

좌심실기능이상을 동반한 심근경색 병력이 있는 환자에서 TI-201 재분포 SPECT와 휴식기 N-13 Ammonia PET: 분절 비교 및 불일치 분석

성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 핵의학과, 순환기내과¹
 최준영 · 이경한 · 김영환 · 이은정 · 정현우 · 이수진 · 이상훈¹ · 김병태

TI-201 Redistribution SPECT and N-13 Ammonia PET Images in Patients with Old Myocardial Infarction and Left Ventricular Dysfunction: Segmental Comparison and Discordance Analysis

Joon Young Choi, MD., Kyung-Han Lee, MD., Young Hwan Kim, MD., Eun Jeong Lee, MD., Hyun Woo Chung, MD., Su Jin Lee, MD., Sang Hoon Lee, MD.¹ and Byung-Tae Kim, MD.

Department of Nuclear Medicine and Cardiovascular Institute¹, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Korea

We compared rest perfusion PET with redistribution perfusion SPECT to investigate the concordant rate between PET and SPECT images and analyze the discordant pattern. Materials and Methods: Rest N-13 ammonia and F-18 FDG PET were performed on 18 patients with old myocardial infarction and left ventricular dysfunction whose dipyridamole - 4hr redistribution TI-201 SPECT showed one or more severe fixed defects. Regional perfusion and metabolism were evaluated visually and quantitatively with 5-segment myocardial model. Results: There were high concordant rate in uptake pattern (80/90 segments, 88.9%) and high correlation coefficient on quantitative analysis ($R=0.81$, $p<0.001$) between redistribution TI-201 SPECT and N-13 ammonia PET images. Nine of 18 patients had SPECT-PET concordant pattern (Group I). Ten segments (9 in inferior wall, 1 in apex) from the remaining 9 patients showed SPECT-PET discordant pattern with abnormal TI-201 defect and near normal N-13 ammonia uptake (Group II). The diastolic and systolic left ventricular dimensions were significantly increased in Group II compared to those of Group I. When attenuation uncorrected N-13 ammonia PET images were reconstructed in Group II, it resulted in PET images with severe inferior wall defects nearly identical to those seen in redistribution TI-201 SPECT images. Conclusion: Redistribution TI-201 SPECT images showed high concordant rate and correlation with rest N-13 ammonia PET images. Most of discordant segments had fixed thallium defects in inferior wall with nearly normal N-13 ammonia uptake, which may result from severe left ventricular dilatation and attenuation by the left hemidiaphragm and cardiac blood pool. (Korean J Nucl Med 38(3):218-224, 2004)

Key Words: Myocardial infarction, Myocardial SPECT, Myocardial PET, TI-201, N-13 ammonia, Attenuation artifact

서 론

좌심실기능이상을 동반한 만성 관상동맥질환에서 재관류술 후 좌심실기능이 호전될지 예측하는 것은 임상적으로 매우 중요

하다. TI-201을 이용한 부하심근영상에서 관류결손을 보이면서 벽운동이상인 심근 분절이 휴식기영상에서 재분포를 보이면, 재관류술 후 이 부위의 심근 벽운동 호전을 기대할 수 있다. 그러나, 심한 허혈성 또는 동면심근은 표준적인 TI-201 부하-재분포 영상에서 고정관류결손을 보이게 된다. 여러 연구들에서 TI-201 부하-4시간 재분포 영상에서 고정관류결손과 벽운동 이상을 보이는 심근분절의 최대 50%에서 재관류술 후 기능이 호전 되는 것이 잘 알려져 있다.¹⁻³⁾ 따라서, TI-201 부하-4시간 재분포 영상은 동면심근과 경색심근의 감별에 있어서, 생존 가능한 심근의 존재유무와 범위를 실제보다 저평가한다.

• Received: 2004. 5. 12. • Accepted: 2004. 6. 10.

• Address for reprints: Kyung-Han Lee, M.D., Department of Nuclear Medicine, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine, 50 Ilwon-dong, Kangnam-ku, Seoul, 135-710 Korea
 Tel: (02)3410-2627, Fax: (02)3410-2639
 E-mail: khleenm@samsung.co.kr

이러한 단점을 보완하기 위하여 사용되는 방법으로 Tl-201 24 시간 재분포 영상법,³⁾ Tl-201 재주사 영상법,⁴⁾ N-13 ammonia와 F-18 fluorodeoxyglucose (FDG)를 이용한 양전자단층촬영법 (positron emission tomography, PET)^{4,5)} 등이 알려져 있다. 이중 N-13 ammonia와 F-18 FDG를 이용한 PET은 좌심실기능 이상을 동반한 만성관상동맥질환의 생존 가능한 심근을 발견하는 가장 정확한 검사로 알려져 있다.^{4,5)} 이는 생존 가능한 허혈성 심근에서는 포도당대사가 증가되어, N-13 ammonia와 F-18 FDG PET 상 혈류-대사 불일치 소견을 보인다는 사실을 이용한 것이다.

