

## 정량적 게이트 심근관류 스펙트 검사에서 관류결손이 좌심근질량 측정과 부하 후 좌심실 용적 및 구혈률에 미치는 영향

경북대학교 의과대학 핵의학교실

안병철 · 배선근 · 이상우 · 정신영 · 이재태 · 이규보

### Effects of Perfusion Defect on the Measurement of Left Ventricular Mass, Ventricular Volume and Post-stress Left Ventricular Ejection Fraction in Gated Myocardial Perfusion SPECT

Byeong-Cheol Ahn, M.D., Sun Keun Bae, M.D., Sang Woo Lee, M.D.,

Sin Young Jeong, M.D., Jaetae Lee, M.D. and Kyu Bo Lee, M.D.<sup>1</sup>

*Department of Nuclear Medicine, Kyungpook National University Hospital,*

*Kyungpook National University Medical School, Daegu, Korea*

#### Abstract

**Purpose:** The presence of perfusion defect may influence the left ventricular mass (LVM) measurement by quantitative gated myocardial perfusion SPECT (QGS), and ischemic myocardium, usually showing perfusion defect may produce post-stress LV dysfunction. This study was aimed to evaluate the effects of extent and reversibility of perfusion defect on the automatic measurement of LVM by QGS and to investigate the effect of reversibility of perfusion defect on post-stress LV dysfunction. **Subjects and Methods:** Forty-six patients (male/female=34:12, mean age=64years) with perfusion defect on myocardial perfusion SPECT underwent rest and post-stress QGS. Forty patients (87%) showed reversible defect. End-diastolic volume (EDV), end-systolic volume (ESV), LV ejection fraction (EF), and LV myocardial volume were obtained from QGS by AutoQUANT program, and LVM was calculated by multiplying the LV myocardial volume by the specific gravity of myocardium. **Results:** LVMs measured at rest and post-stress QGS showed good correlation, and higher correlation was founded in the subjects with fixed perfusion defect and with small defect (smaller than 20%). There were no significant differences in EDVs, ESVs and EFs between obtained by rest and post-stress QGS in patients with fixed myocardial defect. Whereas, EF obtained by post-stress QGS was lower than that by rest QGS in patients with reversible defect and 10 (25%) of them showed decreases in EF more than 5% in post-stress QGS, as compared to that of rest QGS. Excellent correlations of EDVs, ESVs, EFs between rest and post-stress QGS were noted. Patients with fixed defect had higher correlation between EDVs, ESVs, EFs than patients with reversible defect. **Conclusion:** These results suggest that perfusion defect can affect LVM measurement by QGS and patients with reversible defect shows post-stress LV dysfunction more frequently than patients with fixed perfusion defect. (**Korean J Nucl Med 2002;36:381-91**)

**Key Words:** Perfusion defect, Gated myocardial perfusion SPECT, Left ventricular mass, Myocardial stunning, Ejection fraction

Received Oct 21, 2002; revision accepted Dec 14, 2002

Corresponding author: Jaetae Lee, M.D., Department of Nuclear Medicine, Kyungpook National University Hospital, Kyungpook National University Medical School, Daegu, Korea

Tel: 053-420-5586, Fax: 053-422-0864, E-mail: jaetae@knu.ac.kr

※ 이 연구는 원자력 중장기연구개발사업의 연구비 지원에 의한 결과임.

## 서 론

심근관류 스펙트에 심전도를 이용한 게이트 법이 도입되고 널리 활용되어, 현재는 많은 검사시설에서 게이트 심근관류 스펙트가 기본 검사법으로 자리잡아 가고 있다.<sup>1,4)</sup> 이러한 게이트 심근관류 스펙트 검사를 이용하면 심근의 관류상태에 대한 정보와 더불어 좌심실 질량, 이완기말/수축기말 좌심실 용적, 및 좌심실 구혈률을 동시에 구할 수 있어,<sup>2,4)</sup> 허혈성 심질환의 진단은 물론, 심혈관질환의 예후인자들을 한번의 검사로 구할 수 있다는 장점이 있다. 또한 좌심근의 질량 및 좌심실 구혈률을 반복적으로 측정하여 그 변화를 관찰하면 기저 심혈관 질환의 악화 혹은 호전여부를 예측할 수 있어, 심질환의 경과 관찰 및 증재적 치료 후 그 효과를 평가하는데 이용할 수 있다.<sup>5,7)</sup>

현재 상업적으로 이용되고 있는 게이트 심근관류 스펙트 프로그램들은 좌심실의 내측과 외측 경계를 예측하여 그린 후, 좌심실 용적, 구혈률 및 좌심실 질량을 측정하게 된다. 그러므로 좌심실의 내외측 경계를 예측하는데 영향을 줄 수 있는 관류결손은 게이트 심근관류 스펙트로 구하는 정량적 자료에 영향을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

