

심근 게이트 SPECT로 측정된 좌심실 용적과 구혈률의 정상 값 확립 : TI-201과 Tc-99m MIBI 게이트 SPECT의 비교

인하대학교 병원, 핵의학과, 심장 내과¹

현인영, 서정기¹, 권준¹, 박금수¹, 최원식, 이우형¹

Normal Limits of Left Ventricular Volumes and Ejection Fraction Measured by Gated Myocardial Perfusion SPECT: Comparison of Tc-99m MIBI and TI-201

In Young Hyun, M.D., Jeong Kee Seo, M.D.,¹, Jun Kwan, M.D.,¹, Keum Soo Park, M.D.,¹ Wonsick Choe, M.D., Woo Hyung Lee, M.D.¹

Departments of Nuclear Medicine and Internal Medicine¹, Inha University College of Medicine, Incheon, Korea

Abstract

Purpose: We evaluated radioisotope and sex-specific differences of normal limits for left ventricle volumes (LVVs) and ejection fraction (EF) using myocardial perfusion gated SPECT (g-SPECT). **Materials and Methods:** Rest TI-201/post-stress Tc-99m MIBI g-SPECT measurements with acquisitions of 8-frame were evaluated for 70 patients (mean age 55 ± 14, 56% female) who either had < 10% pretest likelihood of CAD (n = 12) or had normal coronary angiography (EF > 50%) (n = 58). LVEF, LVVs were automatically determined by quantitative gated SPECT using QGS program. **Results:** Similar results were obtained for mean LVEF between Tc-99m MIBI (62% ± 7%) and TI-201 (63% ± 8%) g-SPECT measurements. In Contrast, TI-201 g-SPECT had significantly lower LVVs values (EDV; 74 ± 23 mL, ESV; 28 ± 14 mL) than Tc-99m MIBI g-SPECT (EDV; 82 ± 25 mL, ESV; 32 ± 15 mL) (p<0.05). Women had significantly lower EDV (Tc-99m MIBI; 71 ± 18 mL, TI-201; 65 ± 17 mL), and ESV values (Tc-99m MIBI; 27 ± 10 mL, TI-201; 23 ± 8 mL) compared with EDV (Tc-99m MIBI; 96 ± 27 mL, TI-201; 85 ± 24 mL), and ESV values (Tc-99m MIBI; 40 ± 17 mL, TI-201; 36 ± 16 mL) of men (p<0.05). Women had significantly higher LV EF values (65% ± 7%) than men (60% ± 8%) by TI-201 gated SPECT (p<0.05). **Conclusion:** These data suggest significant differences in normal limits for LVVs and EF, according to genders and radiopharmaceutical. Therefore, the evaluation of cardiac function in patients should consider radioisotope and sex-matched normal values.

Key Words : Ejection fraction, Gated SPECT, Left ventricular volumes, Normal limits.

서 론

좌심실의 구혈률과 용적 측정은 심장판막질환에

서의 예후 판정, 여러 가지 약제의 좌심실 기능 개선에 대한 효과 판정, 심부전 환자 또는 심근 수축 능력이 저하된 환자의 경과 관찰에 매우 중요한 역할을 한다. 특히, 심근 경색 후에 좌심실 용적 측정은 좌심실의 재형성(remodelling) 과정을 이해하는데 필수적이고 좌심실 구혈률뿐만 아니라 용적의 변화로 치료 효과를 예측할 수 있다.^{1,2)} 좌심실 용적과 구혈률 측정에 이제까지 널리 이용되어 온 심초음파는 환자에게 고통을 주지 않고 방사능의 피폭

Received March. 13, 2003; accepted June. 13, 2003
Corresponding Author: In Young Hyun, M.D,
Department of Nuclear Medicine, Inha University Hospital,
7-206 Shinheung-Dong, Jung-Gu, Incheon, 400-103, Korea,
Tel: (032) 890-3171, Fax: (032) 890-3164,
E-mail: iyhyun@inha.ac.kr

이 논문은 2002학년도 인하대학교의 지원에 의하여 연구되었음(INHA-22758).

