

Original Article

게이트심장혈액풀 스캔에서 자동 관심영역 설정과 수동 관심영역 설정 모드의 비교 분석에 관한 고찰

연세의료원 세브란스병원 핵의학과

김정열 · 강천구 · 김영재 · 박훈희 · 김재삼 · 이창호

Study the Analysis of Comparison with AROI and MROI Mode in Gated Cardiac Blood Pool Scan

Jung Yul Kim, Chun Koo Kang, Yung Jae Kim, Hoon-Hee Park, Jae Sam Kim, Chang Ho Lee

Department of Nuclear Medicine, Severance Hospital, Yonsei University Health System

Purpose: The objectives of this study were to compare the left ventricle ejection fraction (LVEF) from gated cardiac blood pool scan (GCBP) for analysis auto-drawing region of interest mode (AROI) and manual-drawing region of interest mode (MROI), respectively. To evaluation the relationships between values produced by both ROI modes. **Materials and Methods:** Gated cardiac blood pool scan using in vivo method Tc-99m Red Blood Cell were performed for 33 patients (mean age: 53.2 ± 13.2 y) with objective of chemotherapy using single head gamma camera (ADAC Laboratories, Milpitas, CA). Left ventricular ejection fraction was automatically and manually measured, respectively. **Results:** There was significant difference statistically between AROI and MROI ($LVEF^{AROI}$: $71.4 \pm 12.4\%$ vs. $LVEF^{MROI}$: $65.8 \pm 5.9\%$, $p=0.003$). Intra-observer agreements in AROI was higher than MROI ($\gamma^{AROI}=0.964$, Cronbach's $\alpha^{AROI}=0.986$ vs. $\gamma^{MROI}=0.793$, Cronbach's $\alpha^{MROI}=0.911$), either. Additionally, there was no significant difference statistically at best septal view ($\Delta LVEF^{BSV}=0.7 \pm 2.3\%$, $p=0.233$), however statistically significant difference was found at badly separated septal view ($\Delta LVEF=10.9 \pm 11.4\%$, $p=0.001$). Moreover, Intra-observer agreements in best septal view was higher than badly separated septal view ($\gamma^{BSV}=0.939$, Cronbach's $\alpha^{BSV}=0.978$; $\gamma=0.948$, Cronbach's $\alpha=0.981$ at AROI, $\gamma^{BSV}=0.836$, Cronbach's $\alpha^{BSV}=0.936$; $\gamma=0.748$, Cronbach's $\alpha=0.888$ at MROI). **Conclusion:** When best septal view was acquired, LVEF by AROI and MROI indicated not different. Comparing Intra-observer agreements with AROI and MROI, the AROI tended to show higher. Therefore, it is considered that the AROI than MROI is valuable in reproducibility and objective when ROI analysis by acquire left ventricular of best septal view. (*Korean J Nucl Med Technol* 2008;12(3):222-228)

Key Words : MUGA (RVG), Auto-drawing ROI, Left ventricular ejection fraction (LVEF)

서론

게이트심장혈액풀 스캔(Gated cardiac blood pool scan)은 심전도를 지표로 사용하여 심박주기 동안 심장 내의 혈액 풀

변화를 영상화하는 비 침습적인 방법이다.¹⁾ 급성심근경색증, 관상동맥질환, 심근증, 심장판막질환, 호흡곤란환자의 심장 기능 평가 등 여러 심 질환에서의 심장기능 특히 좌심실 기능을 평가하는데 유용하며 심박출계수가 가장 유용한 지표로 사용되고 있다.²⁾ 특히 좌심실의 용적과 좌심실 심박출계수는 환자의 현재 상태뿐만 아니라 예후의 평가에 있어서 매우 중요한 정보를 제공하므로 이에 대한 정확한 평가가 중요한 의미를 가지며 심실 내 시간 방사능 곡선으로부터 구할 수 있다. 이를 위하여 좌심실과 배후 방사능 관심영역을 정해야

• Received: September 17, 2008. Accepted: October 1, 2008.
• Corresponding author: Jung Yul Kim
Department of Nuclear Medicine, Yonsei University Health System
134 Shinchon-dong, Seodaemun-gu, Seoul, 120-749, Korea
Tel: +82-2-2228-6064, Fax: +82-2-2227-7062
E-mail: INTERZON@yuhs.ac