운동 및 약물부하 후 허혈성 좌심실 부전이 발생될 수 있으며,<sup>8,11)</sup> 이는 심근허혈 후 발생한 기질심근상태(myocardial stunning)로 심근의 국소적 기능장애가 발생함으로 나타나고,<sup>12)</sup> 이러한 기질심근의 존재 여부는 심혈관질환의 치료방침에 중요한 영향을 미치게 된다.<sup>13)</sup>

본 연구는 관류결손을 보인 환자를 대상으로 하여 관류결손의 크기 및 가역성 여부가 게이트 심근관류 스펙트에 의한 좌심근 질량측정에 미치는 영향을 알아 보고, 또한 관류결손의 가역성 여부에 따른 심근 부하전후의 이완기말 및 수축기말 좌심실 용적의 차이 및 심근부하로 인한 좌심실 구혈률 변화를 알아 보고자 하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 대 상

허혈성 심질환으로 심근관류 스펙트를 시행한 환자 가운데 관류 결손이 있는 환자 46명을 대상으로 하였다. 대상 환자 가운데 남자가 34명(73.9%)이었고 여자는 12명이었으며, 평균연령은 64±9세였다. 대상환자 중 10명은 과거에 심근경색의 병력이 있었으며, 3명은 급성 심근경색이 있었다. 관상동맥 조영술은 19명에서 시행되었으며, 8명은 세혈관질환, 3명은 두혈관질환, 7명은 단일혈관질환이었다. 심근관류 스펙트 검사 시행후 대상환자 중 10명은 경피적 관상동맥 풍선확장술을, 1명은 관상동맥 우회로술을, 1명은 경피적 관상동맥 풍선확장술 실시 후 다시 관상동맥 우회로술을 시행 받았다. 대상환자 가운데 40명(87.0%)은 가역성 관류결손이 있었고 6명은 고정관류 결손을 가지고 있었다. 부하후 영상에서 관류결손의 크기는 전체 좌심근의 20% 이상인 환자가 22명이었고, 20%미만인 경우가 24명이었다.

### 2. 방 법

안정 및 부하 심근관류 스펙트를 2일에 걸쳐 시행하는 2일 프로토콜을 이용하였으며, 심근 부하법으로는 운동부하가 37례(80.4%)였고, 약물부하가 9례(19.6%)였다. 운동부하는 treadmill을 사용하였고, Bruce 혹은 변형 Bruce 법으로 증상 제한적 최대 운동부하를 이용하였다. 운동시 심전도, 심박수, 혈압을 지속적으로 관찰 및 측정하였고, 연령에 따른 최대 예측 심박수의 85% 이상에 도달한 경우 적절한 운동부하가 된 것으로 판단하였다. 약물부하는 adenosine을 0.14 mg/kg/min의 용량으로 주입펌프를 이용하여 6분간 계속 정맥주사하였고, 주사시작 3분 후 740 MBq의 Tc-99m MIBI를 정맥주사 하였다.

게이트 심근관류 스펙트는 방사성의약품 투여 후 1시간에 저에너지 고해상도 평행구멍 조준기를 장착한 이중헤드 감마카메라(Vertex Plus, ADAC, USA)를 이용하여 구하였다. 자료의 획득은 20% 에너지 창을 140 keV를 중심으로 설정한 후, 검출기

를 3°씩 180°회전 시키며 64×64 행렬로 각 25초씩 총 64개의 투사영상을 얻었다. 심전도 게이트는 8 프레임으로 시행하였으며, R-R간격이 50%이내인 경우만 영상처리자료로 이용하였다. 영상의 재구성은 Butterworth 여과기를 사용하여 여과 후 역투사 방식을 이용하였으며, 6.65m 두께로 심장의 단축단면상, 수평 장축단면상, 수직 단축단면상을 얻었다. 또한 안정시에 740 MBq의 Tc-99m MIBI를 정맥주사 한 후 위와 동일 한 방법으로 안정시 영상자료를 얻었다.

심근관류 결손의 가역성 여부는 핵의학과 전문의 두명이 동시에 시각적으로 판독하고 합의를 도출하여 결정하였으며, 관류결손의 크기, 좌심근 질량, 이완기말/수축기말 좌심실 용적 및 좌심실 구혈률은 Germano 등에 의해 개발되어 현재 상업적으로 판매되는 프로그램인 AutoQUANT 소프트웨어(Cedars Sinai Medical Center, Los Angeles, CA, USA)를 이용한 자동화된 방법<sup>2)</sup>으로 얻었다.

### 3. 통계 처리

통계적 처리는 Paired T-test와 Pearson 상관계수를 이용한 직선 회귀분석법을 이용하였으며, p 값이 0.05이하인 경우 유의한 것으로 인정하였다.

