

관동맥내 주사 TI-201 SPECT에서 심근 분절의 섭취: 부하-재주사 TI-201 영상과의 비교

경북대학교 의과대학 핵의학교실, 내과학교실¹
서지형 · 강성민 · 배진호 · 이용진 · 이상우 · 유정수 · 안병철 · 조용근¹ · 이재태

Myocardial Tracer Uptake in SPECT Images after Direct Intracoronary Injection Of TI-201: Comparison with Stress-Reinjection Images

Ji-Hyoung Seo, M.D., Seong-Min Kang, M.D., Jin-Ho Bae, M.D.,
Yong-Jin Lee, Ph.D., Sang-Woo Lee, M.D., Jeongsoo Yoo, Ph.D.,
Byeong-Cheol Ahn, M.D., Yong-Geun Cho, M.D.¹, and Jaetae Lee, M.D.

Department of Nuclear Medicine and ¹Internal Medicine,
School of Medicine, Kyungpook National University, Daegu, Korea

Purpose: To investigate the feasibility of TI-201 SPECT with intracoronary injection (IC-I) in the detection of viable myocardium, we have performed SPECT imaging after direct intracoronary injection of TI-201 and images were compared with those of stress-reinjection (Re-I) SPECT. **Methods:** Fourteen coronary artery disease patients (male 11, mean age 54 years) who had myocardial infarction or demonstrated left ventricular wall motion abnormality on echocardiography were enrolled. Three mCi of TI-201 was injected into both coronary arteries during angiography and images were acquired between 6- and 24-hour after injection. Reinjection imaging with 1 mCi of TI-201 was performed at 4-hour after adenosine stress imaging with 3 mCi of TI-201. Images were interpreted according to 4-grade visual scoring system (grade 0-3). Segments with mild to moderated uptake (\leq grade 1), and upgraded more than one score with reinjection, and were defined as viable myocardium. **Results:** Image quality was poor in two cases with IC-I. Numbers of non-viable segments were 60 (23.8%) with IC-I, and 38 (15.1%) with Re-I, respectively. Overall agreement for perfusion grade per myocardial segment in each IC-I and Re-I was 76.5%. Overall agreement for viable segment between IC-I and Re-I was 90.5%. Only one out of 38 segments interpreted as non-viable with Re-I were interpreted as viable with IC-I. And 23 out of 214 segments interpreted as viable with Re-I were interpreted as non-viable with IC-I. **Conclusion:** Intracoronary TI-201 SPECT seemed to be not advantageous over stress-rest reinjection imaging in the assessment of myocardial viability, mainly due to low count statistics at 6-hour or 24-hour delayed time points. The feasibility of intracoronary TI-201 SPECT is considered to be limited. (Nucl Med Mol Imaging 2007;41(4):291-298)

Key Words: coronary artery disease, intracoronary TI-201 injection, myocardial perfusion SPECT, myocardial viability

서 론

만성 관동맥 질환이나 심근경색 후 심벽운동의 감소를 보이는 환자에서 생존된 심근을 진단하는 것은 중요하다. 관동

맥 우회술이나 중재적 관동맥 개통술이 일반화된 현실에서 생존된 심근의 정확한 진단은 심한 좌심실 기능장애를 보이는 관동맥 질환 환자에서 관동맥 재개통술의 시행은 심장 기능의 회복과 삶의 질 향상과 직접적인 연관이 있으며, 유의한 양의 생존심근이 있는 경우에는 관동맥 재개통술 후 좌심실 박출계수의 증가 뿐만 아니라 심실의 재형성, 부정맥의 발생, 심장사건으로 인한 급사 등도 줄일 수 있다.¹⁻⁵⁾ 생존심근의 평가에는 관동맥 재개통술을 시행한 후에 국소적인 심벽운동 이상이 호전되는 가를 사전에 평가할 수 있는 방법을 적용하는 것이 정답이겠지만, 아직까지 사전에 비침습적인 방법으로 생존심근을 가진 환자를 정확하게 선별해 주는 영

• Received: 2007. 1. 30. • Accepted: 2007. 5. 17.
• Address for reprints: Jaetae Lee, M.D., Department of Nuclear Medicine, Kyungpook National University School of Medicine, 50 Samduck-dong 2-ga, Jung-gu, Daegu 700-721, Korea
Tel: 82-53-420-5586, Fax: 82-53-422-0864
E-mail: jaetae@knu.ac.kr

* 본 연구는 과학기술부의 원자력 중장기 연구비와 교육부의 Brain Korea 21 project in 2006의 지원으로 이루어졌음

방법은 없다. 지금까지 F-18 fluorodeoxyglucose (FDG) 양전자방출 단층촬영술(positron emission tomography, 이하 PET)을 표준적인 검사법으로 이용하고 있으나^{6,7)} PET 검사는 몇몇 대형병원에서만 이용될 수 있는 제한적인 검사법이다. 심장 자기공명영상(MRI), 도부타민 심초음파검사 등에 의한 심벽의 두꺼워짐과 심벽운동의 변화를 평가하는 방법도 최근에 이용이 증가되고 있으나, 임상적으로 가장 많이 이용되어온 방법은 핵의학적 영상법으로서 Tl-201, Tc-99m sestamibi(이하 MIBI)나 tetrofosmin SPECT에서 심근 분절의 방사능 섭취 정도를 정량화하고 게이트 심근 SPECT로 심근의 두꺼워짐과 심벽운동을 평가하는 방법이 널리 이용되고 있다.⁸⁻¹⁰⁾

Tl-201 심근관류스캔은 생존심근의 평가에 가장 많이 이용되어온 방사성의약품이며 심근내 섭취 기전이 생리적이며 심근내 추출율이 높다는 장점이 있다. 일반적인 부하-안정 Tl-201 심근영상에 부가한 부하-안정-재주사영상법, 안정-재분포영상법이 생존심근의 진단에 이용되는 방법이며 그 진단 성능도 유사하다.⁸⁾

