

# 휴식기 Tl-201/디피리다몰 부하 게이트 Tc-99m-MIBI/ 24시간 지연 Tl-201 SPECT를 이용한 관상동맥 우회로 수술 후 심근벽 운동 호전의 예측

서울대학교 의과대학 핵의학교실,<sup>1</sup> 심장연구소,<sup>2</sup> 흉부외과학교실<sup>3</sup>

이동수<sup>1,2</sup> · 이원우<sup>1</sup> · 여정석<sup>1</sup> · 김석기<sup>1</sup> · 김기봉<sup>3</sup> · 정준기<sup>1,2</sup> · 이명철<sup>1</sup>

## Prediction of Improvement of Myocardial Wall Motion after Coronary Artery Bypass Surgery Using Rest Tl-201/Dipyridamole Stress Gated Tc-99m-MIBI/24 Hour Delay Tl-201 SPECT

Dong Soo Lee, M.D.,<sup>1,2</sup> Won Woo Lee, M.D.,<sup>1</sup> Jeong Seok Yeo, M.D.,<sup>1</sup> Seok Ki Kim, M.D.,<sup>1</sup>  
Ki-Bong Kim, M.D.,<sup>3</sup> June-Key Chung, M.D.<sup>1,2</sup> and Myung Chul Lee, M.D.<sup>1</sup>

Departments of Nuclear Medicine<sup>1</sup> and Thoracic Surgery,<sup>3</sup> Seoul National University College of Medicine,  
Heart Institute,<sup>2</sup> Seoul National University Medical Research Center

### Abstract

**Purpose:** Using rest Tl-201 /dipyridamole stress gated Tc-99m-MIBI/ 24 hour delay Tl-201 SPECT, we investigated the predictive values of the markers of the stress-rest reversibility (Rev), Tl-201 rest perfusion (Rest), Tl-201 24 hour redistribution (Del) and Tc-99m-MIBI gated systolic thickening (Thk) for wall motion improvement after coronary artery bypass surgery. **Materials and Methods:** In 39 patients (M:F=34:5, age 58±8), preoperative and postoperative (3 months) SPECT were compared. 24 hour delayed SPECT was done in 16 patients having perfusion defects at rest. Perfusion or wall motion was scored from 0 to 3 (0: normal to 3: defect or dyskinesia). Wall motion was abnormal in 142 segments among 585 segments of 99 artery territories which were surgically revascularized. **Results:** After bypass surgery, ejection fraction increased from 37.8±9.0% to 45.5±12.3% in 22 patients who had decreased ejection fraction preoperatively. Wall motion improved in 103 (72.5%) segments among 142 dysfunctional segments. Positive predictive values (PPV) of Rev, Rest, Del, and Thk were 83%, 76%, 43%, and 69% respectively. Negative predictive values (NPV) of Rev, Rest, Del, and Thk were 48%, 44%, 58%, and 21%, respectively. Rest/gated stress/delay SPECT had PPV of 74% and NPV of 46%. Though univariate logistic regression analysis revealed Rev (p=0.0008) and Rest (p=0.024) as significant predictors, stepwise multivariate test found Rev as the only good predictor (p=0.0008). **Conclusion:** Among independent predictors obtained by rest Tl-201/ stress gated Tc-99m-MIBI/ delayed Tl-201 myocardial SPECT for wall motion improvement after bypass surgery, stress-rest reversibility was the single most useful predictor. (Korean J Nucl Med 1998;32:6:497-508)

**Key Words:** Dual isotope separate acquisition SPECT, Myocardial viability, Coronary artery bypass surgery, Gated myocardial SPECT

Received Aug. 4, 1998; revision accepted Nov. 26, 1998

Corresponding Author: Dong Soo Lee, M.D., Department of Nuclear Medicine, Seoul National University College of Medicine  
28 Yungundong Chongnogu, Seoul 110-744 Korea, Tel: (02) 760-2501, Fax: (02) 766-9083, E-mail: dsl@plaza.snu.ac.kr

## 서 론

심근생존능 검사의 목표는 재관류 시술 또는 수술 전에 관상동맥질환 환자가 재관류 대상으로 적당하지 않고 시술 대상 환자의 어느 심근 분절이 수술 후에 기능을 회복할지 예측하는 것이다.<sup>1)</sup> 기능이상을 보이는 심근 분절이 수술 후에 수축력을 회복하면 심근 벽운동이 좋아지고 일회구혈량이 늘어 구혈률이 향상된다. 수술 후 구혈률이 향상된 환자는 운동능력이 좋아지므로 이런 환자를 선별하여 수술하면 예후가 좋다.

심근생존능을 평가하기 위하여 부하 심초음파도<sup>2)</sup>와 양전자단층촬영법(positron emission tomography)<sup>3)</sup>을 비롯하여 심근 SPECT가 쓰인다. 부하-휴식 또는 부하-재분포 가역성<sup>4)</sup>을 비롯하여 TI-201의 휴식기 섭취량<sup>5,6)</sup>과 TI-201의 지연 재분포<sup>5,9)</sup>나 재주사 방법<sup>10-14)</sup>이 각각 심근생존능을 평가하는데 우수하였다. 게이트 심근 SPECT로 평가한 휴식기의 수축기 심근 두꺼워짐도 생존능의 지표라 제안되었다.<sup>15)</sup> TI-201 휴식-지연재분포 방법이 제안된 후 TI-201 재주사 영상은 휴식기 영상과 부하 후 재분포 영상을 합성한 영상이라서 TI-201 휴식-재분포의 예측능에 미치지 못할 것이라는 추측하였다.<sup>16)</sup>

진단성능이 TI-201 부하-재분포 SPECT나 휴식/부하 Tc-99m-MIBI SPECT와 비슷한 휴식기 TI-201/부하 Tc-99m-MIBI SPECT에 Tc-99m의 반감기가 짧고 TI-201의 반감기가 길다는 점을 이용하여 다음날 지연 재분포 TI-201 SPECT를 얻는 방법으로 휴식-24시간 지연 재분포 SPECT를 함께 시행하고 심근생존능을 평가하는 검사로 쓸 수 있다. 특히 부하 Tc-99m-MIBI SPECT를 게이트 방법으로 영상 획득하면 휴식기의 수축기 두꺼워짐을 보아 심근벽의 수축능을 판정할 수 있다.<sup>17)</sup> 따라서 휴식/게이트 부하/재분포 SPECT로 부하-휴식 가역성, 휴식 관류 등급, 휴식-지연재분포와 심근 수축기 두꺼워짐의 네 가지 잘 알려진 심근 생존능 지표를 얻을 수 있다.

심근생존능을 정의하거나 판별하는 방법에 아직 이견이 있지만 수술 후 상당기간이 지난 후에 심근

벽운동을 평가하여 국소기능이 호전되는지를 평가하는 방법과 구혈률이 호전되는지를 보는 전체기능 평가방법이 가장 엄격한 방법으로 알려졌다.<sup>1)</sup> 게이트 심근 SPECT로 심근벽운동을 평가할 수 있으므로 수술 전 후 모두 게이트 방법으로 Tc-99m-MIBI 영상을 얻어 서로 비교하면 심근 분절의 국소기능이 향상되었는지 판단하여 생존 심근을 정의할 수 있다.

