

게이트심장혈액풀스캔과 게이트심장혈액풀 SPECT로 측정한 심박출계수의 심초음파와의 비교 연구

부산대학교병원 핵의학과

정지욱 · 이효영 · 윤종준 · 이화진 · 이무석 · 송헌석 · 박세윤 · 김재환

Comparison of the Ejection Fraction Between Gated Blood Pool, Gated Blood Pool SPECT and Echocardiography

Ji Uk Jeong, Hyo Yeong Lee, Jong-Jun Yun, Hwa-jin Lee, Moo-Seok Lee, Hyeon-Seok Song, Se-Yun Park and Jae-Hwan Kim

Department of nuclear Medicine, Pusan National University Hospital, Busan, Korea

Purpose: Ejection fraction (EF) is one of the most important factors that evaluate heart function. Recently, according to echocardiography and myocardial perfusion SPECT, the number of gated blood pool scan (planar GBP) is declining. Measurement of left ventricular ejection fraction using gated blood pool SPECT (GBPS) is known as relatively correspond with echocardiography. We compared EF derived from planar GBP, GBPS and echocardiography using modified simpson method to determine the accuracy. **Materials and Methods:** From January 2007 to June 2010, planar GBP and GBPS were performed on 34 patients who admitted to Pusan National University Hospital (men 23, women 11, mean age 52.6 ± 27.2). Each patient was injected with $^{99m}\text{TcO}_4^-$ of 20 mCi after pyrophosphate injection and then scanned using both planar GBP and GBPS techniques. For image analysis, we use ADAC Laboratories, Ver. 4.20 software. The result analyzed was processed by SPSS 17.0 Win statistic program and statistical method applied in data analysis is one-way anova, Tukey's post hoc test, pearson correlation test. **Results:** One-way anova test show no significant difference (planar GBP $56.3 \pm 13.9\%$; GBPS $60.4 \pm 16.0\%$; echocardiography $59.1 \pm 14.4\%$, $p=0.486$, $p>0.05$). Tukey's post hoc test show no significant difference (planar GBP-echocardiography $p=0.697$; GBPS-echocardiography $p=0.928$; planar GBP-GBPS $p=0.469$, $p>0.05$). Values for EF obtained with planar GBP and GBPS correlated well with those obtained with echocardiography (planar-echocardiography $r=0.697$; GBPS-echocardiography $r=0.928$; planar GBP-GBPS $r=0.469$). **Conclusion:** The problems of accuracy and reproducibility for planar GBP still remain. But planar GBP is a safe and non-invasive method. In addition, planar GBP is useful to evaluate patient with low resolution echocardiography images. GBPS is not appicated clinically. but GBPS can be obtain various left ventricular functional parameters. planar GBP, GBPS and echocardiography show a good correlation between each other. Therefore, planar GBP and GBPS are useful for evaluating left ventricular ejection fraction. (**Korean J Nucl Med Technol 2010;14(2):150-154**)

Key Words : Gated blood pool scan (planar GBP), Gated blood pool SPECT (GBPS), Ejection fraction (EF), Echocardiography

서 론

심장기능을 평가하는데 중요한 기준이 되는 심박출계수 (ejection fraction, EF)의 측정은 핵의학검사의 게이트심근관류 SPECT, 게이트심장혈액풀스캔 외에 반복검사가 용이한 심초음파(echocardiography)가 가장 흔히 이용되고 있다. 게이트심장혈액풀스캔(gated blood pool scan, planar GBP)은

• Received: August 17, 2010. Accepted: August 31, 2010.
• Corresponding author: Ji Uk Jeong
Department of Nuclear Medicine, Busan National University Hospital,
305 Gudeok-Ro, Seo-gu, Pusan, 602-739, Korea
Tel: +82-51-240-7385, Fax: +82-51-241-5570
E-mail: jiwooks214@naver.com

심전도를 심장수축과 이완의 지표로 사용하여 심박주기 동안 심장 내의 혈액풀 변화를 영상화하는 방법으로¹⁾ 최근 심초음파 기술의 발달과 게이트심장관류 SPECT의 시행으로 검사빈도가 낮아지고 있으며, 게이트심장혈액풀 SPECT (gated blood pool SPECT, GBPS)를 이용한 좌심실 EF의 결과는 게이트심장혈액풀스캔 및 심초음파의 결과와 비교적 잘 맞는 것으로 알려져 있으나^{2,4)} 임상적으로는 잘 이용되지 못하고 있다. 이에 본 연구에서는 게이트심장혈액풀스캔 및 SPECT의 정확도와 응용여부를 평가하고자 심초음파의 EF 측정값과 비교 분석하였다.

