

게이트 Tl-201 관류 SPECT와 Cedars 소프트웨어를 이용하여 측정된 좌심실 구혈률

인하대학교 의과대학 핵의학과, 심장내과¹

현인영 · 김성은 · 서정기¹ · 홍의수¹ · 권 준¹ · 박금수¹ · 이우형¹

Left Ventricular Ejection Fraction Determined by Gated Tl-201 Perfusion SPECT and Quantitative Software

In Young Hyun, M.D., Sung Eun Kim, M.D., Jeong Kee Seo, M.D.,¹ Eui Soo Hong, M.D.,¹ Jun Kwan, M.D.,¹ Keum Soo Park, M.D.¹ and Woo Hyung Lee, M.D.¹

Departments of Nuclear Medicine and Internal Medicine,¹ Inha University College of Medicine, Incheon, Korea

Abstract

Purpose: We compared estimates of ejection fraction (EF) determined by gated Tl-201 perfusion SPECT (g-Tl-SPECT) with those by gated blood pool (GBP) scan. **Materials and Methods:** Eighteen subjects underwent g-Tl-SPECT and GBP scan. After reconstruction of g-Tl-SPECT, we measured EF with Cedars software. The comparison of the EF with g-Tl-SPECT and GBP scan was assessed by correlation analysis and Bland Altman plot. **Results:** The estimates of EF were significantly different ($p < 0.05$) with g-Tl-SPECT ($40\% \pm 14\%$) and GBP scan ($43\% \pm 14\%$). There was an excellent correlation of EF between g-Tl-SPECT and GBP scan ($r = 0.94$, $p < 0.001$). The mean difference of EF between GBP scan and g-Tl-SPECT was $+3.2\%$. Ninety-five percent limits of agreement were $\pm 9.8\%$. EF between g-Tl-SPECT and GBP scan were in poor agreement. **Conclusion:** The estimates of EF by g-Tl-SPECT was well correlated with those by GBP scan. However, EF of g-Tl-SPECT doesn't agree with EF of GBP scan. EF of g-Tl-SPECT can't be used interchangeably with EF of GBP scan. (Korean J Nucl Med 2000;34:222-7)

Key Words: Left ventricular ejection fraction, Tl-201, Gated myocardial perfusion SPECT

서 론

Received Jan. 8, 2000; revision accepted June 7, 2000
Corresponding Author: Hyun In Young, 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 연구는 인하대학교 '97학년도 후반기 교내 연구비의 지원으로 이루어졌음.

※ 본 연구를 위해 게이트 Tl-201 관류 SPECT와 심장 혈액풀 스캔의 영상 획득과 재구성을 도운 인하대학병원 핵의학과 표성재, 김봉수 기사에게 감사드린다.

게이트 관류 SPECT로 심근의 관류와 기능을 동시에 평가할 수 있다.^{1,2)} 특히, 게이트 Tc-99m MIBI 관류 SPECT와 Germano 등³⁾의 소프트웨어로 측정된 좌심실 기능 지표는 비교적 정확하다고 알려져 있다.

Tl-201 관류 SPECT도 게이트 방식으로 촬영하여 구혈률을 측정하고 심근벽 운동을 평가할 수 있다. Germano 등⁴⁾은 Tl-201과 Tc-99m MIBI 게이

트 관류 SPECT로 측정된 구혈률의 상관성이 매우 좋았다고 보고하여 게이트 Tl-201 SPECT의 이용 가능성을 시사하였다. 그 후, 게이트 Tl-201 관류 SPECT로 측정된 구혈률의 정확성은 일회 통과 스캔,⁵⁾ 게이트 Tc-99m MIBI 관류 SPECT,^{6,7)} 3차원 자기공명영상⁸⁾ 등의 방법으로 측정된 구혈률과 비교되었고 주로, 상관 분석을 이용한 연구 방법으로 검증되었다.