Tl-201과 N-13 ammonia는 모두 심근관류를 평가할 수 있는 방사성의약품이다. 부하-휴식 방법을 이용한 Tl-201과 N-13 ammonia 심근영상은 관상동맥질환 유무와 개별 관상동맥의 협착을 진단하는 데 서로 비슷한 성적을 보이고 있다.⁵⁾ 또한, Tl-201/F-18 FDG 영상과 N-13 ammonia/F-18 FDG 영상은 심근경색환자에서 생존 가능한 심근을 발견하는 데, 높은 일치율을 보이고 있다.⁷⁾ 그러나, 좌심실기능 이상을 동반한 심근경색 병력이 있는 환자에서 재분포 Tl-201 SPECT와 휴식기 N-13 ammonia PET 영상을 분절단위로 직접 비교하고, 그 섭취 차이에 대한 기전을 연구한 보고는 거의 없었다.

이 연구에서는 좌심실기능 이상을 동반한 심근경색 병력이 있는 환자에서 생존 가능한 심근을 평가하기 위하여 시행한 휴식기 N-13 ammonia PET과 Tl-201 4시간 재분포 SPECT 영상을 비교하여 분절단위의 일치율을 알아보고, PET/SPECT 영상 일치/불일치 환자군의 특징을 비교하여 불일치를 일으키는 기전을 알아 보았다.

대상 및 방법

1. 대상

1994년부터 1998년까지 N-13 ammonia와 F-18 FDG 심근 PET을 시행 받은 환자 중 다음과 같은 조건을 만족하는 환자를 대상으로 하였다. 1) 임상조건, 심전도, 심장효소치, 심초음파 또는 관상동맥조영술 상 심근경색의 병력과 좌심실기능 이상(좌심실구혈율 < 50%)이 있으면서, 2) 약물부하-4시간 재분포 Tl-201 심근 관류 SPECT와 휴식기 N-13 ammonia와 F-18 FDG 심근 PET 시행 전 적어도 3개월 이내에 급성 심근경색 발생 병력이 없으면서, 3) 적어도 1개 분절 이상의 심한 고정 관류결손이 심근 관류 SPECT에서 보이면서, 4) 심근 관류 SPECT와 심근 PET 검사는 서로 1달 이내에 이루어졌으면서, 이 두 검사사이에 유의한 임상적인 변화나 약물치료에 변화가 없으면서, 재관류술도 시

행되지 않았으며, 5) SPECT와 PET에 대응되는 관상동맥조영술 결과가 있는 18명(남 17, 여 1; 나이 59.7±8.9세)이 최종 연구 대상이었다.

2. 심초음파와 관상동맥조영술

심초음파는 1명의 순환기내과외과 의사에 의하여 통상적인 방법으로 이루어졌으며, 벽운동 이상, 좌심실구혈율, 좌심실수축기내경, 좌심실이완기내경을 구하였다. 심초음파와 심근 PET 또는 심근 SPECT는 서로 1달 이내에 시행되었다.

관상동맥조영술은 통상적인 방법으로 심근 PET 또는 심근 SPECT와 1달 이내에 시행되었으며, 유의한 관상동맥의 협착은 3개의 관상동맥(좌전하행동맥, 좌회전동맥, 우관상동맥) 또는 이들의 주요 분지에 50% 이상 내경이 좁아진 경우로 정하였다.

3. SPECT와 PET 영상

SPECT 영상은 고해상도평행구명조준기를 가진 Triad 삼중헤드감마카메라(Trionix, Twinsburg, OH) 이용하여, 6시간이상 금식시킨 후에 디피리다몰(0.56 mg/kg)을 4분간 정맥주사하고, 3분 뒤에 111 MBq의 Tl-201을 정맥주사하고, 흉부의 SPECT 영상을 얻었다. 다시, 4시간 뒤에 재분포 영상을 얻었다. 헤드당 40개의 투사영상을 얻었으며, 부하시는 영상당 20초간, 휴식시는 30초간 투사영상을 획득하였다.

영상재구성은 해닝필터(cut-off = 0.60 cycle/cm)를 사용하여, 128 × 128 매트릭스(픽셀 크기 = 3.56 × 3.56 mm)의 횡단면상을 만들고, 이를 좌심실의 중축에 맞추어 회전시켜, 단축영상, 수직장축영상, 수평장축영상을 만들고, 정량분석을 위하여 극성 지도를 만들었다. 감쇠보정은 시행하지 않았다.

PET 스캐닝은 GE Advance PET 스캐너(GE, Milwaukee, WI)(평면해상력 4.6 mm FWHM, 종축해상력 3.9 mm FWHM, 시야 152 mm)를 이용하여 대상을 6시간이상 금식시킨 후에 안정 상태에서 눈을 감게 하고 앙와위에서 시행되었다. 먼저, 20분간 ⁶⁸Ga/⁶⁸Ge 핀선원을 이용한 흉부의 투과스캔을 시행한 후, ~740 MBq의 N-13 ammonia를 정맥주사하고 3분 후에 20분간 흉부의 방출스캔을 시행하였다. 이어서 바로, ~370 MBq의 F-18 FDG를 정맥주사하고, 45분 뒤에 20분간 흉부의 방출영상을 얻었다. 혈당 수치 및 당뇨 유무에 따라, F-18 FDG 주사 45분전에 25~50 g의 포도당을 정맥 투여하였다.