하는데 올바른 관심영역의 설정은 심박출계수의 정확도와 밀접한 관련이 있다.⁸⁾ 관심영역을 설정하기 위해 가장 일반적으로 사용되고 있는 방법으로는 사람의 손으로 직접 관심영역을 그려 평가하는 수동관심영역 설정 방법이 있으나 시간이 많이 걸리고 많은 경험을 필요로 하며 동일인을 대상으로 검사를 하더라도 측정자의 주관적인 측면이 포함되어 측정자간 측정치의 오차가 발생할 수 있다. 따라서 보다 간편하고 객관적으로 측정치를 얻을 수 있는 평가방법이 필요하다.

이에 본 연구에서는 대부분 컴퓨터에서 제공하고 있는 자동 관심영역 설정 방법(Auto-drawing region of interest mode; AROI)과 수동 관심영역 설정 방법(Manual-drawing region of interest mode; MROI)에 따른 좌심실 심박출계수를 비교 분석하여 컴퓨터 자동 관심영역 설정 방법이 수동 관심영역 설정 방법보다 객관적이고 재현성이 높은 방법으로 이용될 수 있는지를 알아보려고 하였다.

실험재료 및 방법

1. 대상

2008년 5월부터 8월 사이에 본원에서 항암화학요법 치료를 위해 항암제 심장독성의 예후관찰을 위해 게이트심장혈액풀 스캔을 실시한 환자 중 33명이 연구 대상에 포함되었다. 대상 환자의 연령은 28세에서 83세 사이에 분포하였고 평균 연령은 53.2 ± 13.2 세였다. 모든 대상 환자는 과거력상 심장병 또는 고혈압이 없고 정상 이학적 소견 및 심전도 소견이었다.

2. 검사방법

대상군에 체내표지법으로 표지된 ^{99m}Tc -RBC 740 MBq (20 mCi)를 정맥 주사한 뒤 10분 후 안정상태에서 심전도를 부착한 후에 양와위에서 스캔을 시행하였다. 스캔은 저 에너지 고 해상력 조준기(collimator)를 사용하였으며, 심실중격이 분명히 보이고, 좌심실과 우심실의 분리가 잘되는 최적 중격상이 될 수 있도록 35~45도의 좌전사위상에서 single-head Gamma camera (Argus ADAC/Philips; Milpitas, CA)를 이용하여 영상을 얻었고, 심전도를 연결시켜 각 심박주기의 R파를 기준으로 얻은 영상자료를 Pegasys™ Ultra computer에 수록 분석하였다.

자료획득방식은 심전도상의 R파를 시작신호로 사용하여 R-R간격 내에 24개의 단위영상을 얻어 서로 상응하는 단위

영상을 정해진 시간이나 계수치를 얻을 때까지 더하여 정적 영상을 얻는 다중게이트 획득방식(multiple gated acquisition mode)을 사용했으며 영상은 가로, 세로 64×64 행렬방식 및 4×4 mm 크기의 화소(pixel)가 설정되었다. 한 주기를 24화면으로 나눈 단위영상을 얻어 총 600초 동안 촬영하였고 자료 획득 전에 20개의 심박주기 동안의 심전도를 분석하여 적절한 심박주기와 이에 대한 20%의 식별영역(window)을 정하여 이에 해당되는 심박주기의 영상만을 획득하였다.

3. 분석방법

Pegasys™ Ultra computer에서 Gated analysis, Ver. 3.40를 이용하여 각 단위영상 모두에서 컴퓨터 자동 관심영역 설정 모드와 수동 관심영역 설정 모드로 좌심실 관심영역과 배후방사능이 설정되었다. 배후방사능 치를 보정한 좌심실 영역 내의 방사능 치를 이용하여 좌심실의 시간-방사선곡선 즉 좌심실 용적곡선을 그려 좌심실의 심박출계수를 측정하게 되는 데, 다음 공식에 의해 산출하였다.

