

관동맥 질환에서의 SPECT Thallium-201 운동부하 심근관류스캔의 유용성*

서울대학교 의과대학 내과학교실

최기준 · 최동주 · 손대원 · 정준기 · 이명묵 · 이명철
박영배 · 최윤식 · 서정돈 · 이영우 · 고창순

서울대학교 의과대학 핵의학과

이 범 우

= Abstract =

Usefulness of SPECT Thallium-201 Exercise Myocardial Perfusion Scan in Coronary Artery Disease

Kee Joon Choi, M.D., Dong Ju Choi, M.D., Dae Won Sohn, M.D.,
June-Key Chung, M.D., Myoung Mook Lee, M.D., Myung Chul Lee, M.D.,
Young Bae Park, M.D., Yun Shik Choi, M.D., Jung Don Seo, M.D.,
Young Woo Lee, M.D., Chang-Soon Koh, M.D.

Department of Internal Medicine, College of Medicine, Seoul National University

Bum Woo Lee, M.D.*

Department of Nuclear Medicine, College of Medicine, Seoul National University

To evaluate the usefulness of SPECT thallium-201 exercise myocardial perfusion scan in coronary artery disease, polar maps processing SPECT images were compared to the exercise treadmill test and the findings of coronary angiographies in 12 normal subjects and 27 patients with the coronary artery disease.

The following results were obtained :

1) Sensitivity and specificity of thallium-201 exercise myocardial perfusion scan was 96% and 83%. higher than that of exercise treadmill test(81% and 61%).

2) In the branches of coronary artery, the sensitivity, specificity and positive predictive values were 82%, 88%, 90% in left anterior descending artery, 33%, 88%, 57% in left circumflex artery and 69%, 81%, 64% in right coronary artery.

3) The good correlation was observed between the degree of perfusion defect in polar map of thallium-201 myocardial scan in stress and 'myocardial ischemic score' predicted in coronary angiography($p < 0.001$). Also the degree of reversible perfusion defect had signi-

*본 연구는 1991년도 서울대학교 병원 특진연구비 일부보조로 이루어진것임.

*본 연구의 요지는 1990년도 제 42차 대학내과학회 추계학술대회에서 발표된바 있음.

ficant correlation with the duration of exercise.

4) The pulmonary to myocardial ratio of thallium-201 uptake in coronary artery disease group was higher than that of normal control group, especially that of postinfarct angina group higher than that of angina group. And the perfusion defect with stress and double product at maximal exercise had strongest association with the pulmonary to myocardial ratio of thallium-201 uptake by stepwise multiple linear regression.

In conclusion, SPECT thallium-201 exercise myocardial perfusion scan is superior to the exercise treadmill test in diagnosing the coronary artery disease and is useful for predicting the sites and degree of coronary arterial stenosis. Also the pulmonary to myocardial ratio of thallium-201 uptake is thought to be good new test index in evaluating the left ventricular function of patients with coronary artery disease.

KEY WORDS : SPECT thallium-201 exercise myocardial perfusion scan · Polar map · Pulmonary to myocardial ratio of thallium uptake.

서 론

관동맥 질환에서의 새로운 내과적 혹은 외과적 치료법이 개발됨에 따라 국소적인 심근 관류의 객관적 측정의 필요성이 강조되어 있다. 관동맥 조영술이 관동맥의 형태는 잘 보여주지만 관동맥 병변이 조직 관류에 미치는 영향을 평가하는데는 부적절하고 또한 관동맥 질환의 초기나 무증후성의 협심증 환자의 비관혈적 집단 검진 방법(screening test)으로써 운동부하 심전도 검사가 널리 이용되고 있으나 그 예민도나 특이도가 60~80% 수준이며^{1,2)} 허혈 부위의 예측이 어려울 뿐 아니라 각각단(bundle branch block)이나 WPW증후군 환자의 경우 결과의 평가가 용이치 못하다

심근 관류 스캔은 1970년 Kawana³⁾가 칼륨과 특성이 유사한 Thallium의 이용 가능성을 시사한 후 1975년 Lebowitz등⁴⁾에 의하여 Thallium-201(Tl²⁰¹)이 소개되면서 임상에서 본격적으로 이용하게 되었다. Tl²⁰¹ 심근 관류 스캔은 특히 심근의 관류 상태나 심근 세포의 생활력(viability)을 생리적인 차원에서 평가하는데 우수한 방법으로 인정되고 있다^{5,6)}.