영상재구성은 해닝필터(cut-off = 8.0 mm)를 사용하여, 128 × 128 매트릭스(픽셀 크기 = 1.95 × 1.95 mm)의 감쇠보정된 횡단면상을 만들고, 이를 좌심실의 중축에 맞추어 회전시켜, 단축영

상, 수직장축영상, 수평장축영상을 만들고, 정량분석을 위하여 극성지도를 만들었다.

4. 영상분석

재구성된 SPECT와 PET영상 분석을 위하여 좌심실을 심첨부, 전벽, 심중격, 측벽, 하벽의 5분절로 나누고, 2명의 핵의학 의사가 독립적으로 임상정보를 모른 채 판독하였으며, 이견이 있는 부분은 합의에 의하여 판정하였다. SPECT 영상에서는 각 분절의 고정결손 또는 가역성결손 유무를 판정하였으며, PET 영상에서는 각 부위의 혈류 또는 대사 결손 유무를 판정하였다. 또한, Tl-201 재분포 SPECT와 N-13 ammonia PET의 분절별 섭취양상을 비교하여 일치 또는 불일치로 판정하였다.

정량분석으로 SPECT와 PET영상의 극성지도에서 좌심실의 최대섭취를 100으로 하였을 경우의 상대섭취도를 좌심실 각 분절별로 계산하였다.

5. 통계

Tl-201 재분포 영상과 N-13 ammonia 영상이 일치하는 환자군과 일치하지 않는 환자군의 임상적 특징을 비교하기 위하여, Mann-Whitney U 검정과 카이 검정이 사용되었다. SPECT와 PET 영상에서 분절의 상대섭취도를 비교하기 위하여 Pearson 선형상관분석과 Wilcoxon signed rank test를 사용하였다. p값이 0.05 미만인 경우 통계적으로 유의하다고 판정하였으며, 자료는 평균±표준편차의 형태로 제시되었다.

결 과

심근경색의 위치는 15명에서 좌전하행동맥 영역이었으며, 나머지 3명에서는 우관상동맥 영역이었다. 관상동맥조영술 상 13명은 삼중혈관질환을 가지고 있었으며, 2명은 이중혈관질환(좌전하행동맥, 좌회전동맥), 나머지 3명은 단일혈관질환(좌전하행동맥)을 가지고 있었다.

Tl-201 재분포영상과 N-13 ammonia 영상은 전체 90분절 중 80분절에서 섭취양상이 일치하여 88.9%의 높은 일치율을 보였다. 상관분석에서 Tl-201 재분포영상과 N-13 ammonia 영상의 각 분절사이에는 높은 유의한 상관관계가 발견되었다(R=0.81, p<0.001, Fig. 1). 심근 SPECT상 고정관류결손은 전체 90분절 중 66분절에서 관찰되었다. 전체 대상 18명 중 9명(50%)은 Tl-201 재분포 영상과 N-13 ammonia 영상이 일치하는 양상을 보였다. 나머지 9명(50%)에서는 Tl-201 SPECT 상 고정 결손이면서, N-13 ammonia PET 상 거의 정상 관류를 보이는 10개의 분절(하벽 9, 심첨부 1)이 관찰되었다. 이들 10개의 분절의 F-18 FDG

Table 1. Comparisons in clinical characteristics between SPECT-PET concordant and discordant patients groups.

	SPECT-PET Concordant group (n=9)	SPECT-PET Discordant group(n=9)	p Value
Sex (M:F)	8:1	9:0	n.s.
Age (yr)	55.4 ± 9.5	64.0 ± 5.9	<0.05
Body weight (kg)	75.4 ± 10.1	72.0 ± 6.9	n.s.
IRA (LAD:RCA)	7:2	8:1	n.s.
No. of diseased coronary arteries* (3:2:1)	7:1:1	6:1:2	n.s.
LVEF (%)	38.2 ± 12.1	30.9 ± 11.7	n.s.
LVIDs (mm)	47.3 ± 6.6	55.2 ± 7.3	<0.05
LVIDd (mm)	60.0 ± 5.7	66.6 ± 6.2	<0.05
Presence of apical aneurysm	3	3	n.s.

n.s.: statistically not significant, IRA: infarct-related artery, LAD: left anterior descending artery, RCA: right coronary artery, LVEF: left ventricular ejection fraction, LVIDs: systolic left ventricular internal dimension, LVIDd: diastolic left ventricular internal dimension

* This is the number of 3 major epicardial coronary arteries having significant stenosis in itself or its branches on coronary angiography. Significant coronary artery disease other than that in the infarct-related artery was defined as ≥50% reduction in luminal diameter of a major epicardial coronary artery or one of its major branches in each of the two orthogonal projections.