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

EF : ejection-fraction

EDV : end-diastolic volume

ESV : end-systolic volume

BKG : background count

이렇게 하여 자동 관심영역 설정 모드와 수동 관심영역 설정모드에서 산출한 심박출계수는 1년 이상의 경험을 가진 방사선사가 각각 1회씩 측정하여 서로 비교·평가하였다. 통계적 분석은 두 관심영역 설정 모드간 측정치의 비교를 위해 paired t-test를 실시하였으며, 3명의 측정자간의 일치도를 알아보기 위해 급내상관계수(Intra-class correlation coefficient)를 실시하였다. 모든 통계적 숫자는 평균±표준편차로 표시하였으며, 통계적 처리는 SPSS, Ver. 12 (SPSS Inc., Chicago)와 MedCalc (ver. 9, Mariakerke, Belgium)를 사용하였고, *p*-value는 0.05 이하인 경우에 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 인정하였다.

결 과

1. 좌심실 심박출계수의 평균비교

대상 환자 33명에게서 좌심실 심박출계수의 전체 평균은 자동 관심영역 설정 모드에서 $71.4 \pm 12.4\%$ 이고, 수동 관심영역 설정 모드에서의 전체 평균은 $65.8 \pm 5.9\%$ 다. 두 전체 평균 간의 차이는 $5.5 \pm 9.9\%$ 이고 자동 관심영역 설정 모드에서 심박출계수가 높게 측정되었으며 두 관심영역 설정 모드 방법

간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p=0.003$). 하지만 영상 분류에 따른 분석에서는 최적중격상(Best septal view; BSV)과 좌심실 분리가 잘 안된 영상으로 나누어 분석하였으며, 최적중격상에서 두 관심영역 방법에 따른 좌심실 심박출계수는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p=0.233$).

Table 1. Compare mean of LVEF (%) between AROI and MROI

	AROI	MROI	BSV*		BSSV*	
			AROI	MROI	AROI	MROI
LVEF(%)	71.4 ± 12.4	65.8 ± 5.9	65.5 ± 6.1	64.8 ± 6.7	78.8 ± 12.8	67.8 ± 4.6
$p^\dagger$	0.003		0.233		0.001	

*BSV; best septal view, BSSV; badly separation septal view.

†Statistical significance was evaluated by paired t-test.