Tl²⁰¹의 반감기는 73시간이고 비교적 낮은 energy spectrum(69-83 KeV)을 가지고 있다. Tl²⁰¹을 정맥 주사하면 심근에서 섭취되어 영상을 얻게 되는데 이는 두가지의 연속적인 기간으로 나눌 수 있다. 첫째는 초기분배(initial distribution)이고 둘째가 재분배(redistribution)이다⁷⁾. 초기분배시에

는 심근의 Tl²⁰¹의 섭취가 국소적인 혈류량과⁸⁾ 혈액으로부터 Tl²⁰¹을 섭취할 수 있는 심근세포의 능력에 좌우된다⁹⁾. 심근 세포에 섭취된 Tl²⁰¹은 심근 세포 내에 고정적으로 남아 있지 않고 지속적으로 세포막을 통하여 내외교환이 일어나 균등한 분배 양상을 보이게 된다. 이러한 현상을 재분배 현상이라 하는데 이는 정상 부위에서는 급격한 세척이 일어나고(washout) 허혈 부위에서는 혈류량의 감소에 의해 완전한 세척이 이루어지거나 혹은 시간 경과에 따른 Tl²⁰¹의 축적이 일어나기 때문이다¹⁰⁾. Tl²⁰¹의 이러한 특성을 이용하여 심근의 가역성 허혈과 심근 경색으로 인한 비가역적 심근 반흔(myocardial scar)을 구분할 수 있는데 즉 가역성 심근허혈의 경우 초기 분배 영상에서 국소적으로 Tl²⁰¹의 농도가 떨어졌다가 재분배 영상에서는 농도가 증가하게 되는데 반하여 재분배 영상에서도 지속적인 농도 감소가 있을 때는 심근 경색에 의한 반흔으로 본다.

일반적인 Planar Tl²⁰¹ 심근 관류 스캔은 심근의 영상을 2차원적으로 밖에 나타내지 못하는 결점을 가지고 있어 정확한 심근 허혈 부위를 파악하는데 제약이 있었던 바^{11,12)}, 이러한 결점을 보완하기 위하여 SPECT(Single Photon Emission Computed Tomography) 영상 기법에 제시되어¹³⁾ 종래의 Planar 영상에 비하여 높은 진단을 보이고 있으며¹⁴⁻¹⁶⁾ 또한 SPECT를 이용한 Polar Map을 이용함으로써 관류 결손 부위의 정량적 분석이 가능하게 되었고 약물 치료나 재관류 요법 시술 전후의 비교

분석이 용이하게 되었다^{17,18)}

Garcia등¹⁹⁾은 단순한 시각적 분석뿐만이 아니라 Polar Map을 이용한 정량 분석을 함께 이용할 경우 예민도를 90% 이상으로 높일 수 있고 협착이 있는 관동맥 분지를 예측하며 또한 다혈관 질환이나 심한 관동맥 질환 여부도 예견할 수 있다고 보고하였다.

또한 Boucher 등이²⁰⁾ TI²⁰¹ 심근 관류 스캔시 관동맥 질환이 있는 경우 폐영역의 TI²⁰¹ 흡착이 증가된다고 보고한 이래 증가된 폐영역의 흡착은 운동시의 저하된 좌심실 기능을 반영하고²¹⁾ 향후 관동맥 질환의 재발을 비롯한 예후와 밀접한 관계가 있다고 알려져 있다²²⁾.

이에 본 연구자는 SPECT TI²⁰¹ 심근 관류 스캔을 이용한 Polar Map을 비교 분석하여 이 방법으로 관동맥 질환을 진단하는데 있어서의 유용성을 알아보고 증가된 폐영역의 TI²⁰¹과 다른 요인들과의 상관 관계 여부의 분석을 위하여 본 연구를 시행하였다.

대상 및 방법

1. 대 상

환자군은 1990년 3월부터 8월 사이에 서울대학교 병원 내과에 흉통을 주소로 입원한 환자중 관동맥 조영술과 SPECT TI²⁰¹ 운동부하 심근 관류 스캔을 모두 시행한 39명을 대상으로 하였다. 39명의 환자중 남자 28명, 여자 11명이었고 이들의 최종 진단은 심근경색후의 협심증 10명, 협심증 17명, 정상 12명이었다.

2. 방 법

1) 좌심실 및 관동맥 조영술

관동맥 조영술을 경피적 혈관 천자술을 이용하여 Judkin씨 방법으로 시행하였으며 관동맥 내경 협착 정도는 여러 방향에서 촬영된 관동맥 조영 소견을 2명 이상의 관측자가 합의하여 결정하였고 내경의 50% 이상의 협착이 있는 경우를 의미있는 협착이라 판단하였다.

과거 경색 유무의 판정은 환자의 병력, 심전도 소견 및 30° 우전사위와 60°좌전사위에서 60frames/sec로 동시 촬영한 좌심실 조영 소견상 좌심실벽 운동 이상 유무를 근거로 결정하였다.