실험재료 및 방법

1. 대상

2007년 1월부터 2010년 5월까지 심초음파, 게이트심장혈액풀스캔 및 SPECT를 동시에 시행한 환자 34명(남자 23명, 여자 11명)을 대상으로 하였다. 대상 환자의 연령은 6-84세로 고른 분포를 보였으며 이들의 평균 연령은 52.6±27.2세였다.

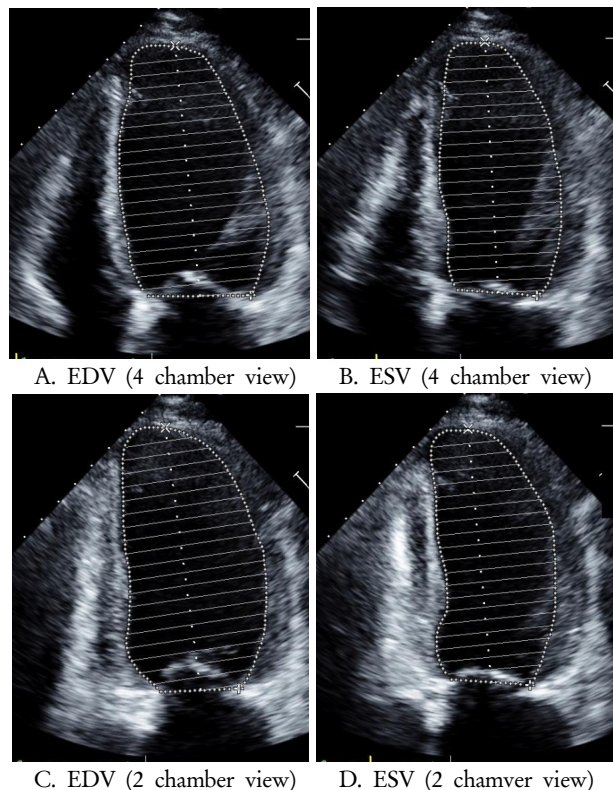


Fig. 1. Estimation of EF(%) by modified Simpson's method. EDV: End-diastolic volume, ESV: End-systolic volume.

2. 방법

1) 심초음파검사

Philips사의 IE33 echocardiography system으로 7.5 MHZ, 2.5 MHZ의 근초점 변환기를 사용하여 시행하였다. 4 chamber view, 2 chamber view에서 좌우 심실이 최대한 나오게 하였으며 modified simpson method를 이용하여 확장말기와 수축말기 좌심실용적과 EF를 측정하였다(Fig. 1).

2) Gated blood pool scan

Vertex EPIC (ADAC, USA) 감마카메라를 사용하였으며 검사 전 환자에게 생리식염수로 희석한 피로인산염(pyrophosphate) 1 cc를 투여한 후 20분 뒤 ^{99m}TcO₄ 740 MBq을 주입하는 체내표지법을 이용하였다. 정맥주사를 마친 환자는 10분 간 안정 상태를 유지하여 심전도를 연결하고 앙와위자세에서 검사를 시행하였다. 조준기는 저에너지 고해상력(low energy high resolution)을 사용하고, 좌심실과 우심실이 분리가 잘 되도록 35~45° 사이의 좌전사위상(left anterior oblique view)으로 최적중격상(best septal view)을 얻을 수 있도록 하였다.

자료획득은 심전도상의 R파를 시작신호로 하여 R-R 간격 내에 16개의 단위영상을 얻는 다중게이트 획득방식(multiple gated acquisition mode)을 사용하여 600초의 정해진 시간 동안의 서로 상응하는 영상을 더하여 단위영상 수만큼의 정적 영상을 얻었다. Matrix size는 64×64 행렬방식에 화소크기는 4×4 mm 로 설정하고, 보다 일정한 데이터를 얻기 위해 R-R 피크의 20% 안에 들어 온 심박동 데이터만을 얻었다.