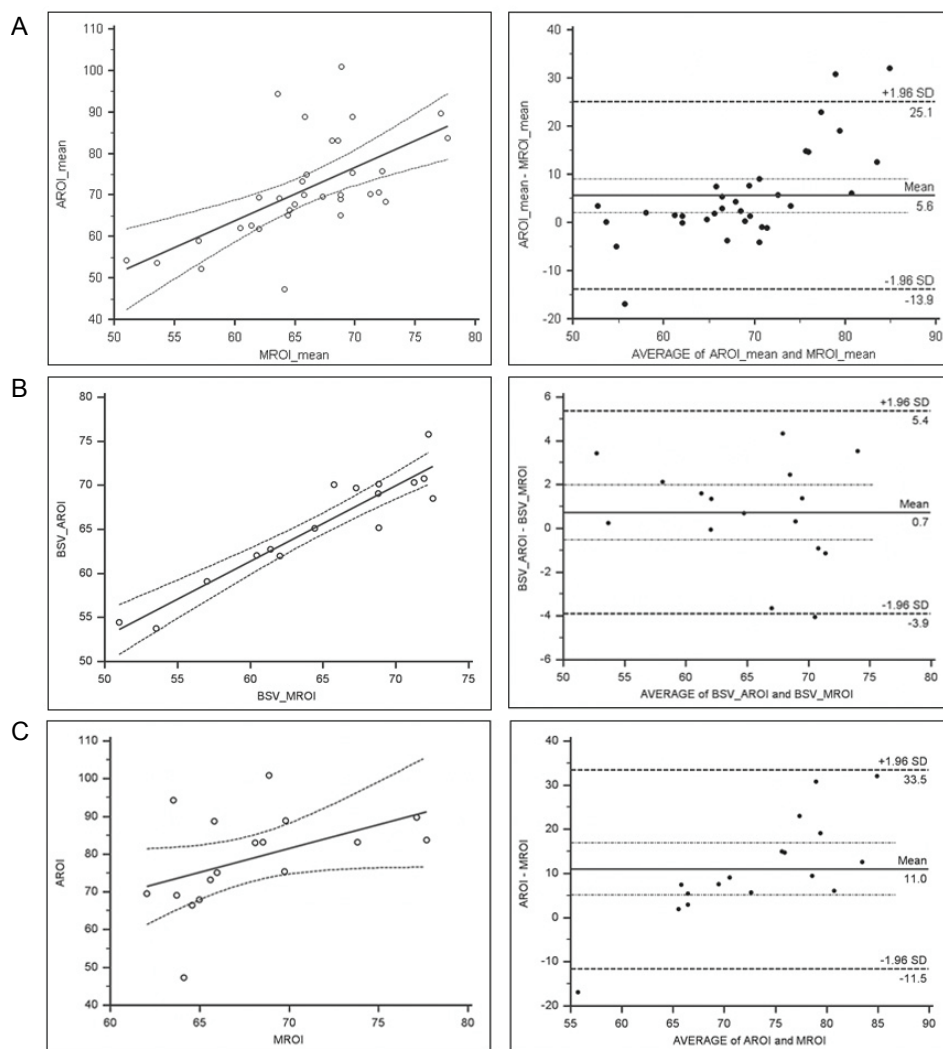


Fig. 1. These images show the plots of correlation analysis and Bland-Altman analysis of differences versus means of LVEF for both methods. (A) AROI and MROI according to total means, (B) According to Images analysis, Best septal views (C) Badly separation septal views.

그리고 좌심실 분리가 잘 안된 영상에서는 좌심실 심박출계수가 자동 관심영역에서 더 높게 나타나는 경향을 보였다 ($p=0.001$) (Table 1).

2. 측정자간 일치도 비교

자동 관심영역 설정 모드와 수동 관심영역 설정 모드로 분석한 자료의 3명의 측정자간 평균은 자동 관심영역 설정 모드에서 $70.7\pm11.5\%$, $71.6\pm12.9\%$, $71.9\pm13.1\%$ 였다. 통계적 분석 결과로는 상관관계가 0.964이고 Cronbach's α 는 0.986였으며 높은 상관관계와 일치도를 보였다. 수동 관심영역 설정 모드에서의 측정자간 평균은 각각 $64.0\pm6.0\%$, $68.9\pm7.3\%$,

Table 2. Correlations between AROI and MROI mode

	AROI-MROI	BSV*	BSSV*
		ARIO-MROI	AROI-MROI
r	0.614	0.937	0.455
$p^\dagger$	<0.01	<0.01	0.067

*BSV; best septal view, BSSV; badly separation septal view.

†Statistical significance was evaluated by correlation analysis.

