

^{201}Tl 게이트 심근관류 스펙트에서의 휴식기와 부하기 좌심실 구혈률 상관관계 분석

서울아산병원 핵의학과

김동석 · 유희재 · 심동오

The Correlation Analysis of Stress/Rest Ejection Fraction of ^{201}Tl Gated Myocardial Perfusion SPECT

Dong Seok Kim, Hee Jae Yoo, Dong Oh Shim

Department of Nuclear Medicine, Asan Medical Center, Seoul, Korea

Purpose: It is well-known that stress-induced stunning and reversible perfusion defect have impact on ejection fraction (EF) when performing myocardial perfusion SPECT. Due to these reasons, gated SPECT is recommended at stress and rest studies. And there was many experiments to analyze between Stress and Rest EF by using $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI. The aim of this study is to analyze between stress EF and rest EF at myocardial perfusion SPECT by using ^{201}Tl and define possible predictors of EF variability. **Materials and Methods:** From 2008 June to 2009 February, we analyzed 144 patients undergoing ^{201}Tl gated myocardial perfusion SPECT in ASAN medical center. To analyze the data, we use QGS (Quantitative gated SPECT) software, and derived End-systolic volume (ESV), End-diastolic volume (EDV), EF from the result. In this study, we comparatively analyzed stress/rest EF correlation based on stress/rest EF, EDV, ESV and reversibility of myocardial perfusion defect by using paired *t*-test, Bland-Altman analysis. **Results:** Mached pairs of stress EF and rest EF demonstrated excellent correlation ($r=0.92$) with no statistically significant difference ($p=0.11$). Bland-Altman analysis demonstrated a mean ΔEF was 0.52% (95% confidential interval[CI], -1.17~0.12%). No statistically significant difference between a mean ΔEF and hypothetic mean of 0 ($\Delta\text{EF}=0$) ($p=0.10$). In the correlation of ΔEF according to stress/rest EDV and ESV, except rest ESV of $<28\text{mL}$ ($p<0.05$), there was no statistically significant difference. In the correlation of ΔEF according to reversibility of perfusion defect, patients with reversible perfusion defect has statistically significant difference of ΔEF ($p<0.05$). ΔEF of stress/rest EF showed no statistically significant difference except 55% of rest EF ($p<0.05$). **Conclusion:** Like studies with $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI, there was generally no statistically significant difference between stress and rest EF in this study results. However a stress EF of $<55\%$, a rest ESV of $<28\text{mL}$ and patients with reversible perfusion defect showed statistically significant difference in ΔEF . If performing ^{201}Tl myocardial perfusion SPECT to patients with abnormal cardiac function or reversible perfusion defect, consider this study results and apply it. We expect this study results could be useful predictors of ΔEF variability. (**Korean J Nucl Med Technol 2009;13(3):3-9**)

Key Words: Ejection fraction, Gated SPECT, Myocardial perfusion SPECT, ^{201}Tl

서 론

심전도-게이트 심근 관류 스펙트(ECG-gated myocardial perfusion single photon emission computed tomography)는 심전도의 연결을 통해 심근벽의 운동과 심근벽의 두꺼워짐, 좌심실 용적의 변화 그리고 박출계수 등 예후 및 진단상의 중요한 정보를 추가적으로 제공한다.¹⁻²⁾ 이러한 추가적인 정보로 인하여 피검자의 불편함 증가나 방사선 피폭 증가 없이,

• Received: June 15, 2009. Accepted: June 30, 2009.
• Corresponding author: **Dong Oh Shim**
Department of Nuclear Medicine, Asan Medical Center,
388-1 Pung Nap 2-dong, Songpa-gu, Seoul, 138-736, Korea
Tel: +82-2-3010-4605, Fax: +82-2-3010-5429
E-mail: eastcrow@nate.com

심근관류 상태에 대한 정보와 함께 좌심실 기능에 대한 자료를 쉽게 구할 수 있게 되었다.³⁾

현재 한국에서도 심근관류 스펙트 시행 시 게이트법을 적용하는 경우가 획기적으로 증대되고 있으며, 대학병원 수준을 가진 많은 병원에서 게이트법을 시행하고 있는 실정이다.⁴⁾ Depuey⁵⁾ 등 연구에서 부하 후와 휴식기의 기능적인 정보의 차이를 의심해 볼 수 있는 의미있는 증거들이 보고되었다. 이러한 이유로 미국 심장핵의학회(American Society of Nuclear Cardiology)에서는 심근관류 스펙트 시행 시 ECG-gating을 정규적으로 추가할 것을 권장하고 있다.⁶⁾