## 결 과

### 1. 관류결손 환자에서 안정시와 부하 후 게이트 심근관류 스펙트로 얻은 좌심근 질량의 비교

가역성 관류결손이 있거나, 관류 결손의 크기가 좌심근의 20%이상이라도 안정시와 부하 후 1시간에 얻은 게이트 심근관류 스펙트로 구한 좌심근 질량은 서로 차이가 나지 않았다(Table 1, 2). 또한 안정시와 부하 후 1시간에 얻은 게이트 심근관류 스펙트로 구한 좌심근 질량은 뛰어난 상관성을 나타내었다( $r=0.945$ ,  $p<0.001$ ). 가역적 관류결손 환자보다 고정 관류결손 환자가 더 높은 상관성을 보였으며, 관류 결손의 크기가 20%미만인 환자가 관류 결손크기가 20% 이상인 환자보다 두 값 사이에 더 높은 상관성이 있었다(Fig. 1, 2).

### 2. 관류결손의 가역성 여부에 따른 안정시와 부하 후 게이트 심근관류 스펙트로 측정된 좌심실 용적과 좌심실 구혈률 차이

고정 관류결손을 가진 환자는 안정시와 부하 후 게이트 심근관류 스펙트에서 얻은 좌심실 이완기말 용적, 수축기말 용적, 좌심실 구혈률에 차이가 없었으나, 가역적 관류결손이 있는 환자에서는 안정시와

**Table 1.** Comparison of LV Mass, Measured Either by Rest and Post-stress Gated Myocardial Perfusion SPECT, according to the Reversibility of Perfusion Defect

	LV mass (g)		p value
	Post-stress QGS	Rest QGS	
Reversible defect (n=40)	134±22	135±23	NS
Fixed defect (n=6)	167±39	165±34	NS

LV, left ventricle; QGS, quantitative gated myocardial perfusion SPECT; NS, no significance.

**Table 2.** Comparison of LV Mass, Measured Either by Rest and Post-stress Gated Myocardial Perfusion SPECT, according to the Extent of Perfusion Defect

	LV mass (g)		p value
	Post-stress QGS	Rest QGS	
Defect size ≥ 20% (n=22)	140±27	143±30	NS
Defect size < 20% (n=24)	134±27	133±25	NS

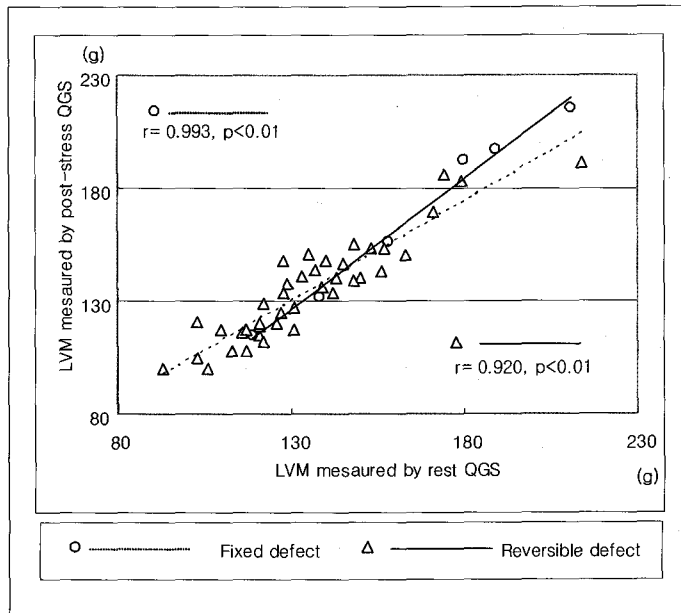


Fig. 1. Correlation between LV masses measured, by rest and post-stress gated myocardial perfusion SPECT, according to the reversibility of perfusion defect.

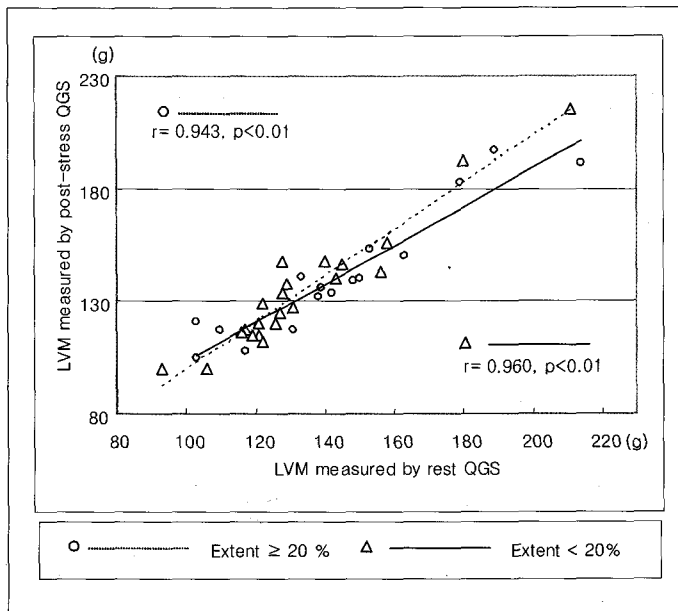


Fig. 2. Correlation between LV masses measured, by rest and post-stress gated myocardial perfusion SPECT, according to the extent of perfusion defect.