이 연구에서는 수술 전 휴식/게이트 부하/재분포 SPECT로 부하-휴식 가역성, 휴식 관류 등급, 휴식-지연재분포와 심근 수축기 두꺼워짐의 네 가지 잘 알려진 심근 생존능 지표를 얻어 관상동맥 우회로 수술 후에 심근벽운동 호전을 얼마나 잘 예측하는지 조사하였다. 예측 지표들 사이에 서로 상관성이 있음을 고려하여 다변량 통계분석 방법과 판단도표 분석 방법으로 독립적인 예측 성능을 지닌 지표는 어떤 것(들)인지 찾았다.

## 대상 및 방법

### 1. 대 상

심근 휴식/게이트 부하/재분포 관류 SPECT를 시행하고 관상동맥 우회로 수술을 시행한 환자 39명을 대상으로 삼았다. 34명의 남자 환자와 5명의 여자 환자로서 평균연령은 58±8세이었다. 혈관조영술 소견상 세혈관질환이 24명, 두혈관질환이 7명, 단일 혈관질환이 4명, 그리고 좌주동맥질환이 4명이었다.

동맥영역을 좌전하행동맥 영역, 좌회선동맥 영역, 우측관상동맥 영역으로 크게 나누었을 때 39명의 환자에게 117개의 동맥영역에 대하여 99개의 동맥영역을 수술하였다. 동맥을 우회로로 이용한 곳이 49영역이었으며 정맥을 우회로로 이용한 곳이 60영역이었다. 8개의 동맥에 수술적 혈관성형술을 하였다. 우측관상동맥 12곳 좌전하행동맥 6곳 등 18개의 동맥영역은 우회로 수술이나 혈관성형술 어느 것도 하지 않았다. 수술하지 않은 관상동맥은 관상동맥이 1.5 mm 이하로 우회로 수술하기에 너무 작기 때문이었던 것 같은 기술적 이유 때문이었다. 수술 전 23.4일과 수술 후 129.6일(±37.8일, 범위 93일-274일)에 게이트 심근 관류 SPECT를 시행하였다.

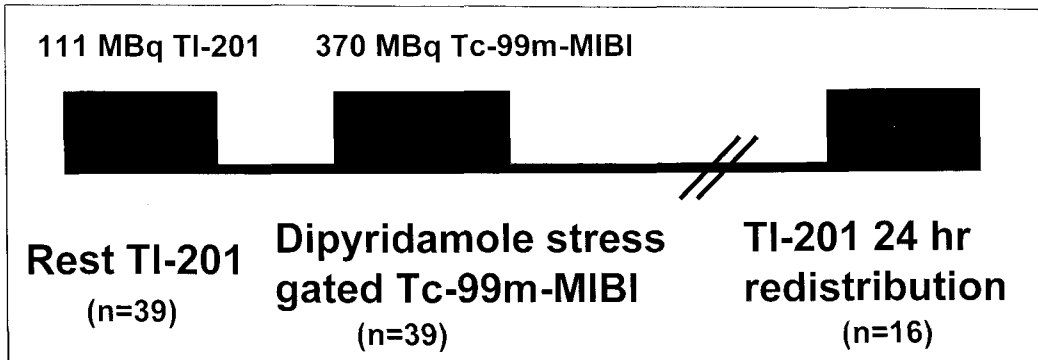


Fig. 1. Rest Tl-201/dipyridamole stress gated Tc-99m-MIBI/24 hour delay Tl-201 SPECT protocol.

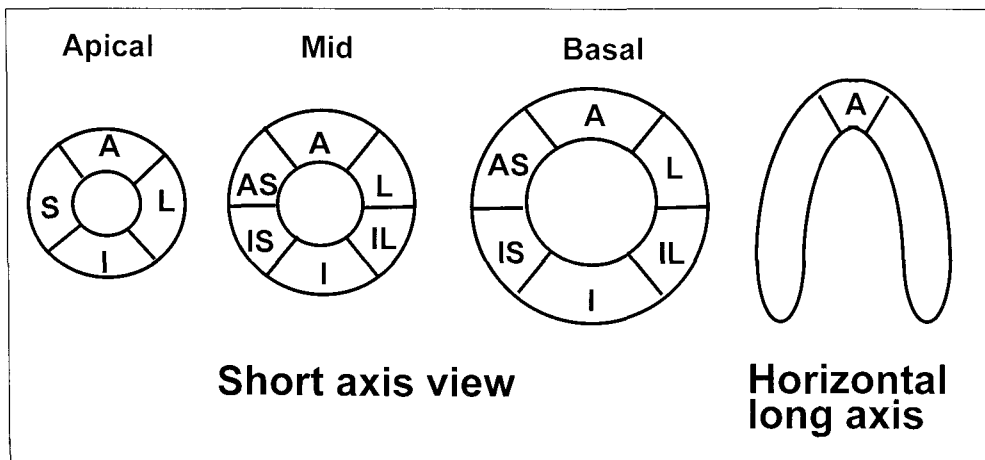


Fig. 2. Myocardial segments. Using apical, mid and basal short axis images and horizontal long axis image, left ventricular wall was divided into 17 segments.

대상환자 중 11명은 심근경색의 병력이 있었던 환자이었다. 다른 28명은 만성관상동맥질환 환자이었다. 수술 전 구혈률이 35% 이상이었던 환자가 29명, 35% 이하이었던 환자가 10명이었다.

## 2. SPECT 촬영과 재구성

111 MBq의 Tl-201을 휴식기에 주사하고 3중헤드 SPECT 카메라(Prism 3,000, Picker, USA)로 3도 간격의 40개 영상을 멈춤 당 20초씩 영상을 획득하는 방식으로 촬영하였다(Fig. 1). 이어서 몸무게 kg당 분당 0.14 mg의 디피리다몰을 4분간 주사하여 부하를 가하고 부하 후 3분 후에 Tc-99m-MIBI 370 MBq를 주사하였다. 30분 후 지방식을 투여한 후 다시 30분 후에 RR간격을 16 단위영상으로 나누어

이트 방식으로 멈춤 당 20초씩 SPECT 영상을 촬영하였다.

Tl-201 SPECT에 관류결손이 있을 때 다음날 다시 지연 Tl-201 SPECT를 휴식기 Tl-201과 같은 방법으로 촬영하였다. 모두 39명 중에 16명에서 지연 Tl-201 SPECT를 촬영 하였다.

차단주파수 0.22-0.35와 치수 5를 적용한 지역통과 Butterworth 여과기로 여과하여 여과후역투사 방법으로 영상을 재구성하였다. 게이트 방식으로 획득한 영상은 투사영상을 바로 합산하여 게이트하지 않은 영상을 만들어 재구성에 사용하였다. 게이트 영상은 모두 함께 재구성하여 방향을 조정하여 단축상, 수직장축상, 수평장축상을 만들었다.

