혈관 재개통술이 필요할 정도의 유의한 협착이 있어, 이러한 환자에서는 적극적인 진단과 치료적 개입이 필요할 것으로 생각된다.

References

- Heyndrick GR, Millard RW, McRitchie RJ, Maroko PR, Vatner SF. Regional myocardial functional and electrophysiological alterations after brief coronary artery occlusion in conscious dogs. *J Clin Invest* 1975;56:978-85.
- Ambrosio G, Tritto I. Clinical manifestations of myocardial stunning. *Coronary artery disease* 2001;12:357-61.
- Paul AK, Hasegawa S, Yoshioka J, Mu X, Maruyama K, Kusuoka H, et al. Characteristics of regional myocardial stunning after exercise in gated myocardial SPECT. *J Nucl Cardiol* 2002;9:388-94.
- Emmett MB, Iwanochko RM, Freeman MR, Barolet A, Lee DS, Husain M. Reversible regional wall motion abnormalities on exercise technetium-99m-gated cardiac single photon emission tomography predict high-grade angiographic stenoses. *J Am Coll Cardiol* 2002;39:991-8.
- Bavelaar-Croon CL, Atsma DE, Vander Wall EE, Diffets-Schneider P, Zwinderman AH, Pauwels EK. The additive value of gated SPECT myocardial perfusion imaging in patients with known and suspected coronary artery disease. *Nucl Med Comm* 2001;22:45-55.
- Acampa W, Cuocolo A, Sullo P, Varrone A, Nicolai E, Pace L, et al. Direct comparison of technetium 99m-tetrofosmin cardiac single photon emission computed tomography in patients with coronary artery disease. *J Nucl Cardiol* 1998;5:265-74.
- Germano G, Kiat H, Kavannagh PB, Moriel M, Massanti M, Su HT, et al. Automatic quantification of ejection fraction from gated myocardial perfusion SPECT. *J Nucl Med* 1995;36:2138-47.
- Germano G, Kavannagh PB, Berman DS. An automatic approach to the analysis, quantitation and review of perfusion and function from myocardial perfusion SPECT images. *Int J Card Imaging* 1997; 13:337-46.
- Bavelaar-Croon CL, Pauwels EK, van der Wall EE. Gated single-photon emission computed tomographic myocardial imaging: A new tool in clinical cardiology. *Am Heart J* 2001;141:383-90.
- Konno M, Morita K, Adachi I, Ito Y, Kohya T, Kitabatake A, et al. Quantitative analysis of regional wall motion and thickening by quantitative gated SPECT: comparison with visual analysis. *Clin Nucl Med* 2001;26:202-7.
- Iskandrian AE, Germano G, VanDecker W, Ogilby JD, Wolf N, Mintz R, et al. Validation of left ventricular volume measurements by gated SPECT ^{99m}Tc-labeled sestamibi imaging. *J Nucl Cardiol* 1998;5:574-8.
- Germano G, Berman DS. On the accuracy and reproducibility of quantitative gated myocardial perfusion SPECT. *J Nucl Med* 1999; 40:810-3.
- Germano G, Kavanagh PB, Waechter P, Areeda J, Van Krieking S, Sharir T, et al. A new algorithm for the quantitation of myocardial perfusion SPECT. I: technical principles and reproducibility. *J Nucl Med* 2000;41:712-9.
- Hyun IY, Kwan J, Park KS, Lee WH. Reproducibility of Tl-201 and Tc-99m sestamibi gated myocardial perfusion SPECT measurement of myocardial function. *J Nucl Cardiol* 2001;8:182-7.
- Vallejo E, Dione DP, Bruni WL, Constable RT, Borek PP, Soares JP, et al. Reproducibility and accuracy of gated SPECT for determination of left ventricular volumes and ejection fraction: experimental validation using MRI. *J Nucl Med* 2000;41:874-82.
- Bavelaar-Croon CL, America YC, Atsma DE, Dibbets-Schneider P, Zwinderman AH, Stokkel MM, et al. Comparison of left ventricular function at rest and post-stress in patients with myocardial infarction: evaluation with gated SPECT. *J Nucl Cardiol* 2001;8:10-8.
- Johnson LL, Verdesca SA, Aude WY, Xavier RC, Nott LT, Campanella MW, et al. Postischemic stunning can affect left ventricular ejection fraction and regional wall motion on post-stress gated stestamibi tomograms. *J Am Coll Cardiol* 1997;30:1461-8.
- Camici P, Araujo LI, Spinks T, Lammerstsma AA, Kaski JC, Shea MJ, et al. Increased uptake of ¹⁸F-fluorodeoxyglucose in postischemic myocardium of patients with exercise-induced angina. *Circulation* 1986;74:81-8.