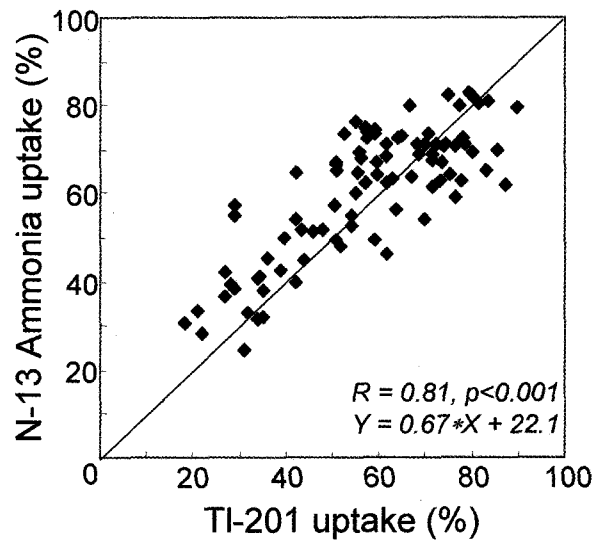


Fig. 1. Scatter plot of segmental relative uptake between Tl-201 redistribution and N-13 ammonia PET images. There was a high correlation coefficient between segmental uptake values of SPECT and PET images (R=0.81, p<0.001).

PET은 거의 정상 또는 경미한 대사 감소를 나타내었다. Tl-201 고정관류결손의 위치에 따른 N-13 ammonia 영상과의 일치율을

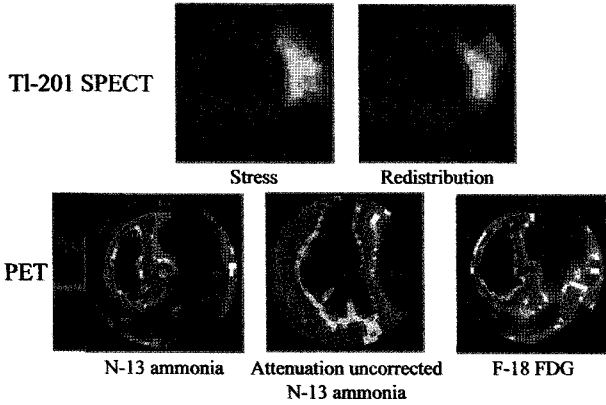


Fig. 2. Bull's eye displays of SPECT and PET images in a patient with anteroseptal myocardial infarction. Stress - 4 hr redistribution Tl-201 images demonstrated a fixed perfusion defect on apex and inferior wall. However, N-13 ammonia PET showed near normal perfusion in apex and inferior wall. There was no significant stenosis of the right coronary artery, and large apical aneurysm was present. Attenuation uncorrected N-13 ammonia PET images were nearly identical to SPECT images.

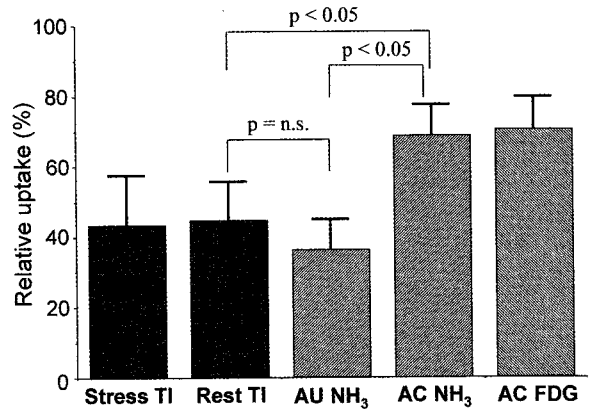


Fig. 3. Relative uptake of SPECT and PET images in 10 atypical Tl-201 defect segments with near normal ammonia PET. There was a significant difference in relative uptake between attenuation corrected N-13 ammonia PET images and SPECT images. However, when attenuation effect was uncorrected, there was no significant difference between N-13 ammonia PET and SPECT images. (NH₃: ammonia, AU: attenuation uncorrected, AC: attenuation corrected, n.s.: statistically not significant)

비교해보면, 전벽(14/14), 심중격(13/13), 측벽(8/8)에서는 Tl-201 재분포 영상과 N-13 ammonia 영상이 100% 일치하였으며, 심첨부(14/15)도 96%의 아주 높은 일치율을 보였다. 그러나, 하벽(7/16)은 44%의 낮은 일치율을 보였다.

Tl-201 재분포 영상과 N-13 ammonia 영상이 일치하는 환자군과 일치하지 않는 환자군의 임상적 특징은 Table 1에 요약되어 있다. Tl-201 재분포 영상과 N-13 ammonia 영상이 일치하지 않는 환자군이 일치하는 환자군보다 나이가 더 많으며, 좌심실확장이 더 심하였다. 환자의 체중, 우관상동맥의 협착 유무와 우관상동맥영역의 경색 유무는 Tl-201 재분포 영상과 N-13 ammonia 영상 일치 유무와 유의한 관련이 없었다.