게이트 심근 SPECT 영상을 이용하여 3D Motion

Perfusion 소프트웨어로 구혈률을 계산하였다.<sup>19)</sup> 이 방법으로 구혈률을 계산한 검사자내 오차는 7% 검사자간 오차는 9%이었다.

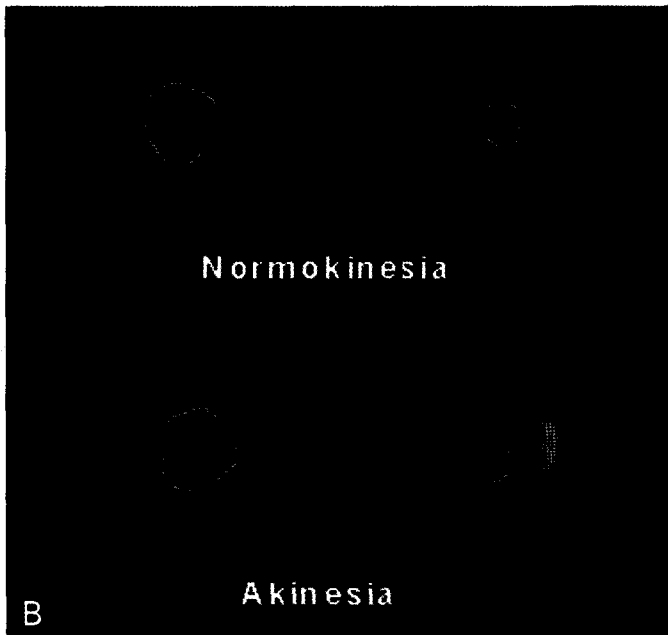
**3. 심근 관류와 기능의 준정량 평가**

심근 SPECT의 관류를 심첨부의 단축상을 네 분절, 중간부의 단축상을 여섯 분절, 심저부의 단축상

을 여섯분절로 나누고 장축상에서 심첨 분절하나를 추가하여 모두 17분절에 대하여 이 연구논문의 저자 중 두 사람이 합의하여 판독하였다(Fig. 2). 관류 감소는 등급 0은 정상, 등급 1은 가벼운 관류감소, 등급 2는 심한 관류감소, 등급 3은 관류 결손의 네 등급으로 나누어 등급을 매겼다(Fig 3A). 화면에 단축상과 장축의 게이트 영상을 시네 루프로 띄워 놓고



<b>Normal</b>	<b>Mild Decrease</b>	<b>Severe Decrease</b>	<b>Defect</b>
<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>End-diastole</b>	<b>End-systole</b>		



**0: Normokinesia**  
**1: Hypokinesia**  
**2: Akinesia**  
**3: Dyskinesia**

**Fig. 3.** Myocardial perfusion and wall motion were scored semi-quantitatively. A. Perfusion was scored using Tl-201 rest and delayed images and ungated Tc-99m-MIBI image. B. Wall motion was scored using cine display of wall motion using stress gated Tc-99m-MIBI SPECT.

역시 17 분절에 대하여 정상 벽운동(등급 0)과 벽운동 감소(등급 1), 무운동(등급 2), 이상운동(등급 3)의 네 등급으로 나누었다(Fig 3B). 심근의 수축기 두꺼워짐은 수축기에 부분 체적 효과를 극복하고 심근 분절이 밝아지는 것을 보고 판단하였다.<sup>17,18)</sup> 17 심근 분절이 각각 두꺼워짐이 정상이거나 이상이 있다고 두 등급으로 판정하였다.

#### 4. 심근 생존능 예측지표의 예측능 비교

심근 생존능은 수술 전과 수술 후의 심근벽운동을 평가하여 등급이 하나이상 향상된 경우 그 분절이 생존하였다고 정의하였다. 심근생존능 판정과 수술 후 벽운동 호전 예측을 같다고 보았다. 수술 전 관류 SPECT에서 네 가지 지표를 골라 심근 생존능을 판정 또는 수술 후 벽운동 호전을 예측할 수 있는지 보았다. 휴식기 TI-201과 부하기 Tc-99m-MIBI SPECT를 비교하여 휴식기에 한 등급 이상 좋아진 경우를 가역성이 있다고 보았다. 휴식기 관류 등급이 0, 1 또는 2인 경우에 휴식기 관류가 생존을 예측한다고 보았다. 휴식기의 등급이 1, 2 또는 3인 경우 24시간의 지연 재분포 관류 등급이 한 등급이상 좋아진 경우 재분포하였다고 보았다. 게이트 Tc-99m-MIBI SPECT에서 수축기 두꺼워짐이 보이는 경우 생존능이 있다고 보았다.

생존능이 있다고 판단하였을 때 수술 후에 얼마나 심근벽운동이 회복되는지 예측하는 예측률을 계산하였다. 단변량분석 방법으로 로짓분석을 하고 이어서 다변량 단계별 로짓 회귀(multiple stepwise logistic regression) 분석을 하였다.

#### 5. 통계분석

SPSS를 이용하여 단변량과 다변량 로짓분석을 하였다. 다변량 로짓분석의 경우 결손 증례는 증례를 탈락하는 방법(casewise deletion)으로 처리하였다.

### 결 과

#### 1. 수술 후 구혈률과 국소 벽운동의 호전을

수술 전 휴식기 구혈률이 정상범위인 환자가 17

명이었고 22명의 구혈률이 50% 이하이었다. 22명의 수술 전 휴식기 구혈률이  $37.8 \pm 9.0\%$ 이었다. 수술 후에는  $45.5 \pm 12.3\%$ 로 증가하였다.

142분절이 휴식기에 국소 벽운동 이상이 있었다. 142분절 중 86분절은 벽운동 등급 1(벽운동 감소), 53분절은 등급 2(무운동), 3분절은 등급 3(이상운동)이었다. 수술 후 103분절이 호전되어 호전율은 72.5% 이었다. 등급 1에서 정상으로 호전된 분절이 63예, 등급 2에서 등급 1로 호전된 분절이 22예, 정상으로 호전된 분절이 15예, 등급 3에서 등급 2로 1예, 등급 1로 1예, 정상으로 1예이었다.

#### 2. 관류감소 휴식-부하 가역성의 벽운동 호전 예측률

전체 117 동맥영역 중에 수술한 99개 동맥 영역의 585분절 가운데 142분절이 수술 전 휴식기 벽운동이 정상이 아니었다. 142분절 중에 부하기 관류가 감소되고 휴식기 관류가 부하기보다 나은 분절이 82분절이 있었다. 나머지 60분절 중 27분절은 부하 휴식기 모두 정상이었으며 33분절은 지속결손이었다.

82분절 중 68분절이 수술 후 휴식기 심근 벽운동이 좋아졌다. 양성 예측률이 83%이었다. 지속결손인 33분절 중에도 17분절은 수술 후 벽운동이 좋아지고 16분절은 호전되지 않아 음성 예측률이 49%이었다(Table 1). 부하 휴식기에 모두 정상인 27분절의 벽운동은 18분절(67%)에서 호전되었다.