조영술상 예측되는 심근 허혈 범위를 스캔에서의 관류 결손 범위와 비교하기 위하여 관동맥 조영술 소견을 토대로 '심근 허혈 점수(myocardial ischemic score)'를 설정하였는데 이는 'Jeopardy score'²³⁾와 의미있는 협착 정도의 곱으로 정의하였다. 즉 심근관류를 여섯개의 분절(좌전 하행지, 주 대각지(major diagonal branch), 첫 중격지(first major septal branch), 좌회선지, 주 순연지(major obtuse marginal branch), 우측 관동맥의 후하행지)로 나누고 각각의 분절 근위부에 50% 이상의 병변이 있을 경우 2점씩 계산한 후 여기에 각 부위의 협착 정도(%)를 곱하여 이들의 합을 새로운 점수로 설정하였다(0점부터 1200점까지).

2) 운동부하 심전도 검사 및 판정

운동부하 심전도 검사는 Bruce Protocol을 이용하여 최대 운동부하 Treadmill test를 시행하였으며 가능한 모든 심혈관계 약제를 검사 24시간 전부터 끊었고 식사에 의한 심근 영상의 변화를 방지하기 위하여²⁴⁾ 검사 8시간 전부터 공복 상태를 유지하였다. 운동 시행 직전, 운동 시간후 매 3분마다, 운동 중단 직전, 그리고 운동후 1분, 3분, 5분에 각각 심전도, 혈압 및 맥박수를 측정, 기록하였으며 운동중에는 지속적인 심전도 감시를 시행하였다. 운동은 흉통, 호흡 곤란, 저혈압, 하지 동통, 심한 부정맥 등으로 운동을 더 이상 지탱 할 수 없거나 운동시 심전도의 ST분절이 안정시 심전도에 비해 2mm이상의 수평 혹은 하향 경사 하강이 있을 경우 혹은 연령 대비 최대 심박동수²⁵⁾의 85% 이상 도달하였을 때까지 시행하였으며 1mm이상의 수평 혹은 하향 경사의 ST분절 하강이 있거나 1mm이상의 수평 혹은 상향 경사의 ST분절 상승이 있는 경우 양성으로 판정하였다.

3) Thallium-201 운동부하 심근관류 스캔 및 판정

TI²⁰¹을 최대 운동시에 3mCi를 정주한 후 생리 식염수 10cc로 flushing을 하였으며 운동은 그 상태에서 30초 내지 60초 동안 더 시행한 후 영상 촬영은 TI²⁰¹ 투여 후 6분 후부터 시작하였다.

우선적으로 폐 섭취율을 구하기 위하여 전후방 향상(AP view)으로 5분간 영상을 얻은후 DPECT는 Siemens사의 Rota Camera ZLC 75를 이용하여

photopeak 76KeV에서 30%의 window를 두고 45° 좌후사위부터 45° 우전사위까지 180° 회전하면서 3° 간격으로 10초씩 60개의 투사영상을 얻었으며 각 투사영상을 64×63 matrix로 Siemens Microdelta Computer에 수록한 다음 Ramp-Butter worth filter(cut of frequency : 0.5, order : 5)를 사용하여 횡단면상을 얻었다. 안정시 스캔은 운동부하 스캔과 동일한 날에 부하스캔 4시간 후 동일한 방법으로 시행하였다.

폐영역의 TI²⁰¹ 섭취는 SPECT 직전에 시행한 전후방향상에서 심근의 외측 전벽으로부터 3pixel이상 떨어진 곳의 폐 좌측 중엽이나 상엽에서 12×12 pixel을 선택하여 평균 pixel당 count를 폐 섭취도록 하고 심벽 중 count density가 가장 높은 곳에서 6~10 pixel을 선택하여 이를 심근 섭취도로 한 후 이들의 비를 '폐-심근 섭취비'(Pulmonary-Mycardial Ratio : PM ratio)로 정의하였다("Region-of-interest(ROI)" method)²⁶⁾. 본 연구에서는 37명(정상 10명, 심근경색후 협심증 10명, 협심증 17명)에서 폐-심근 섭취비를 측정하였다.

4) Polar map구성 및 관류 결손의 정량적 측정

Polar map의 구성은 Cedars-Sinai quantitative tomographic analysis program을 이용하였고 관류 결손은 입력되어 있는 33명의 정상인 자료로부터 산출한 평균보다 2.5배의 표준편차 이상의 관류 결손을 보이는 pixel들의 전체에 대한 백분율로 표시하였다. 또한 가역적결손(reversible perfusion defect)의 정량적 분석은 안정시와 운동부하시의 범위도(extent map)에서의 결손의 차이를 전체 polar map면적으로 나눈 백분율로 하였다.

5) 통계적 방법

두가지 인자의 상관관계 분석에는 correlation test를 사용하였고 여러 인자의 설명력 비교에는 stepwise multiple regression method를, 점수 등의 비연속적인 변수의 상관관계 분석에는 Spearman test를 이용하였다. 두 집단간의 평균 비교에는 student t-test와 Mann-Whitney test를 이용하였고 통계학적 유의성은 p값이 0.05이하인 경우로 판정하였다.