감쇠보정이 Tl-201 재분포 영상과 N-13 ammonia 영상이 불일치에 미치는 영향을 알아보기 위하여, N-13 ammonia 영상을 감쇠보정 없이 같은 방법으로 재구성하여 비교하였다. Tl-201 재분포 영상과 N-13 ammonia 영상이 일치하지 않았던 10개 분절 모두에서 감쇠보정 하지 않은 N-13 ammonia 영상은 Tl-201 재분포 영상과 거의 유사한 섭취 양상을 보였다(Fig. 2). Fig. 3은 Tl-201 재분포 영상과 N-13 ammonia 영상이 일치하지 않았던 10개 분절의 SPECT와 PET 영상의 상대섭취를 비교한 것이다. 감쇠 보정된 N-13 ammonia 영상(68.7±8.6%)과 Tl-201 재분포 영상(44.4±11.4%)간에는 상대섭취도의 유의한 차이를 보였으나, 감쇠보정 하지 않은 N-13 ammonia 영상(36.2±8.8%)과 Tl-201 재분포 영상(44.4±11.4%) 사이에는 상대섭취도의 유의한 차이가 없었다.

고 찰

이 연구에서는 좌심실기능이상을 동반한 심근경색 병력이 있는 환자에서 생존 가능한 심근을 평가하기 위해 시행한 N-13 ammonia PET과 Tl-201 4시간 재분포 SPECT의 분절 비교분석에서 89%의 높은 일치율과 0.8이상의 높은 선형 상관계수를 보였다. 환자별 분석에서는 50% 환자에서 N-13 ammonia PET과 Tl-201 4시간 재분포 SPECT가 일치하지 않는, 즉 모두 Tl-201 섭취 감소와 N-13 ammonia 섭취 정상인 분절이 발견되었다. 이러한 불일치 병변이 주로 하벽에서 관찰되며, 좌심실확장이 심한 환자들에서 주로 관찰되고, 우관상동맥의 경색 또는 협착과 유의한 관계가 없었다는 것과, 감쇠보정 안한 N-13 ammonia 영상이 Tl-201 영상과 유사한 섭취양상을 보였다는 결과들은 Tl-201 섭취 감소/N-13 ammonia 섭취 정상을 보이는 하벽의 섭취양상은 확장된 심실 내부의 혈액과 횡격막에 의한 감쇠효과가 그 원인이라는 것을 강력히 제시해준다.

N-13 ammonia는 심근관류에 사용되는 PET 추적자 중 가장 Tl-201과 유사한 심근 섭취양상을 보이는 것으로 알려져 있다.^{8,9)} 이 추적자는 모두 유사한 양상으로 심근혈류가 증가함에 따라 심근추출률이 감소하며, 심근세포의 세포막 상태를 반영하여 생존 심근을 발견하는 데 서로 유사한 성적과 심근 벽운동 이상이 있는 심근에서 비슷한 섭취양상을 보이고 있다.^{8,9)} 그러므로, 이 두 추적자 간에 영상의 차이는 추적자 특성보다는 영상을 얻는 방법의 차이, 즉 SPECT와 PET의 차이 때문이라고 볼 수 있다. PET

은 SPECT보다 높은 해상력과 사용되는 추적자의 높은 계수밀도로 인하여 보다 좋은 품질의 영상을 제공해준다.⁸⁾ 또한, 투과스캔을 이용한 감쇠보정이 가능하므로 일반적인 SPECT 영상의 가장 큰 문제 중 하나인 감쇠에 의한 인공산물의 영향이 없다는 것이 큰 장점이다.⁸⁾ 동적영상을 얻을 수 있으므로 심근혈류의 정량이 가능하다는 것도 또 하나의 장점이다. 그러나, 아직까지는 PET 스캐너의 보급이 일반화되지 않았으며, 검사비용이 상대적으로 고가라는 것이 단점이다.

심근 관류 SPECT에서 보일 수 있는 감쇠에 의한 인공산물은 여자에서 유방에 의한 전벽의 섭취감소와 남녀 모두에서 횡격막과 심실 혈액에 의한 하벽의 섭취감소가 대표적이다.¹⁰⁾ 이를 감별하기 위하여 전통적으로 회전투사영상(rotating projection view)을 보는 것이 도움이 되지만, 충분한 정도는 아니다.^{11,12)} 최근, TI-201 심근 SPECT에서도 투과스캔을 이용한 감쇠 보정된 심근영상이 관상동맥질환 진단과 생존 가능한 심근 발견에 좋은 성적이 보고되고 있다.^{13,14)} 그러나, 하벽의 지나친 감쇠보정으로 인한 예민도 감소와 투과스캔에 따른 추가적인 검사비 상승 및 검사시간 증가가 문제가 된다.¹⁵⁾ 또한, Tc-99m 심근 관류 영상에서는 감쇠보정 SPECT가 게이트 SPECT 보다 진단능 향상에 추가적인 도움을 주지 않는다는 보고도 있다.¹⁶⁾ 저자들의 연구에서는 전벽에서 관류 SPECT와 PET이 일치하지 않는 분절은 없었는데, 대상 중 여자가 거의 없었던 것이 그 원인 중 하나로 생각된다.