ADAC Laboratories, Ver. 4.20 software (USA)를 이용하여 영상을 분석 후 각각의 EF를 측정하였다. EF값의 측정은 각 단위영상에서 자동관심영역 설정을 통해 이루어졌다. 배후방사능 설정은 체내표지법의 표지효율이 완벽하지 못한 점을 감안하여 위, 간의 좌엽, 비장, 대동맥을 피하여 설정하였다. 각 단위영상의 좌심실 내 방사능치를 그래프로 나타내어 좌심실용적곡선을 구하고 다음과 같은 공식에 의해 EF값을 산출하였다.

$$EF (\%) = \frac{EDV - ESV}{EDV - BKG} \times 100$$

EDV : end-diastolic volume

ESV : end-systolic volume

BKG : background count

3) Gated blood pool SPECT

SPECT는 planar GBP를 마친 환자에게 바로 시행하였으

며 우전사위 45°에서 좌후사위 45°까지 frame 당 30초 씩 총 32 frame의 투사영상을 얻었다. Butterworth 여과기(cut off: 0.4, order: 5.0)를 이용하여 재구성한 후 심장축을 정하고 단축, 수직장축, 수평장축 상을 만들고 QBS 프로그램 (quantitative blood-pool SPECT, ver 1.1)을 통해 자동적으로 EF가 측정되었다.

4) 통계학적 분석

통계적 처리는 SPSS Ver 17.0 프로그램을 사용하였다. 통계적 분석은 각 검사에서 얻은 EF값의 차이를 알아보기 위해 일원배치 분산분석(one-way anova) 후 사후검정(Tukey test)을 이용하여 평균값을 비교하였다. *p*-value는 0.05 이하인 경우 유의한 차이가 있는 것으로 인정하였다. 각 측정값의 상관관계를 알아보기 위해 피어슨 상관계수(Pearson's correlation coefficient)를 구하여 비교 분석하고 *p*-value는 0.01 이하인 경우 유의하며 두 변수에 연관성이 있는 것으로 보았다. 분석된 모든 통계적 숫자는 평균±표준편차로 표시하였다.

결 과

측정된 EF의 평균과 표준편차는 planar GBP에서 56.3±13.9(%), GBPS에서 60.4±16.0(%), 심초음파에서 59.1±14.4(%)로 일원배치 분산분석 결과 유의확률 0.486 (*p*>0.05)으로 통계적 유의성은 없었다(Table 1).

Tukey HSD 사후검정 결과 planar GBP-GBPS 0.469, GBPS-심초음파 0.928, 심초음파-planar GBP 0.697로 통계적 유의성은 없었다(Table 2).

Planar GBP와 심초음파 사이에는 상관계수 0.801, GBPS와 심초음파에서 0.810, planar GBP와 GBPS에서 0.873이며 각 *p*값은 0.00으로 모두 유의한 상관 관계(*p*<0.01)가 있었다.

Table 1. Comparison between EF (%) by planar GBP, GBPS and echocardiography (one-way anova, α (0.05, SPSS for windows ver.17.0)

	Planar GBP	GBPS	Echocardiography
EF(%)	56.3±13.9	60.5±16.0	58.7±14.5
<i>p</i> -value		0.486	

따라서 전체 환자에서 modified simpson 방법으로 측정된 EF는 planar GBP와 GBPS로 측정된 EF와 높은 상관관계가 있고 이중 GBPS와 더 일치하였다. 또한, 상대적으로 planar GBP와 GBPS에서 가장 높은 상관관계를 보였다(Table 3).

고 찰

심장질환 환자에서 좌심실 기능의 평가는 그 환자의 진단, 치료 및 예후판정에 중요하다. 이러한 좌심실 기능분석의 지표로는 심박출량, 1회심박동량, 박출압, 좌심실의 확장기말 용적 및 심박출계수 등이 있으며⁷⁾ 이중 EF는 향후 예후 예측에 중요한 정보를 제공하여 임상에서 널리 사용되고 있다.⁸⁻¹⁰⁾ 게이트심장혈액풀스캔은 방사성동위원소표지-적혈구(RBC)를 정맥 주사하여 심장의 혈액풀(blood pool)을 형성한 후 좌심실 시간-방사능 곡선을 분석하여 EF와 수축기 지표 및 이완기의 지표들을 비침습적이고 정량적으로 얻을 수 있어 심장핵의학 검사 발전에 있어 획기적인 계기였으나 오늘날 심장초음파 기술의 발달과 게이트심근관류의 보급으로 그 역할은 많이 줄어들었다. 게이트혈액풀스캔의 EF는 해상력의 제한, 좌심실과 배후 방사능 영역 설정, 좌심실 용적 곡선의 시간적 평편화 등에 의하여 오차가 생길 수 있는 제한점이 있으나¹¹⁾ 혈관 조영술에서 구한 값과 일치하며^{12,13)} 반복 검사가 용이하고 재현성이 높다.