이 없는 간편한 검사 방법이다. 그러나 광범위하게 사용되는 방법임에도 불구하고 좌심실 용적과 구혈률 측정의 재현성은 떨어진다고 알려져 있다.³⁾ 3차원 자기공명영상은 좌심실 용적 측정의 금과옥조 검사이지만 비싼 경비와 제한된 기술 때문에 많이 사용되지 않는다.⁴⁾ 이에 비하여, 최근 심혈관질환의 진단, 치료 평가, 예후 판정에 광범위하게 사용되는 심근 관류 SPECT에 심전도를 부착하여 촬영하면 추가의 장비나 재료에 대한 경비 없이 게이트 영상을 얻을 수 있고 자동분석 소프트웨어로 좌심실 용적과 구혈률을 측정할 수 있다.

심근 게이트 SPECT로 측정한 좌심실 용적과 구혈률은 일회 통과 스캔, 게이트 심장 혈액풀 스캔, 심초음파로 측정한 값과 상관이 좋다.⁵⁻⁷⁾ 특히, 좌심실 용적 측정의 금과옥조(gold standard) 검사로 알려진 인 3차원 자기공명영상으로 측정한 값과 근접한 것으로 알려져 있다.⁴⁾ 또한, 좌심실 용적과 구혈률 측정에 대한 심근 게이트 SPECT의 재현성은 좋다고 알려져 있다.⁸⁾ 그러나 비교적 새로운 방법인 심근 게이트 SPECT를 임상에 적용시키기 위해서는 한국인에서 정상 좌심실 용적과 구혈률에 대한 기준 값의 확립이 필요하다. 이에 대한 보고가 외국에서는 있었으나^{9,10)} 체격 조건을 고려하면 심근 게이트 SPECT로 측정한 외국인의 좌심실 용적과 구혈률의 기준 값이 한국인의 기준 값과 동일하다는 보장은 없다. 또한, Tc-99m MIBI와 Tl-201 심근 게이트 SPECT로 측정한 좌심실 용적과 구혈률도 다를 것으로 생각된다. 그러므로 한국인에서 Tc-99m MIBI와 Tl-201 심근 게이트 SPECT로 측정한 각각의 정상 좌심실 용적과 구혈률의 기준 값이 필요하다. 이에 따라 이 연구에서는 정상 군에서 휴식 Tl-201/약제 부하 Tc-99m MIBI심근 SPECT를 촬영하고 사용한 동위원소와 성별에 따른 좌심실의 구혈률과 용적의 차이점을 검증하여 Tc-99m MIBI와 Tl-201 심근 게이트 SPECT로 측정한 남녀의 정상 좌심실 용적과 구혈률의 기준 값을 정하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

1998년 3월에서 2000년 2월 사이에 휴식 Tl-201/약제 부하 Tc-99m MIBI심근 SPECT를 시행한 환자 중에서 심혈관 질환의 가능성이 5% 미만인 12 명과 관상동맥 조영술에서 관상동맥에 유의한 협착이 없고 좌심실 조영술에서 좌심실 구혈률이 50%보다 높은 환자 58명을 포함한 70명이 연구대상에 포함되었다. 모든 환자에서 심근 관류 게이트 SPECT에 관류 결손이 없었고 심근벽 이상 운동이 관찰되지 않았다.