하지만 게이트법을 적용함으로써 발생하는 문제점도 있어, 좌심실의 용적이 작은 경우는 심근의 방사능의 심실내로의 유출로 심실의 용적이 과소평가되고 좌심실 박출계수가 과잉 평가 되는 것으로 알려져 있다.⁷⁾ 또한, 부하 후 영상의 경우 일시적인 기절심근(stress induced myocardial stunning)이 발생될 수도 있어, 게이트 영상의 운동이 안정 시 좌심실의 운동을 나타내지 못하는 경우도 있다.⁸⁾ 일시적인 기절심근 증상을 나타낸 환자에서 좌심실 박출계수의 과소평가에 대해서는 논문 간에 상당한 차이가 있다.⁹⁻¹²⁾ 몇몇 저자는 심근 경색을 가진 환자에서 이러한 현상이 나타남을 보고하였다.^{11,13)} 이전 보고에 따르면 기절심근발생시 좌심실 박출계수의 감소는 수축기말 좌심실 용적의 증가에 의해 발생한다고 알려져 있지만, 이는 통계적으로 유의한 수준의 차이는 아니다.¹⁴⁾ 비허혈성 환자들에게서의 부하후와 휴식기 좌심실 박출계수의 차(ΔEF)가 +1%(부하후의 값이 휴식기보다 큼)으로 보고됐고, 반면에 일시적인 허혈증상을 보인 환자들의 좌심실 박출계수의 차는 -4%(휴식기의 값이 부하후보다 큼)으로 보고되었다($p < 0.01$). Dziuk 등¹⁵⁾은 비허혈성 환자의 좌심실 박출계수의 차이(-6.0 \pm 5.1%)와 허혈성 환자의 좌심실 박출계수의 차이(-5.0 \pm 4.8%) 간에 통계적으로 유의할 만한 차이는 없었다고 보고하였다.

현재 ^{99m}Tc를 이용한 게이트 심근관류 스펙트에 관한 연구에 비해 ²⁰¹Tl을 이용한 연구는 제한적이다. 그러나 ²⁰¹Tl은 심근의 관류, 생존심근의 판정, 예후의 평가 등에 있어서, 매우 잘 알려진 방사성의약품으로 여전히 많이 사용되고 있다.⁶⁾

본 연구에서는 기존의 ^{99m}Tc-MIBI를 이용한 연구대신 ²⁰¹Tl을 이용하여 부하기와 휴식기의 좌심실 박출계수의 상관관계를 규명하고 또한 좌심실 박출계수 변화의 예측 가능한 지표를 알아보고자 하였다.

실험재료 및 방법

1. 연구대상

본 연구는 2008년 1월부터 2009년 1월 사이에 서울아산병원에서 게이트 심근관류 스펙트를 검사받은 144명(남:여=92:58, 연령분포: 15~86세, 평균연령: 남자 61 \pm 11세, 여자 64 \pm 9.7세)를 대상으로 하였다. 게이트 심근관류 스펙트 검사한 모든 환자가 부하후와 휴식기 2번 검사를 하였다(부하기 150명 그리고 휴식기 150명).

2. 방법

휴식 및 부하 심근관류 스펙트는 검사 당일 모두 시행되었다. 심근관류 스펙트 검사 시에 정상 체중일 경우(남자 45~74 kg, 여자 45~69 kg) 3 mCi를 사용하였고, 저체중인 경우(남녀 모두 44 kg 미만) 2.5 mCi, 과체중인 경우(남자 75 kg 이상, 여자 70 kg 이상) 3.5 mCi를 사용하였다.