그러나, 서로 다른 방법으로 같은 대상을 측정하면 상관성이 좋지 않을 가능성이 적기 때문에 두 검사 방법의 일치도를 평가하기 위해서는 상관 분석 뿐만 아니라 두 방법으로 측정된 결과에서 얼마나 같은 값을 얻을 수 있는지를 알아내는 다른 분석 방법이 필요하다.^{9,10)}

우리는 이 연구에서 게이트 Tl-201 관류 SPECT를 촬영하고 Cedars 소프트웨어를 이용하여 좌심실 구혈률을 측정하였다. 구혈률의 측정을 위하여 기존에 사용된 게이트 심장 혈액풀 스캔과 새로운 검사 방법인 게이트 Tl-201 관류 SPECT로 측정된 구혈률의 상관성을 분석하였다. 또한, 같은 환자에서 구혈률을 측정하는데 두 검사 방법을 대치하여 사용할 수 있는지 알아보기 위하여 두 검사 방법으로 측정된 구혈률의 일치도를 Bland Altman 도표로 분석하여 평가하였다.

대상 및 방법

1. 대 상

입원 중 게이트 Tl-201 관류 SPECT를 검사한 환자 중에서 게이트 심장 혈액풀 스캔을 시행할 수 있었던 18명의 환자를 분석하였다. 부정맥에 의한 오차를 배제하기 위하여 게이트 Tl-201 관류 SPECT와 게이트 심장 혈액풀 스캔에서 좌심실 시간-방사능 곡선의 모양이 부적절한 경우는 대상에서 제외시켰다. 남자 13명, 여자 5명으로 평균 연령은 59±10세이었다. 관상동맥조영술에서 유의한 혈관 협착은 15명에서 관찰되었다(급성 심근경색증 10명, 오래된 심근경색증 1명, 만성 관상동맥질환 4명). 3명에서는 관상동맥조영술이 시행되지 않았다. 휴식기 영상에서 비정상적 관류의 범위는 19±16%이었다.

2. 게이트 Tl-201 관류 SPECT

111~148 MBq (3~4 mCi)의 Tl-201을 주사하고 11명에서는 10 분 후에 휴식기 영상을, 7명에서는 부하 후 4시간에 재분포 영상을 얻었다. 저에너지 심장전용 이중 헤드 조준기를 장착한 삼중 헤드 SPECT 카메라(Siemens, USA)로 영상은 1.45 배로 확대하고 우전사위 45°에서 좌후사위 45°까지 3° 간격으로 멈춤당 30초씩 총 60개의 투사영상을 얻고 가로, 세로 64×64 행렬을 사용하여 촬영하였다. 평균 심박주기를 기준으로 35% 창을 열어 한 주기당 8개의 단위 영상을 얻었다.

게이트 Tl-201 관류 SPECT를 Butterworth 여과기(차단 주파수 0.38 차수 5)를 이용하여 재구성한 후 심장 축을 정하고 단축, 수직장축, 수평장축 상을 만들었다. Cedars quantitative gated SPECT (QGS) 소프트웨어를 이용하여 표면영상을 만들고 구혈률을 계산하였다. 좌심실 용적의 정확한 평가를 위하여 수축기 심실 용적이 30 ml 미만인 경우⁸⁾는 대상에서 제외시켰다.

3. 게이트 심장 혈액풀 스캔

휴식 Tl-201/부하 Tc-99m MIBI 영상을 촬영한 환자에서는 다음날, Tl-201 부하 영상 후 재분포 영상을 촬영하거나 또는 부하 영상을 얻지 않고 Tl-201 휴식기 영상을 촬영한 환자에서는 같은 날 연속하여 게이트 심장 혈액풀 스캔을 촬영하였다. Stannous Red Blood Cell Agent (Amersham)를 정맥 주사하고 20분 후에 과산화테크네슘 1,110 MBq (30 mCi)를 정맥 주사하여 적혈구를 표지하였다.

구혈률을 얻기 위하여 심실 중격이 잘 분리되는 좌전사위상을 촬영하였고 R-R 간격 내에 24개의 단위영상을 얻었다. 수축말기와 확장말기 영상에서 좌심실 영역의 가장자리를 손으로 그려서 좌심실 영역을 설정하고 좌심실 가장자리에서 약간 하방으로 떨어진 곳에 간과 비장, 대동맥이 포함되지 않도록 초승달 모양으로 배후방사능 영역을 설정하고 각각의 방사능을 측정하여 좌심실 방사능에서 배후방사능을 제거하고 구혈률을 계산하였다.