부하 후 영상에서 얻은 좌심실 구혈률에 유의한 차이가 있었다(Table 3, 4). 가역적 관류결손 환자중

10명(25%)에서는 부하 후 영상에서 구한 좌심실 구혈률이 안정시에 구한 좌심실 구혈률보다 5%이상

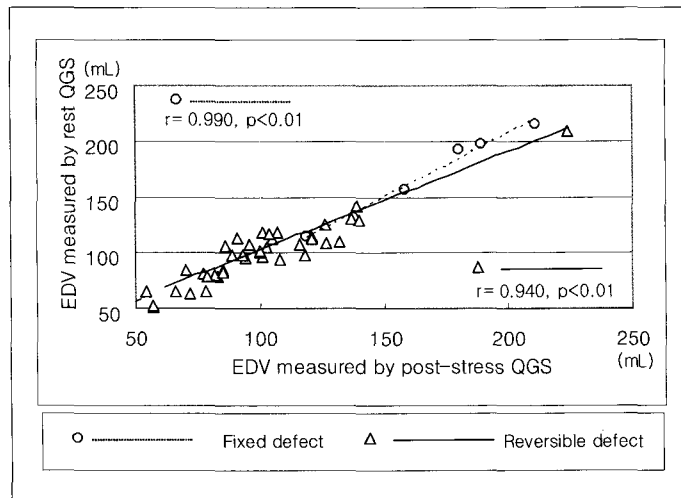
**Table 3.** Comparison of EDV, ESV and EF between data acquired by Rest and Post-stress Gated Myocardial Perfusion SPECT in Patients with Fixed Perfusion Defect

	Post-stress QGS	Rest QGS	Paired T-test	Correlation test
EDV (ml)	144.2±53.9	145.2±51.6	p=0.768	r=0.990*
ESV (ml)	92.3±44.4	94.5±44.2	p=0.195	r=0.997*
EF (%)	38.2±8.5	36.7±10.5	p=0.237	r=0.981*

Correlation test means Pearson correlation test. EDV: end-diastolic volume, ESV: end-systolic volume, EF: ejection fraction. NS: no significance, \*: p<0.01.

**Table 4.** Comparison of EDV, ESV and EF between data acquired by Rest and Post-stress Gated Myocardial Perfusion SPECT in Patients with Reversible Perfusion Defect

	Post-stress QGS	Rest QGS	Paired T-test	Correlation test
EDV (ml)	99.5±28.7	99.9±31.2	p=0.793	r=0.940*
ESV (ml)	51.2±24.9	49.3±24.5	p=0.088	r=0.962*
EF (%)	50.1±10.8	52.3±10.2	p=0.004	r=0.908*



**Fig. 3.** Correlation of EDVs measured by rest and post-stress gated myocardial perfusion SPECT in patients with perfusion defect.

낮았다. 고정 관류결손 환자는 가역적 관류결손 환자에 비해 안정시와 부하후 게이트 심근관류 스펙트럼에서 얻은 좌심실 용적과 구혈률에 더 높은 상관성을 나타내었다(Fig. 3-5).

## 고찰

허혈성 심질환을 진단을 위해 80년대부터 이용되

던 심근관류용 방사성 의약품인 Thallium-201 chloride는 방출되는 감마선의 특성이 감마카메라 검출기에 적합하지 않아 최적의 핵의학적 영상을 얻기에 적합하지 않았다. Tc-99m MIBI 또는 Tc-99m Tetrofosmin 등 Tc-99m 표지한 새로운 심근관류용 방사성의약품의 개발로 시간적인 제한점을 해결해 줌과 동시에 높은 방사능 계수를 가진 영상을 얻을 수 있게 되어, 심근관류 영상의 질이 향상

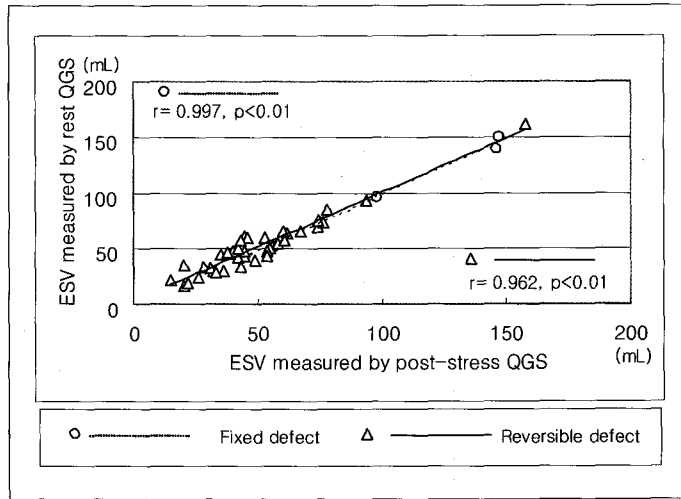


Fig. 4. Correlation of ESVs measured by rest and post-stress gated myocardial perfusion SPECT in patients with perfusion defect.