2. 연구 방법

111-148 MBq (3-4 mCi)의 Tl-201을 주사하고 10 분 후에 휴식기 영상을 촬영하였다. 휴식기 영상을 얻은 후 dipyridamole 약제 부하 후 1110 MBq (30 mCi)의 Tc-99m MIBI를 주사하고 1 시간 후에 부하기 영상을 촬영한다. 촬영은 저에너지 심장전용 이중 헤드 조준기를 장착한 삼중 헤드 SPECT 카메라 (Siemens, USA)로 영상은 1.45 배로 확대하고 우전 사위 45 도에서 좌후사위 45 도까지 3 도 간격으로 멈춤당 30 초씩 총 60 개의 투사영상을 얻고 가로, 세로 64×64 행렬을 사용하여 평균 심박주기를 기준으로 35% 창을 열어 한 주기당 8 개의 단위 영상을 얻었다. 게이트 관류 SPECT는 Butterworth 여과기로 Tl-201 SPECT는 차단 주파수 0.35, 차수 5로 Tc-99m MIBI SPECT는 차단 주파수 0.38, 차수 5로 재구성한 후 심장 축을 정하고 단축, 수직 장축, 수평장축 상을 만들었다. Cedars quantitative gated SPECT (QGS) 소프트웨어를 이용하여 표면영상을 만들고 Tl-201과 Tc-99m MIBI SPECT에서 좌심실의 확장기말과 수축기말 용적, 구혈률을 각각 측정하였다.

3. 통계분석

성별에 따른 좌심실 구혈률과 용적의 차이는 unpaired t 검정, 사용한 동위원소에따른 좌심실 구

혈률과 용적의 차이는 paired t 검정을 이용하여 p<0.05인 경우에 유의한 차이가 있다고 인정하였고 모든 값은 평균 ± 표준편차로 표시하였다.

결 과

총 검사 인원은 70 명으로 남자가 31 명, 여자가 39 명이었으며 평균 연령은 55 세(범위: 17-88 세), 평균 체중은 63 Kg(범위: 38-93 Kg), 평균 신장은 160 cm(범위: 146-177 cm)이었다.

Table 1. Values for EF Based on Gender of Patient and Tracer Used

Group	TI-201	Tc-99m MIBI
Total (%)	63±8(n=70) LLN=47	62±7(n=70) LLN=48
Women (%)	65±7(n=39) [†] LLN=51	63±6(n=39) LLN=51
Men (%)	60±8(n=31) LLN=44	60±7(n=31) LLN=46

* P < 0.05 comparing men and women.

†P = .066 comparing TI-201 and Tc-99m MIBI

LLN, Lower limit of normal and calculated as the mean-2SD.

Table 2. Values for EDV, and ESV for TI-201 and Tc-99m MIBI Combining Data from Both Women and Men

Group	Tracer	
	TI-201	Tc-99m MIBI
EDV (mL)	74 ± 23 [*] ULN = 120	82 ± 25 ULN = 132
EDV/BSA (mL/m ²)	44 ± 12 [*] ULN = 68	49 ± 13 ULN = 75
ESV (mL)	28 ± 14 [*] ULN = 56	32 ± 15 ULN = 62
ESV/BSA (mL/m ²)	17 ± 7 [*] ULN = 31	19 ± 8 ULN = 37

* P < 0.05 comparing TI-201 and Tc-99m MIBI.

ULN, Upper limit of normal and calculated as the mean+2SD.

평균 체표면적은 1.66 m²(범위: 1.25-2.1 m²)이었다. 21 명은 고혈압, 11 명은 당뇨병 환자이었다.

1. 좌심실 구혈률

Tc-99m MIBI 심근 게이트 SPECT로 측정한 좌심실 구혈률의 검사지표 평균은 전체, 남자, 여자가 각각 62%±7%, 60%±7%, 63%±6%이고 정상 범위는 48%, 46%, 51% 이상이었다. TI-201 심근 게이트 SPECT로 측정한 좌심실 구혈률의 검사지표 평균은 전체, 남자, 여자가 각각 63%±8%, 60%±8% 65%±7%이고 정상 범위는 47%, 44%, 51% 이상이었다(Table 1).

사용한 동위원소에 따른 좌심실 구혈률의 유의한 차이는 없었으나 여자의 좌심실 구혈률이 남자보다 높은 경향이 있었고 이 차이는 TI-201 게이트 SPECT에서는 통계학적으로 유의하였으나 Tc-99m MIBI 게이트 SPECT에서는 유의하지 않았다. 남자에서는 사용한 동위원소에 따라 좌심실 구혈률이 다르지 않았다. 여자에서는 Tc-99m MIBI (63% ± 6%)보다 TI-201 (65% ± 7%)으로 측정한 좌심실 구혈률이 높았지만 통계적으로 유의하지는 않았다(p = 0.066).