#### 3. 휴식기 관류 등급의 벽운동 호전 예측률

휴식기 관류가 정상과 등급 1, 등급 2인 분절이 142분절 중 117분절이었다. 117분절 중 90분절은 휴식기 관류 등급이 등급 1 또는 2이었다. 25분절은 휴식기 관류 등급이 등급3으로 결손이었다. 휴식기 관류가 등급 2 이하인 분절 117분절 중 89분절이 호전되었다. 양성 예측률은 76%이었다. 휴식기 관류 결손인 25분절 중 11분절이 호전되지 않아 음성 예측률은 44%이었다(Table 1).

#### 4. 휴식-지연 TI-201 재분포의 벽운동 호전 예측률

휴식기 TI-201 SPECT에서 관류가 감소된 것으로

나타나 24시간 Tl-201 SPECT를 촬영한 환자가 16명이었는데 이 중 휴식기 Tl-201 섭취가 등급 1, 2, 또는 3인 분절이 모두 70분절이었다. 16명의 48개 동맥영역 중에 41영역의 관상동맥에 우회로 수술을 하였다. 수술한 41 동맥영역의 237분절 중 79 분절의 벽운동이 이상이 있었다. 9분절은 관류는 정상인데 벽운동이 이상이 있었다. 이 중 26분절이 관류 감소 등급 2, 3 이었고(등급 2: 8, 등급 3: 18) 나머지 53분절은 휴식기 관류 등급이 등급 1 또는 정상이었다. 이 53분절 중 7분절은 24시간 지연기에 Tl-201 섭취가 줄었으며(washout) 나머지 40분절은 휴식-지연기 사이에 차이가 없었다.

등급 2, 3인 분절 중에 휴식-지연 재분포를 보인 7 분절 중 벽운동은 3분절이 호전되었다. 양성 예측률은 43%이었다. 휴식-지연 재분포를 보이지 않은 19분절 중 11분절이 호전되지 않아 음성 예측률은 58%이었다(Table 1).

**5. 수축기 심근벽 두꺼워짐의 벽운동 호전 예측률**

대상인 142분절 중 육안으로 수축기 두꺼워짐을

판단할 수 없었던 환자는 없었다. 98분절이 수축기 두꺼워짐이 보였다. 이 중 68분절이 수술 후에 호전하여 양성 예측률은 69%이었다. 수축기 두꺼워짐이 없다고 판단한 분절 44개 중에 35분절은 호전되고 9분절이 호전되지 않아 음성예측률이 20%이었다 (Table 1).

**6. 단변량 다변량 로짓 회귀분석**

네 가지 지표를 각각 독립적으로 로짓 회귀분석한 결과 관류감소 휴식-부하 가역성(p=0.0008)과 휴식기 관류의 등급(p=0.024)이 수술 후 심근벽운동 호전을 잘 예측하였다(Table 2). 다른 둘은 통계적으로 유의하지 않았다. 네 지표를 모두 포함하여 단계적 다변량 로짓 회귀분석을 한 결과 휴식기 관류가 탈락하고 관류 감소 가역성만이 남았다. 관류감소 휴식-부하 가역성은 p=0.0008로 유의하게 심근벽운동 호전을 예측하였다(Table 2).

**7. 심근 생존능을 평가하기 위한 판단도표 분석**

먼저 게이트 심근 SPECT의 수축기 심근벽 두꺼워짐을 넣어 관류감소 가역성과 휴식기 관류 등급,

**Table 1.** Positive and Negative Predictive Values of Markers Obtained with Rest Tl-201/ Dipyridamole Stress Tc-99m-MIBI/24-hour Delay SPECT

	Positive predictive value	Negative predictive value
Stress/rest reversibility	83% (68/82)	49% (16/33)
Rest Tl-201 uptake	76% (89/117)	44% (11/25)
Delayed Tl-201 redistribution	43% (3/7)	58% (11/19)
Systolic wall thickening	69% (68/98)	20% (9/44)

**Table 2.** Statistical Predictive Values of Parameters for Wall Motion Improvement by Univariate and Multivariate Logistic Regression Analysis

	Chi-square	p value
Univariate analysis		
Stress/rest reversibility	11.8	0.0008
Rest Tl-201 uptake	5.05	0.024
Delayed Tl-201 redistribution	0.19	0.65
Systolic wall thickening	0.93	0.33
Multivariate analysis		
Stress/rest reversibility	11.8	0.0008

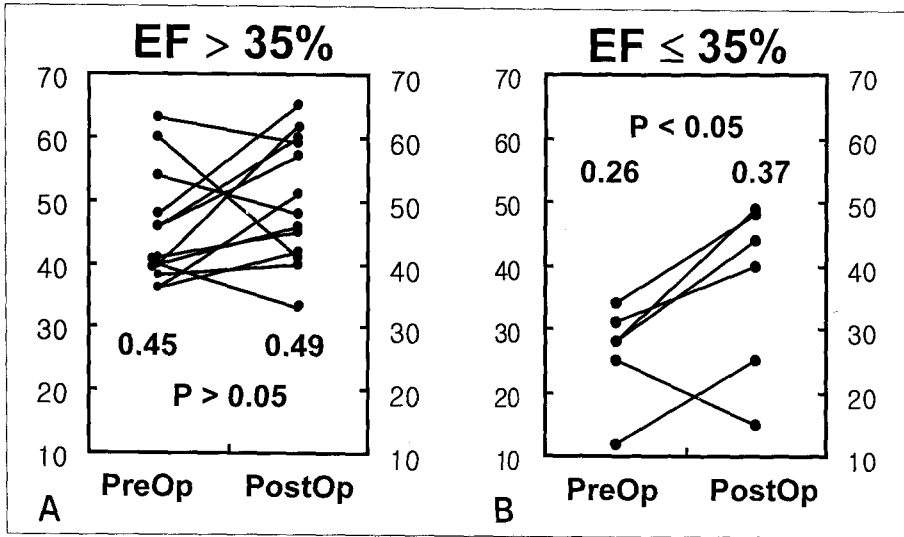


Fig. 4. Ejection fraction before and after coronary artery bypass graft surgery were depicted in patients with normal preoperative left ventricular function (4A) and left ventricular dysfunction (4B).