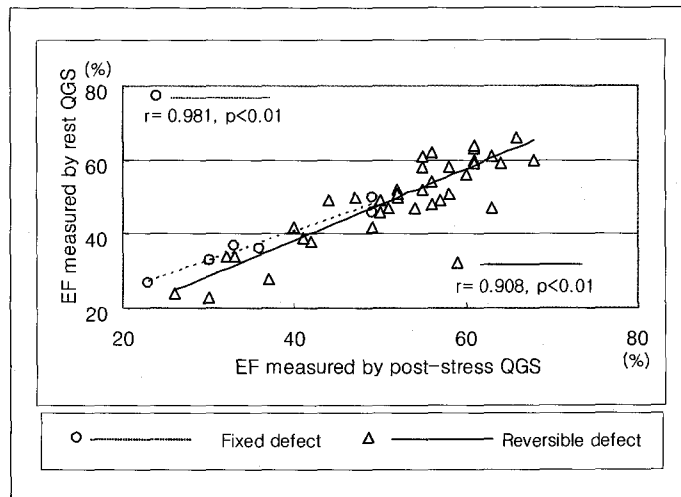


Fig. 5. Correlation of EFs measured by rest and post-stress gated myocardial perfusion SPECT in patients with perfusion defect.

뒀은 물론 스펙트 영상시 게이트 영상촬영이 보편화되는 계기가 되었다.<sup>14-16)</sup>

게이트 심근관류 스펙트는 기존의 심근관류 정보에 추가하여 국소적 심벽운동, 심벽의 두꺼워짐, 좌심실의 이완기말 및 수축기말 용적, 좌심실 구혈률에 관한 정보를 제공한다.<sup>14,17,18)</sup> 게이트 심근관류 스펙트영상에서 보다 객관적인 좌심실 기능적 정보를 쉽고 편리하게 얻기 위해 많은 소프트웨어가 개발되고 있다. 그 가운데, Germano 등<sup>2)</sup>이 개발한

AutoQUANT program은 좌심근의 질량과 좌심실 용적, 좌심실의 구혈률을 완전 자동화된 방식으로 구하므로, 작업자에 따른 주관적 영향을 배제할 수 있다는 장점이 있고, 현재 결과의 재현성도 많은 연구자에 의해 인정되고 있다.<sup>19-23)</sup> 그러나 이 방법에 의하여 측정된 좌심근 질량 측정은 부분체적 효과 (partial volume effect), Compton 산란, 조직 투과시 방사계수의 감소, 영상의 방사계수 밀도, 역투사시 사용하는 필터의 종류, 관류 결손정도에 의해 영향

을 받는다고 알려져 있다.<sup>24)</sup>

### 1. 관류결손 환자에서 안정시와 부하 후 게이트 심근관류 스펙트로 얻은 좌심근 질량의 비교

안정시와 부하 후 게이트 심근관류 스펙트로 구한 좌심근 질량은, 같은 환자에서 동일한 시기에 측정되었으므로 같은 값을 가져야 한다. 그러나 본 연구에서 안정시와 부하 후 게이트 심근관류 스펙트에서 좌심근 질량을 구하여 이를 비교해 본 결과, 두 값은 뛰어난 상관성을 보여주었으나, 관류결손의 크기나 가역성 여부에 따라 차이를 보여주었다. 즉, 가역 인관류결손을 가진 환자의 경우 고정관류 결손을 가진 환자에 비해 안정시와 부하 후 구한 좌심근 질량의 상관성이 낮았다. 이는 가역적 관류 결손이 있을 경우 자동화 프로그램으로 좌심실의 내외측 경계를 정할 때, 부하 후 영상에서는 결손부위가 안정시 영상 영상에서 관류부위로 비껴게 됨으로써, 두 영상에서 좌심실 벽의 내외측 경계면 추정에 차이가 발생할 수 있다. 또한 관류 결손의 크기가 큰 경우(20%이상)인 경우 그렇지 않은 경우에 비해 안정시와 부하 후 구한 좌심근 질량에 상관성이 낮은 것으로 나타났다. 이러한 결과도 게이트 심근관류 스펙트에서 좌심실의 내외측 경계를 정할때 관류결손이 클수록, 좌심실 벽의 내외측 경계면 추정에 부정확도가 크질 수 있을 것으로 생각된다.