2. 좌심실 용적

Tc-99m MIBI 심근 게이트 SPECT로 측정한 좌심실 확장기말 용적의 검사지표 평균은 전체, 남자, 여자가 각각 82mL±25mL, 96mL±27mL, 71mL±18mL이고 정상 범위는 132 mL, 150 mL, 107mL 이하이었다. 좌심실 수축기말 용적의 검사지표 평균은 전체, 남자, 여자가 각각 32mL±15mL, 40mL±17mL, 27mL±10mL이고 정상 범위는 62mL, 74 mL, 47mL 이하이었다. TI-201 심근 게이트 SPECT로 측정한 좌심실 확장기말 용적의 검사지표 평균은 전체, 남자, 여자가 각각 74mL±23mL, 85mL±24mL, 여자 65mL±17mL이고 정상 범위는 120mL, 133 mL, 99mL 이하이었다. 좌심실 수축기말 용적의 검사지표 결과는 전체, 남자, 여자가 각각 28mL±14mL, 남자 36mL±16mL, 23mL±8mL이고 정상 범위는 56mL, 68 mL, 39mL 이하이었다(Table 2, 3).

Table 3. Values for EDV, and ESV Based on Gender of Patient and Tracer Used

Group	Tracer	
	Tl-201	Tc-99m MIBI
Women		
EDV (mL)	65±17 [†] ULN=99	71±18 ULN=107
EDV/BSA (mL/m ²)	42±11 [†] ULN=64	46±11 ULN=68
ESV (mL)	23±8 [†] ULN=39	27±10 ULN=47
ESV/BSA (mL/m ²)	15±5 [†] ULN=25	17±7 ULN=31
BSA (m ²)	1.55±0.13	
Men		
EDV (mL)	85±24* [†] ULN=133	96 ± 27* ULN=150
EDV/BSA (mL/m ²)	47±12* [†] ULN=71	53±13* ULN=79
ESV (mL)	36±16* [†] ULN=68	40±17* ULN=74
ESV/BSA (mL/m ²)	20±9* [†] ULN=38	22±8* ULN=38
BSA (m ²)	1.79±0.16*	

* P < 0.05 comparing men and women.

[†]P < 0.05 comparing Tl-201 and Tc-99m MIBI

ULN, Upper limit of normal and calculated as the mean - 2SD.

BSA, ¹⁸ body surface area [calculated as 0.007184×(W0.425)×(H0.725)].

Tc-99m MIBI보다 Tl-201로 측정된 좌심실 용적이 유의하게 작았고 여자의 좌심실 용적은 두 동위원소 모두에서 남자보다 유의하게 작았다. Tc-99m MIBI (EDV: r = 0.64, ESV: r = 0.5, p < 0.05)와 Tl-201(EDV: r = 0.62, ESV: r = 0.57, p < 0.05)으로 측정된 좌심실 용적은 체표면적과 양의 상관성을 보였지만 체표면적으로 표준화시킨 좌심실 용적은 남자보다 여자에서 유의하게 작았다.

고찰

이 연구에서 우리는 성별과 사용한 동위원소(Tc-99m MIBI와 Tl-201)에 따른 정상 좌심실 용적과 구혈률에 대한 기준 값을 확립하기 위하여 휴식

Tl-201/약제 부하 Tc-99m MIBI 심근 게이트 SPECT를 시행한 환자만을 연구 대상에 포함시켜 분석하였다.