4. 통계처리

게이트 심장 혈액풀 스캔과 게이트 TI-201 관류 SPECT로 측정된 구혈률의 차이는 쌍을 이룬 t 검

정, 상관은 상관 분석을 수행하였다.

Bland Altman 도표를 이용하여 두 방법으로 측정한 구혈률의 평균값에 따른 두 값의 편차를 Bland Altman 도표로 도해하고 2표준 편차의 범위

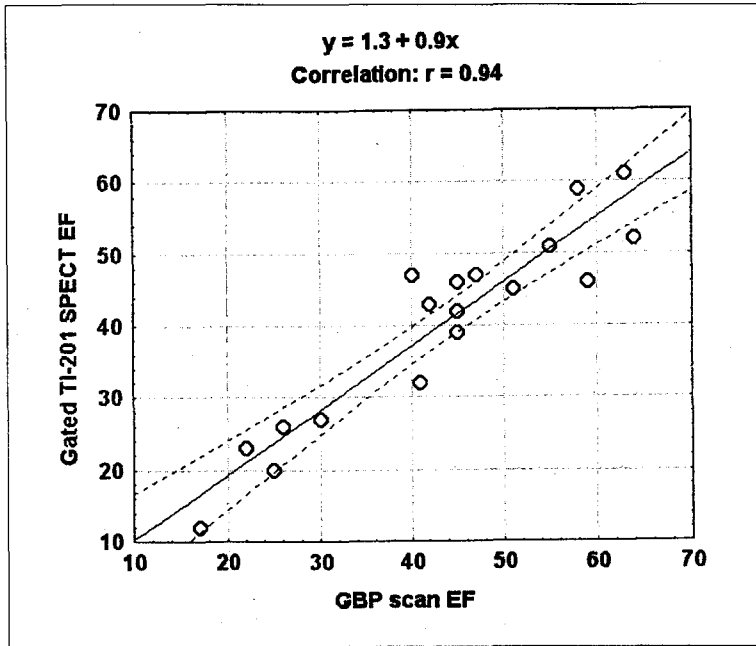


Fig. 1. Scatter plots are shown for ejection fraction obtained with gated blood pool scan and gated TI-201 perfusion SPECT ($y=1.3+0.9x$; $r=0.94$).

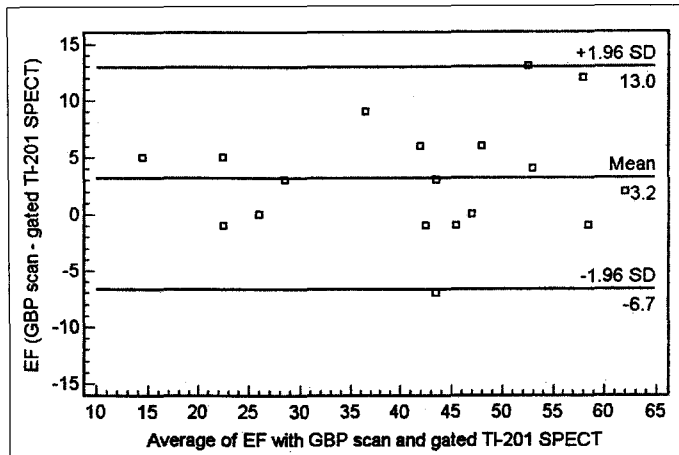


Fig. 2. Bland Altman analysis is shown for ejection fraction obtained with gated blood pool scan and gated TI-201 perfusion SPECT.

를 계산하여 일치도를 평가하였다.

결 과

게이트 심장 혈액플 스캔($43\% \pm 14\%$)보다 게이트 Tl-201 관류 SPECT로 측정된 구혈률($40\% \pm 14\%$)이 유의하게 낮았다($p < 0.05$). Fig. 1은 두 방법으로 측정된 구혈률의 상관분포이고 두 방법으로 측정된 구혈률의 상관은 매우 좋았다($p < 0.001$).

Fig. 2는 두 방법으로 측정된 구혈률의 일치도를 분석한 Bland Altman 도표이다. 구혈률의 낮은 값부터 큰 값에 걸쳐 두 방법으로 측정된 구혈률의 편차는 치우침이 없었다. 두 검사 방법으로 측정된 구혈률 차이의 평균값은 $+3.2\%$ 이고 2표준편차에 상당하는 범위의 구혈률은 $\pm 9.8\%$ 이었다.