### 2. 관류결손의 가역성 여부에 따른 안정시와 부하 후 게이트 심근관류 스펙트로 얻은 좌심실 용적과 좌심실 구혈률의 상관성 및 차이

부하로 인한 허혈성 좌심실 부전은 일반적으로 30분 이내에 회복되는 것으로 알려져 있으나, 간혹 좌심실 부전이 6시간까지 지속될 수 있다고 보고된 바 있다.<sup>8,10,25-27)</sup> 이러한 심근허혈 후 발생한 단기적인 심근의 수축력 이상을 기절심근 상태(myocardial stunning)라고 하며, 병리 생태적 원인으로는 산소자유단(oxygen free radical) 이론, 칼슘의 과부하 이론 등이 거론되고 있다.<sup>28,29)</sup> 기절심근은 심근괴사는 없으나 심근의 국소적 기능장애가 발생함으로 나타나며, 이러한 기절심근의 존재 여부는 심혈관질환의

치료방침에 중요한 영향을 미치게 된다.<sup>13)</sup>

Tc-99m MIBI를 사용한 게이트 심근관류 스펙트의 경우 부하 후 영상은 부하시 심근관류 상태를 보여주지만, 심전도 게이트 법에 의한 구해진 좌심실 기능변수는 부하 후 30-60분 사이의 자료이다. 이는 안정시 얻어진 좌심실 기능변수와 상이한 결과를 나타낼 수 있다고 알려져 있다. Johnson 등<sup>9)</sup>은 심근관류 스펙트상 가역적 관류결손을 보인 61명의 환자중 22명(36%)에서 부하 후 영상에서 얻어진 좌심실 구혈률이 안정시에 얻어진 좌심실 구혈률이 비해 5%이상 낮다고 보고 하였는데, 허혈 후 발생한 기절심근을 좌심실 구혈률의 감소 원인으로 생각하였다.

본 연구에서 심근관류 결손을 가진 환자를 고정관류 결손과 가역적 관류 결손환자로 구분하여 이완기말/수축기말 좌심실 용적과 좌심실 구혈율을 비교하여 보았다. 고정 관류결손은 주로 괴사된 심근을 나타내므로 안정시와 부하 후 영상에서 얻어진 기능변수 간에 차이를 볼 수 없었다. 그러나 가역적 관류결손은 심근부하시 허혈이 발생하는 심근이 있으므로 부하 후 좌심실 구혈률이 안정시의 좌심실 구혈률에 비해 낮은 값을 나타내었다. 또한 10명(25%)에서는 부하 후 영상에서 구한 좌심실 구혈률이 안정시에 비해 5%이상 감소되어 기절심근이 발생된 것으로 생각된다. Santiago 등<sup>30)</sup>도 고정관류에 비해 가역적 관류결손 심근부위가 일시적인 기절심근의 빈도가 높다고 보고한 바 있다. 본 연구에서 가역적 관류결손을 가진 환자를 대상으로 기절심근의 발생빈도는 25%로 Johnson 등<sup>9)</sup>의 36%과 Bestetti 등<sup>31)</sup>의 34%보다 낮았는데, 앞선 연구들의 부하 후 영상획득시간이 15-45분인데 비해 본 연구에서는 1시간에 영상을 얻은 차이가 일부 영향을 주었을 것으로 생각된다. 가역적 관류결손을 가진 환자를 대상으로 한 분석에서 이완기말 좌심실 및 수축기말 좌심실 용적은 안정 및 부하 후 영상간 유의한 차이가 없었지만, 수축기말 좌심실 용적은 안정시가 더 작았고, 이완기말 용적은 부하 후 영상에서 더 작게 나타나 좌심실 구혈률 만이 안정 및 부하 후 영상간에 유의한 차이가 나게 되었다. 이전보고에 따르면 기절심근발생시 좌심실 구혈률의 감소는

수축기말 좌심실 용적의 증가에 의해 발생한다고 알려져 있으며, 본 연구에서도 유의한 차이는 아니었으나 가역적 관류결손 환자에서 수축기말 좌심실 용적의 부하후 영상에서 증가하는 경향을 보였다 ( $p=0.08$ ).

본 연구에서 가역적 관류결손 환자의 75%에서는 5% 이상의 좌심실 구혈률 감소가 없었는데, 이는 허혈에 의한 좌심실 부전이 부하 후 1시간 이내에 회복되었기 때문으로 생각되며, 심근 부하 후 발생하는 혈중카테콜아민의 증가도 이러한 결과에 일부 영향을 미친 것으로 생각된다.<sup>32,33)</sup>

본 연구에서는 대상 전체가 관류결손을 가진 환자였으나, Bavelaar-Croon 등<sup>14)</sup>과 박 등<sup>34)</sup>은 정상관류를 보이는 심근도 스트레스 유발성 기절이 발생할 수 있음을 보고하였고, 임상적으로 심근허혈의 의심되거나 심근관류 스펙트 영상에서 관류 결손이 발견되지 않을 시 부하 후 좌심실기능을 안정시의 좌심실 기능과 비교함으로써 심근 허혈을 찾아낼 수 있을 것으로 보고 하여, 게이트 심근관류 SPECT로 발견되는 부하 후 좌심실 기능저하 현상의 임상적 유용성을 언급하였다.