모든 영상 획득은 저에너지 범용 조준기를 장착한 이중 헤드 감마카메라 (Infinia, GE)를 이용하였다. 검사 파라미터는 Step and shoot 방식, 64 \times 64 매트릭스, Zoom factor는 1.382, 에너지창은 70 keV를 중심으로 $\pm 15\%$ 167 keV에서 $\pm 10\%$ 였다. R-R 간격은 $\pm 50\%$ 이내인 경우만 영상처리자료로 이용하였다. 하나의 투사영상 당 6도 간격으로 50초 동안 얻어졌고, 총 프레임 수는 15, 영상획득 시간은 15분이었다. 영상 재구성은 여과 후 역투사 방법으로 하였고, Butterworth 여과기를 사용하였다. 모든 환자는 Feet first 양위 자세로 8 프레임 게이트 심근관류 스펙트 검사를 받았다. 심근부하 약물로는 아데노신(투여시간 총 6분, 140 μ g/kg/min)으로 쓰였고, 휴식기후의 부하간격은 3~4시간 사이였다. 정량분석은 Germano 등에 의해 개발되어 현재 상업적으로 판매되는 프로그램인 QGS (Quantitative gated SPECT) 소프트웨어 (Cedars Sinai Medical Center, Los Angeles, CA)를 사용하여 자동화된 방법으로 이완기말/수축기말 좌심실 용적 및 좌심실 박출계수 등을 분석하였다.¹⁶⁾ 몇몇 연구에서 QGS 프로그램을 통해 분석한 좌심실 박출계수가 다른 금과옥조 검사들과 상당히 뛰어난 일치율을 보이는 것으로 보고되었다.^{7,16-19)} 정량화된 기능 데이터로는 이완기말 용적[EDV], 수축기말 용적[ESV] 그리고 심박출계수가 있고 산출된 값들은 나이, 성별, 관류결손의 가역성 여부, 부하후/휴식기 심박출계수 차이에 따라 matched paired test로 분석하였다.

3. 통계처리

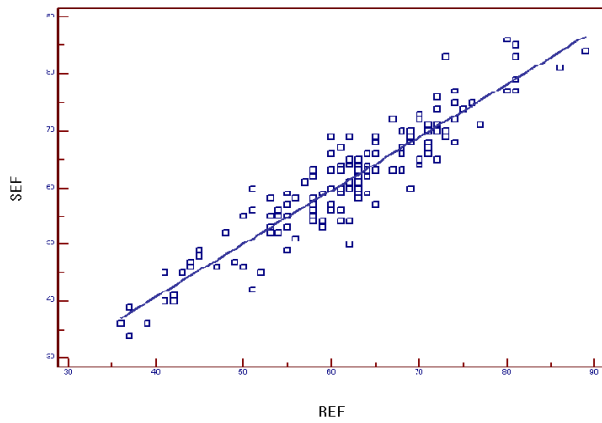


Fig. 1. The correlation of Stress and Rest EF.

통계적 처리에는 paired *t*-test와 Bland-Altman analysis를 이용하였으며, *p*값이 0.05 이하인 경우 유의한 것으로 인정하였다. 신뢰구간은 95% 영역을 사용하였다. 통계 프로그램으로는 MedCalc Version 9.2.0.2를 사용하였다.

결 과

휴식기 좌심실 박출계수는 정상분포(0.58)를 나타냈으며, 평균은 61.5% (95% 신뢰구간, 59.8~63.2%), 범위는 36~89%까지이다. 부하기 좌심실 박출계수는 정상분포(0.77)를 나타냈으며, 평균은 60.9% (95% 신뢰구간, 59.2~62.7%), 범위는 34~86%까지이다. 부하기와 휴식기 모두 중간값은 62%를 나타냈다(Table 1). 휴식기 EDV는 71.4 mL (95% 신뢰구간, 66.8~75.9 mL)의 평균값을 나타냈으며, 중간값은 67 mL이고, 범위는 30~183 mL까지이다. 휴식기 ESV는 평균 29.6 mL (신뢰구간 95%영역, 26.4~32.8 mL)를 나타냈으며, 중간값은 25 mL이고, 범위는 4~115 mL이다. 부하기 EDV는 평균 79.2 mL (95% 신뢰구간, 74.4~83.9 mL), 중간값은 72mL이고, 범위는 29~191 mL까지이다. 부하기ESV는 평균 33 mL (95% 신뢰구간, 29.6~36.4 mL)를 나타냈으며, 중간값은 29 mL이고, 범위는 5~123 mL이다.

부하기와 휴식기의 좌심실 박출계수의 대응분포는 뛰어난 상관관계(0.92)를 보이며 통계적으로 유의할만한 차이를 보

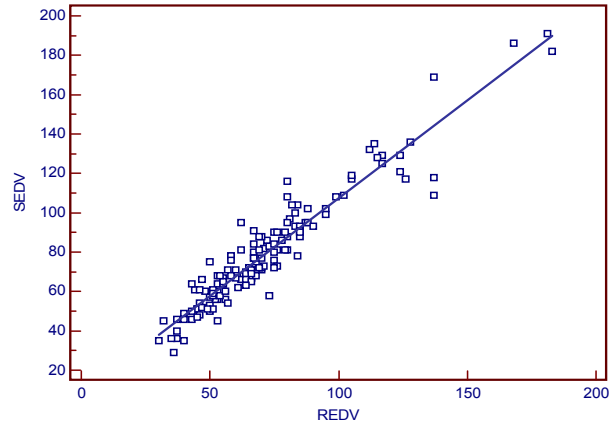


Fig. 2. The correlation of Stress and Rest EDV.