생존심근을 진단하는 핵의학 영상법은 투여한 방사성의약품의 심근섭취 정도로 평가하는 것이 일반적이며 그 정도는 관류상태, 세포막의 충실도(membrane integrity), 세포의 대사 기능의 유지 정도와 관련이 있으며, 일반적으로 심근분절의 방사성추적자의 섭취가 관류가 정상인 분절의 섭취에 비하여 50-60% 이상일 때 생존 가능한 심근으로 진단하고 있다¹¹⁾. 그러나 심근의 관류평가에 이용되는 방사성추적자의 섭취는 국소혈류에 의존하기 때문에 혈류가 심하게 감소된 영역에는 섭취 정도도 감소하여 검사의 정확도가 낮아질 수 있으므로 혈류가 낮은 심근 부위에도 섭취를 높이기 위해서 관동맥 내에 직접 주사하는 방법이 고안된 바 있었으나, 주로 심근경색 환자에서 치료 전후에 방사성의약품의 섭취 정도의 변화를 구명한 오래 전의 연구가 대부분이다.¹²⁻¹⁷⁾

본 연구는 관동맥 혈류가 감소된 부위에도 혈중 방사성의약품의 농도를 증가시킴으로서 심근내 섭취를 향상시킬 수 있을 것이라는 가정 하에, 관동맥조영술 시에 관동맥 내에 Tl-201를 직접 주사한 후 SPECT 영상을 얻어 심근 분절의 섭취 정도를 평가하였다. 여기에서 얻어진 심근영상을 생존심근을 진단하는데 널리 이용되고 있는 아테노신 부하-재주사 Tl-201 SPECT 영상에서의 심근 분절의 섭취 정도와 비교하였다.

대상 및 방법

1. 대상

심장 초음파검사서 심벽운동의 이상이 있고, 관동맥조

영술을 시행할 예정인 14명의 관동맥질환자를 대상으로 연구를 시행하였다. 남자가 11명이었고, 평균연령은 54세(36-73세)였다. 이들 중 12명은 과거 병력상 심근경색으로 진단되어 치료 받은 환자이며 심초음파상 좌심실의 구혈계수의 감소와 좌심실운동장애가 증명되었다. 2명의 환자는 흉부의 불편감과 호흡곤란으로 내원한 환자였다. 4명의 환자에서 당뇨병이 있었다.

2. 아테노신 부하-재주사 Tl-201 SPECT

관동맥내 주사 Tl-201 SPECT 영상과 비교하기 위한 아테노신 부하-재주사 Tl-201 SPECT 영상을 얻었다. 기관지 천식 혹은 만성폐쇄성폐질환, 2도 혹은 3도 방실차단이 있는 경우, 그리고 수축기 혈압이 90 mm Hg 이하인 경우 아테노신 부하 검사를 시행하지 않았으며 환자들은 검사 24시간 전부터는 카페인 포함된 식음료를 제한하게 하였다. 아테노신은 주입펌프를 사용하여 140 g/kg/min의 속도로 6분간 정맥주사하였으며, 아테노신을 주사하는 반대편 팔에 Tl-201 2-3 mCi를 정맥주사 후 부하영상을 얻고 4시간 후에 Tl-201 1 mCi를 재주사한 후 다시 영상을 얻었다¹⁸⁾. 관동맥내 주사 후 영상과 아테노신 부하-재주사 Tl-201 SPECT과의 간격은 평균 3일이었고 1주일을 초과하지 않았다. 관동맥주사 영상과의 검사 순서는 정해지지 않았고 한가지 검사를 시행한 경우 다음에 다른 검사를 시행하였다.

3. 관동맥조영술 및 관동맥내 주사

관동맥조영술은 숙련된 순환기내과 의사 2명에 의해 시행되었으며, 대퇴동맥 천자를 통하여 Judkins 방법에 의하여 실시되었다¹⁹⁾. 좌전하행동맥과 좌회선동맥, 우측관상동맥과 이 동맥들의 주분지 협착을 평가하였으며 협착의 평가는 그 정도에 따라 0-4등급으로 분류하고, 혈관 직경의 50% 이상의 협착을 보일 때를 유의한 협착이 있는 것으로 판정하였다. 관동맥조영술상 세 개의 관동맥질환을 가진 환자가 4명, 두 개의 관동맥질환 환자가 1명, 한 개의 관동맥질환 환자가 8명, 그리고 유의한 관동맥협착이 없었던 환자는 1명이었다.

4. 관동맥내 주사 Tl-201 SPECT 영상:

관동맥내 주사 Tl-201 SPECT 영상의 시행은 관동맥조영술을 시행한 환자들을 대상으로 관동맥조영술이 끝나기 직전에 Tl-201 111 MBq (3 mCi)를 나누어서 각각 55.5 MBq (1.5 mCi)씩 좌, 우 관동맥 내에 각각 직접 주입하고 10 cc의 생리식염수를 서서히 주사하였다. 관동맥조영술 후에는 천자부를 압박하며 안정상태를 유지하여야 했으며, 심혈관촬영실과 감마카메라 영상실과의 위치가 떨어져있어 주사 직

Table 1. Comparison of Myocardial Segmental Perfusion Grades between TI-201 Myocardial SPECT Images with ReInjection and with Direct Intracoronary Injection

IC	RI	Grade 0	Grade 1	Grade 2	Grade 3	Total
Grade 0		128	11	0	0	139
Grade 1		16	36	0	1	53
Grade 2		4	12	22	5	43
Grade 3		2	5	3	7	17
Total		150	64	25	13	252

RI: ReInjection TI-201 Myocardial SPECT images, IC: Intracoronary TI-201 Injection Myocardial SPECT Images, Grade 0: normal myocardial perfusion ($\geq 75\%$ of maximal myocardial uptake), Grade 1: mildly decreased tracer uptake (50-75% of maximal myocardial uptake), Grade 2: moderately decreased tracer uptake (25-50% of maximal myocardial uptake), Grade 3: severely decreased tracer uptake ($< 25\%$ of maximal myocardial uptake), Number are myocardial segments.
Exact Segmental Agreement: 76.5%, Kendall tau-b: 0.737.