고 찰

Germano 등⁴⁾은 게이트 Tl-201 관류 SPECT 영상이 비교적 우수하다고 하였으며, 같은 환자에서 Tl-201과 Tc-99m MIBI 게이트 관류 SPECT를 촬영하여 심근벽 운동과 심근벽 두꺼워짐의 판정 일치도와 구혈률의 상관을 평가하여 좋은 성적을 보고하였다. DePuey 등⁷⁾은 Tl-201로 검사한 게이트 관류 SPECT 영상이 Tc-99m MIBI로 검사한 영상보다 불량하고 심근벽 운동과 심근벽 두꺼워짐의 판정에 대한 관찰내내 일치도가 나쁘다고 보고하였다. 그러나, 게이트 Tl-201 관류 SPECT로 측정된 구혈률의 신뢰성은 DePuey 등⁷⁾도 동의하였다. 즉, 게이트 Tl-201 관류 SPECT로 관찰한 심근벽 운동과 심근벽 두꺼워짐의 판정에 대한 논란은 있지만, 대부분의 연구자가 게이트 Tl-201 관류 SPECT로 측정된 구혈률의 정확성은 인정하고 있는 추세이다.⁴⁻⁸⁾

최근, 여러 병원에서 전체 영상 획득 시간이 짧고 Tl-201의 재분포 영상을 얻을 수 있으며 부하 촬영시간의 제한이 없는 휴식 Tl-201/부하 Tc-99m MIBI 관류 SPECT 방법을 많이 사용하고 있다. 이 방법에서는 부하 후 1시간에 촬영한 게이트 Tc-99m MIBI 관류 SPECT의 구혈률과 심근벽 운동을

휴식기로 간주하고 판독한다.

그러나, 이 등¹¹⁾은 부하 후 1시간과 다음날 휴식기에 촬영한 게이트 Tc-99m MIBI 관류 SPECT의 구혈률을 비교하여 부하 후 1시간 영상에서 심근벽 운동이 감소된 분절이 있었던 환자의 반 정도에서 구혈률 차이의 2표준편차가 4.7%라고 보고하였으며 그 기전은, 부하 후 1시간에 촬영한 게이트 Tc-99m MIBI 관류 SPECT 영상의 심근벽 운동은, 디피리다몰이 일과성 기절을 일으키고, 일부에서는 일과성 기절이 지연 호전되기 때문이라고 하였다. 즉, 실제 심근벽 운동과 구혈률을 과소평가할 수 있다는 사실을 고려하여 부하 후의 게이트 Tc-99m MIBI 관류 SPECT 영상을 해석하여야 한다는 것이다. 그러므로, 휴식 Tl-201/부하 Tc-99m MIBI 관류 SPECT 방법을 사용하는 경우에 휴식기의 심근벽 운동과 구혈률을 평가하기 위하여 휴식기 Tl-201 관류 SPECT를 게이트 방식으로 촬영할 필요성이 있다.

또한, Tc-99m MIBI를 사용하지 않고 Tl-201만으로 심근 관류 SPECT를 촬영하는 병원에서 게이트 Tl-201 심근 관류 SPECT의 부하와 휴식 영상을 같이 얻으면 약제 부하 후 심근벽 운동 이상이 나타나는 빈도와 양상, 구혈률의 변화 등을 비교 평가할 수 있으므로 게이트 Tl-201 심근 관류 SPECT가 심혈관 질환의 진단 성능을 높힐 수 있을 것이다.¹²⁾ 즉, 일부의 임상적 상황에서는 Tl-201 심근 관류 SPECT에 게이트 촬영 방식을 추가할 필요성이 있다.

이 연구에서 우리는 환자 체격에 따라 Tl-201을 111~148 MBq까지 주사하고 심장 전용 조준기를 이용하여 게이트 Tl-201 관류 SPECT를 촬영하고 Cedars 소프트웨어를 이용하여 좌심실 구혈률을 측정하였다. Mazzanti 등¹³⁾과 Case 등¹⁴⁾은 게이트 심근 관류 SPECT에 사용된 자동화 알고리즘(algorithm)이 수축기 심실 용적을 과소평가한다고 제안하였다. 이 연구에서도 수축기 심실 용적이 30 ml 미만인 경우는 대상에서 제외시키고 구혈률을 측정하였다. 촬영시간은 20분 이내로 게이트 방법을 추가하여 관류 SPECT를 촬영한 것이 감마 카메라를 운용하는데 큰 제한은 되지 않았다.