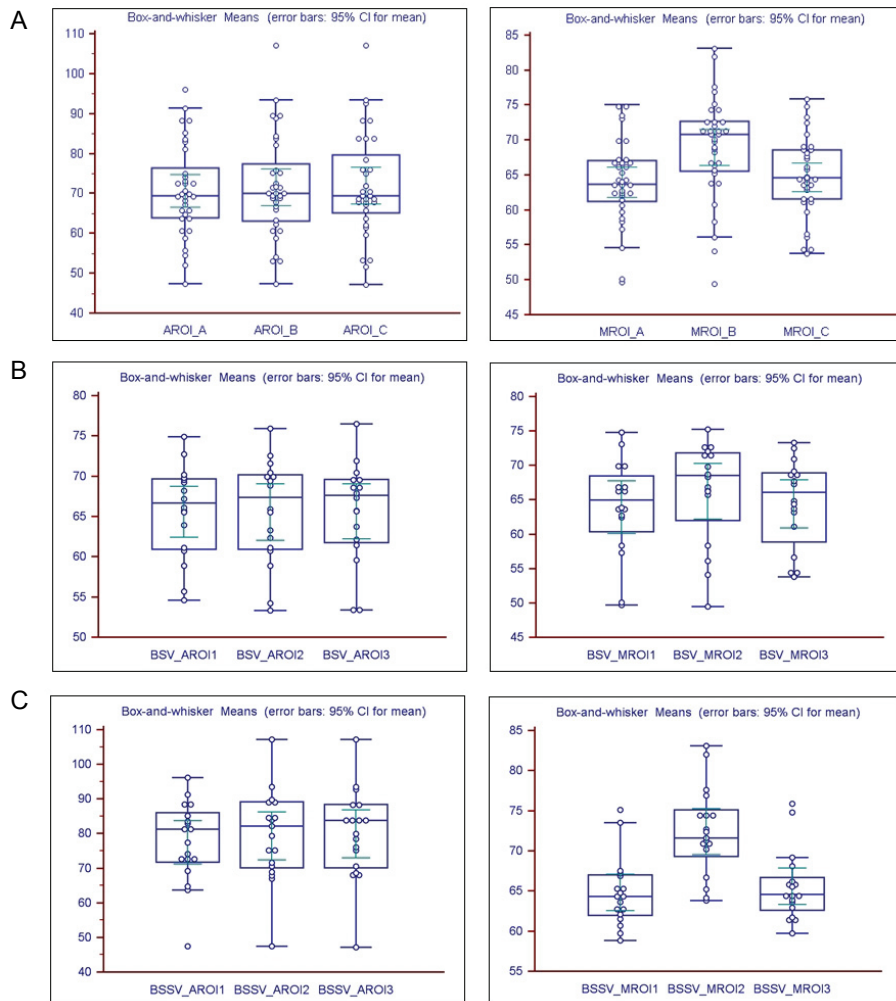


Fig. 2. These images show the Box and whisker plot of differences versus means of LVEF for both methods. (A) AROI and MROI according to total means, (B) According to Images analysis, Best septal views (C) Badly separation septal views.

64.6±5.7%이고 상관관계가 0.793이고 Cronbach's α 는 0.911였으며 좋은 상관관계와 일치도를 보이나 상대적으로 자동관심영역 설정모드 보다는 낮게 나타났다.

또한, 영상 분류에 따른 분석에서의 최적중격상에서는 자동 관심영역 설정모드 방법에서 상관관계가 0.939, Cronbach's α 가 0.978이었고 수동 관심영역 설정모드 방법에서는 상관관계가 0.836, Cronbach's α 가 0.936이었다. 좌심실 분리가 잘 안 된 영상에서는 최적중격상 보다 상대적으로 낮은 상관관계와 일치도를 보였다(Table 2, 3).

고 찰

게이트심장혈액폴 스캔은 1971년 Strauss 등의 보고 이래 좌심실의 기능을 비침습적으로 검사할 수 있는 간편한 방법으로 알려져 이용되고 있으며 또한 여러 가지 좌심실의 박출능력의 계측뿐 아니라 컴퓨터를 이용하여 심실 벽의 운동상을 얻음으로 좌심실 벽의 국소적인 또는 전체적인 운동상태를 관찰할 수 있다.^{4,5)} 이러한 게이트심장혈액폴 스캔은 심근증에 의한 심실기능장애를 조기 진단할 수 있으며 심근증의 치료에 대한 평가나 예후 판정에 유용하다. 안스라사이클린제열이나 독소루비신과 에피루비신은 효과적인 항암요법제이지만 심근증을 유발시켜 치명적인 심부전이 생길 수 있어서 사용에 제한이 있다.^{7,8,10)} 특히 독소루비신 치료 1년 내에 중격동(mediastinum)에 대한 방사선치료를 했거나, 누적용량이 550 mg/m² 이상일 때, 고혈압, 협심증 등의 심장질환이 있을 때 등이 심근증 유발의 위험인자로 생각되고 있다. 이러한 독소루비신의 부작용은 예측하기 어려워 550 mg/m² 이하의 누적용량에서도 생길 수 있으며 1,000 mg/m² 이상에도 없을 수 있다. 그러므로 임상증상이나 심부전이 오기 전에 심독성(cardiotoxicity)을 예측할 수 있는 예민한 비 침습적인 검사가 필요하다. 이런 이유로 항암화학요법 치료를 받는 환자들은 약물투여 전에 심박출계수의 기저치를 얻어야 하며 누적용량이 300 mg/m²와 450 mg/m²가 될 때 반복검사를 하여야 하며,