후의 영상을 얻기가 어려웠으므로 TI-201을 주사한 뒤 초기에 심장영상을 얻지 못하고, 6시간에서 24시간(평균 16시간) 사이의 지연 영상을 얻었다¹⁶⁾. 이중검출기(ADAC, USA) 혹은 삼중검출기(PRISM 3000, Picker, USA)가 장착된 감마카메라를 이용하여 심근 SPECT 영상을 획득하였다. 우전사위 45° 부터 좌후사위 45° 까지 32개의 영상을 얻었으며 매트릭스 크기는 64×64로 하였다. 여과후 역투사(filtered back-projection)한 후 단축, 수직장축, 그리고 수평장축 단층사진을 얻었고, 감쇠 및 산란보정은 하지 않았다.

5. SPECT 영상의 반정량적 판독에 의한 생존심근 진단

심근분절은 17분절로 구분하여 심근섭취를 분류하였다²⁰⁾. 단축영상을 이용하여 극성지도를 만들었으며 각 심근분절의 섭취는 최대심근섭취정도를 100%로 기준하여 섭취율(최대 섭취정도에 대한 백분율)로 평가하였다. 관동맥내 주사후 얻은 영상과 아테노신 영상 모두에서 TI-201의 낮은 계수로 인하여 게이트 영상은 얻지 않았다. 심근 분절의 섭취 정도는 반정량적인 관류등급의 평가방법으로 구분하였는데, 심근분절의 섭취정도에 따라 0-3의 4등급으로 분류하였다. 정상적인 섭취(최대심근섭취정도의 75% 이상)를 등급 0, 경도로 감소된 섭취(50%에서 75% 사이)를 등급 1, 중등도로 감소된 섭취(25%에서 50% 사이)를 등급 2, 심하게 감소(25% 미만)되었거나 관류결손이 나타난 분절은 등급 3으로 분류하였다. 생존된 심근의 판정은 부하영상, 재주사후의 영상, 또는 관동맥내 주사후의 영상 모두에서 심근 분절의 섭취정도가 등급 0, 1인 경우는 생존심근으로 판정하였고, 심근 분절의 TI-201 섭취가 정상분절 섭취의 50% 이하이며 역치를 50%로 설정한 color coding으로 black-out하였을 때, 결손으로 나타나는 등급 2, 3을 비생존 심근으로 판정하였다. 또한 아테노신-재주사영상에서는 심근분절의 섭취정도가 50% 이상인 경우와 함께 재주사 후 심근내 섭취가 부하영상보다 증가된 경우로 판정하여, 각각 심근 분절에 대해 관류등급과

생존능을 비교하였다. 영상의 판독 시에는 먼저 촬영한 영상의 판독 결과를 모르는 상태에서 심근분절의 섭취 정도를 구분하였으며, 숙련된 2명의 핵의학과 의사에 의해 모든 판독을 시행하였으며 의견이 상이한 경우에는 2명이 토의를 하고 최종 합의한 섭취 등급을 결정하였다.

6. 통계분석

SPSS software(version 12.0)를 사용하여 통계 분석하였다. 관동맥내 주사 영상과 부하-재주사 영상과의 각 심근분절당 관류등급 및 생존능의 일치 정도를 비교하기 위해 Kendall tau-b 검사를 하였다.

결 과

1. 전체 영상의 분석

총 14명의 환자 중 2명에서는 관동맥내 주사 영상은 낮은 계수율로 인하여 심장의 경계가 정확하게 구분되지 않거나 분절을 구분할 수 없을 정도로 영상이 명확하지 못하였으므로 본 연구의 분석에서 제외하였다. 그러므로 12명의 영상에서 총 252 분절을 구분하여 섭취 정도를 분석하였다. 심근분절 내의 섭취정도의 비교는 관동맥내 주사 영상과 부하-재주사 영상법에서 얻은 재주사 후의 영상을 분절 별로 각각 분석하였을 경우, 부하-재주사 영상에서 등급 0은 150개, 등급 1은 64개, 등급 2는 25개, 등급 3은 13개 분절이었으며, 관동맥내 주사 영상에서는 각각 139개, 53개, 43개, 17개 분절이었다. 관동맥내 주사 영상에서 0등급-1등급이었던 192개의 분절을 생존심근으로 판정하였고, 재주사 영상에서는 0등급-1등급이었던 214개의 분절을 각각 생존심근으로 판정하였다.

2. 심근분절 섭취 반정량적 등급의 비교

Table 1 에 각 분절에 대해 관동맥내 주사 영상과 재주사 영상에서의 관류등급을 비교하였다. 두 영상에서의 관류등

Table 2. Comparison of Numbers of Segment Regarding to Segmental Viability between Stress-Reinjection Tl-201 Myocardial SPECT images and Tl-201 Injection Myocardial SPECT Images with Direct Intracoronary Injection

IC	RI	Non viable	Viable	Total
Non viable		37	23	60
Viable		1	191	192
Total		38	214	252

RI: Reinjection Tl-201 Myocardial SPECT images, IC: Intracoronary Tl-201 Injection Myocardial SPECT Images, Number are myocardial segments.
 Exact Segmental Agreement: 90.5%, Kendall tau-b: 0.728.