일반적으로 게이트 Tl-201 관류 SPECT로 측정

된 구혈률의 정확도는 게이트 Tc-99m MIBI 관류 SPECT, 게이트 심장 혈액풀 스캔, 일회 통과 스캔, 3차원 자기공명 영상 등의 다른 검사 방법으로 측정된 구혈률과의 상관 분석을 이용하여 평가되었다.^{4,8)} 그러나, 서로 다른 방법으로 같은 대상을 측정하면 상관성이 좋지 않을 가능성이 적기 때문에 두 검사 방법의 일치도를 평가하기 위해서는 상관 분석뿐만 아니라 두 방법으로 측정된 결과에서 얼마나 같은 값을 얻을 수 있는지를 알아내는 다른 분석 방법이 필요하다.^{9,10)} 이 등³⁾은 게이트 Tc-99m MIBI 관류 SPECT에서 재측정 결과가 믿을만큼 교체하여 사용가능한지 또는 얼마까지가 오차 범위인가를 나타내기 위하여 Bland Altman 분석을 이용하여 재측정 결과 차이의 평균 값은 -0.8%, 2 표준편차에 상당하는 범위는 4.7%로 보고하였다.

이 연구에서 우리는 두 검사 방법으로 측정된 구혈률의 상관과 Bland Altman 도표를 이용한 일치도를 모두 평가하였다. 두 방법으로 측정된 좌심실 구혈률의 상관계수는 0.94로 매우 좋았다. Bland Altman 도표에서 두 검사 방법으로 측정된 구혈률은 구혈률의 범위에 따라 치우침이 없었다. 그러나, 두 검사 방법으로 측정된 구혈률 차이의 평균값은 +3.2%로 게이트 심장 혈액풀 스캔보다 게이트 Tl-201 관류 SPECT의 구혈률이 작은 경향이 있었다. Germano 등¹⁾은 한 주기당 8개의 16개의 단위 영상으로 촬영한 게이트 Tc-99m MIBI 관류 SPECT를 비교하여 한 주기당 8개의 단위 영상을 이용한 방법으로 측정된 구혈률이 작았다고 하였다. 이 연구에서, 게이트 심장 혈액풀 스캔은 한 주기당 24개의 단위 영상, 게이트 Tl-201 관류 SPECT는 한 주기당 8개의 단위 영상을 얻어 촬영한 것이 게이트 Tl-201 관류 SPECT의 구혈률이 게이트 심장 혈액풀 스캔의 값보다 작았던 이유로 생각된다.

두 방법의 일치도에 대한 95% 신뢰도를 나타내는 2표준편차에 상당하는 범위의 구혈률은 9.8%로 오차 범위가 작지 않았다. 즉, 이 연구에서 Bland Altman 분석을 추가함으로써 구혈률 측정에 대한 두 검사 방법의 오차 범위를 알 수 있었다. 또한, 환자 치료에 사용된 약제의 효과를 판정하거나 추적 관찰을 하여 좌심실 구혈률이 이전보다 좋아졌

는지 나빠졌는지 판단하는 근거로 두 검사를 대치하여 사용할 수 있을 만큼 구혈률의 오차 범위가 작지 않았다는 것을 알 수 있었다.

결론적으로, Cedars 소프트웨어를 이용한 게이트 Tl-201 관류 SPECT와 심장 혈액풀 스캔으로 측정된 구혈률의 상관은 매우 좋았다. 그러나, Bland Altman 도표를 이용한 분석에서 두 방법으로 얻은 구혈률의 일치도에 대한 넓은 오차 범위 때문에 기간별 변동과 약제의 효과를 보기 위한 구혈률 측정에서 두 검사 방법을 교체하여 사용할 수는 없었다.