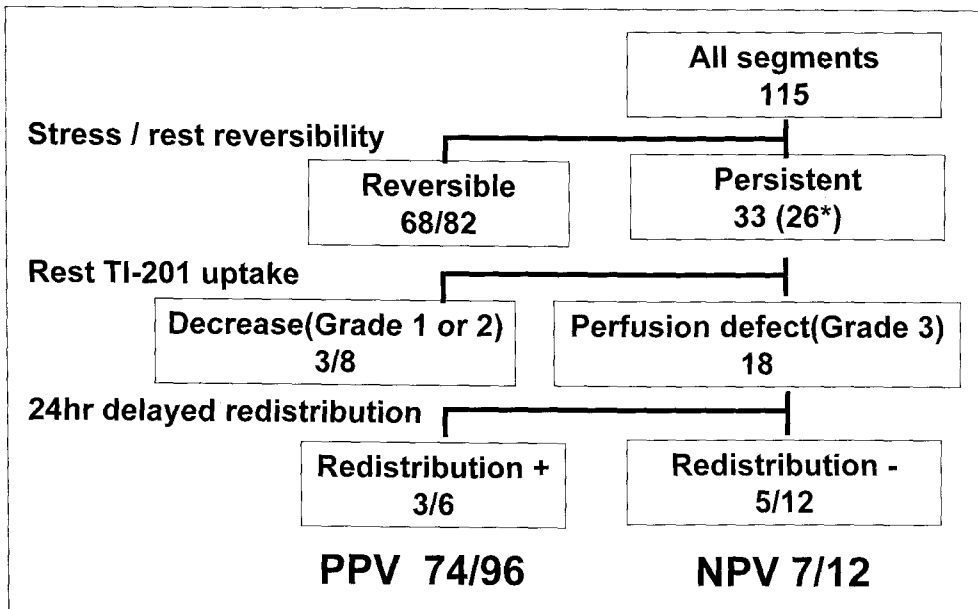


Fig. 5. Decision tree of viable myocardium using rest/ stress/ delayed myocardial SPECT. Among 115 segments having abnormal perfusion and wall motion, 82 had reversible perfusion decrease and 33 had persistent decrease. Among 33, 26 segments (\*) had delayed imaging. Eighteen of 26 had perfusion defect (grade 3), 6 of whom showed redistribution at 24 hour delay. Numerator/denominator within boxes means viable segments/total segments. PPV is positive predictive value and NPV is negative predictive value.

휴식-부하 Tl-201 재분포와 수축기 심근벽 두꺼워짐 중 어느 하나라도 있는 분절의 수가 전체 142분절 중 131분절이었다. 이 중 103분절이 호전되어 수술 후 벽운동 호전을 예측한 양성 예측률이 74%이었다. 벽운동 호전을 예측하는 네 지표 중 어느 하나도 없었던 분절이 11분절이었으며 이 분절 중에는 6분절이 호전되고 5분절이 호전되지 않아 음성 예측률은 46%이었다.

이어서 수축기 심근벽 두꺼워짐을 빼고 판단도표를 그렸다(Fig. 5). 부하 휴식기 모두 관류가 정상이면서 벽운동이 이상이 있었던 27분절을 제외한 전체 115분절 중에 82분절이 부하 휴식기 가역성이 있었다. 33분절이 휴식-부하기 관류 감소가 지속성이었으며 이 중 24시간 지연영상을 촬영한 환자의 26개 분절을 대상으로 판단도표를 그렸다. 26개 지속관류 감소 분절 중에 8분절은 휴식기 관류 등급이 0, 1 또는 2이었으며 나머지 18분절이 등급 3이었다. 등급 3인 18분절 중에 12분절은 24시간 후에도 변동이 없었고 6분절은 호전되었다. 재분포 호전된 6분절 중에 3분절이 수술 후 벽운동이 호전되었다. 판단도표의 왼쪽으로 내려온 분절을 합한 96분절 중에 74분절이 호전되어 양성예측률은 77%이고 오른쪽 가지의 끝에 남은 12분절 중에 호전되지 않는 분절이 7분절이어서 음성 예측률은 58%이었다.

## 고 찰

수술 전에 생존 심근을 찾는 것은 생존 심근이 수술 후 호전되기를 기대하기 때문이다.<sup>1)</sup> 휴식기에 벽운동이 이상이 있는 경우 수술로 관류가 호전되면 벽운동이 호전된다. 따라서 수술 전에 생존심근을 찾는다는 것은 심근벽 운동이상이 있는 경우 수술 후에 개선될지 예측하는 작업이다.<sup>5-15)</sup> 부하기에만 나타나는 벽운동이상이 수술 후에 호전되는 것은 평가방법이 마땅하지 않아 심근 생존능을 정의하는데 쓰이지 않고 있다.

생존심근을 정의하는 여러 방법 중에서 수술 후의 심근벽운동 호전 여부를 심근 생존의 기준으로 삼는 것이 가장 엄격한 방법이다. 수술로 벽운동이 호전되었을 수도 있었던 심근이 수술 후 재관류가

되지 않아 호전되지 못한 경우 치료 후 호전 여부를 심근생존의 기준으로 삼아 분석할 때 과소평가 된다. 더욱이 수술 전에 등급이 1인 예는 벽운동의 준정량평가 등급이 하나이상 호전된 것을 확인하여야 생존심근으로 정의되므로 생존심근을 예측하려 할 때 과소평가되기 쉽다. 관류이상의 등급이 수술 후 호전 여부에 미치는 영향을 조사하였으나 등급에 따른 차이가 나타나지 않았다(데이터를 결과에 따로 제시하지 않았음).

수술 후 휴식기 관류가 호전되면 휴식기 벽운동이 호전된다. 그러나 수술 후에 휴식기 관류가 꼭 호전되지 않아도 벽운동이 호전될 수 있다. 이런 경우는 수술 전에 관류감소보다 심근 수축능이 더 나쁜 상태였다고 본다. 이런 심근 분절은 수술 전후 관류 변화는 없어도 벽운동이 호전되었으므로 생존 심근에 해당한다. 이 연구에서는 부하기와 휴식기의 관류가 모두 정상이면서 벽운동이 감소된 분절이 27분절이 있었으며 이들 중 18분절이 수술 후 호전되었다. 반면에 수술 후에 관류만 호전되고 벽운동이 호전되지 않을 수 있다. 이런 심근은 우리가 선택한 기준에 의하면 생존심근이 아니다. 수술 후 3개월에 관류 호전이 분명한데 벽운동이 호전되지 않은 경우 조금 더 추적하면 벽운동이 호전될 가능성이 있다. 수술 후 얼마 후에 벽운동을 평가하여야 하는지 정해져 있지는 않지만 2-6개월 후에 판정하는 것이 보편적이다. 드물게 수술 후 1년 후까지 벽운동이 점점 더 호전되었다는 보고<sup>7)</sup>가 있지만 수술 후 1년 지나면 10-20%의 우회로 혈관이 다시 협착되거나 폐쇄를 겪는 것을 고려하면 이 연구에서 수술 후 평균 3개월 후에 평가한 벽운동으로 수술 후 벽운동 호전을 평가한 것이 적절하였다고 주장한다. 수술 후 관류는 호전되었으나 벽운동은 호전되지 않았던 분절은 3분절로 전체 142분절의 2.1%에 불과하였다.

수술 전 후 심초음파도를 사용하여 심근 벽운동의 호전 여부를 판정하는 것이 보편적이거나 우리는 심근 벽운동을 판단하는데 게이트 SPECT를 사용하였다. 관류 SPECT를 심초음파도와 비교하여 판단할 때 위치 정합이 문제가 되지만 게이트 관류 SPECT는 관류와 운동을 판단하는데 같은 영상을 사용하므로 영상획득 후에 따로 위치정합이 필요하



지 않다. 부하기 Tc-99m-MIBI 게이트 SPECT로 휴식기 벽운동을 평가하여 관류 결손부위의 벽운동과 두꺼워짐 판정이 어려운 분절이 있었으나 드물었다.