생존 가능 심근을 찾기 위한 많은 연구들에서 TI-201 SPECT와 N-13 ammonia/F-18 FDG PET이 같이 시행되었다.^{4,7,17-19)} 그러나, 주로 TI-201 SPECT의 재분포 또는 심근 섭취 정도와 N-13 ammonia/F-18 FDG PET의 혈류/대사의 일치 여부를 비교 하였으며, TI-201 SPECT와 N-13 ammonia PET을 분절단위로 직접 비교한 연구는 거의 없었다. Tamaki 등은 관상동맥우회로술을 받은 만성 관상동맥질환 31명을 대상으로 수술 전 운동부하-재분포 TI-201 SPECT와 운동부하-휴식 N-13 ammonia PET을 비교하였다.¹⁹⁾ 비록 정확한 수치는 제공되지 않았지만, 재분포 TI-201 SPECT와 휴식 N-13 ammonia PET 사이에는 전체의 95% (148/155) 분절에서 일치하는 결과를 추론할 수 있다. 일치하지 않은 7개의 분절은 모두 재분포 TI-201 SPECT에서 관류결손을 보이면서, 휴식 N-13 ammonia PET에서 정상을 보이는 것으로 추론된다. 그러나, 이들의 연구에서는 환자들의 좌심실 구혈율, 좌심실 크기, 이러한 SPECT-PET 불일치 병변들의 위치 등의 정보를 전혀 제시하지 않았으므로 이들 병변들의 의의를 알 수 없었다. 이 연구에서도 재분포 TI-201 SPECT와 휴식 N-13 ammonia PET는 육안 및 정량 분절분석에서 89%의 높은

일치율과 0.8 이상의 높은 상관계수를 보였다. 특히, 재관류술 후 좌심실기능회복에 중요한 역할을 담당하는 좌전하행동맥과 좌회전동맥 영역에서 거의 100%의 일치율을 보였다는 사실은 임상적으로 N-13 ammonia PET을 재분포 TI-201 SPECT로 대체시킬 수 있는 가능성을 제시해 준다.

이 연구의 제한점은 다음과 같다. 우선, 대상의 수가 18명으로 상대적으로 적다는 것이다. 두 번째로, 분절분석에서 표준적인 17 또는 20분절이 아닌 5분절로 심근을 나누는 것이다. 다혈관질환과 심근경색의 병력이 있는 환자들이 대부분이므로, 표준적인 분절 수로는 TI-201 영상과 N-13 ammonia 영상의 정확한 비교가 어려웠기 때문에, 이 연구에서는 비교적 분절의 크기를 크게 정하였다. 또한, Tamaki 등도 5분절을 사용하였으며,¹⁹⁾ 육안 및 정량 분석 결과는 이 연구의 결론을 이끌어 내는 데 문제가 없는 것으로 생각된다. 세 번째로 이 연구에서는 TI-201 24시간 재분포 또는 TI-201 재주사 영상을 얻지 못한 것이다. TI-201 24시간 재분포 또는 TI-201 재주사 영상이 생존 심근을 찾는 성적이 4시간 재분포 영상보다 우수한 것을 고려할 때, 이들 영상이 N-13 ammonia PET영상과 더 잘 일치할 가능성이 있다.^{3,4)} 네 번째 제한점은 TI-201을 사용하였으므로 게이트 SPECT를 시행하지 못한 것이다. 최근 많이 사용되고 있는 Tc-99m 심근관류방사성의 약품을 이용한 심근 SPECT영상은 감쇠에 의한 인공산물과 경색의 감별에 유용한 것으로 알려져 있다.¹²⁾ 따라서, 게이트SPECT가 N-13 ammonia PET과 더 일치율이 높을 가능성이 있다. 그러나, 아직까지 좌심실기능이상을 동반한 만성 관상동맥질환에서 게이트 SPECT와 N-13 ammonia PET을 직접 비교한 연구는 없다. 마지막으로, 대상중 여자 환자가 1명으로 매우 적다는 것이다. 여자에서는 유방에 의한 감쇠로 인하여 심근관류영상에서 좌심실의 전벽 또는 측벽에 지속적인 섭취감소가 보일 수 있다.¹⁰⁾ 따라서, 이 연구에서 여자 대상이 적은 것이 전벽 또는 측벽에서 PET과 SPECT의 일치율이 높은 원인일 가능성을 배제할 수 없다. 그렇지만, 유방에 의한 전벽 또는 측벽의 감쇠는 좌심실 확장에 따른 영향을 하벽보다 덜 받으며, 감쇠정도도 상대섭취도가 65%미만으로 감소하는 경우는 적다.²⁰⁾ 이 연구에서 PET과 SPECT가 일치하지 않은 하벽의 섭취 감소정도는 상대섭취도가 평균 44%정도로 TI-201 SPECT에서 반흔과 생존가능심근의 경계 상대섭취도로 알려져 있는 45-60% 보다 낮다.^{21,22)} 그러므로, 좌심실 확장이 있는 환자에서 유방에 의한 전벽 또는 측벽의 감쇠는 실제로 TI-201 SPECT로 생존가능심근을 발견하는 성적에 하벽의 감쇠보다는 영향을 덜 끼칠 것이다.