게이트심장혈액풀 SPECT는 비교적 일찍 소개가 되었으나 그 적용은 활발하지는 않았다. SPECT를 하면 좌심실과 우심실이 분리가 되기 때문에 좌심실뿐만 아니라 우심실의 EF와 용적, 벽운동을 평가할 수 있다. 또한, 게이트심장혈액풀 SPECT를 이용하여 측정된 좌심실 EF는 게이트심장혈액풀스캔, 조영증강 혈관촬영술, 심장초음파로 측정된 값과 비교적 잘 맞는 것으로 알려져 있다.²⁻⁶⁾ 그런데도 게이트심장혈

Table 2. Comparison between EF(%) by planar GBP, GBPS and echocardiography (Tukey HSD, α (0.05, SPSS for windows ver.17.0)

	<i>p</i> -value
Planar GBP-GBPS	0.469
GBPS-Echocardiography	0.928
Echocardiography-Planar GBP	0.697

Table 3. Comparison of correlation coefficients measured by planar GBP, GBPS and echocardiography

	Planar GBP-GBPS	GBPS-Echocardiography	Echocardiography-Planar GBP
<i>r</i>	0.873	0.810	0.801
<i>p</i> -value		0.00	

액폴 SPECT가 일상적으로 적용이 되지 못하고 있는 이유 중의 하나는 좌심실과 우심실의 EF를 구하는 믿을만큼 자동화된 정량화 알고리즘이 아직 없기 때문이다. 좌심실의 EF는 게이트심장혈액폴스캔이나 게이트심장혈액폴 SPECT가 서로 좋은 상관관계를 보이기는 하지만 양자에서 나온 값을 교차해서 사용할 수는 없는 상황이고 우심실 EF의 경우에는 프로그램마다 서로 잘 일치하지 않는다고 한다.¹⁴⁾

심장의 구조 및 기능을 파악하는데 가장 널리 사용되고 있는 심초음파 검사는 EF의 정확도를 정하는데 있어 심초음파 영상의 해상도가 낮은 환자, 기계적 측면, 기계를 운영하는 사람, 측정자체의 착오 등이 큰 제약으로 알려져 있다.¹⁵⁾ 그 중 M-mode를 이용한 심초음파 검사가 일차적으로 EF 측정에 널리 사용되고 있으나 국소적 벽운동 장애가 있는 경우 이를 반영하지 못하는 단점이 있으며 modified simpson 방법을 이용한 심초음파 검사는 국소적 벽운동 장애가 있는 경우라도 EF를 정확하게 측정할 수 있는 것으로 알려져 있다.¹⁶⁻¹⁸⁾

본 연구에서는 게이트혈액폴스캔, 게이트혈액폴 SPECT의 EF와 modified simpson method로 측정된 심초음파 EF의 평균값에서 서로 간의 큰 차이가 없음을 알 수 있었다. 또한 높은 상관관계가 있음을 보여주고 있으며 게이트혈액폴 SPECT의 경우 대부분의 환자에서 게이트혈액폴스캔에 비해 EF가 과대평가 되는 경향이 있었으나 두 검사 간의 상관성이 가장 높은 것으로 나타났다. 심장판막에 기능 이상이 있는 경우는 심장초음파가 가장 우수하지만 비만이나 심한 폐기종 등으로 acoustic window가 불량한 경우에는 EF의 계산이 불가능하다. 이런 경우 게이트혈액폴스캔이 가장 안정적이고 반복측정으로 경과를 추적하는 데도 용이하다. 그러기 위해서 검사자는 최적중격 상의 획득이나 배후방사능 영역의 정확한 설정 등을 통해 EF의 객관적인 측정과 재현성을 높여야 할 필요가 있겠다. 현재 게이트심장혈액폴 SPECT

는 아직 평가가 끝나지 않은 기술로 그 용도가 어떻게 정해 질지는 미지수이나 EF의 상관관계 상 좋은 일치율을 보이며 게이트혈액폴스캔에서 얻을 수 없는 우심실의 용적과 EF 등 더 다양한 심기능 지표를 얻을 수 있어 이를 잘 활용한다면 게이트심장혈액폴스캔의 응용도가 더 넓어질 수도 있을 것이다.