대상 환자를 선정하고 우회로를 연결할 동맥을 선정하는 데 관류 SPECT를 기준으로 삼지 않았다. 관류 SPECT가 정상인 동맥영역도 우회로를 연결하였고 관류 이상이 있는 동맥영역도 해당동맥에 우회로를 연결하기 어려운 경우에는 연결하지 않았다. 특히 관류 SPECT 결과를 종합하여 심근 생존능이 없을 것이라고 판단되었다고 그 동맥 영역을 수술 대상에서 제외하지는 않았다. 따라서 심근 SPECT 결과를 참조하여 수술 대상동맥을 선정하였을 때 있을 수 있는 편견이 적은 연구이었다.

휴식기 관류 감소의 정도로 수술 후 벽운동 호전을 예측할 수 있다고 알려졌다.<sup>5,6)</sup> 휴식기 관류를 평가하기 위하여 Tc-99m-MIBI를 쓰기도 하고 Tl-201을 쓰기도 한다.<sup>5,7-9)</sup> Tl-201을 사용하였을 때는 휴식 재분포 영상을 얻어 두 영상의 어느 쪽에든 좋은 쪽 Tl-201 섭취 등급이 정상이거나 등급 1 또는 등급 2 일 때 생존심근을 반영한다고 본다.<sup>9)</sup> 휴식-재분포 영상과 비교하여 볼 때 부하 재분포 후 재주사 영상은 휴식기 영상에 부하기로부터 재분포한 영상을 합산한 영상이라서 기껏해야 휴식기 Tl-201 섭취를 반영할 뿐이다. 부하 후 Tl-201 재분포 영상을 얻은 후 재주사 영상을 얻었을 때 15-40%의 분절이 '다시 차는(fill-in)' 것으로 미루어 부하 후 재분포 영상은 휴식기 관류를 나타낸다고 할 수 없으며 과소평가한다.<sup>21-23)</sup>

휴식기에 주사하고 Tl-201이 지연 재분포되는 것을 기다리면 지연기에 30-50%의 분절이 Tl-201 섭취가 좋아지고 10%는 오히려 나빠진다.<sup>20)</sup> 이 10% 나빠지는 분절이 우리가 대상으로 삼았던 분절 중 7 분절이었는데 이 분절 들은 휴식기 관류를 참조하여 생존한 것으로 보았다. 즉 Tl-201을 휴식기에 주사하고 4시간 후에 또는 24시간 후에 지연 영상을 얻어 평가할 때 두 영상 중에 좋은 영상을 근거로 생존 여부를 판단하는 것이 좋다는 주장을 따랐다.<sup>9)</sup> 문헌 보고를 종합하면 휴식-재분포 Tl-201 신티그래피로 재관류술 후 벽운동 호전을 예측한 양성 예측률은 75%이고 음성 예측률은 64%이었다.<sup>16)</sup> 우리 연구에

서 휴식-재분포 Tl-201 만 따로 판독한 예측률은 양성예측률이 43% 음성 예측률이 57%로서 위의 보고 보다 낮았다. 우리는 그 이유로 휴식-재분포 Tl-201 SPECT가 적용된 대상이 휴식기 등급이 2 또는 3인 환자를 대상으로 하였기 때문이라 생각한다. 휴식-지연 Tl-201 SPECT만 분석한 윤 등의 보고<sup>9)</sup>에서는 양성예측률과 음성예측률이 각각 76%, 85%이었다.

이 중 동위원소 개별촬영방법은 Tl-201과 Tc-99m-MIBI의 장점을 각각 살릴 수 있는 장점이 있다. 두 동위원소의 방사능 계수 특성 때문에 영상이 조금 다르지만 관상동맥질환을 진단하는 데에 Tl-201 부하-재분포 방법이나 Tc-99m-MIBI 휴식 부하 방법과 차이가 없다.<sup>24)</sup> Tc-99m-MIBI SPECT는 게이트 SPECT를 촬영할 수 있다는 것이 큰 장점이다. 우리는 이 연구에서 Tc-99m-MIBI SPECT를 수술 전 후 모두 게이트 SPECT로 얻어 벽운동을 평가하여 수술 전 후 비교하여 본 후 벽운동 호전을 판정하여 생존심근을 정의하는 데 썼다.

심근 Tc-99m-MIBI 게이트 SPECT에서 심근 수축기 두꺼워짐이 보이면 그 심근이 살아있음을 나타낸다고 생각한다. 심근 게이트 SPECT에서 심근의 수축기 두꺼워짐은 수축에 따라 심근이 밝아 보이는 것을 보고 판단한다.<sup>17)</sup> 심근이 수축기 두꺼워짐을 보이는 경우 수축 기능이 보존되어 있으므로 수술 후에 벽운동이 회복될 가능성이 크다.<sup>15)</sup> 그러나 우리 연구에서 심근의 수축기 두꺼워짐이 수술 후 벽운동 회복 여부를 잘 감별하여 내지는 못하였다. 수축기 두꺼워짐이 있거나 없거나 70-80%의 분절이 호전되었기 때문이다. 양성예측률은 기대와 같지만 음성예측률이 낮다는 최근 보고와 같은 결과를 얻었다.<sup>25)</sup>

부하기와 휴식기 관류 차이가 있어 가역성이 있다고 판단된 분절 중에 휴식기 벽운동이 좋아진 분절이 83%, 정상인 분절과 가역성이 있는 분절을 제외한 지속 관류감소 분절 중에는 51%가 좋아졌다. 따라서 부하기 관류와 가역성을 판단기준으로 삼으면 심근생존을 시사하는 소견을 얻었을 때 벽운동 호전을 예측하는 데 어려움이 없었다. 그러나 음성 예측률이 50% 내외인 것으로 미루어 부하 휴식기 관류만으로는 부정적 결과를 얻었을 때 다른 예측지

표의 도움이 필요한 것을 나타낸다.

다변량 분석에서는 벽운동 호전을 예측하는 데 부하-휴식기 가역성과 휴식기 TI-201섭취 등급의 예측력이 의미 있었다. 그러나 다변량 분석에서는 휴식기 TI-201 섭취 등급이 탈락하였다. 휴식기 TI-201 섭취를 판단하는 것은 독립적이지 않고 휴식-부하 가역성에 의해 대표됨을 나타낸다. 휴식-재분포 TI-201 SPECT는 휴식기 TI-201 섭취가 감소된 환자에서만 시행하였다. 따라서 휴식-재분포 TI-201 SPECT 자료를 넣어 SPSS 분석하면 휴식기 TI-201 섭취가 정상인 환자들은 증례를 탈락하게 되어 TI-201 휴식-재분포 데이터의 중요성이 강조될 것으로 추측하고 다변량분석에 넣었다. 그러나 TI-201 휴식-재분포 결과는 다변량분석 때에 예측지표로서 통계적 유의성을 얻지 못하였다.