이 연구에서 체표면적이 넓을수록 게이트 SPECT로 측정된 좌심실 용적은 증가하는 경향을 보였고 남자의 체표면적은 여자보다 유의하게 컸다. 그러나 체표면적으로 표준화시킨 후에도 여자의 좌심실 용적은 남자보다 유의하게 작았다. 그러므로 같은 체표면적에서도 여자의 심장이 남자보다 작음을 알 수 있었다. 일반적으로 심장이 작은 경우에 좌심실 구혈률이 오류 적으로 높게 측정되고 이는 여자에서 더 흔하다고 알려져 있다. 그 이유는 시스템 흔들림(blur) 때문에 심근의 경계 추출이 왜곡되어 좌심실 용적이 실제보다 작게 측정되기 때문이고 특히, 좌심실 수축기말의 용적이 20 mL¹¹⁾ 또는 25 mL¹²⁾ 미만일 때 현저하다고 보고 되었다. 이 연구에서 여자의 수축기말 용적의 평균값은 Tc-99m MIBI, Tl-201이 각각 27±10 mL, 23±8 mL로 남자의 평균값 40±17 mL, 36±16 mL보다 유의하게 작았다. 특히, 여자에서 Tl-201으로 측정된 여자의 좌심실 수축기 용적의 평균값은 23 mL로 앞서 언급한 25 mL보다 작았다. 이 결과는 Tc-99m MIBI로 측정된 좌심실 구혈률의 평균값이 남녀간에 유의한 차이가 없었던 것과 대조적으로 Tl-201에서는 여자의 값(65% ± 7%)이 남자(60% ± 8%)보다 유의하게 높았던 원인이 되었을 것으로 보인다.

이 연구에서 사용한 동위원소에 따른 좌심실 용적을 비교하면 Tc-99m MIBI보다 Tl-201로 측정된 좌심실 용적이 유의하게 작았고 이 차이는 남녀 모두에서 관찰되었다. 아마도, 작은 심장에서 관찰되는 방사능 측정의 오류가 Tl-201 게이트 SPECT에 더 유의한 영향을 주었을 것으로 생각되었다. 그러나 Tl-201과 Tc-99m MIBI로 측정된 좌심실 구혈률은 유의하게 다르지 않았다. Tl-201으로 측정된 좌심실 용적은 Tc-99m MIBI의 값보다 작았지만 좌심실의 확장기말과 수축기말 용적이 같이 감소되어 두 동위원소로 측정된 좌심실 구혈률이 유의하게 다르지 않은 이유가 되었을 것으로 생각된다. 이 연구에서 Tl-201 게이트 SPECT는 휴식기에 Tc-99m MIBI 게이트 SPECT는 부하 후 1시간에 촬영되었

다. 그러나 이 연구에 포함된 모든 환자는 관류 결손이 없었고 촬영 시 심근벽 이상 운동이 관찰되지 않았다. 그러므로 부하 후 기절 심근에 의한 영향은 배제할 수 있었고 두 동위원소의 좌심실 용적 차이는 진정한 차이로 볼 수 있었다. 우리 연구와 같은 방법을 사용한 다른 연구에서도 부하 후 촬영한 Tc-99m MIBI보다 휴식기에 Tl-201로 측정된 좌심실 용적이 유의하게 작았지만 두 동위원소의 좌심실 구혈률은 유의하게 다르지 않았다고 보고하였다.¹⁰⁾

이 연구에 포함된 총 70 명의 환자 중 11 명은 당뇨병 환자이었다. 당뇨병 환자에서 심근의 수축력이 떨어진다는 것은 잘 알려져 있으나¹³⁾ 이 연구에 포함된 대상에서는 심근벽 이상 운동이 관찰되지 않았고 당뇨병 환자의 비율(16%)이 비교적 낮았기 때문에 당뇨병이 없는 군과의 비교 분석은 따로 시행하지 않았다.

이 연구에서 Tl-201으로 측정된 좌심실 용적과 구혈률은 국내에 이에 대한 연구가 없어 비교를 못하였지만 Tc-99m MIBI 게이트 SPECT로 측정된 기준 값은 다른 연구¹⁴⁾의 좌심실 구혈률의 평균값(남자: 59%±6%, 여자: 64%±6%), 체표면적으로 표준화시킨 좌심실 확장기말 용적(남자: 52±10 mL/m², 여자: 43±10 mL/m²), 좌심실 수축기말 용적(남자: 22±6 mL/m², 여자: 16±4 mL/m²)의 평균값과 비슷한 결과를 보였다.