결 과

1. 관동맥 조영술 소견

관동맥 조영술상 정상이 12명이었고 적어도 하나 이상의 50%이상의 관동맥 협착을 보인 환자가 27명이었으며 이중 심근경색의 병력이 있고 좌심실 조영술상 국소 심근 운동 이상을 보인 예는 10명이었다. 병변이 있던 27명중 단일 혈관 질환이 13예, 두혈관 질환이 8예, 세혈관 질환이 6예이었으며 관동맥별 병소는 좌전 하행지 22곳, 좌회선지 12곳, 우측 관동맥 13곳 이었다(Table 1).

2. 운동부하 심전도 및 TI²⁰¹운동부하 심근관류 스캔 소견

병변이 있는 27명의 환자중 운동부하 심전도 소견에서 양성을 보인 예가 22명, TI²⁰¹ 스캔 소견에서 관류 결손을 보인 예가 26명으로써 운동부하 심전도 검사의 예민도는 81%이고 TI²⁰¹ 스캔의 예민도는 96%이었다. 또한 정상 관동맥군 12예중 운동부하 심전도 소견상 4예에서 ST분절 하강을 나타내어 특이도는 67%, TI²⁰¹ 스캔상에서는 2예에서 관류 결손을 보여 83%의 특이도를 보였다(Fig. 1).

또 각 분지별의 검사를 예민도, 특이도는 좌전 하행지가 82%, 88%, 좌회선지는 33%, 88%, 우측 관동맥은 69%, 81%였으며(Fig. 2), 양성 기대치는 각각 90%, 57%, 64%이었다.

3. 운동부하시 관류 결손 범위와 심근 허혈 점수 및 가역적 관류 결손 정도와 운동 능력

관동맥 조영술에서 심근 허혈의 범위를 심근 허혈 점수로 표시하고 이 점수와 운동부하시의 관류 결손 범위와의 상관 관계를 살펴 보면 상관

Table 1. Coronary angiographic findings

	1vssl. ds.	2vssl. ds.	3vssl. ds.	Total
LAD	9	7	6	22
LCX	0	6	6	12
RCA	4	3	6	13
Total	13	16	18	44

LAD : Left anterior descending artery

LCX : Left circumflex artery

RCA : Right coronary artery

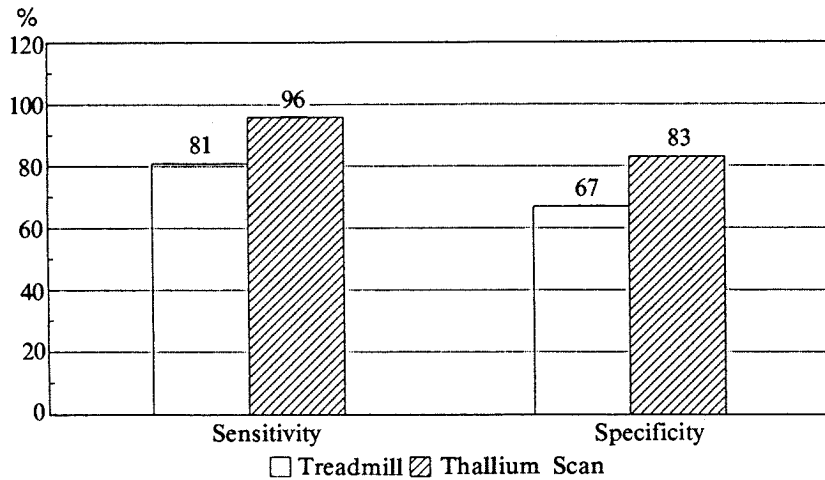


Fig. 1. Sensitivity and specificity of treadmill test and thallium myocardial scan.

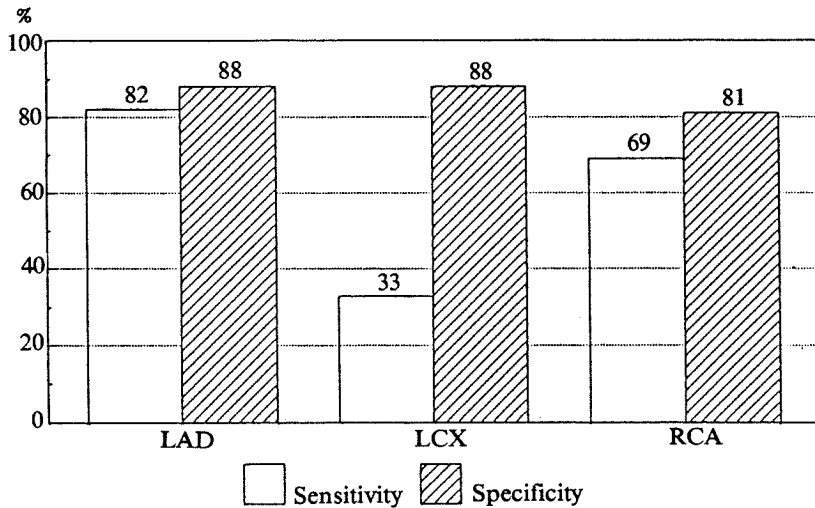


Fig. 2. Comparison of sensitivity and specificity between coronary arteries.