이상의 결과로 보아 관류결손은 게이트 심근관류 스펙트를 이용한 좌심근 질량측정에 영향을 미칠 수 있으며, 비가역적 관류 결손환자 보다 가역적 관류 결손을 가진 환자에서 심근부하 후 좌심실 구혈률 감소가 더 빈번하게 발생됨을 알 수 있었다. 그러나 본 연구에서 고정관류 결손을 가진 대상환자의 수가 6명으로 낮아 향후 더 많은 환자를 대상으로 한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

**요 약**

**목적:** 심질환의 예후 인자로 알려진 좌심근 질량 및 좌심실 구혈률을 구할 수 있는 게이트 심근관류 스펙트는 관류결손에 의해 영향을 받을 수 있다. 또한 관류결손을 일으키는 심혈관질환은 안정시와 부하 후 좌심실 기능에 영향을 줄 수 있다. 본 연구는 심근관류 스펙트상 관류결손을 가진 환자를 대상으로 하여, 첫째 관류 결손의 크기와 가역성 여부에 따른 안정시와 부하 후 게이트 심근관류 스펙트로 구한

좌심근 질량의 차이를 알아 보았으며, 둘째, 관류결손의 가역성 여부에 따른 안정시와 부하 후 게이트 심근관류 스펙트로 얻은 좌심실 용적과 좌심실 구혈률의 상관성 및 차이를 비교해 보았다. **대상 및 방법:** 심근관류 스펙트상 관류 결손이 있는 환자 46명을 대상으로 하였다. 대상 환자 가운데 남자가 34명(73.9%)이었고 평균연령은 64±9세였으며, 40명(87.0%)은 가역성 관류결손이었다. 게이트 심근관류 스펙트는 740MBq의 Tc-99m MIBI를 투여한 후 이중헤드 감마카메라(Vertex Plus, ADAC,USA)를 이용하여 영상자료를 얻었다. 좌심근 질량, 이완기말/수축기말 좌심실 용적 및 좌심실 구혈률은 AutoQUANT 프로그램을 이용하여 구하였다. **결과:** 안정시와 부하 후 게이트 심근관류 스펙트로 구한 좌심근 질량은 뛰어난 상관성을 나타내었다. 가역적 관류결손 환자보다 고정 관류결손 환자가, 관류 결손의 크기가 20%미만인 환자가 관류 결손크기가 20% 이상인 환자보다 두 값 사이에 더 높은 상관성이 있었다. 고정 관류결손을 가진 환자는 안정시와 부하 후 게이트 심근관류 스펙트에서 얻은 좌심실 이완기말 용적, 좌심실 수축기말 용적, 좌심실 구혈률에 차이가 없었으나, 가역적 관류결손을 가진 환자에서는 안정시와 부하후 게이트 심근관류 스펙트에서 얻은 좌심실 구혈률에 유의한 차이가 있었다. 가역적 관류결손 환자 40명 가운데 10명(25%)에서는 부하후 게이트 심근관류 스펙트에서 구한 좌심실 구혈률이 안정시에 구한 좌심실 구혈률보다 5% 이상 낮았다. 고정관류 결손환자는 가역적 관류 결손환자에 비해 안정시와 부하 후 좌심실 용적과 구혈률에 더 높은 상관성을 나타내었다. **결론:** 관류결손은 게이트 심근관류 스펙트를 이용한 좌심근 질량측정에 영향을 미칠 수 있으며, 고정 관류 결손을 가진 환자 보다 가역적 관류 결손을 가진 환자에서 심근부하 후 좌심실 구혈률 감소가 더 빈번하게 발생됨을 알 수 있었다.