- Kloner RA, Bolli R, Marban E, Reinlib L, Braunwald E. Medical and cellular implications of stunning, hibernation, and preconditioning: an NHLBI workshop. *Circulation* 1998;97:1848-67.
- Homans DC, Sublett E, Dai XZ, Bache RJ. Persistence of regional left ventricular dysfunction after exercise-induced myocardial ischemia. *J Clin Invest* 1986;77:66-73.
- Thaulow E, Guth BD, Heusch G, Gilpin E, Schulz R, Kroeger K, et al. Characteristics of regional myocardial stunning after exercise in dogs with chronic coronary stenosis. *Am J Physiol* 1989;257:H113-9.
- Homans DC, Laxson DD, Sublett E, Pavek T, Crampton M. Effect of exercise intensity and duration on regional function during and after exercise-induced ischemia. *Circulation* 1991;83:2029-37.
- Bolli R. Myocardial 'stunning' in man. *Circulation* 1992;86:1671-91.
- Bestetti A, Di Leo C, Alessi A, Triulzi A, Tagliabue L, Tarolo GL. Post-stress end-systolic left ventricular dilatation: a marker of endocardial post-ischemic stunning. *Nucl Med Comm* 2001;22:685-93.
- Paul AK, Hasegawa S, Yoshioka J, Tsujimura E, Yamaguchi H, Tokita N, et al. Exercise-induced stunning continues for at least one hour: evaluation with quantitative gated single-photon emission tomography. *Eur J Nucl Med* 1999;26:410-5.
- Sharir T, Bacher-Stier C, Dhar S, Lewin HC, Miranda R, Friedman JD, et al. Identification of severe and extensive coronary artery disease by postexercise regional wall motion abnormalities in Tc-99m sestamibi gated single-photon emission computed tomography. *Am J Cardiol* 2000;86:1171-5.
- Braunwald E, Kloner RA. The stunned myocardium: prolonged, postischemic ventricular dysfunction. *Circulation* 1982;66:1146-9.
- Pennell DJ, Underwood SR, Eil PJ, Swanton RH, Walker JM, Longmore DB. Dipyridamole magnetic resonance imaging: a comparison with thallium-201 emission tomography. *Br Heart J* 1990;64:362-9.
- Pennell DJ, Underwood SR, Manzara CC, Swanton RH, Walker JM, Eil PJ, et al. Magnetic resonance imaging during dobutamine stress in coronary artery disease. *Am J Cardiol* 1992;70:34-40.
- Califf RM, Phillips HR 3rd, Hindman MC, Mark DB, Lee KL, Behar VS, et al. Prognostic value of a coronary artery jeopardy score. *J Am Coll Cardiol* 1985;5:1055-63.
- Hittinger L, Shannon RP, Kohin S, Manders WT, Kelly P, Vatner SF. Exercise-induced subendocardial dysfunction in dogs with left ventricular hypertrophy. *Circ Res* 1990;66:329-43.
- Santamore WP, Corin W. The coronary circulation. In: Salmasi AM, Iskandrian AS, editors. *Cardiac output and regional flow in health and disease*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers; 1993. p.411-57.
- Tomoda H, Yoshioka K, Shiina Y, Tagawa R, Ide M, Suzuki Y. Regional sympathetic denervation detected by iodine 123 metaiodobenzylguanidine in non-Q-wave myocardial infarction and unstable angina. *Am Heart J* 1994;128:452-8.
- Kramer CM, Nicol PD, Rogers WJ, Suzuki MM, Shaffer A, Theobald TM, et al. Reduced sympathetic innervation underlies adjacent noninfarcted region dysfunction during left ventricular remodeling. *J Am Coll Cardiol* 1997;30:1079-85.
- Lee DS, Yeo JS, Chung JK, Lee MM, Lee MC. Transient prolonged

- stunning induced by dipyridamole and shown on 1- and 24-hour poststress ^{99m}Tc-MIBI gated SPECT. *J Nucl Med* 2000;41:27-35.
36. Akaishi M, Schneider RM, Mercier RJ, Naccarella FF, Agarwal JB, Helfant RH, et al. Relation between left ventricular global and regional function and extent of myocardial ischemia in the canine heart. *J Am Coll Cardiol* 1985;6:104-12.
37. Achtert AD, King MA, Dahlberg ST, Pretorius PH, LaCroix KJ, Tsui BM. An investigation of the estimation of ejection fractions and cardiac volumes by a quantitative gated SPECT software package in simulated gated SPECT images. *J Nucl Cardiol* 1998;5:144-52.