심박출계수가 15% 이상 감소하거나 45% 이하일 때는 투여를 중단하여야 한다.^{6,10)} 이처럼 게이트심장혈액폴 스캔에 의한 좌심실 심박출계수는 정확하고 높은 재현성이 요구된다. 본 연구에서의 결과를 보면 상대적으로 자동 관심영역 설정모드 보다 수동 관심영역 설정 모드방법에서 측정자간 일치도가 낮은 것으로 나타나는 것을 알 수 있다. 이는 3명의 측정자의 경험과 주관적인 측면이 포함되어 측정자간의 오차가 발생하는 것으로 설명되어질 수 있으며, 그 오차 범위가 10% 이내로 임상적인 의미를 가지지는 않지만 이는 평균적인 비교이며 개개의 수치로 보면 10% 이상의 차이를 보이는 경우가 있었다. 두 관심영역 설정 모드에서의 좌심실 심박출계수 평균 비교결과를 보면 자동 관심영역 설정 방법이 수동 관심영역 설정방법보다 평균적으로 5.5±9.9% 정도 높은 결과를 보였다(Fig. 2). 이는 좌심실의 배후방사능 관심영역 설정 시 위, 비장, 대동맥 등이 관심영역에 포함되어 배후방사능치가 높게 측정되었고 심박출계수가 과대평가되었음을 나타내다 하겠다. 본 연구에서 사용한 방사성의약품은 체내표지법으로 표지된 ^{99m}Tc-RBC이다. 체내표지법은 표지효율이 약 85% 정도이며 표지 되지 않은 과산화테크네튬이 위, 갑상선 및 세포간질(interstitium)로 들어가서 표적/배후 비(target to background ratio)가 다른 방법에 비하여 낮은 것이 단점이다. 그러나 방법이 간편하여 반복검사에 적합하다는 장점이 있다. 위에 방사능 섭취가 증가된 것은 적혈구에 표지되지 않은 유리 테크네튬이 많음을 의미한다. 이런 이유로 배후 방사능 관심영역 설정 시 피해서 고려야 하며, 배후방사능 관심영역 설정에 따른 측정자간의 오차가 생기고, 자동 관심영역 설정 방법에서는 배후방사능 관심영역이 고정되어 있어 위, 비장, 대동맥 등이 수동 관심영역 설정 보다 많이 포함되어 결과적으로 심박출계수가 높게 계측되어진 것으로 판명된다. 전체 대상 환자 33명에게서 획득한 좌전사위상을 분류한 결과 16명의 환자에서 심실 중격이 분명히 보이고, 좌심실과 우심실의 분리가 잘된 최적중격상이었고 17명의 환자에서는 정확한 최적중격상이 아닌 것으로 분류되었다. 영상 분류에 따

Table 3. Compare of Intra-measurement agreement

	AROI	MROI	BSV		BSSV	
			ARIO	MROI	AROI	MROI
measurement 1	70.7±11.5	64.0±6.0	65.5±5.9	63.8±7.1	77.4±12.1	64.7±4.3
measurement 2	71.6±12.9	68.9±7.3	65.5±6.6	66.2±7.6	79.2±13.5	72.3±5.6
measurement 3	71.9±13.1	64.6±5.7	65.6±6.3	64.3±6.5	79.8±13.4	65.5±4.4
ICC*	0.986	0.911	0.978	0.936	0.981	0.888
p	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

*Statistical significance was evaluated by Intra-class correlation coefficient.

른 통계적 분석을 보면 최적중격상에서 높은 상관관계와 측정자간의 일치도를 볼 수 있다. 특히 수동 관심영역 설정모드와 자동 관심영역 설정 모드 간의 차이가 $0.7 \pm 2.3\%$ 로 근접한 측정치를 보였다. 최적중격상 이외의 환자군에서 두 관심영역 모드에서의 차이가 10.9 ± 11.4 였으며 이는 좌심실의 관심영역 설정에 따른 측정자간의 오차로 인한 결과로 보인다 (Fig. 2).

심박출계수 외에 게이트심장혈액풀 스캔으로 측정 가능한 심수축기 및 심이완기 지표의 정량적 분석은 심 질환의 특성을 이해하는데 아주 중요한 지표가 되지만 본 연구에서는 항암화학요법 치료 대상 환자들에게 있어 관심영역 설정 방법에 따른 심박출계수들의 변화를 본 것이므로 이를 계속하여 평가하지 않았다. 또한 X-선 심장영화촬영술과 심 초음파 그리고 SPECT의 심박출계수와 다른 심 지표간의 연관관계를 비교 평가하지 못하였으며 앞으로의 논의에서 좀 더 많은 대상군으로 평가가 필요할 것으로 생각된다.