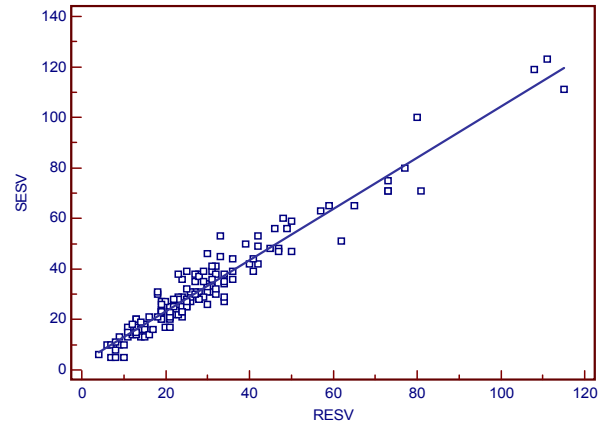


Fig. 3. The correlation of Stress and Rest ESV.

이지 않았다($p=0.109$) (Fig. 1). 부하기와 휴식기 EDV의 대응분포는 높은 상관성을 나타냈으며(0.95) 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p<0.0001$) (Fig. 2). 또한 부하기와 휴식기의 ESV 대응분포 역시 높은 상관관계(0.96)를 나타냈으며 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p<0.0001$) (Fig. 3).

Bland-Altman 분석을 통해 이러한 관계를 좀 더 철저히 평가하였다(Fig. 4). 평균 Δ EF는 -0.52% (95% 신뢰구간, -1.17~-0.12%), 중간값은 -1.0%이고 범위는 -12%에서 10%까지이다. 여기에서 -값은 휴식기의 좌심실 박출계수가 부하시의 좌심실 박출계수보다 더 크음을 의미한다. 평균 Δ EF와 휴식기

Table 1. Functional data of Stress and Rest studies

Parameter	EF (%)	EDV (mL)	ESV (mL)
Stress mean	60.9 (59.2~62.7)	79.2 (74.4~83.9)	33 (29.6~36.4)
Rest mean	61.5 (59.8~63.2)	71.4 (66.8~75.9)	29.6 (26.4~32.8)
Stress/rest matched pairs(<i>p</i>)	0.109	<0.0001	<0.0001

괄호 안의 수치는 95% 신뢰구간 안의 수치를 나타냄.

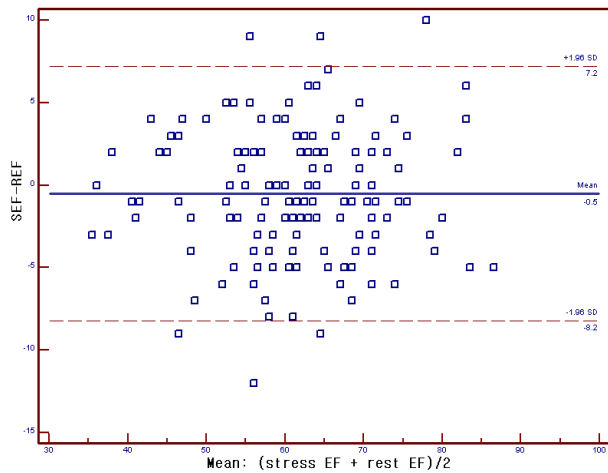


Fig. 4. Bland-Altman analysis of mean of stress/rest matched pairs versus Δ EF.

와 부하 시 좌심실 박출계수 차이는 0일 것이라는 가설과의 차이는 통계적으로 의미있는 차이를 보이지 않았다($p=0.100$).