결론적으로, 좌심실기능이상을 동반한 심근경색 병력이 있는 환자에서 생존 가능한 심근을 찾기 위한 혈류/대사 PET에서

Tl-201 재분포 SPECT와 N-13 ammonia PET은 높은 판독 일치율과 상관관계를 보인다. PET/SPECT 불일치 소견은 주로 좌심실 확장이 심한 환자에서의 거의 정상인 관류 PET을 보이면서 Tl-201 SPECT 상 하벽의 고정 관류 결손이며, 이의 기전은 확장된 심실 내부의 혈액과 횡격막에 의한 감쇠로 생각된다. 좌심실 확장이 심한 환자에서 Tl-201 부하-4시간 재분포 영상에서 하벽에 심한 고정관류결손이 보일 때, 감쇠에 의한 인공산물일 가능성이 있으므로 심근생존능 평가를 위해서는 감쇠보정이나 F-18 FDG PET 검사 등의 보완이 필요하다.

국문요약

목적: 이 연구에서는 좌심실기능이상을 동반한 심근경색 병력이 있는 환자에서 생존 가능한 심근을 평가하기 위하여 시행한 휴식기 N-13 ammonia PET과 Tl-201 재분포 SPECT를 분절단위로 비교해 보고, PET/SPECT 불일치를 일으키는 기전을 알아 보았다.

대상 및 방법: 심근경색 병력과 좌심실기능이상, 그리고 약물 부하-휴식 Tl-201 SPECT 상 1분절 이상의 고정관류결손이 있는 18명(남 17, 여 1; 나이 59.7±8.9세)을 대상으로 N-13 ammonia/F-18 FDG 심근 PET을 시행하였다. 좌심실을 5분절로 나누어 분절별로 혈류와 대사를 육안 및 정량분석으로 평가하였다.

결과: 재분포 Tl-201 SPECT와 N-13 ammonia PET은 전체 90분절 중 80분절에서 일치하는 섭취양상을 보여 88.9%의 높은 일치율과 정량분석상의 높은 상관관계(R=0.81, p<0.001)를 보였다. 전체 환자 중 9명에서는 재분포 Tl-201 SPECT와 N-13 ammonia PET이 모든 분절에서 일치하였으며(환자군 1), 나머지 9명의 10분절(하벽 9, 심첨부 1)에서는 Tl-201 SPECT상 관류결손을 보이면서 N-13 ammonia PET상 섭취가 거의 정상을 보였다(환자군 2). 환자군 1과 2사이에 좌심실수혈율의 유의한 차이는 없었지만, 환자군 2에서 수축기 및 이완기 좌심실내경이 환자군 1보다 유의하게 커져있었다. 환자군 2에서 감쇠보정이 안된 N-13 ammonia PET 영상을 재구성해서 Tl-201 재분포 SPECT 영상과 비교하였을 때, 두 영상 모두 하벽에 비슷한 양상의 관류결손이 발견되었다.

결론: 좌심실기능이상을 동반한 심근경색 병력이 있는 환자에서 생존 가능한 심근을 찾기 위한 혈류/대사 PET에서 Tl-201 재분포 SPECT와 N-13 ammonia PET은 높은 판독 일치율과 높은 상관관계를 보인다. PET/SPECT 불일치 소견은 주로 좌심실 확장이 심한 환자에서의 거의 정상인 관류 PET을 보이면서 Tl-201 SPECT 상 하벽의 고정 관류 결손이며, 이의 기전은 확장

된 심실 내부의 혈액과 횡격막에 의한 감쇠로 생각된다.