요 약

목적: 게이트 Tl-201 관류 SPECT와 Cedars 소프트웨어로 구혈률을 측정하고 게이트 심장 혈액풀 스캔으로 얻은 구혈률과 비교하여 상관과 일치도를 분석하였다. **대상 및 방법:** 총 18명을 대상으로 게이트 Tl-201 관류 SPECT와 게이트 심장 혈액풀 스캔을 촬영하였다. 게이트 관류 SPECT를 재구성하고 Cedars 소프트웨어로 구혈률을 측정하였다. 게이트 Tl-201 관류 SPECT와 게이트 심장 혈액풀 스캔으로 얻은 구혈률의 상관을 분석하고 Bland Altman 도표를 그려 일치도를 평가하였다. **결과:** 게이트 심장 혈액풀 스캔(43% ± 14%)보다 게이트 Tl-201 관류 SPECT로 측정된 구혈률(40% ± 14%)이 유의하게 작았고(p < 0.05), 상관은 좋았다(r = 0.94). Bland Altman 도해에서 두 방법의 일치도에 대한 95% 신뢰도를 나타내는 2표준편차에 상당하는 범위는 ± 9.8%로 작지 않았다. **결론:** 게이트 Tl-201 관류 SPECT와 심장 혈액풀 스캔으로 측정된 구혈률의 상관은 좋았으나 일치도에 대한 넓은 오차 범위 때문에 구혈률 측정에 두 검사 방법을 교체하여 사용할 수는 없었다.

참 고 문 헌

- 1) Germano G, Kiat H, Kavanagh PB, Moriel M, Mazzanti M, Su H-T, et al. Automatic quantification of ejection fraction from gated myocardial perfusion SPECT. *J Nucl Med* 1995;36:2138-47.
- 2) Mansoor MR, Heller GV. Gated SPECT ima-

- ging. *Semin Nucl Med* 1999;29:271-8.
- 3) Lee DS, Cheon GJ, Ahn JY, Chung, J-K, Lee MC. Reproducibility of the assessment of myocardial function using gated Tc-99m-MIBI SPECT and quantitative software. *Korean J Nucl Med* 1998;32:403-13.
 - 4) Germano G, Erel J, Kiat H, Kavanagh PB, Berman DS. Quantitative LVEF and qualitative regional function from gated thallium-201 perfusion SPECT. *J Nucl Med* 1997;38:749-54.
 - 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 Tl-201 and Tc-99m sestamibi: Comparison with first-pass radionuclide angiography. *J Nucl Cardiol* 1999;6:412-7.
 - 6) Maunoury C, Chen CC, Chua KB, Thompson CJ. Quantification of left ventricular function with thallium-201 and technetium-99m-sestamibi myocardial gated SPECT. *J Nucl Med* 1997; 38:958-61.
 - 7) DePuey EG, Parmett S, Chesani M, Rozanski A, Nichols K, Salensky H. Comparison of Tc-99m sestamibi and Tl-201 gated perfusion SPECT. *J Nucl Cardiol* 1999;6:278-85.
 - 8) Tadamura E, Kudoh T, Motooka M, Inubushi M, Shirakawa S, Hattori N, et al. Assessment of regional and global left ventricular function by reinjection Tl-201 and rest Tc-99m sestamibi ECG-gated SPECT. *J Am Coll Cardiol* 1999; 33:991-7.
 - 9) Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;i:307-10.
 - 10) Bland JM, Altman DG. A note on the use of interclass correlation coefficient in the evaluation of agreement between two methods of measurement. *Comput. Bio Med* 1990;20:337-40.
 - 11) Lee DS, Yeo JS, Chung J-K, 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.
 - 12) Lee DS. New imaging techniques in myocardial perfusion SPECT. *Korean J Nucl Med* 1998;32: 1-9.
 - 13) Mazzanti M, Germano G, Kiat H, et al. Identification of severe and extensive coronary artery disease by automatic measurement of transient ischemic dilatation of the left ventricle in dual-isotope myocardial perfusion SPECT. *J Am Coll Cardiol* 1996;27:1612-2013.
 - 14) Case JA, Cullom SJ, Bateman TM, Bahnhart C, Saunders MJ. Overestimation of LVEF by gated MIBI myocardial perfusion SPECT in patients with small hearts. *J Am Coll Cardiol* 1998;31 Suppl A:43A (abstr)
-