부하기와 휴식기 EDV, ESV에 따른 Δ EF값의 상관관계는 좌심실 용적 분포를 4분위하여 구하였다. 휴식기 EDV는 69.5 mL 미만, 69.5 mL 이상 80 mL 미만, 80 mL 이상 97 mL 미만, 97 mL 이상으로 나누었고, 69.5 mL 미만에서는 평균 -0.46% 차이를 나타냈고, 69.5 mL 이상 80 mL 미만에서는 평균 -0.85%, 80 mL 이상 97mL 미만에서는 평균 -0.66%의 차이를 나타냈으며, 97 mL 이상에서는 평균 -0.26%의 차이를 나타냈고 모든 값은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 휴식기 ESV는 28 mL 미만, 28 mL 이상 32 mL 미만, 32 mL 이상 46.5 mL 미만, 46.5 mL 이상으로 나누었고, 28 mL 미만에서 평균 -0.96%, 28 mL 이상 32 mL 미만에서 평균 -0.55%, 32 mL 이상 46.5 mL 미만에서는 평균 0.55%, 46.5 mL 이상에서는 평균 0.05%의 차이를 나타냈고, 휴식기 ESV가 28 mL 미만인 경우에만 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p=0.042$). 부하기 EDV는 77.5 mL 미만, 77.5 mL 이상 90 mL 미만, 90 mL 이상 108.5 mL 미만, 108.5 mL 이상으로 나누었고, 77.5 mL 미만에서는 평균 -0.48%, 77.5 mL 이상 90 mL 미만에서는 평균 -0.047%, 90 mL 이상 108.5 mL 미만에서 평균 -1.36%, 108.5 mL 이상에서 평균 -0.26% 차이를 나타냈으며 모든 값은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 부하기 ESV는 31 mL 미만, 31 mL 이상 38 mL 미만, 38 mL 이상 50.5 mL 미만, 50.5 mL 이상으로 나누었고 31 mL 미만에서 평균 -0.24%, 31 mL 이상 38 mL 미만에서 평균 -0.65%, 38 mL 이상 50.5 mL 미만에서 평균 -0.75%, 50.5 mL 이상에서 평균 -1.31%의 차이를 나타냈으며 통계적으로

Table 2. summary of independent predictors of statistically significant Δ EF difference

Independent predictors of Δ EF difference	Mean Δ EF (%)	p value (p)
Stress EF<55%	-2.02	0.008
Rest ESV<28 mL	-0.96	0.042
Reversible perfusion defect	-2.16	0.042

유의한 차이를 보이지 않았다.

관류결손의 가역성 여부에 따른 좌심실 박출계수의 변동은 정상, 가역적 관류결손, 고정 관류결손으로 나누어 분석하였다. 정상 관류를 가진 환자의 좌심실 박출계수 변동은 평균 -0.35%로 통계적으로 유의한 차이(0.334)를 보이지 않았지만 가역적 관류결손을 가진 환자의 좌심실 박출계수는 평균 -2.16%로 통계적으로 유의한 차이를 보였다(0.042). 고정 관류결손을 가진 환자의 좌심실 박출계수의 변동은 평균 -0.45%로 나타났고, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(0.711).

좌심실 박출계수에 따른 Δ EF의 통계적 분석은 부하기와 휴식기 모두 55% 미만, 55% 이상에서 62% 미만, 62% 이상에서 69% 미만, 69% 이상으로 범위를 나누어 수행하였다. 부하기의 경우 55% 미만에서 평균 -2.02%, 55% 이상 62% 미만에서 평균 -0.71%, 62% 이상 69% 미만에서 평균 -0.18%, 69% 이상에서 평균 0.79%의 차이를 나타내었고 55% 미만을 제외하고($p=0.008$) 통계적으로 유의한 차이가 보이지 않았다(Table 2). 휴식기의 경우 55% 미만에서 평균 0.75%, 55% 이상에서 62% 미만에서 평균 -0.405%, 62% 이상에서 69% 미만에서 평균 -1.05%, 69% 이상에서 평균 -1.21%의 차이를 나타냈고 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

고찰

게이트 심근관류 스펙트는 심근관류 소견뿐 아니라 좌심실의 벽운동, 벽의 두꺼워짐, 좌심실용적, 좌심실 박출계수 등의 정보도 제공함으로써 관동맥질환 환자의 진단과 예후 평가에 중요한 역할을 한다. 관동맥질환의 진단에 이어 심근관류상태와 함께 좌심실의 기능평가는 환자의 상태와 예후를 평가하는데 중요하다.²⁰⁾ 하지만 몇몇 연구 결과, 심근관류결손이 있는 환자의 경우, 결손의 크기와 범위에 상관없이 관류결손 그 자체만으로 QGS를 이용한 좌심실 박출계수의 분석의 정확성에 영향을 미친다는 보고가 있다.¹⁸⁾