결 론

게이트심장혈액폴스캔 및 SPECT와 심초음파를 이용하여 구한 좌심실의 EF는 높은 상관성을 보였으며, 평균값에서도 유의한 차이는 없었다. 현재 게이트심장혈액폴스캔은 시행 건수가 줄어들고 스캔의 정확성이나 재현성에 대한 문제는 남아있으며, 게이트심장혈액폴 SPECT의 경우 임상적으로 잘 적용되지 못하고 있으나 다양한 심기능 지표들을 얻을 수 있고 혈액폴스캔에서의 EF와 좋은 일치율을 보였다. 그러므로 게이트심장혈액폴스캔 및 SPECT는 심초음파에서 영상이 좋지 않거나 계산이 불가능한 환자들의 EF 평가 시 심초음파를 대체할 수 있는 유용한 검사법이라 생각된다.

요 약

심장기능을 평가하는데 중요한 기준이 되는 심박출계수의 측정은 반복검사가 용이한 심초음파가 가장 흔히 사용되고 있다. 현재 게이트심장혈액폴스캔의 검사 빈도가 낮고 게이트심장혈액폴 SPECT를 이용한 좌심실 심박출계수의 결과는 게이트심장혈액폴스캔과 심초음파의 결과와 비교적 잘 맞는 것으로 알려져 있으나 임상적으로는 잘 이용되지 못하고 있다. 이에 본 연구에서는 게이트심장혈액폴스캔 및 SPECT에서의 심박출계수를 심초음파와 비교하여 분석하

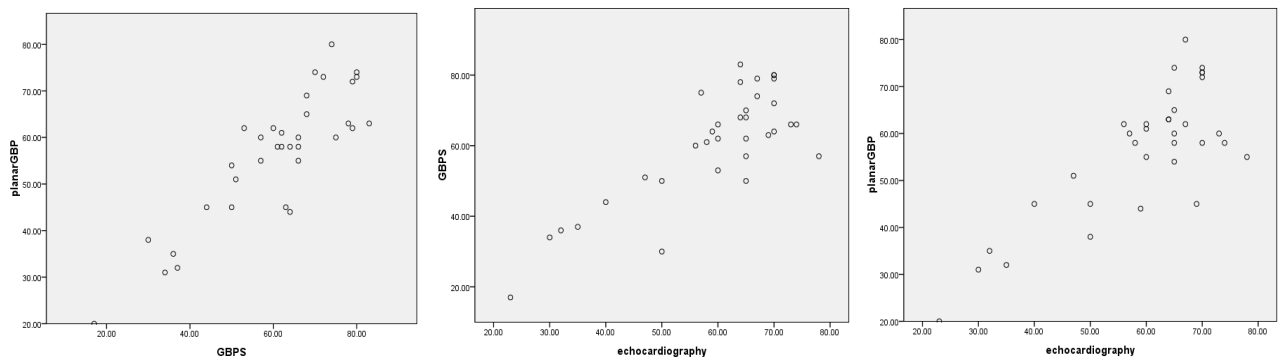


Fig. 2. Correlation between EF(%) measured by planar GBP, GBPS and echocardiography(pearson correlation, $r < 0.01$, SPSS for windows ver.17.0).

였다.

2007년 1월부터 2010년 5월까지 34명의 환자를 대상으로 심초음파 검사 후 게이트심장혈액풀스캔과 SPECT를 함께 시행하였다. 대상 환자 가운데 남자가 23명이었고 여자는 11명이었으며 평균연령은 52.6±27.2세였다. 환자에게 생리식염수로 희석한 pyrophosphate 1 cc를 먼저 정맥주사하고 15분 후 20 mCi의 ^{99m}TcO₄를 정맥주사 하였다. 10분 후 안정 상태에서 심전도를 부착한 뒤 planar와 SPECT를 연속하여 촬영하고 ADAC Laboratories, Ver. 4.20 software를 이용하여 영상을 분석하고 각각의 심박출계수를 측정하였다. 일원배치 분산분석(one-way anova) 후 사후검정(Tukey test)을 통해 평균값을 비교하고 서로 간 pearson 상관계수를 구하였다 (SPSS Ver 17.0).

심박출계수의 평균값과 표준편차값은 planar에서 56.3±13.9 (%), SPECT에서 60.4±16.0 (%), 심초음파에서는 59.1±14.4 (%)로 유의한 차이는 없었으며(p=0.486) 이에 대한 사후검정은 planar-심초음파 p=0.697, SPECT-심초음파 p=0.928, planar-SPECT p=0.469로 유의한 차이가 없었다. 상관관계에서는 planar-심초음파 r=0.801, SPECT-심초음파 r=0.810, planar-SPECT r=0.873 비교적 높은 상관관계를 보였다(p<0.01).