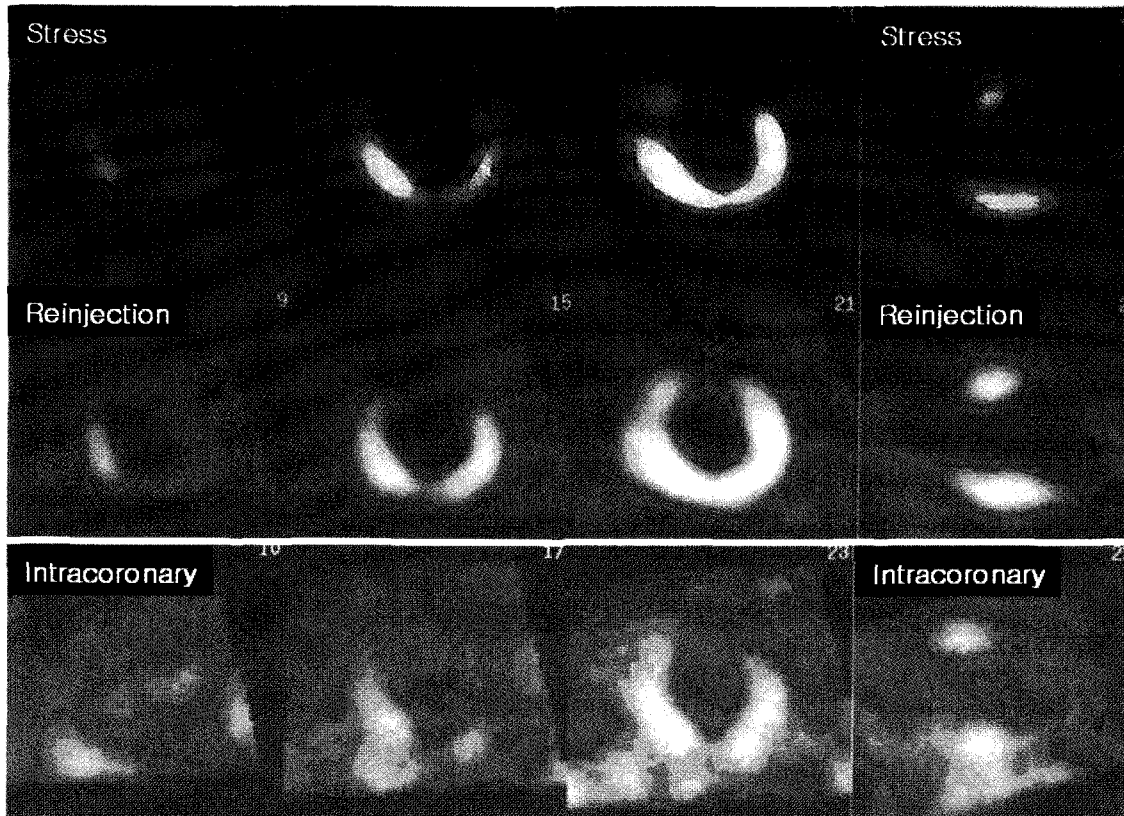


Fig. 1. Typical Tomographic Slices of the Myocardium either with Stress-Reinjection Method or Direct Intracoronary Injection Method. Upper: Stress-Reinjection Tl-201 myocardial SPECT images, Lower: Tl-201 Myocardial SPECT Images after Intracoronary injection. Large non-viable segments in left anterior descending coronary artery territory were noted in both images. Part of the basal anterior wall was upgraded with reinjection of the Tl-201, but intracoronary injection images showed further decreased segmental uptake in mid lateral and apical inferior left ventricular wall.

급 평가에 대한 일치율은 76.5%로서 비교적 높은 일치율을 보였으며 Kendall tau-b 값은 0.737이었다.

재주사 영상과 비교하여 관동맥내 주사 영상에서 관류등급의 평가가 달라졌던 분절들을 살펴보면, 관동맥내 주사로 섭취정도가 개선되어 관류 등급이 상향 조정된 것이 17개 분절이었고 반대로 관류등급이 하향된 것은 42개 분절이었다. 관동맥내 주사 영상으로 상향 평가된 분절은, 1 등급 상향된 것이 16개, 2 등급 상향된 것이 1개의 분절이었으며, 3 등급 상향된 분절은 없었다. 관류 정도가 하향 등급된 분절을 구

분하면, 1 등급 하향된 것이 31개, 2 등급 하향된 것이 9개의 분절이었으며, 3 등급 하향된 분절이 2개였다.

3. 분절로 구분한 생존심근 판단 결과의 비교

부하-재주사 영상을 기준으로 하였을 때 부하 영상이나 재주사 영상에서 심근분절의 섭취 정도가 정상분절 섭취의 50%가 넘었거나 재주사후 섭취정도의 유의한 증가가 관찰된 분절을 생존심근으로 판정하고, 관동맥내 주사 영상에서의 분절내 섭취가 50%인 경우를 생존심근으로 판정하였을

때, 심근 분절에 대해 두 영상의 생존심근 검출 성적을 Table 2에 표시하였다. 두 영상에서 심근 분절당 생존능의 관점에서 불일치된 소견을 보였던 분절들을 분석하면, 부하-재주사영상에서 비생존심근으로 나타난 38개의 분절 중 단 1개의 분절만이 관동맥내 주사 영상시 생존심근인 것으로 판단할 소견을 보였으나, 부하-재주사 영상에서는 생존심근인 것으로 나타났던 214개의 분절 중에서는 23개의 분절이 오히려 관동맥내 주사 영상시 생존능이 없는 것으로 하향 평가 되었다. 두 영상에서의 생존능 평가에 대한 일치율은 90.5%였으며 Kendall tau-b 값은 0.728이었다.

고 찰

본 연구에서는 심장초음파검사서 국소적인 심벽운동이 감소되었고 부하 Tl-201 심근 SPECT 검사에서 국소 심근의 방사능섭취가 감소되어 심근생존능의 평가가 필요하였던 관동맥질환 환자에서, Tl-201을 관동맥내에 주사하여 섭취가 감소된 분절의 섭취를 증가시켜 생존심근을 찾는 데 도움이 되는지 알아보았다. 관동맥내 주사 후 얻은 심장 단면영상에서 심근 분절의 섭취 정도를 생존심근을 진단하는데 이용되는 부하-재주사 영상 중 재주사 영상과 비교하였다. 저자들의 연구에서는 관동맥조영술 시에 Tl-201을 양쪽 주관동맥에 주사한 후 얻은 SPECT 영상은 Tl-201 부하-재주사 SPECT 영상과 비교하여 심근 분절의 섭취가 높지 않았다. 특히 관동맥조영술 후 영상에서 대상 환자 중 14%에 해당하는 2명에서는 주사 후 12시간 이상이 지난 후 얻은 심장 단면영상에서 영상 계수율이 낮아 주변의 폐 섭취와 심근 섭취가 유사한 정도이거나 심근을 17 분절로 명확하게 구분하기 어려운 정도로 경계가 불분명하였다. 이들을 제외한 12명(전체환자의 86%)의 심근 영상에서의 생존능 평가에 대한 분절 섭취정도의 일치율은 90.5% 이었으나, 부하-재주사 영상에서 비생존 심근으로 나타난 38개의 분절 중 단 1개의 분절만이 관동맥내 주사 영상에서 생존심근인 것으로 판단할 소견을 보였다. 부하-재주사 영상에서는 생존심근인 것으로 나타났던 214개의 분절 중에서 23개의 분절이 오히려 관동맥내 주사 영상시 생존능이 없는 것으로 하향 평가 되었다 (Fig. 1). 전체의 6.7%인 17개 분절에서는 관동맥내 주사로 섭취가 향상되는 소견을 보여 일부에서는 관동맥내 주사 영상이 심근섭취의 평가에 개선을 줄 수 있다고 추측할 수 있으나, 42개 분절에서 관류등급이 낮아졌다. 이러한 결과로 보아 관동맥내 Tl-201을 주사한 후 지연영상을 얻어 심근 생존능을 평가하려는 시도는 심근의 낮은 Tl-201 섭취에 의한 불분명한 영상으로 인하여 합리적이지 못한 방법으로 판단

되었다.