결 론

게이트심장혈액풀 스캔은 심실의 기능을 평가하는 강력한 검사법이었지만 오늘날 심장초음파 기술의 발달과 심근관류 SPECT의 보급으로 역할이 많이 줄어들었다. 하지만 항암화학요법 시 심장독성의 부작용을 가지고 있는 항암제를 사용할 때 경제적이고 추적 관찰에 용이하여 현재까지 이용되고 있다. 게이트심장혈액풀 스캔에서 관심영역 설정에 따른 심박출계수의 비교를 통하여 추적 관찰에 용이하고 객관적인 평가에 도움을 줄만한 영상 처리 방법에 대해 살펴보았다. 결론적으로 영상을 획득할 때 좌심실의 최적중격상을 획득하여 관심영역을 설정한다면 수동 관심영역 설정 방법보다 자동 관심영역 설정 방법이 보다 객관적이고 측정자간 일치도가 높은 방법으로 이용될 수 있을 것으로 사료된다. 하지만 자동 관심영역 설정 모드에서 배후방사능 관심영역을 임의적으로 조절할 수 없는 이유로 위, 비장, 대동맥 등을 피하여 설정할 수 없어서 과대평가되는 경향이 있었음을 고려한다면, 수동 관심영역 설정 방법에서 구한 심박출계수에 대한 참고치로 활용하여 보다 정확한 결과를 제공할 수 있을 것으로 생각된다.

요 약

목적 : 게이트심장혈액풀 스캔의 각 단위 영상에서 심실 내 방사능치를 측정하여 좌심실의 시간-방사능 곡선을 구하

여 심박출계수를 구하고 있다. 이를 위하여 좌심실과 배후방사능 관심영역을 정해야 하는데 올바른 관심영역 설정은 심박출계수의 정확도와 밀접한 관련이 있다. 관찰자에 의한 수동 관심영역을 설정 시 시간이 많이 걸리고 많은 경험을 필요로 하며 주관적인 측면이 포함되어 관찰자간의 오차가 발생하는 이유로 대부분의 컴퓨터에는 자동 및 반자동으로 각 단위영상 내 좌심실 외형을 그릴 수 있는 방법이 있다. 본 연구에서는 자동 관심영역 설정과 수동 관심영역 설정에 따른 좌심실 심박출계수를 비교 분석하여 컴퓨터 자동 관심영역 설정 방법이 수동 관심영역 설정보다 객관적이고 재현성이 높은 방법으로 이용될 수 있는지를 알아보고자 하였다.

실험재료 및 방법 : 항암화학요법 치료 대상 환자 33명을 대상으로 PHILIPS사의 ADAC laboratories, Argus Single head Gamma Camera를 이용하여 영상을 획득하였으며, 사용된 방사성 의약품은 체내 표지법을 이용하여 ^{99m}Tc -RBC를 사용하였다. 영상획득 조건은 다중 게이트 획득 방식으로 매 R-R간격마다 서로 상응하는 단위 영상을 600초 동안 계수치를 얻어 24개의 단위영상을 획득하였다. 앙와위 자세에서 좌전사위 $30 \sim 45^\circ$, $10 \sim 20^\circ$ 의 미측경사(caudal tilt) 조건으로 영상 획득 한 후 방사선사 3명이 각각 1회씩 컴퓨터 자동 관심영역 설정 모드와 수동 관심영역 설정 모드를 이용하여 좌심실의 심박출계수를 구하여 비교 분석하였다.