**참 고 문 헌**

1) Carine DB, Yves GA, Douwe EA, Petra DS, Aelco HZ, Marcel PS, 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.
- 2) Germano G, Kiat H, Kavannah 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.
  - 3) Germano G, Erel J, Lewin H, Kavannah PB, Berman DS. Automatic quantitation of regional myocardial wall motion and thickening from gated technetium-99m sestamibi myocardial perfusion single-photon emission computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 1997;30:1360-7.
  - 4) Germano G, Kavannah 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.
  - 5) Verdecchia P, Schillaci G, Borgioni C, Ciucci A, Gattobigio R, Zampi I, et al. Prognostic significance of serial changes in left ventricular mass in essential hypertension. *Circulation* 1998;97:48-54.
  - 6) Carluccio E, Tommasi S, Bentivoglio M, Buccolieri M, Filippucci L, Prosciutti L, et al. Prognostic value of ventricular hypertrophy and geometry in patients with a first, uncomplicated myocardial infarction. *Int J Cardiol* 2000;74:177-83.
  - 7) Naqvi TZ, Goel RK, Forrester JS, Davidson RM, Siegel RJ. Usefulness of left ventricular mass in predicting recovery of left ventricular systolic function in patients with symptomatic idiopathic dilated cardiomyopathy. *Am J Cardiol* 2000;85:624-9.
  - 8) 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.
  - 9) 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 sestamibi tomograms. *J Am Coll Cardiol* 1997;30:1641-8.
  - 10) Hashimoto J, Kubo A, Iwasaki R, Iwanaga S, Mitamura H, Ogawa S, et al. Gated single-photon emission tomography imaging protocol to evaluate myocardial stunning after exercise. *Eur J Nucl Med* 1999;26:1541-6.
  - 11) Lee DS, Yeo JS, Chung JK, Lee MM, Lee MC. Transient prolonged stunning induced by dipyridamole and shown in 1 and 24 hour post-stress Tc-99m sestamibi gated SPECT. *J Nucl Med* 2000;41:27-35.
  - 12) Braunwald E, Kloner RA. The stunned myocardium: prolonged post ischemic ventricular dysfunction. *Circulation* 1982;66:1146-9.
  - 13) Bolli R. Why myocardial stunning is clinically important. *Basic Res Cardiol* 1998;93:169-72.
  - 14) Bavelaar-Croon CL, Atsma DE, van der Wall EE, Diffets-Schneider P, Zwinderman AH, Pauwels EK. The additive value of gated SPET myocardial perfusion imagings in patients with known and suspected coronary artery disease. *Nucl Med Comm* 2001;22:45-55.
  - 15) 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.
  - 16) Thorley PJ, Ball J, Sheard KL, Silvananthan UM. Evaluation of Tc-99m-tetrofosmin as a myocardial perfusion agent in routine clinical use. *Nucl Med Comm* 1995;16:733-40.
  - 17) 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.
- 18) 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.
- 19) Iskandrian AE, Germano G, VanDecker W, Ogilby JD, Wolf N, Mintz R, et al. Validation of left ventricular volume measurements by gated SPECT <sup>99m</sup>Tc-labeled sestamibi imaging. *J Nucl Cardiol* 1998;5:574-8.
- 20) Germano G, Berman DS. On the accuracy and reproducibility of quantitative gated myocardial perfusion SPECT. *J Nucl Med* 1999;40:810-3.
- 21) Germano G, Kavanagh PB, Waechter P, Areeda J, Van Kriekinge 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.
- 22) 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.
- 23) Vallejo E, Dione DP, Bruni WL, Todd Constable R, 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.
- 24) Williams KA, Lang RM, Reba RC, Tallion LA. Comparison of technetium-99m sestamibi-gated tomographic perfusion imaging with echocardiographic and electrocardiography for determination of left ventricular mass. *Am J Cardiol* 1996;77:750-5.
- 25) Scognamiglio R, Ponchia A, Fasoli G, Miraglia G, Dalla Volta S. Exercise-induced left ventricular dysfunction in coronary heart disease. A model for studying the stunned myocardium in man. *Eur Heart J* 1991;12:16-9.
- 26) Kloner RA, Allen J, Cox TA, Zheng Y, Ruiz CE. Stunned left ventricular myocardium after exercise treadmill testing in coronary artery disease. *Am J Cardiol* 1991;68:329-34.
- 27) Ambrosio G, Betocchi S, Pace L, Losi MA, Perrone-Filardi P, Soricelli A, et al. Prolonged impairment of regional contractile function after resolution of exercise-induced angina. Evidence of myocardial stunning in patients with coronary artery disease. *Circulation* 1996;94:2455-64.
- 28) Bolli R. Myocardial "stunning" in man. *Circulation* 1992;86:1671-91.
- 29) 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.
- 30) Santiago JY, Heiba SI, Jana S, Mirzaitehrane M, Dede F, Abdel-Dayem HM. Transient ischemic stunning of the myocardium in stress thallium-201 gated SPET myocardial perfusion imaging: segmental analysis of myocardial perfusion, wall motion and wall thickening changes. *Eur J Nucl Med* 2002;29:979-83.
- 31) Bestetti A, DiLeo C, Alessi A, Triulzi A, Tagliabue L, Tarolo GL. Post-stress end-systolic left ventricular dilation: a marker of endocardial post-ischemic stunning. *Nucl Med Comm* 2001; 22:685-93.
- 32) Nixon JV, Brown CN, Smitherman TC. Identification of transient and persistent segmental wall motion abnormalities in patients with unstable angina by two-dimensional echocardiography. *Circulation* 1982;65:1497-503.
- 33) Rozanski A, Berman D, Gray R, Diamond G, Raymond M, Prause J, et al. Preoperative prediction of reversible myocardial asynergy by

postexercise radionuclide ventriculography. *N Eng J Med* 1982;307:212-6.

34) Park YH, Han JY, Ahn BC, Park HS, Cho YK, Lee J, et al. Post-stress measurements of left

ventricular function with gated perfusion SPECT: comparison with resting measurement by using exercise and adenosine stress. *Kor Circulat J* 2001;31:1019-26.

---