계수(Spearman rank correlation coefficient)는 0.58 ($p < 0.001$) (Fig. 3)이었고 심근관류 스캔에서 생활력 있는 허혈성 심근(viable ischemic myocardium)의 정도를 나타내는 가역적 관류 결손의 양과 환자의 가능 운동부하 시간과의 상관계수(correlation coefficient)는 -0.41 로 유의한 상관관계가 있었다($p < 0.01$).

4) 관동맥 질환에서의 Tl^{201} 폐-심근 섭취비.

정상 혼자 10명과 협심증 17명, 심근 경색후 협심증 10명에서 측정한 폐-심근 섭취비는 정상군에서 30.5 ± 6.0 (mean \pm standard deviation)이고

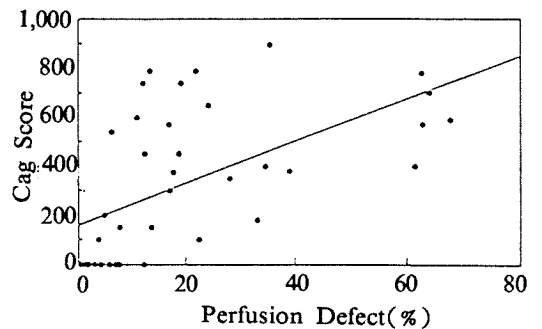


Fig. 3. Correlation between cag finding and perfusion defect in stress ($r = 0.58$, $p < 0.001$).

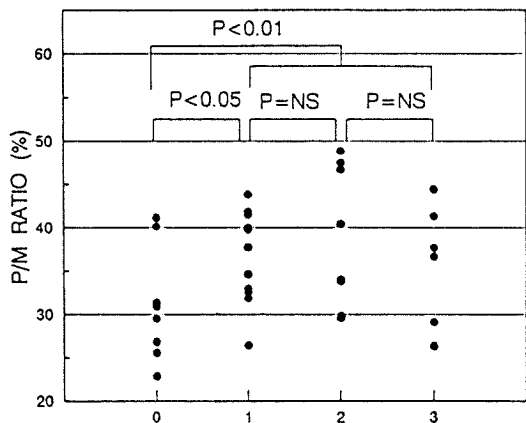


Fig. 4. Tl-201 lung uptake and extent of cad.

관동맥 질환군에서 36.9 ± 6.3 으로 유의한 차이가 있었고($p < 0.01$), 관동맥 질환군 27명을 다시 단일 혈관 질환군, 두혈관 질환군, 세혈관 질환군으로 나누어 비교해 보면(Fig. 4) 각각의 평균의 36.6 ± 4.9 , 38.8 ± 8.0 , 34.9 ± 7.0 으로 각 군간에는 유의한 차이가 없었다.

또한 폐-심근 섭취비는 협심증 환자군에서는 34.3 ± 5.1 , 심근 경색후의 협심증 환자군에서는 41.2 ± 6.0 으로 유의한 차이를 보였고($p < 0.01$), 폐-심근 섭취비는 관련 인자로서 부하시 관류 결손, 가역적 관류 결손, 운동부하 시간, 최대 운동시의 혈압과 맥박수의 곱, 관동맥 조영술에서의 심근 허혈 점수, 박수 계수, 좌심실 확장 말기압(LVEDP)등을 다변수 분석(multivariate analysis)하여 본 결과 부하시 관류 결손이 가장 밀접한 상관관계를 보이고($R = 0.52$)(Fig. 5), 두번째로 최대 운동시의 혈압과 맥박수의 곱($R = 0.42$)이 각각의 독립 인자로서 중요한 상관관계를 보였다.

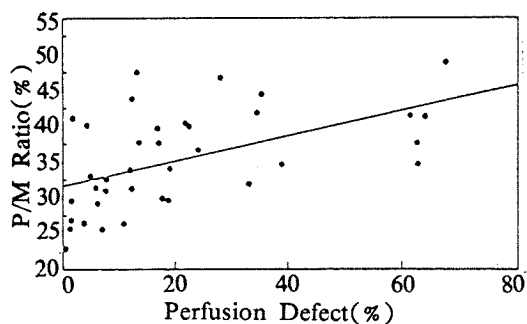


Fig. 5. Tl-201 lung uptake and perfusion defect in stress polar map($r = 0.52$, $p < 0.001$).

고 찰

Tl²⁰¹심근관류 스캔은 비관혈적 검사 방법으로써 관동맥 질환의 진단시 예민도와 특이도가 우수하고 관동맥 조영술이 형태학적인 영상을 보여주는 반면 Tl²⁰¹ 스캔은 생리학적인 혹은 기능적인 영상을 보여줌으로써 많은 이용이 있었다. 특히 최근 SPECT의 개발 및 이를 이용한 Polar map의 구성으로 진단적 정확성이 높아졌을 뿐만 아니라 객관적인 정량적 분석 및 관독이 용이하게 됨으로써 이용 가능성이 더욱 확대되었다.