결과 : 컴퓨터 자동 관심영역 설정과 수동 관심영역 설정 방법에서의 좌심실 심박출계수 평균은 각각 $65.8 \pm 5.9\%$ 와 $71.4 \pm 12.4\%$ 였다. 두 평균 간의 차이는 $5.5 \pm 9.9\%$ 로 두 관심영역 설정 방법 간의 유의한 차이가 있었다($p=0.003$). 또한 관찰자간의 신뢰도 검정에서는 수동 관심영역 설정 방법으로 분석하였을 때 보다 자동 관심영역 설정 방법이 관찰자간 일관성이 높은 것으로 나타났다($\gamma^{\text{MROI}}=0.793$, Cronbach's $\alpha^{\text{MROI}}=0.911$ Vs $\gamma^{\text{AROI}}=0.964$, Cronbach's $\alpha^{\text{AROI}}=0.986$). 영상분류에 따른 분석에서는 최적 중격상에서 두 관심영역 방법에 따른 좌심실 심박출계수는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으며($\Delta\text{LVEF}^{\text{BSV}}=0.7 \pm 2.3\%$, $p=0.233$), 좌심실 분리가 잘 안 된 영상에서는 좌심실 심박출계수가 자동 관심영역 설정 방법에서 더 높게 나타나는 차이를 보였다($\Delta\text{LVEF}=10.9 \pm 11.4\%$, $p=0.001$). 또한 신뢰도 검정에서는 두 관심영역 설정 방법 모두 좌심실 분리가 잘 안 된 영상보다 최적 중격상에서 일관성이 높게 나타났다(수동 관심영역 설정 방법 $\gamma^{\text{BSV}}=0.836$, Cronbach's $\alpha^{\text{BSV}}=0.936$ Vs $\gamma=0.748$, Cronbach's $\alpha=0.888$ / 자동 관심영역 설정 방법 $\gamma^{\text{BSV}}=0.939$, Cronbach's $\alpha^{\text{BSV}}=0.978$ Vs $\gamma=0.948$, Cronbach's $\alpha=0.981$).

결론 : 최적 중격상을 획득하여 분석한다면 수동과 자동 관심영역 설정 방법 따른 좌심실 심박출계수가 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 수동과 자동 관심영역 설정 방법에 대한 일관성을 비교하였을 때 자동 관심영역 설정 방법에서 높은 일관성을 나타냈다. 결국 영상획득 시 좌심실 최적 중격상의 좌전 사위상을 획득하여 관심영역을 설정한다면 수동 관심영역 설정 방법보다 자동 관심영역 설정 방법이 객관적이고, 재현성이 높은 방법으로 이용될 수 있을 것으로 사료된다.

REFERENCES

1. A Konstam, et al, Use of equilibrium (gated) radionuclide ventriculography to quantitate left ventricular output in patients with and without left-sided valvular regurgitation. *Circulation* 64:578-585, 1981.
2. Michael V. Green, et. al. Ejection Fraction by count rate from gated images. *J Nucl Med* 1978;19:880-883.
3. Johan H. C. Reiver, et. al. Clinical Validation of Fully Automated Computation of Ejection Fraction from Gated Equilibrium Blood-Pool Scintigrams. *J Nucl Med* 1983;24:1099-1107.
4. Chang Woon Choi, M.D., et. al. Analysis of Left Ventricular Diastolic Function in coronary artery disease with gated blood pool scan. *Korean J Nucl Med* 1986;20(2):39-45.
5. Jae Hwang Kang, et. al. Analysis of Left Ventricular Functional parameters in normal korean subjects by ECG gated blood pool scan. *Korean J Nucl Med* 1994;28(1):52-61.
6. Seok Gun Park, M.D. Assessment of Ventricular Function using Gated Blood Pool scan and Gated Blood Pool SPECT. *Korean J Nucl Med* 2005;39(2):100-106.
7. Sonja Parmentier, et. al. Assessment of Left Ventricular diastolic function in patients receiving anthracycline therapy. *Eur J Nucl Med* 1988;13:563-567.
8. Charles L. shapiro, M.D., Abram recht, M.D. side effects of adjuvant treatment of breast cancer. *N Engl J Med* 2001;344(26): 1997-2008.
9. Bartlett ML, Srinivasan G, Barker WC, Kitsiou MN, Dilsizian V, Bacharach SL. Left ventricular ejection fraction: Comparison of results from planar and SPECT gated blood-pool studies. *J Nucl Med* 1996;37:1795-9.
10. Jones LW, Haykowsky MJ, Swartz JJ, et al, Early breast cancer therapy and cardiovascular injury. *J Am Coll Cardiol* 50:1435-1441, 2007.