협착이 심한 혈관의 공급을 받는 심근부위는 혈류가 심하게 감소되어 있고, 특히 방사성추적자의 심근 추출율은 협착동맥의 부위의 심한 저혈류 상태에서는 더욱 낮은 것으로 알려져 있으므로 생존심근의 진단에서 심근 SPECT의 진단성은 낮아질 수 있다.²¹⁾ 그러므로 관동맥조영술을 시행할 때에 관동맥 내로 직접 방사성의약품을 주사한 후 심근 영상을 얻으면, 심한 혈류감소가 있는 심근 부위에 추출될 수 있는 방사성의약품의 농도를 증가시켜 심근 추출율을 높이고 배후방사능 치를 줄일 수 있을 것이다. 특히 Tl-201의 일회통과 시의 심근 추출율은 Tc-99m MIBI나 Tc-99m tetrofosmin보다 높아 심근 생존능의 검출에 더욱 유리할 수 있다.^{10,22)} Tl-201의 관동맥내 주사 영상에 관한 연구들은 주로 1980년대에 급성 관동맥질환의 치료 시에 시행되었던 것이었고, 이들 연구들은 관동맥내 주사 방법은 심근섭취가 높아, 영상으로 심근의 혈류분포를 경시적으로 평가할 수 있었다고 보고하였다.^{16,23-28)} 관동맥 내에 Tl-201를 직접 주사한 후, 영상을 얻어서 생존심근의 검색능을 평가한 임상연구는 문헌검색으로 찾을 수가 없었고 이에 대한 연구가 필요하였으나, 본 연구의 결과로서 관동맥내 주사에 의한 Tl-201 SPECT영상은 생존심근을 진단하는 영상진단법으로는 적절하지 않다는 결론에 도달하였다.

이번 연구에서는 협착된 혈관의 개통술을 실시한 후 심벽운동의 개선이나 국소 구혈계수의 증가 등으로 평가한 결과를 기준으로 한 생존심근 진단능을 평가한 연구는 수행하지 못하였다. 그러나 생존심근의 진단에서 진단성능이 비교적 잘 알려져 있는 Tl-201 부하-재주사 영상과 비교 분석한 결과로 이들의 연관성을 간접적으로 비교하였다. 그러나 부하-재주사 영상으로 안정영상을 생략하는 경우에는 상당수의 허혈 심근을 진단하지 못하는 경우가 있을 수 있다는 점도 고려되어야 할 것이다. Dilsizian 등²⁹⁾은 부하-4시간 재분포 영상에서 완전 또는 부분적인 가역적 관류결손을 보였던 분절 중에서 Tl-201을 재주사한 후 영상을 얻어 비교하니 이들 분절 중 25%에서 상대적으로 낮은 Tl-201 섭취율에 기인하여 분절내 섭취는 명백한 Tl-201 제거를 나타내었고, 재분포 영상을 얻지 않고 부하-재주사 영상만 얻으면 이 부위는 비가역적인 관류결손 부위로 나타내게 되므로, 부하-재분포-재주사 법이나 부하-재주사-24시간 지연영상을 얻는 것이 좋다고 한 바가 있다.

비가역적인 관류결손이 있는 심근분절이라고 하여도 심근분절의 Tl-201 섭취 정도가 정상심근 분절의 50%가 초과하는 경우는 막힌 혈관에 대한 혈관재개통술이 이루어지고 나면 심장기능이 회복된다는 보고에 따라, 생존심근의 평가

에는 분절내 섭취정도를 정량적으로 평가하며 본 연구에서는 이러한 기준으로 구분하였다.³⁰⁻³²⁾ 그러나 50% 섭취를 기준하는 경우에는 심근 하벽과 증격에서와 같이 섭취계수를 이 낮은 경우에는 생존능을 과소평가하는 경향이 있으므로 35% 이상으로 기준을 낮추자는 의견도 있다.³³⁾