그러나 Tl²⁰¹은 비교적 낮은 에너지(69-83KeV)를 방출함으로써 현존하는 영상 체제에 부적합하고 긴 반감기와(73시간) 즉시 이용이 가능하지 않은 점등이 문제점으로 지적되어²⁷⁾, MIBI(Methoxyisobutyl-isonitrile)등 ^{99m}Tc를 부착하여 사용할 수 있는 심근 스캔제가 개발되어 많은 연구가 수행되고 있으나^{28,29)} 아직까지 Tl²⁰¹에 비해 임상 적용예가 적고 각 경우에서의 예민도의 차이나 정상분포도에 대한 자료가 미비하여^{30,31)} 지속적인 자료 축적이 요망된다.

국내에서는 아직 SPECT를 이용한 Tl²⁰¹ 심근관류 스캔에 대한 보고가 없고 Tl²⁰¹폐 섭취에 대한 연구가 없었기에 흉통을 주소로 내원한 39명을 대상으로 SPECT Tl²⁰¹ 운동부하 심근 관류 스캔을 시행하여 이를 분석하였다.

본 연구에서 관동맥 조영술을 기준으로 한 SPECT Tl²⁰¹ 운동부하 심근 관류 스캔의 예민도 및 특이도가 96%, 83%이었고, 각 분지들의 예민도 및 특이도는 각각 좌전 하행지가 82%, 88%, 좌회선지가 33%, 88%, 우측 관동맥이 69%, 81%이었는데 이는 DePuey등³²⁾이 보고한 결과와 전체적인 예민도와 특이도는 비슷하나(95%, 74%), 좌회선지와 우측 관동맥의 경우 예민도가 떨어지는데 이는 본 연구의 관동맥 질환군에서 좌전 하행지 병변에 비하여 좌회선지나 우측 관동맥 병변이 심하지 않았기 때문으로 생각된다. 좌회선지 병변 총 12예중 내강 협착이 50%정도인 경우가 3예이었는데 이들 모두에서 스캔상 관류결손이 없었으며 또 원위부 혹은 순연지 병변이 주인 경우가 8예나 되어 의미있는 관류 결손을 초래하지

않을 수 있는 환자들이 많았다. 우측 관동맥의 경우 총 13예중 5예가 50% 정도의 병변을 보였고 이들중 3예에서 스캔상 관류 결손이 없었다. Stone등¹⁵⁾의 보고에서도 좌회선지의 예민도가 33%로 다른 분지에 비하여 낮았는데 이는 좌심실 외측벽의 activity가 가장 높은 관류 결손을 포착하기 어렵기 때문이며 또한 횡경막으로 인한 연조직 회색(soft tissue attenuation)도 원인이 될 수 있다. 또한 관류 결손을 판단하는 정상치를 산출할 때 미국인 33명을 대상으로 한 program을 이용하였는데 인종간에 차이가 있을 가능성을 고려한다고 우리나라 정상인들의 기준치 선정이 절실하다.

운동부하시 Polar map상의 관류 결손의 양이 관동맥 조영술 소견으로부터 예상되는 심근 허혈 범위와 상관관계를 보였는데 이는 스캔 소견만으로도 다혈관 질환이나 심한 관동맥 질환 여부의 진단 가능성을 시사한다. 또한 운동부하시와 안정시의 관류결손의 차로 나타내어지는 가역적 관류 결손의 양과 최대 운동부하 시간과는 밀접한 음의 상관관계를 보이므로 스캔상의 가역적 관류 결손이 생활력 있는(viable) 허혈성 심근의 양을 대표한다는 점을 확인할 수 있었다.

그러나 과거에는 운동부하시와 안정시 스캔에서의 지속적인 관류 결손으로 나타나는 부분은 생활력 없는(nonviable) 심근으로 생각하였으나 Liu등³³⁾은 지속적인 관류 결손이 있는 부위라도 PTCA등의 재관류 요법을 시행하면 75%정도가 정상화된다고 보고하였고 Kiar등³⁴⁾은 지속적인 관류 결손으로 나타나는 부위도 운동후 18시간 내지 72시간 후에 지연 재분배 영상(late redistribution image)을 얻으면 심근의 생활력 여부를 판단하는데 도움이 된다고 보고하였다. 이러한 심근의 생활력 여부는 재관류 요법 시행 여부의 결정에 중요하며 최근에는 PET(Positron Emission Tomography)를 이용하여 조직의 대사 활동등을 직접 측정함으로써 좀더 확실한 구분이 가능 하여졌다³⁵⁾.