게이트혈액풀스캔 및 SPECT와 심초음파를 이용하여 구한 좌심실의 심박출계수는 높은 상관성을 보였으며 평균값에서도 유의한 차이는 없었다. 현재 게이트혈액풀스캔은 시행건수가 줄어들고 스캔의 정확성이나 재현성에 대한 문제는 남아있으며 SPECT의 경우 임상적으로 잘 적용되지 못하고 있으나 다양한 심기능 지표들을 얻을 수 있고 혈액풀스캔에서의 심박출계수와 좋은 일치율을 보이므로 심초음파를 대체할 수 있는 유용한 검사법이라 생각된다.

REFERENCES

1. 고창순. 핵의학 제2판. **고려의학** 1997
2. Underwood SR, Walton S, Laming PJ, Jarritt PH, Ell PJ, Emanuel RW et al. Left ventricular volume and ejection fraction determined by gated blood pool emission tomography. *By Heart J* 1985;53:216-222
3. Groch MW, DePeuy EG, Belzberg AC, Erwin WD, Kamran M, Barnett CA, et al. Planar imaging versus gated blood-pool SPECT for the assessment of ventricular performance. *J Nucl Med* 2001;42:1773-1779
4. Van Krieking SD, Berman DS, Germano G. Automatic quantifi-

- cation of left ventricular ejection fraction from gated blood pool SPECT. *J Nucl Cardiol* 1999;6:498-506
5. Stadius ML, Williams SL, Harp G, Cerqueria M, Caldwell JH, Stratton JR, Ritchie JL. Left ventricular volume determination using single photon emission computed tomography. *Am J Cardiol* 1985;55:1185-1191
6. Murano K, Narita M, Kurihara T. Left ventricular function assessed by multigated blood pool single photon emission computed tomography with ^{99m}Tc. *J Cardiol* 1992;22:245-253
7. Wyngaarden, J.B, Smith, L.H. *Cecil, textbook of medicine* 1982; 16:135-140
8. The Multicenter Postinfarction Research Group. Risk stratification and survival after myocardial infarction. *N Engl J Med* 1983; 309:301
9. Ritchie JL, Hallstrom AP, Troubaugh GB, Caldwell JH, Cobb LA. Out of hospital sudden coronary death: Rest and exercise radionuclide left ventricular function in survivors. *Am J Cardiol* 1985;55:645
10. Mukharji J, Rude RE, Poole WK, Gustafson N, Thomas LJ, Strauss HW, Jaffe AS, Muller JE, Roberts R et al. Risk factors for sudden death after acute myocardial infarction: two year follow-up. *Am J Cardiol* 1984;54:31
11. 고창순. 핵의학 제1판. **고려의학** 1992
12. Burrow RD, Strauss HW, Singleton R, Pond M, Rehn T, Bailey IK et al. Analysis of left ventricular function from multiple gated acquisition cardiac blood pool imaging. Comparison to contrast angiography. *Circulation* 1977;56:1024
13. Wackers FJTh, Berger HJ, Johnstone DE, Goldman L, Reduto LA, Langou RA et al. Multiple gated cardiac blood pool imaging for left ventricular ejection fraction: Validation of the technique and assessment of variability. *Am J Cardiol* 1979;43:12
14. Pieter DB, Oliver DW, Johana DS, Ruddi AD. Agreement between four available algorithm to evaluate global systolic left and right ventricular function from tomographic radionuclide ventriculography and comparison with planar imaging, *Nuclear Medicine Communications* 2005;28:351-359
15. Doudhty RN, Wright S, Whalley GA. Echocardiography or radionuclide method for assessment of left ventricular function in acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 1998;82:704
16. Paris AF, Monymihan PF, Feldman CL, Folland ED. Approaches to determination of left ventricular volume and ejection fraction by realtime two-dimensional echocardiography. *Clin Cardiol* 1979;2:257-263
17. Schiller NB, Acquatella H, Ports TA. Left ventricular volume from paired biplane two-dimensional echocardiography. *Circulation* 1979;60:547-555
18. Carr KW, Engler RL, Forsythe JR, Johnson AD, Gosink B. Measurement of left ventricular ejection fraction by mechanical cross-sectional echocardiography. *Circulation* 1979;59:1196-1206