이 연구에서 게이트 SPECT로 측정된 좌심실 구혈률의 기준 값은 좌심실 조영술로 측정된 한국인의 기준 값(60%±5%)¹⁵⁾과 비슷하였다. 그러나 좌심실 용적의 기준 값은 심초음파로 측정된 한국인의 기준 값(EDV: 85±24 mL, ESV: 35±14 mL)¹⁶⁾보다 작은 경향을 보였다. 다른 외국의 연구에서도 좌심실 용적의 크기와 무관하게 게이트 SPECT로 측정된 좌심실 용적은 심초음파로 측정된 값보다 항상 20-30% 과소평가된다고 보고하였다.¹⁷⁾ 그러므로 한 환자에서 임상적인 경과를 관찰하기 위하여 측정된 좌심실 용적은 검사 방법이 서로 다를 때는 서로 교체되어 사용될 수는 없음을 알 수 있었다.

이 연구에서 우리는 Tl-201과 Tc-99m MIBI 게이트 SPECT로 측정된 남녀의 정상 좌심실 용적과 구

혈률의 기준 값을 각각 확립하였다. 그리고 이 정상치는 향후 연구되는 게이트 SPECT 연구의 기본 자료로서 유의하게 쓰일 수 있을 것으로 생각된다.

요 약

목적: 정상 군에서 휴식 Tl-201/약제 부하 Tc-99m MIBI 심근 게이트 SPECT를 시행하여 정상 좌심실 용적과 구혈률의 기준 값을 만들고자 하였다. **대상 및 방법:** 총 70명을 대상으로 휴식 Tl-201/약제 부하 Tc-99m MIBI 심근 게이트 SPECT를 촬영하였다. 게이트 관류 SPECT를 재구성하고 Cedars 소프트웨어로 좌심실 용적과 구혈률을 측정하였다. 성별과 사용한 동위원소에 따른 좌심실의 구혈률과 용적의 차이점을 평가하고 기준 값을 확립하였다. **결과:** 사용한 동위원소에 따라 좌심실 구혈률은 유의하게 다르지 않았다(Tl-201: 63%±8% vs Tc-99m MIBI: 62%±7%). 그러나 사용한 동위원소에 따른 좌심실 용적의 비교시 Tc-99m MIBI (EDV; 82±25 mL, ESV; 32±15 mL)보다 Tl-201 (EDV; 74±23 mL, ESV; 28±14 mL)의 좌심실 용적이 유의하게 작았다(p<0.05). 여자의 좌심실 용적은 남자의 값보다 유의하게 작았고(p<0.05) 이는 두 동위원소 모두에서 관찰되었다. 그러나 Tl-201을 이용하였을 때만 여자의 좌심실 구혈률(65% ± 7%)이 남자(60% ± 8%)보다 유의하게 높았고(p<0.05), Tc-99m MIBI의 경우에는 성별에 따른 좌심실 구혈률의 유의한 차이는 없었다. **결론:** 이 연구에서 우리는 게이트 SPECT로 측정된 정상 좌심실 용적과 구혈률의 기준 값을 확립하였다. 그리고 이 기준 값은 향후 연구되는 게이트 SPECT 연구의 기본 자료로서 유의하게 쓰일 수 있을 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구를 위해 게이트 관류 SPECT의 영상 획득과 재구성을 도운 인하대학병원 핵의학과 조 용귀, 김 봉수, 표 성재 기사와 김 창호 기사장에게 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. Garot P, Pascal O, Simon M, Monin JL, Teiger E, Garot J, et al. Impact of microvascular integrity and local viability on left ventricular remodelling after reperfused acute myocardial infarction. *Heart* 2003;89:393-7.
2. Coletta C, Sestili A, Rambaldi R, Bigi R, Ceci V. Unfavourable left ventricular remodelling in patients with dobutamine-inducible ischaemia after acute myocardial infarction. *Eur J Echocardiogr* 2002;3:199-206.
3. Mele D, Campana M, Sclavo M, Seveso G, Aschieri D, Nesta F, et al. Impact of tissue harmonic imaging in patients with distorted left ventricles: improvement in accuracy and reproducibility of visual, manual and automated echocardiographic assessment of left ventricular ejection fraction. *Eur J Echocardiogr* 2003;4:59-67.
4. Tadamura E, Kudoh T, Motooka M, Inubushi M, Shirakawa S, Hattori N, et al. Assessment of regional and global left ventricular function by reinjection TI-201 and rest Tc-99m sestamibi ECG-gated SPECT: comparison with three-dimensional magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol* 1999;33:991-7.
5. He Z-X, Cwajg E, Preslar JS, Mahmarian JJ, Verani MS. Accuracy of left ventricular ejection fraction determined by gated myocardial perfusion SPECT with TI-201 and Tc-99m sestamibi: Comparison with first-pass radionuclide angiography. *J Nucl Cardiol*. 1999;6:412-7.