본 연구결과가 긍정적이지 못한 것에는 여러가지 이유가 있을 수 있다. 심장 기능이 감소된 환자에서 흔히 관찰되는 좌심실 기능저하와 이에 의한 폐 Tl-201 섭취의 증가와 같은 임상적인 요인도 관련이 될 것이다. 그러나, 에너지가 낮으나 반감기가 길어서 많은 양의 방사성 핵종을 투여하기 어렵고, 지연영상을 기다리는 동안의 심근세포 내에 저류되지 못하는 Tl-201의 물리학적 및 생리학적 특성에 기인하였으리라 추측된다. 그러므로 관동맥 주사 후 영상을 얻는 경우에는 Tc-99m MIBI나 tetrofosmin이 Tl-201보다 유리할 것으로 추측할 수 있다. Tartagni 등³⁴⁾은 Tc-99m teboroxime을 관동맥 내에 주사하여 얻은 동적 심근관류영상을 통해 관류 결손을 평가하는 것이 유용하다고 발표한 바 있다. Trani 등³⁵⁾은 Tc-99m MIBI을 관동맥 내에 주사한 후 영상을 얻어, 안정-재분포 Tl-201 SPECT와 비교하여 관동맥내 주사 영상으로써 관동맥재개통술에 의해 심근수축력이 회복되는 생존심근들을 더 찾아낼 수 있다고 하였다. 이들³⁵⁾은 질산염을 설하 투여한 후 얻은 안정 Tl-201 영상에서 정상 분절의 50% 이하의 섭취를 보여 괴사된 심근으로 판정할 수 있었던 분절을 대상으로 관동맥 내에 직접 Tc-99m MIBI를 주사하고 정상심근 섭취정도의 50%를 초과하는 분절을 생존된 심근으로 판정하였을 때, 관동맥재개통술 후 심벽운동의 회복의 예측에서 Tc-99m MIBI 관동맥내 주사 단층영상의 진단능은 예민도 91%, 특이도 78%, 전체적인 정확도가 82% 이었다고 하였다. Basoglu 등³⁶⁾은 Tc-99m MIBI 보다 심근 추출율이 약간 낮은 것으로 알려진 Tc-99m tetrofosmin을 관동맥 내에 주사한 연구에서 관동맥 내에 직접주사 후 얻은 영상과 일반적인 정맥주사 후에 얻은 영상의 심근분절의 섭취정도를 직접 비교하였을 때 79%에서 일치하였고 관동맥내 주사영상은 배후 방사능치가 낮아 영상이 깨끗하며, 심근 생존능의 평가시에는 정맥주사 영상에 비하여 전체 21%의 심근분절에서 도움이 되었다고 보고하였다. 두 방법으로 일치하지 않은 결과를 보인 경우에는 정맥주사 방법이 심벽운동을 과소평가할 수 있다고 하였다. 그러나 이러한 Tc-99m MIBI나 Tc-99m tetrofosmin을 관동맥 내에 주사하고 얻은 영상이 부하-재주사 Tl-201 영상보다 생존심근의 평가에 더 정확하다는 연구들도 9명이나 14명 정도의 소수의 환자들을 대상으로 시행한 제한적인 결과를 바탕으로 도출한 결론이므로 향후 이들의 연구결과도 다시 평가가 되어야 할 것이다.

본 연구에서 관동맥내 Tl-201의 주사는 좌주간동맥과 우관동맥에 방사성의약품을 동일 양으로 나누어 주사하였으므로 협착이 있는 동맥의 혈류 공급을 받는 심벽은 상대적으로 섭취 정도가 낮을 수 있으며, 좌심실의 넓은 부위에 혈류를 공급하여야 하는 좌전하행지 영역과 좌회선지 영역에는 우관동맥에 비하여 상대적으로 방사성의약품의 분포가 적어 심근생존능의 평가에 불리할 수 있었을 것이다. Tc-99m 표지 방사성의약품을 이용한 연구^{35,36)}에서는 국소적인 심벽운동 저하가 관찰되는 부위에 해당되는 관동맥 내에만 선택적으로 방사성의약품을 주사하고 섭취정도를 정맥주사 영상과 비교하여 관동맥내 주사 영상이 유리하다고 하였으나, 실제 관동맥 혈관의 분포는 심벽의 관류상태로 추측한 예상 혈관 분포와는 일치하지 않을 수 있고, 우회 혈류통로의 발달에 따라라도 영향을 받으므로 이 또한 정확한 방법이라고 할 수 없다. 그러므로 현실적으로는 저자들이 시행한 바와 같이 주사하는 것이 오히려 합리적이라 할 수 있을 것이다.

이번 연구는 증례가 적었으므로 보다 많은 증례에서 검토되어야 하나, 검사를 시행한 대상 14명 중 2명에서는 심근 분절을 구별하기 어려울 만큼 영상의 질이 문제가 되었으므로 더 이상 연구를 확대하지 않고 종료하였다. 관동맥내 주사후 영상을 얻을 경우에도 일반적인 심근관류스캔의 경우와 같이 주사후 심근세포에 Tl-201의 섭취가 완전히 이루어진 후 10분 정도에 조기영상을 얻는 것이 필요할 것이나 심혈관촬영실과 감마카메라실이 분리되어 있고, 관동맥조영술 후에는 안정하며 출혈을 방지하기 위하여 천자부위를 장시간 압박하여야 하므로 초기에 심근영상을 얻는 것은 현실적으로는 불가능하였다. Tl-201의 경우 안정-24시간 지연영상으로 생존심근을 진단하고자 한 연구에서는 Tl-201의 긴 반감기와 신장과 방광의 방사선 노출을 고려하여 투여량이 제한되고 특히 24시간이 경과한 후 얻는 영상은 낮은 계수로 인하여 영상의 질이 충분하지 못하다는 단점이 제기된 바가 있었다.^{37,38)}

결 론

본 연구에서 Tl-201 관동맥내 주사 SPECT 영상은 심근의 생존능을 평가하는데 있어 Tl-201 부하-재주사 SPECT 영상과 비교하여 어느 정도 도움을 줄 수는 있으나 유의한 우월성을 보이지는 않았다. 관동맥내 주사 영상은 6시간 이상 길게는 24시간이 지나 얻은 지연영상의 낮은 계수율 때문으로 좋지 않은 결과를 얻었을 것이라 판단되었으나, 조기영상은 얻기가 어려운 만큼 Tl-201 관동맥내 주사후 얻은 영상의 임상적 유용성은 제한적일 것으로 생각되었다.