References

- Gibson RS, Watson DD, Taylor GJ, Crosby IK, Wellons HL, Holt ND, et al. Prospective assessment of regional myocardial perfusion before and after coronary revascularization surgery by quantitative thallium-201 scintigraphy. *J Am Col Cardiol* 1983;1:804-15.
- Liu P, Kiess MC, Okada RD, Block PC, Strauss HW, Pohost GM, et al. The persistent defect on exercise thallium imaging and its fate after myocardial revascularization: does it represent scar or ischemia? *Am Heart J* 1985; 110:996-1001.
- Kiat H, Berman DS, Maddahi J, De Yang L, Van Train K, Rozanski A, et al. Late reversibility of tomographic myocardial thallium-201 defects: an accurate marker of myocardial viability. *J Am Col Cardiol* 1988;12:1456-63.
- Bonow RO, Dilsizian V, Cuocolo A, Bacharach SL. Identification of viable myocardium in patients with chronic coronary artery disease and left ventricular dysfunction. Comparison of thallium scintigraphy with reinjection and PET imaging with ¹⁸F-fluorodeoxyglucose. *Circulation* 1991;83:26-37.
- Schelbert HR. Merits and limitations of radionuclide approaches to viability and future developments. *J Nucl Cardiol* 1994;1(2 Pt 2):S86-96.
- Tamaki N, Yonekura Y, Senda M, Yamashita K, Koide H, Saji H, et al. Value and limitation of stress thallium-201 single photon emission computed tomography: comparison with nitrogen-13 ammonia positron tomography. *J Nucl Med* 1988;29:1181-8.
- Bax JJ, Visser FC, Blanksma PK, Veening MA, Tan ES, Willemsen TM, et al. Comparison of myocardial uptake of fluorine-18-fluorodeoxyglucose imaged with PET and SPECT in dyssynergic myocardium. *J Nucl Med* 1996;37:1631-6.
- Schwaiger M. Myocardial perfusion imaging with PET. *J Nucl Med* 1994;35:693-8.
- Kitsiou AN, Bacharach SL, Bartlett ML, Srinivasan G, Summers RM, Quyyumi AA, et al. ¹³N-ammonia myocardial blood flow and uptake: relation to functional outcome of asynergic regions after revascularization. *J Am Col Cardiol* 1999;33:678-86.
- DePuey EG, Garcia EV. Optimal specificity of thallium-201 SPECT through recognition of imaging artifacts. *J Nucl Med* 1989;30:441-9.
- DePuey EG. How to detect and avoid myocardial perfusion SPECT artifacts? *J Nucl Med* 1994;35:699-702.
- Choi JY, Lee KH, Kim SJ, Kim SE, Kim B-T, Lee SH, et al. Gating provides improved accuracy for differentiating artifacts from true lesions in equivocal fixed defects on technetium 99m tetrofosmin perfusion single-photon emission computed tomography. *J Nucl Cardiol* 1998;5:395-401.
- Shotwell M, Singh BM, Fortman C, Bauman BD, Lukes J, Gerson MC. Improved coronary disease detection with quantitative attenuation-corrected Tl-201 images. *J Nucl Cardiol* 2002;9:52-62.
- Gallowitsch HJ, Unterweger O, Mikosch P, Kresnik E, Sykora J, Grimm G, et al. Attenuation correction improves the detection of viable myocardium by thallium-201 cardiac tomography in patients with previous myocardial infarction and left ventricular dysfunction. *Eur J Nucl Med* 1999;26:459-66.
- Harel F, Genin R, Daou D, Lebtahi R, Delahaye N, Helal BO, et al. Clinical impact of combination of scatter, attenuation correction, and depth-dependent resolution recovery for Tl-201 studies. *J Nucl Med* 2001;42:1451-6.
- Lee DS, So Y, Cheon GJ, Kim KM, Lee MM, Chung JK, et al. Limited incremental diagnostic values of attenuation-noncorrected

- gating and ungated attenuation correction to rest/stress myocardial perfusion SPECT in patients with an intermediate likelihood of coronary artery disease. *J Nucl Med* 2000;41:852-9.
17. Brunken R, Schwaiger M, Grover-McKay M, Phelps ME, Tillisch J, Schelbert HR. Positron emission tomography detects tissue metabolic activity in myocardial segments with persistent thallium perfusion defects. *J Am Col Cardiol* 1987;10:557-67.
 18. Yamagishi H, Akioka K, Takagi M, Tanaka A, Takeuchi K, Yoshikawa J, et al. Relation between the kinetics of thallium-201 in myocardial scintigraphy and myocardial metabolism in patients with acute myocardial infarction. *Heart* 1998;80:28-34.
 19. Tamaki N, Yonekura Y, Yamashita K, Senda M, Saji H, Konishi Y, et al. Value of rest-stress myocardial positron tomography using nitrogen-13 ammonia for the preoperative prediction of reversible asynergy. *J Nucl Med* 1989;30:1302-10.
 20. Manglos SH, Thomas FD, Gagne GM, Hellwig BJ. Phantom study of breast tissue attenuation in myocardial imaging. *J Nucl Med* 1993;34:992-6.
 21. Narahara KA, Thompson CJ, Maublant JC, Criley JM, Mena I. Estimation of left ventricular mass in normal and infarcted canine hearts using thallium-201 SPECT. *J Nucl Med* 1987;28:1315-21.
 22. O'Connor MK, Caiati C, Christian TF, Gibbons RJ. Effects of scatter correction on the measurement of infarct size from SPECT cardiac phantom studies. *J Nucl Med* 1995;36:2080-6.