관동맥 질환 환자에서의 증가된 폐 영역의 흡착은 여러가지 요인으로 설명되고 있다. 우선 관동맥 질환 환자에서 폐를 통한 혈액의 유속이 저하됨으로써 TI²⁰¹의 폐 통과 시간(pulmonary transit time)이 길어지고 폐 추출율(pulmonary extrac-

tion fraction)이 증가하며 폐섭취가 증가할 수 있겠고 또 아임상 좌심실 부전(subclinical left ventricular failure)으로 인한 좌심방압 및 폐 모세혈관 폐기압이 증가하여 모세혈관을 통한 수압(hydrostatic pressure)이 증가됨으로써 폐 실질에 부종이 생기면서 자연적으로 TI²⁰¹의 폐 섭취가 증가하는 기전을 들 수 있다²¹⁾. 또한 최대 운동시의 맥박수와 혈압의 곱이 TI²⁰¹의 폐 섭취도에 영향을 미치는 이유는 Bingham등²¹⁾이 동물 실험을 통해, Acetylcholine을 투여하여 맥박수를 줄임으로써 TI²⁰¹의 폐 통과 시간을 증가시키면 TI²⁰¹의 폐 섭취율이 증가하고 isoproterenol을 투여하면 반대의 현상이 일어난다는 것을 증명하였듯이 혈압과 맥박수의 증가는 TI²⁰¹의 폐 추출율의 감소를 유발하기 때문이다²⁶⁾.

관동맥 질환 환자에서의 증가된 TI²⁰¹의 폐영역 흡착은 1980년 Boucher등²⁰⁾이 증가된 폐영역의 흡착을 grading하여 처음 발표한 이후 1984년 Brown²⁶⁾등이 폐와 심근의 섭취비를 이용하여 정량화하였고 최근에는 SPECT를 이용하여 폐의 TI²⁰¹ 섭취도를 정량화하는 방법이 제시되었다³⁶⁾.

본 연구에서는 TI²⁰¹의 폐-심근 섭취비가 관동맥 질환군에서, 그리고 특히 심근 경색후 협심증 환자군에서 더 높고 multivariate analysis결과 부하시 관류 결손과 최대 운동시의 혈압과 맥박수의 곱이 각각 의미있는 독립적 인자로서 분석되었는데 이는 Brown등²⁶⁾, Homma등³⁷⁾의 보고와 일치하는 점이 있다. 세 혈관 질환군에서의 TI²⁰¹ 폐-심근 섭취비가 단일 혈관 혹은 두 혈관 질환군보다 낮았는데 이는 Fig. 4에서 보듯이 두명의 세 혈관 질환군의 환자가 낮은 폐 섭취율을 보였기 때문으로 생각된다. 이들은 모두 세 혈관 질환이기는 하나 세 혈관으로 모두에 75%이하의 경한 협착만이 있었던 예이고 이중 한 예에서는 Polar map상에서도 관류 결손이 없었다. 또한 Takayasu 동맥염 환자로써 폐 혈관 침범이 있었던 한 예에서는 관동맥 조영술상 정상 관동맥 소견을 보였으나 높은 TI²⁰¹ 폐-심근 섭취비를 나타내었고 정상 관동맥 소견을 보이며 높은 TI²⁰¹ 폐-심근 섭취비를 보인 나머지 한명은 심초음파와 심도자술 상에서 경도의 좌심실 확장과 좌심실 수축력 감소를 보여 좌심실 기능 부전의 소견을 보였다.

저자들은 SPECT Thallium-201 운동부하 심근 관류 스캔의 관동맥 질환 진단에서의 유용성을 평가하기 위하여 1990년 3월부터 8월까지 서울대학교병원 내과에 흉통을 주소로 입원한 39명(정상 12명, 협심증 17명, 심근경색후 협심증 10명)의 환자를 대상으로 시행한 관동맥 조영술과 심근 관류 스캔을 이용한 Polar map을 비교 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 관동맥 조영술에서 50% 이상의 협착을 보인 환자군 27예중 26예, 정상 대조군 12예중 2예가 관동맥 분지 하나 이상의 부위에 관류 결손을 나타내어 이 방법의 민감도 및 특이도는 각각 96%, 83%로 운동부하 심전도 검사만의 81%, 67%에 비해 우월하였다.

2) 각 관동맥 분지의 운동부하 심근 관류 스캔의 민감도, 특이도 및 양성 기대치는 좌절 하행지(LAD)가 82%, 88%, 90%이고 좌회선지(LCX)는 33%, 88%, 57%, 우측 관동맥(RCA)은 69%, 81%, 64%로 좌절 하행지, 우측 관동맥, 좌회선지 순으로 좋은 진단율을 보였다.

3) 운동부하시의 스캔을 이용한 Polar map상의 관류 결손의 정도는 관동맥 조영술에서 예측되는 심근 허혈 범위와 좋은 상관관계를 보이며 ($p < 0.001$), 운동시에는 관류 결손으로 보이나 안정시에는 정상 관류 소견을 보이는 가역적 관류 결손의 정도는 환자의 가능 운동부하 시간과 상관관계가 있었다($p < 0.01$).