판단도표분석 결과를 나뉘어가지 모양으로 그린 결과(Fig. 5)를 보면 단계적으로 심근 생존능 지표를 판단하는 알고리즘이 적절한지 알 수 있다. 벽운동 이상이 있고 재관류 수술을 받은 142분절 중 103분절(72.5%)가 수술 후 호전되었는데, 우선 부하기와 휴식기관류가 모두 정상인 27분절을 빼고 115분절을 상대로 보면 우선 부하 휴식 가역성이 보이는 것이 수술 후 벽운동이 호전하는 것을 예측하는데 도움이 컸으며(양성 예측률 83%), 나머지 분절 중에 호전되었던 11분절을 휴식기 TI-201 섭취와 24시간 지연재분포로 갈라 내어야 하였다. TI-201 섭취 감소가 심하지 않거나 지연재분포가 있던 14분절 중 6분절만 벽운동이 호전되었고 그렇지 않았던 12분절 중에도 5분절이 호전되어 추가로 채택한 두 지표가 도움이 되지 못하는 것 같았다. 판단도표의 어느 수준에도 수축기 벽의 두꺼워짐은 생존심근을 감별하는데 도움되지 않았다.

수술 전 휴식기 TI-201 섭취가 정상이 아닌 분절만 대상으로 하였을 때나 심근경색병력이 있는 11명만 대상으로 하였을 때에도 부하-휴식 가역성만이 유일한 예측지표이었다. 수술 전 구혈률이 35%이하인 환자에서도 결과는 같았다. 수술 전 구혈률이 정상인 경우 35% 이상 50% 이상인 경우 등으로 나누어 평가하여야 하였지만 증례수가 작아 집단을 작게 나누었을 때 제 2유형의 오차(차이가 있는데 못찾는

오차)를 배제할 수 없어서 분석 제시하지 않았다.

구혈률이 35% 이하인 환자만 대상으로 하였을 때 휴식기 관류와 휴식-재분포 TI-201 섭취가 예측력을 나타내지 못한 것은 의외이었다. 증례수가 작았기 때문일 가능성을 배제할 수 없다. 휴식기 좌심실 기능저하가 뚜렷한 허혈성 심근병증 환자를 대상으로 다시 분석하여야 한다고 생각한다.

휴식기 구혈률이 많이 낮지 않은 환자에서 휴식기 TI-201/부하 Tc-99m-MIBI 게이트/재분포 TI-201 SPECT에서 얻을 수 있는 심근 생존능 지표 중에서 부하-휴식기 가역성이 유일하게 도움되는 지표임을 알았다. 판단도표 분석 결과 휴식기 TI-201 섭취 등급이나 TI-201 휴식-재분포 결과를 포함하여도 감별능력이 크게 향상되지 않는 것으로 보아 지속 관류 감소 분절의 생존 여부를 찾을 다른 검사가 필요하다고 생각하였다. F-18-Fluorodeoxyglucose 양전자 단층촬영술<sup>21)</sup> 또는 저용량 도부타민 게이트 SPECT<sup>26-28)</sup>가 적절한 대안이 될 수 있다.

이 연구는 생존능 여부를 분절에 주로 관심을 두고 분석하였다. 심근 관류 SPECT 결과에 의존하지 않고 수술 여부를 판정한 환자 집단에서 수술 후 분절 하나 하나가 어떻게 되었는지 조사하였다. 어떠한 환자에게 우회로 수술을 하여야 하는지 평가할 때 분절에 대하여 분석한 결과가 그대로 적용되는지 더 연구하여야 한다고 생각하였다.<sup>29)</sup>

## 요 약

**목적:** 휴식기 TI-201/디피리다몰 부하 게이트 Tc-99m-MIBI/24시간 TI-201 SPECT를 이용하여 심근 벽운동의 수술 후 호전 가능성을 예측하고 어떤 지표가 예측률이 좋은지 조사하였다. **대상 및 방법:** 39명(남자:여자=34:5, 나이: 58±8세)에서 우회로 수술을 시행하고 수술전과 수술한지 3개월 후에 심근 관류 SPECT를 하여 수술 전 SPECT로부터 부하-휴식기 가역성, 휴식기 TI-201 섭취, TI-201 휴식-재분포 양상, 심근의 수축기 두꺼워짐을 준정량적으로 등급화하고 이 지표가 수술 후 심근 벽운동 호전 여부를 얼마나 잘 예측할 수 있는지 보았다. 휴식기에 관류 감소가 있는 16명은 24시간 지연재분포

Tl-201 SPECT를 촬영하였다. 17분절로 나누어 관류는 0에서 3(0: 정상, 1: 가벼운 감소, 2: 심한 감소, 3: 결손), 벽운동은 0에서 4(0: 정상, 1: 가벼운 저운동, 2: 심한 저운동, 3: 무운동, 4: 이상운동), 심근의 수축기 두꺼워짐은 좋거나 나쁨으로 판정하였다. 전체 99동맥영역의 585분절 중에서 142분절이 벽운동이 이상이 있어서 우회로 또는 수술적 성형술로 재관류 수술을 시행하였다. **결과:** 수술 후 구혈률은 수술 전에 구혈률이 낮은 환자 22명은 37.8±9.0%에 비해 45.5±12.3% 까지 증가하였다. 103개의 분절(72.5%)의 벽운동이 수술 후 호전되었다. 부하-휴식기 가역성, 휴식기 Tl-201 섭취, Tl-201 휴식-재분포 양상, 심근의 수축기 두꺼워짐의 벽운동 호전 예측능은 각각 83%, 76%, 43%, 69%이었다. 음성예측률은 48%, 44%, 58%, 21%이었다. 네 지표 중 어느 하나라도 있는 경우 양성예측률은 74% 음성예측률은 46%이었다. 판단도표 분석에 의한 양성예측률은 78%, 음성예측률은 58%이었다. 단변량 분석에서 부하-휴식기 가역성(p=0.0008)과 휴식기 Tl-201 섭취(p=0.024)가 유의한 지표였으나 다변량 단계별 로짓분석에서는 부하-휴식기 가역성(p=0.0008)만 유의하였다. **결론:** 휴식기 운동이상 분절의 심근 생존능을 조사한 이 연구에서 휴식기 Tl-201/디피리다몰 부하 게이트 Tc-99m-MIBI/24시간 Tl-201 SPECT에서 얻은 여러 지표로 수술 후 벽운동 호전을 예측할 수 있지만 부하-휴식기 가역성이 생존 심근을 찾는 데 유용한 실제적인 예후 지표임을 알았다. 환자 단위로 수술 여부를 판단할 때 생존심근을 가진 환자를 찾을 때에도 부하-휴식기 가역성이 중요한 단일지표인지 조사할 필요가 있다고 생각하였다.