요 약

목적: 본 연구에서는 관동맥 혈류가 감소된 부위에 혈중 방사성의약품의 농도를 증가시킴으로써 심근내 섭취를 향상시킬 수 있을 것이라는 가정 하에 관동맥조영술 시에 관동맥내에 Tl-201를 직접 주사한 후 SPECT 영상을 얻어 심근 분절의 섭취 정도를 평가하였다. 이 심근영상을 생존심근의 진단에 이용되는 아테노신 부하-재주사 Tl-201 SPECT 영상의 심근 내 방사성의약품의 섭취 정도와 비교하였다. **대상 및 방법:** 심장 초음파검사에서 심벽운동의 이상이 있고, 관동맥조영술을 시행할 예정인 14명의 관동맥질환자를 대상으로 연구를 시행하였다. 남자가 11명이었고, 평균연령은 54세(36-73세)였다. 관동맥내 주사 Tl-201 SPECT 영상은 관동맥조영술을 시행한 환자들을 대상으로 관동맥조영술이 끝나기 직전에 Tl-201 111 MBq(3 mCi)를 나누어서 각각 좌, 우 관동맥 내에 각각 직접 주사하여 얻었다. 아테노신 부하-재주사 Tl-201 SPECT 영상은 Tl-201 2-3mCi를 정맥주사 후 아테노신 부하영상을 얻고 4시간 후에 Tl-201 1mCi를 재주사한 후 다시 영상을 얻었다. 심근분절의 섭취정도에 따라 0-3의 4등급으로 분류하였다. 정상적인 섭취를 등급 0, 경도로 감소된 섭취를 등급 1, 중등도로 감소된 섭취를 등급 2, 심하게 감소되었거나 관류결손이 나타난 분절은 등급 3으로 분류하였다. 생존된 심근의 판정은 부하영상, 재주사후의 영상, 또는 관동맥주사후의 영상 모두에서 심근 분절의 섭취정도가 등급 0, 1인 경우는 생존심근으로 판정하였고, 심근 분절의 Tl-201 섭취가 정상분절 섭취의 50%이하이며 역치를 50%로 설정한 color coding으로 black-out하였을 때, 결손으로 나타나는 등급 2, 3을 비생존 심근으로 판단하였다. **결과:** 총 14명의 환자 중 14%에 해당하는 2명의 관동맥내 주사 영상은 낮은 계수율로 인하여 심장의 경계가 정확하게 구분되지 않거나 분절을 명확하게 구분할 수 없을 정도로 영상이 깨끗하지 못하였으므로 본 연구의 심근분절 섭취 분석에서 제외하였고 나머지 12명의 영상에서 총 252 분절을 구분하여 섭취 정도를 분석하였다. 관동맥내 주사 영상에서 0등급-1등급이었던 192개의 분절을 생존심근으로 판단하였고, 재주사 영상에서는 0등급-1등급이었던 214개의 분절이 각각 생존심근으로 나타났다. 두 영상에서의 관류등급 평가에 대한 일치율은 76.5%였으며 생존능 평가에 대한 일치율은 90.5%였다. 부하-재주사영상시 비생존심근으로 나타난 38개의 분절 중 단 1개의 분절만이 관동맥내 주사 영상에서 생존심근인 것으로 판단할 소견을 보였으며, 부하-재주사 영상에서 생존심근인 것으로 나타났던 214개의 분절 중에서는 23개의 분절은 관동맥주사 영상시 오히려 생존능이 없는 것

로 하향 평가 되었다. **결론:** Tl-201 관동맥내 주사 SPECT 영상은 Tl-201 부하-재주사 SPECT 영상과 비교하였을 때, 심근의 생존능을 평가하는데 있어 어느 정도 도움을 줄 수는 있으나 우월하지 않았다. 관동맥내 주사 영상은 6시간에서 24시간이 지나 얻은 지연영상의 낮은 계수율 때문으로 좋지 않은 결과를 얻었을 것이라 판단되었고, 조기에 영상을 얻기가 어려운 현실에서, Tl-201 관동맥내 주사 영상의 임상적 유용성은 제한적일 것이다.

References

- Bonow RO. Identification of viable myocardium. *Circulation* 1996;94:2674-80.
- Braunwald E, Rutherford JD. Reversible ischemic left ventricular dysfunction: evidence for 'hibernating' myocardium. *J Am Coll Cardiol* 1986;8:1467-70.
- Rahimtoola SH. The hibernating myocardium. *Am Heart J* 1989;117:211-3.
- Ross J Jr. Myocardial perfusion-contraction matching: implications for coronary artery disease and hibernation. *Circulation* 1991;83:1076-83.
- Elefteriades JA, Tolis G Jr, Levi E, Mills LK, Zaret BL. Coronary artery bypass grafting in severe left ventricular dysfunction: excellent survival with improved ejection fraction and functional state. *J Am Coll Cardiol* 1993;22:1411-7.
- Marshall RC, Tillisch JH, Phelps ME, Huang SC, Carson R, Henze E, Schelbert HR. Identification and differentiation of resting myocardial ischemia and infarction in man with positron computed tomography, ¹⁸F-labeled fluorodeoxyglucose and N-13 ammonia. *Circulation* 1983;67:766-78.
- Tillisch JH, Brunken R, Marshall R, Schwaiger M, Mandelkorn M, Phelps M, Schelbert H. Reversibility of cardiac wall-motion abnormalities predicted by positron emission tomography. *N Engl J Med* 1986;314:884-8.
- Dilsizian V, Bonow RO. Current diagnostic techniques of assessing myocardial viability in hibernating and stunned myocardium. *Circulation* 1993;87:1-20.
- Bax JJ, Van Der Wall EE, Harbinson M. Radionuclide techniques for the assessment of myocardial viability and hibernation. *Heart* 2004;90(Suppl V):v26-33.
- Matsunori I, Fujino S, Taki J, Senma J, Aoyama T, Wakasugi T, et al. Myocardial viability assessment with technetium-99m-tetrofosmin and thallium-201 reinjection in coronary artery disease. *J Nucl Med* 1995;36:1961-7.
- Bonow RO, Dilsizian V. Thallium-201 and technetium-99m sestamibi for assessing viable myocardium. *J Nucl Med* 1992;33:815-8.
- Hamilton GW, Ritchie JL, Allen D, Lapin E, Murray JA. Myocardial perfusion imaging with 99m-Tc or 113m-In macroaggregated albumin: correlation of the perfusion image with clinical, angiographic, surgical, and histologic findings. *Am Heart J* 1975; 89:708-15.
- Luther M, Langer F, Schneider A, Henselmann L, Kieflhaber F. Scintigraphy of the myocardium. Comparative study between thallium and perfusion scintigrams. *Muench Med Wochenschr* 1977;119:15-22.