일반적으로 심근 관류 스펙트에서 부하기와 휴식기의 좌심실 박출계수 변동에 영향을 미치는 인자들에는 방사성 동

위원소 투여용량, 관류결손의 크기 및 가역성 여부, 배후 방사능, 검사당시 환자의 상태 등으로 알려져 있다.²¹⁻²² 본 실험에서는 좌심실의 부피 및 박출계수, 관류결손이 있는 환자의 경우 가역성 여부에 따라 비교해 보았다. 이론적으로 부하기와 안정시 게이트 심근관류 스펙트로 측정된 좌심실 박출계수는 같은 값을 가져야 하지만 본 실험결과, 부하기 검사에서 좌심실 박출계수가 55% 미만인 경우와 휴식기 ESV가 28 mL 미만인 경우에 ΔEF 에 유의한 차이가 나타났다. 이러한 결과는 게이트 심근관류 스펙트에서 심기능이 떨어지거나 심장의 크기가 작을 경우 발생할 수는 있는 변동이라 사료된다. 또한 본 연구에서 심근관류 결손을 가진 환자를 대상으로 고정 관류 결손, 가역적 관류 결손, 고정 관류 결손과 가역적 관류 결손이 혼합된 그룹으로 구분하여 관류결손의 가역성 여부에 따른 부하기와 휴식기 좌심실 박출계수의 변동을 비교하여 보았다. 연구결과, 고정 및 혼합 관류결손을 가진 환자의 ΔEF 의 변동은 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았지만 가역적 관류결손을 가진 환자의 ΔEF 는 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($p=0.042$). 이는 안¹⁴등이 실험한 결과와 마찬가지로 고정 관류결손은 주로 괴사된 심근을 나타내므로 부하기와 휴식기 영상에서 기능변수 간에 큰 차이를 볼 수 없지만, 가역적 관류 결손이 있을 경우, 심근부하시 허혈이 발생하는 심근이 있으므로 부하 후 좌심실 박출계수와 안정시의 좌심실 박출계수에 차이가 발생할 수 있다.

부하기와 휴식기의 EDV와 ESV를 구하여 이를 비교해 본 결과, 두 값은 뛰어난 상관성을 나타냈으며, 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다. 이론적으로 아데노신, 디피리다몰, ATP와 같은 혈관확장제의 경우 관상동맥의 혈류 분포를 증가시킬 뿐만 아니라, 중심 흉강의 혈류 또한 증가하여 좌심실의 부피 또한 커지는 것으로 알려져 있다.²⁴⁻²⁵ 비록 혈관확장제의 반감기가 짧더라도 심장의 혈역학에 대한 생리학적 효과는 오래 지속될 수 있는데, 이러한 이유로 게이트 심근관류 스펙트에서 부하중과 부하 후의 좌심실 부피의 차이를 설명할 수 있다.

본 연구의 제한점으로는 게이트 심근 스펙트의 정량 수치에 대한 부정맥이 미치는 영향에 대한 고려하지 않은 점이다. 일반적으로 부정맥이 심한 경우에는 많은 영상 자료가 획득되지 않아서 심근관류 수치에 영향을 주며, 게이트 심근 스펙트의 정량 수치에도 오차가 발생한다. 대신 심장박동기간의 허용범위를 넓게 잡은 경우에는 충분한 양이 계수 되지만 부정맥에 의하여 잘못된 위치의 프레임으로 할당이 되어 심기능 지표가 부정확해질 수 있다. 이 밖에도 부득이 하게 아데

노신을 이용한 부하만을 사용하여 부하 방식에 따른 좌심실 박출계수의 변동 여부를 확인하지 못하였고, 이에 관하여 차후 추가 연구를 통해 증명하여야 할 것이다.

결 론

본 실험 결과, ^{99m}Tc-MIBI을 이용한 연구 결과와 마찬가지로 휴식기와 부하기 좌심실 박출계수의 변동에는 대체로 유의한 차이가 없었다. 다만 부하기 좌심실 박출계수가 55% 미만인 경우, 휴식기 ESV가 28 mL 미만인 경우, 가역성 관류결손을 가진 환자의 경우에 ΔEF 에 유의한 차이가 발생하는 것을 확인하였다. 그러므로 본 연구의 결과를 바탕으로, 게이트 심근관류 SPECT 검사 시 심기능이 저하된 환자나 가역성 관류결손을 가진 환자에게서 ΔEF 의 유의한 차이가 발생할 수 있음을 사전에 인지하고 좌심실 박출계수의 유의한 변화를 예측할 수 있는 유용한 지표로 활용할 수 있기를 기대한다.

요 약

목적 : 심근관류 스펙트 검사 시 부하로 인한 일시적인 심근 기절, 가역적 관류결손 등이 좌심실 구혈률에 영향을 준다는 사실은 익히 알려져 있다. 이러한 이유로 부하기/휴식기 검사시 게이트법의 적용이 권고되고 있으며 ^{99m}Tc를 이용하여 부하기/휴식기 좌심실 구혈률의 상관관계에 대한 연구가 여러 차례 이루어졌다. 본 연구의 목적은 ^{99m}Tc 대신 ²⁰¹Tl-201을 이용한 심근관류 스펙트에서 부하기와 휴식기 좌심실 구혈률의 상관관계를 규명하고 좌심실 구혈률의 변동의 예측가능한 지표를 정의하는 것이다.