## 참 고 문 헌

- 1) Iskandrian AS. Myocardial viability: unresolved issues. *J Nucl Med* 1996;37:794-7.
- 2) Picano E. *Stress echocardiography*. Berlin: Springer; 1997.
- 3) Maddahi J, Schelbert H, Brunken R, Di Carli M. Role of thallium-201 and PET imaging in evaluation of myocardial viability and management of patients with coronary artery disease and left ventricular dysfunction. *J Nucl Med* 1994;35:707-15.
- 4) Le Feuvre C, Baubion N, Aubry N, Metzger JP, de Vernejoul P, Vacheron A. Assessment of reversible dyssynergic segments after acute myocardial infarction: dobutamine echocardiography versus thallium-201 single photon emission computed tomography. *Am Heart J* 1996;131:668-75.
- 5) Mori T, Minamiji K, Kurogane H, Ogawa K, Yoshida Y. Rest-injected thallium-201 imaging for assessing viability of severe asynergic regions. *J Nucl Med* 1991;32:1718-24.
- 6) Zimmermann R, Mall G, Rauch B, Zimmer G, Gabel M, Zehelein J, et al. Residual 201Tl activity in irreversible defects as a marker of myocardial viability: clinicopathologic study. *Circulation* 1995;91:1016-21.
- 7) Alfieri O, La Canna G, Giubbini R, Pardini A, Zogno M, Fucci C. Recovery of myocardial function: the ultimate target of coronary revascularization. *Eur J Cardio-thorac Surg* 1993;7:325-30.
- 8) Ragosta M, Beller GA, Watson DD, Kaul S, Gimple LW. Quantitative planar rest-redistribution 201Tl imaging in detection of myocardial viability and prediction of improvement in left ventricular function after coronary bypass surgery in patients with severely depressed left ventricular function. *Circulation* 1993;87:1630-41.
- 9) Yoon SN, Lee DS, Kim KB, Lee WW, Chung J-K, Lee MC, et al. Viability assessment with Tl-201 rest-24 hour delay redistribution SPECT before coronary artery bypass graft in coronary artery diseases. *Korean J Nucl Med* 1996;30:493-501.
- 10) Dilsizian V, Rocco TP, Freedman NM, Leon MB, Bonow RO. Enhanced detection of ischemic but viable myocardium by the reinjection of thallium after stress-redistribution imaging. *N Engl J Med* 1990;323:141-6.
- 11) Ohtani H, Tamaki N, Yonekura Y, Mohiuddin IH, Hirata K, Ban T, et al. Value of thallium-201 reinjection after delayed SPECT imaging for predicting reversible ischemia after coronary artery bypass grafting. *Am J Cardiol* 1990;66:394-9.
- 12) Haque T, Furukawa T, Takahashi M, Kinoshita M. Identification of hibernating myocardium by dobutamine stress echocardiography: comparison

- with thallium-201 reinjection imaging. *Am Heart J* 1995;130:553-63.
- 13) Schaefer M, Matheja P, Hasfeld M, Bartenstein P, Lerch H, Breithardt G, et al. The clinical impact of thallium-201 reinjection for the detection of myocardial hibernation. *Eur J Nucl Med* 1996;23:407-13.
  - 14) Arnese M, Cornel JH, Salustri A, Maat APWM, Elhendy A, Rejis AEM, et al. Prediction of improvement of regional left ventricular function after surgical revascularization: A comparison of low-dose dobutamine echocardiography with 201-Tl single-photon emission computed tomography. *Circulation* 1995;91:2748-52.
  - 15) Shareef B, Ahlberg AW, Levine MG, Giri S, Piriz JM, Russel A, et al. Gated technetium-99m SPECT imaging predicts myocardial viability in revascularized patients. *J Am Coll Cardiol* 1997; 29:377A(abstr).
  - 16) Lee DS, Lee MC. Heart scan. In: Bahk Y-W, Kim EE, Isawa T, editors. *Nuclear Imaging of the Chest*. Berlin: Springer; 1998. p. 239-84.
  - 17) Cooke CD, Garcia EV, Cullom SJ, Faber TL, Pettigrew RI. Determining the accuracy of calculating systolic wall thickening using a fast Fourier transform approximation: a simulation study based on canine and patient data. *J Nucl Med* 1994;35:1185-92.
  - 18) Lee DS, Yoon SN, Song HC, Kim KB, Chung J-K, Lee MM, et al. Predictive values of gated myocardial SPECT for wall motion improvement after bypass surgery. *Korean J Nucl Med* 1997; 31:43-9.
  - 19) Faber TL, Akers MS, Peshock RM, Corbett JR. Three-dimensional motion and perfusion quantification in gated single-photon emission computed tomograms. *J Nucl Med* 1991;32:2311-7.
  - 20) Lee DS, Kang KW, Chung J-K, Lee MC, Koh C-S. Comparison of assessment of rest perfusion: Stress/rest Tc-99m-MIBI SPECT and rest Tl-201 SPECT and delay Tl-201 SPECT. *Korean J Nucl Med* 1995;29:193(abstr).
  - 21) Tamaki N, Ohtani H, Yamashita K, Magata Y, Yonekura Y, Nohara R, et al. Metabolic activity in the areas of new fill-in after thallium-201 reinjection: comparison with positron emission tomography using fluorine-18-deoxyglucose. *J Nucl Med* 1991;32:673-8.
  - 22) Ritchie JL, Albro PC, Caldwell JH, Trobaugh GB, Hamilton GW. Thallium-201 myocardial imaging: a comparison of the redistribution and rest images. *J Nucl Med* 1979;20:477-83.
  - 23) Dilsizian V, Perrone-Filardi P, Arrighi JA, Bachrach SL, Quyyumi AA, Freedman NMT, et al. Concordance and discordance between stress-redistribution-reinjection and rest-redistribution thallium imaging for assessing viable myocardium: comparison with metabolic activity by positron emission tomography. *Circulation* 1993; 88:941-52.
  - 24) Yeo JS, Lee DS, Kang KU, Sohn DW, Oh BH, Lee MM, et al. Diagnostic accuracy of rest Tl-201/stress Tc-99m-MIBI myocardial SPECT in the diagnosis of coronary artery disease. *Korean J Nucl Med* 1996;30:112-7.
  - 25) Williams KA, Schneider CM. Regional thickening on gated tomography for detection of reversible ischemia in severe stress perfusion defects: comparison with resting and 24-hour redistribution thallium-201 images. *J Am Coll Cardiol* 1997; 29:263A(abstr).
  - 26) Baer FM, Voth E, Deutsch HJ, Schneider CA, Horst M, de Vivie ER, et al. Predictive value of low dose dobutamine transesophageal echocardiography and fluorine-18 fluorodeoxyglucose positron emission tomography for recovery of regional left ventricular function after successful revascularization. *J Am Coll Cardiol* 1996;28:60-9.
  - 27) Perrone-Filardi P, Pace L, Prastaro M, Squam F, Betocchi S, Soricelli A, et al. Assessment of myocardial viability in patients with chronic coronary artery disease. *Circulation* 1996;94: 2712-9.
  - 28) Vanoverschelde JLJ, D'hondt A-M, Marwick T, Gerber BL, de Kock M, Dion R, et al. Head-to-head comparison of exercise-redistribution-reinjection thallium single-photon emission computed tomography and low dose dobutamine echocardiography for prediction of reversibility of chronic left ventricular ischemic dysfunction. *J Am Coll Cardiol* 1996;28:432-42.
  - 29) Kang WJ, Lee DS, Cheon GJ, Kim KB, Chung J-K, Lee MC. Necessary and sufficient predictors for myocardial viability before coronary artery bypass surgery by patient-based approach. *J Nucl Med* 1998;39:59P(abstr).