6. Atay S, Infantino MN, Acuna DS, Luo JQ, Bernaski EJ, Elmquist TH, et al. Left ventricular ejection fraction calculated from gated thallium SPECT myocardial perfusion imaging: comparison with Tc-99m multigated blood pool studies [abstract]. *J Nucl Med*. 1997;38:16P
7. Nichols K, Lefkowitz D, Faber T, Folks R, Cooke D, Garcia EV et al. Echocardiographic validation of gated SPECT ventricular function measurements. *J Nucl Med*. 2000;41:1308-14.
8. Hyun IY, Kwan J, Park KS, Lee WH. Reproducibility of Thallium-201 and Technetium-99m-MIBI gated myocardial perfusion SPECT measurement of myocardial function. *J Nucl Cardiol* 2001;8:182-7
9. Rozanski A, Nichols K, Yao S-S, Malholtra S, Cohen R, DePuey G: Development and application of normal limits for left ventricular ejection fraction and volume measurements from 99mTc-sestamibi myocardial perfusion gated SPECT. *J Nucl Med* 2000;41:1445-50.
10. Ababneh AA, Sciacca RR, Kim B, Bergmann SR. Normal limits for left ventricular ejection fraction and volumes estimated with gated myocardial perfusion imaging in patients with normal exercise test results: influence of tracer, gender, and acquisition camera. *J Nucl Cardiol* 2000;7:661-8.
11. Cho K, Kumita S, Clinical application of left ventricular volume and ejection fraction derived from gated SPECT data. *Kaku Igaku* 2002;39:97-102
12. Case JA, Bateman TM, Cullom SJ, O'Keefe JH, Moutray KL, Saunders MJ. Improved accuracy of SPECT LVEF using numeric modelling of ventricular image blurring for patients with small hearts [abstract]. *J Am Coll Cardiol* 1999;33:436A.
13. Fang ZY, Yuda S, Anderson V, Short L, Case C, Marwick TH. Echocardiographic detection of early diabetic myocardial disease. *J Am Coll Cardiol* 2003;41:611-7
14. Jung SY, Ahn BC, Lee JT, Lee KB. Normal limits of left ventricular volumes and ejection fraction measured by gated myocardial perfusion SPECT [abstract]. *Korean J Nucl Med*. 2002;36:84P.
15. Kang JH, Park US, Kang BS, Lim HO, Choi DJ, Suh BK et al. Analysis of left ventricular functional parameters in normal Korean Subjects by ECG gated blood pool scan. *Korean J Nucl Med*. 1994;28:52-61.
16. Park SW: Multicenter trial for estimation of normal values of echocardiographic indices in Korea. *Korean Circulation J* 2000;30:373-82.
17. Zajic T, Fischer R, Saurbier B, Brink I, Moser E, Krause T. Assessment of left ventricular function and volume by myocardial perfusion scintigraphy: comparison of two algorithms. *Nuklearmedizin* 2001;40:135-42.
18. Du Bois D, Du Bois EF, A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. *Arch Intern Med* 1916;17:863-71.