실험재료 및 방법 : 2008년 6월부터 2009년 2월까지 본원에서 ²⁰¹Tl 게이트 심근관류 SPECT 검사를 시행한 환자 중 성인 144명(남:여=87:57, 평균나이 62±10세)의 환자를 대상으로 연구 분석하였다. 데이터 분석에는 QGS (Quantitative gated SPECT) 소프트웨어를 이용하였고, 자동화된 방식으로 수축기말 용적(End-systolic volume, ESV), 확장기말 용적(End-diastolic volume, EDV), EF를 구하였다. 본 연구에서는 부하기/휴식기의 EF값, EDV와 ESV의 크기, 심근관류결손의 가역성 여부를 기준으로 EF값의 상관관계를 paired *t*-test와 Bland-Altman 분석을 이용하여 비교 분석 하였다.

결과 : 부하기와 휴식기 EF값의 대응분포는 높은 상관관계($r=0.92$)를 나타냈으며, 이들간의 EF값의 차이는 통계적으로 유의하지 않았다($p=0.11$). Bland-Altman 분석 결과 부하기

와 휴식기 EF값의 차이(ΔEF)는 평균 0.52% (95% 신뢰구간, -1.17~0.12%)로 나타났다. 평균 ΔEF 와 부하기와 휴식기 EF 값의 차이가 없을 것이라는 가설($\Delta EF=0$)과의 차이는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p=0.10$). 부하기와 휴식기 EDV와 ESV에 따른 ΔEF 의 상관관계는 휴식기 ESV가 28 mL 미만($p<0.05$)일 때를 제외하고 모두 통계적으로 의미있는 차이가 없었고, 관류결손의 가역성 여부에 따른 ΔEF 의 상관관계에서는 가역성 관류결손을 가진 환자에서 ΔEF 의 유의한 차이가 나타났다($p<0.05$). 부하기와 휴식기 EF값에 따른 ΔEF 는 부하기 EF가 55% 미만일 경우에 유의한 차이가 나타났다($p<0.05$).

결론 : ^{99m}Tc -MIBI을 이용한 연구 결과와 마찬가지로 휴식기와 부하기 EF값의 변동에는 대체로 유의한 차이가 없었다. 다만 부하기 EF값이 55% 미만일 경우, 휴식기 ESV가 28 mL 미만일 경우, 가역성 관류결손을 가진 환자의 경우에 ΔEF 에 유의한 차이가 발생하는 것을 확인하였다. 그러므로 본 연구의 결과를 충분히 고려하여, 게이트 심근관류 SPECT 검사시 심기능이 저하된 환자나 가역성 관류결손을 가진 환자에서 ΔEF 의 유의한 차이 발생을 사전에 인지 가능한 유용한 지표로 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