14. Oxley DK, Bolton MR, Shaeffer C, Roger R, Sim DN, Fischer CL. Intracoronary myocardial perfusion imaging: patterns in patients with coronary artery disease. *Clin Nucl Med* 1978;3:94-102.
15. D'Souza VJ, Schwartz JS, Amplatz K. Correlation between intracoronary Tl-201 myocardial scanning, coronary angiography and left ventriculography. *Radiology* 1978;127:433-6.
16. Parker JA, Markis JE, Royal HD. Assessment of regional wall motion and perfusion by multigated myocardial scintigraphy after intracoronary Tl-201. *Radiology* 1985;154:783-6.
17. Siegel ME, Chen DC, Lee K, Rasmussen D, Colletti P, Thom P, et al. Gated intracoronary thallium-201 scintigraphy: feasibility and potential clinical advantages. *Angiology* 1989;40:513-20.
18. Gewirtz H, Beller GA, Strauss HW, Dinsmore RE, Zir LM, McKusick KA, et al. Transient defects of resting thallium scans in patients with coronary artery disease. *Circulation* 1979;59:707-13.
19. Perrone-Filardi P, Pace L, Prastaro M, Piscione F, Betocchi S, Squame F, et al. Dobutamine echocardiography predicts improvement of hypoperfused dysfunctional myocardium after revascularization in patients with coronary artery disease. *Circulation* 1995;91:2556-65.
20. Cerqueira MD, Weissman NJ, Dilsizian V, Jacobs AK, Kaul S, Laskey WK, et al. Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart: a statement for healthcare professionals from the Cardiac Imaging Committee of the Council on Clinical Cardiology of the American Heart Association. *Circulation* 2002;105:539-42.
21. Siegel ME, Colletti P, Thom P, Chandraratna PAN, Rahimtoola SH. Intracoronary Tl-201: short acquisition gated myocardial scintigraphy (abst). *J Nucl Med* 1983;24:p37
22. Soman P, Taillfer R, DePuey EG, Udelson JE, Lahiri A. Enhanced detection of reversible perfusion defects by Tc-99m sestamibi compared to Tc-99m tetrofosmin during vasodilator stress SPECT imaging in mild-to-moderate coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 2001;37:458-62.
23. Maddahi J, Ganz W, Ninomiya K, Hashida J, Fishbein MC, Mondkar A, et al. Myocardial salvage by intracoronary thrombolysis in evolving acute myocardial infarction: evaluation using intracoronary injection of thallium-201. *Am Heart J* 1981;102:664-74.
24. Krebber HJ, Schofer J, Mathey D, Montz R, Kalmar P, Rodewald G. Intracoronary thallium 201 scintigraphy as an immediate predictor of salvaged myocardium following intracoronary lysis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1984;87:27-34.
25. Heller GV, Parker JA, Silverman KJ, Royal HD, Kolodny GM, Paulin S, et al. Intracoronary thallium-201 scintigraphy after thrombolytic therapy for acute myocardial infarction compared with 10 and 100 day intravenous thallium-201 scintigraphy. *J Am Coll Cardiol* 1987;9:300-7.
26. Parker JA, Heller GV, Silverman KJ, Campbell CC, Markis JE, Royal HD, et al. Intracoronary thallium-201 assessment of thrombolysis in acute myocardial infarction. Validation of the method of imaging before and after therapy. *Invest Radiol* 1985;20:17-20.
27. Schofer J, Sheehan FH, Spielmann R, Wiegand J, Montz R, Reimitz PE, et al. Recovery of left ventricular function after myocardial infarction can be predicted immediately after thrombolysis by semiquantitative intracoronary thallium and technetium pyrophosphate scintigraphy. *Eur Heart J* 1988;9:1088-97.
28. Kayden DS, Sigal S, Soufer R, Mattera J, Zaret B, Wackers FJTH. Thallium-201 for assessment of myocardial viability: Quantitative comparison of 24-hour redistribution imaging with imaging after reinjection at rest. *J Am Coll Cardiol* 1991;18:1480-6.
29. Dilsizian V, Bonow RO. Differential uptake and apparent Tl-201 washout after thallium reinjection. Options regarding early redistribution imaging before reinjection or late redistribution imaging after reinjection. *Circulation* 1992;85:1032-8.
30. Rozanski A, Berman D, Gray R, Levy R, Raymond M, Maddahi J, et al. Use of thallium-201 redistribution scintigraphy in the preoperative differentiation of irreversible myocardial asynergy. *Circulation* 1981;64:936-44
31. 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 Coll Cardiol* 1983;1:804-15.
32. Dilsizian V, Freedman NMT, Bachrach SL, Perrone-Filardi P, Bonow RO. Regional thallium uptake in irreversible perfusion defects: magnitudes of change in thallium activity after reinjection distinguishes viable from nonviable myocardium. *Circulation* 1992;85:627-34.
33. Schneider CA, Voth E, Gawlich S, Baer FM, Horst M, Schicha H, et al. Significance of rest technetium-99m sestamibi imaging for the prediction of improvement of left ventricular dysfunction after Q wave myocardial infarction: importance of infarct location adjusted thresholds. *J Am Coll Cardiol* 1998;32:648-54.
34. Tartagni F, Fallani F, Corbelli C, Monetti N, Piovaccari G, Marzocchi A, et al. Dynamic planar myocardial perfusion imaging in patients with one-vessel disease with intracoronary injection of technetium 99m tetrofosmin during papaverine-induced coronary hyperemia. *Am Heart J* 1996;132:1042-7.
35. Trani C, Giordano A, Lombardo A, Lupi A, Reale F, Patrizi R, et al. Selective intracoronary injection of sestamibi to detect myocardial viability: Prediction of perfusion and contractile recovery after percutaneous transluminal coronary angioplasty. *J Nucl Cardiol* 2003;10:473-81.
36. Basoglu T, Canbaz F, Sahin M, Elcik M, Kirtiloglu B, Sahin M, et al. Intracoronary versus intravenous injection of Tc-99m tetrofosmin: comparison of myocardial perfusion patterns and wall motion. *Nucl Med Commun* 2004;25:469-74.
37. Kiat H, Berman DS, Maddahi J, De Yang L, Van Train K, Rozanski A, et al. Late reversibility of tomographic myocardial thallium-201 defect: an accurate marker of myocardial viability. *J Am Coll Cardiol* 1988;12:1456-63.
38. Zeissman HZ, Keyes JW, Fox LM, Green CE, Fox SM. Delayed redistribution in thallium-201 SPET myocardial perfusion studies. *Chest* 1989;96:1031-5.