REFERENCES

- Cacciabauda JM, Szulc M. Gated cardiac SPECT: has the addition of function to perfusion strengthened the value of myocardial perfusion imaging? *J Nucl Med* 2001;42:1050-1052.
- 고창순. 핵의학. *코려의학* 2008;355.
- Thorley PJ, Ball J, Sheard KL, Silvanantahn UM. Evaluation of Tc-99m-tetrofosmin as a myocardial perfusion agent in routine clinical use. *J Nucl Med Commun* 1995;16:733-740.
- Carluccio E, Tommasi S, Bentivoglio M, Buccolieri M, Filippucci L, Prosciutti L, et al. Prognostic value of ventricular hypertrophy and geometry in patients with a first, uncomplicated myocardial infarction. *Int J Cardiol* 200;74:177-183.
- DePuey EG. Updated imaging guidelines for nuclear cardiology procedures: Part I. *J Nucl Cardiol* 2001;8:G1-G58.
- Yamagishi H, Shirai N, Yoshiyama M, Teragaki M, Akioka K, Takeuchi K, et al. Incremental value of left ventricular ejection fraction for detection of multivessel coronary artery disease in exercise(^{201}Tl) gated myocardial perfusion imaging. *J Nucl Med* 2002;43:443-450.
- Yoshioka J, Hasegawa S, Yamaguchi H, Tokita N, Paul Ak, Xiuli M, et al. Left ventricular volumes and ejection fraction calculated from quantitative electrocardiographic-gated Tc-99m tetrofosmin myocardial SPECT. *J Nucl Med* 1999;40:1693-1698.
- Depuey EG. Artifact clarified by and caused by gated myocardial perfusion SPECT. In: Germano G, Berman DS, editors. Clinical gated cardiac SPECT. New York: *Futura publishing Co* 1999;183-237.
- Johnson LL, Verdesca SA, Aude Wy, et al. Postischemic stunning can affect left ventricular ejection fraction and regional wall motion on poststress gated sestamibi tomograms. *J Am Coll Cardiol* 1997;30:1641-1648.
- Borges-Neto S, Javaid A, Shaw LK, et al. Poststress measurements of left ventricular function with gated perfusion SPECT: comparison with resting measurements by using a same-day perfusion-function protocol. *Radiology* 2000;215:529-533.
- Gayed I, Cid E, Boccalandro F, Podoloff D. Factors affecting left ventricular ejection fraction using automated quantitative gated SPECT. *Clin Nucl Med* 2003;28:290-295.
- Verberne HJ, Dijkgraaf MG, Somsen GA, van Eck-Smit BI. Stress-related variations in left ventricular function as assessed with gated myocardial perfusion SPECT. *J Nucl Cardiol* 2003; 10:456-463.
- Bavelaar-Croon CD, America YG, Atsma DE, et al. Comparison of left ventricular function at rest and post-stress in patients with myocardial infarction: evaluation with gated SPECT. *J Nucl Cardiol* 2001;8:10-18.
- Ahn BC, Sun KB, Less SW, Jeong SY, Lee JT, Lee KB. Effects of perfusion defect on the measurement of left ventricular mass, ventricular volume and post-stress left ventricular ejection fraction in gated myocardial perfusion SPECT. *K J Nucl* 2002;36:381-11.
- Dziuk M, Canizales A, Britton K. Left ventricular function assessed by gated SPECT after exercise-augmented adenosine infusion: correlation with myocardial ischemia. *Kardiol Pol* 2003;58:197-206.
- Germano G, Kiat H, Kavannah PB, Moriel M, Massanti M, Su HT, et al. Automatic quantification of ejection fraction from gated myocardial perfusion SPECT. *J Nucl Med* 1995;36:2138-2147.
- Vallejo E, Dione DP, Sinusas Aj, Wackers Fj. Assessment of left ventricular ejection fraction with quantitative gated SPECT: accuracy and correlation with first-pass radionuclide angiography. *J Nucl Cardiol* 2000;7:461-470.
- Manrique A, Faraggi M, Vera P, et al: ^{201}Tl and ^{99m}Tc -MIBi gated SPECT in patients with large perfusion defects and left ventricular dysfunction: comparison with equilibrium radionuclide angiography. *J Nucl Med* 1999;40:805.
- Everaert H, Bossuyt A, Franken PR. Left ventricular ejection fraction and volumes from gated single photon emission tomographic myocardial perfusion images: comparison between two algorithms working in three dimensional space. *J Nucl Cardio* 1997;4:472-476.
- Hammermeister KE, DeRouen TA, Dodge HT. Variables predictive of survival in patients with coronary disease. Selection by univariate and multivariate analyses from the clinical, electrocardiographic, exercise, arteriographic, and quantitative angiographic evaluations. *Circulation* 1979;59:421-430.
- Vallejo E, Dione Dp, Bruni WL, et al: Reproducibility and accuracy of gated SPECT for determination of left ventricular volumes and ejection fraction: experimental validation using MRI. *J Nucl Med* 2000;41:874.

22. Currie Gm, Wheat JM. The impact of acquisition protocol on the incidence of patient motion in ^{99m}Tc based myocardial perfusion SPECT. *Nucl Med Commun* 2004;25:1191-1195.
23. Vogel Wm, Asptein CS Biggs LL, Gaasch Wh, Ahn J. Acute alternations in left ventricular diastolic chamber stiffness: role of the “erectile” effect of coronary arterial pressure and flow in normal and damaged hearts. *Circ Res* 1982;51:465-478.
24. Oglilby JD, Iskandrian AS, Untereker Wj, Heo J, Nguyen TN, Mercurio J. Effect of intravenous adenosine infusion on myocardial perfusion and function: hemodynamic/angiographic and scintigraphic study. *Circulation* 1992;86:887-895.
25. Nussbacher A, Arie S, Kalil R, Horta P, Feldman MD, Bellotti G, et al. Mechanism of adenosine induced elevation of pulmonary capillary wedge pressure in humans. *Circulation* 1995;92:371-379.