4) Thallium-201의 폐-심근 섭취비는 관동맥 질환군에서 정상군에 비해 높은 섭취비를 보였으며($p < 0.01$) 특히 심근 경색후의 협심증군의 경우 더욱 높았다. 또 폐-심근 섭취비의 관련 인자로는 부하시 관류 결손과 최대 운동시의 혈압과 맥박수의 곱이 밀접한 상관관계를 보였다.

이상의 결과로 SPECT Thallium-201 운동부하 심근관류스캔은 협심증의 비관혈적 진단 방법으로 관동맥 협착부위의 위치 및 정도를 예측하는데 유용하며 폐-심근 섭취비는 새로운 검사지표로써의 사용 가능성이 높을 것으로 사료된다.

- 1) Okada RD, Boucher CA, Strauss HW, Pohost GM : *Exercise radionuclide imaging approaches to coronary artery disease. Am J Cardiol* 46 : 1188-94, 1980
- 2) 정남식 · 조승연 · 장양수 · 박금수 · 심원홍 · 이웅구 : 관동맥질환에서 운동부하심전도검사와 Thallium-201 운동부하심근관류 영상술의 비교 연구. 순환기 16 : 1 : 27-36, 1986
- 3) Kawana M, Krizek H, Porter J : *Use of Tl^{201} as a potassium analog in scanning. J Nucl Med* 11 : 333-40, 1970
- 4) Lebowitz E, Greene MW, Bradley MP : *Tl -201 for medical use. J Nucl Med.* 14 : 421-30, 1975
- 5) Freeman MR, Chisholm RJ, Armstrong PW : *Usefulness of exercise electrocardiography and thallium scintigraphy in unstable angina pectoris in predicting the extent and severity of coronary artery disease. Am J Cardiol* 62 : 1164-70, 1988
- 6) Lee RJE, Kenzie GM, Mcnair W, Campbell NPS, Adgey AAJ : *Thallium scintigraphy in Patients with angina at rest. Br Heart J* 59 : 517-520, 1988
- 7) Beller GA, Watson HW, Pohost GM : *Kinetics of thallium distribution and redistribution ; Clinical applications in sequential myocardial imaging. In cardiovascular Nuclear Medicine*(Strauss HW, Pitt B, Eds). 2nd ed., CV mosby, St Louis, 225, 1979
- 8) Strauss HW, Harrison K, Langan JK, et al : *Thallium-201 for myocardial imaging ; Relation of thallium-201 to regional myocardial perfusion. Circulation* 51 : 641-50, 1975
- 9) Weich H, Strauss HW, Pitt B : *The extraction of thallium-201 by the myocardium. Circulation* 56 : 188-205, 1977
- 10) Okada R, Leppo JA, Boucher CA, Pohost GM : *Myocardial kinetics of thallium-201 after dipyridamol infusion in normal canine myocardium and in myocardium distal to a stenosis. J Clin Invest* 69 : 199-208, 1982
- 11) Muller TM, Marcus ML, Ehrhardt JC, Chaudhuri T, Abboud FM : *Limitation of thallium-201 myocardial perfusion scintigrams. Circulation* 54 : 640-46, 1976

- 12) Robert AV, Dennis LK, Lefree MT, Rainwater JO, Jenson DP, Steele PP : *Thallium-201 myocardial perfusion scintigraphy ; Result of standard and multi-inhole tomographic techniques. Am J Cardiol* 43 : 787-793, 1979
- 13) Muehllehner G : *Rotating collimator tomography. J Nucl Med* 11 : 347(abst.), 1970
- 14) Fintel DJ, Links JM, Brinker JA, Frank TL, Parker M, Lewis CB : *Improved diagnostic performance of exercise thallium-201 SPECT over planar imaging in the diagnosis of coronary artery disease : A receiver operating characteristic analysis. JACC* 13 : 3 : 600-12, 1989
- 15) Stone DL, Weiss SH, Synder SH, et al : *A comparison of planar and tomographic thallium scintigraphy in patients with coronary artery disease. Eur J Nucl Med* 15 : 244-7, 1989
- 16) 여승여 · 장정표 · 주 홍 · 김홍범 · 오종한 · 서동룡 · 채유순 : *Dipyridamol Thallium-201 심근주사에 있어서 planar view와 SPECT view의 비교 분석. 순환기* 18 : 2 : 207-220, 1988
- 17) Eisner RL, Tamas MJ, Cloninger K, Shonkoff D, Oates JA, Gober AM, Dunn DW, Malko JA, Churchill AL, Patterson RE : *Normal SPECT thallium-201 bull's eye display ; gender differences. J Nucl Med* 29 : 1901-9, 1988
- 18) Norinari H, Kikuo M, Tdshio M, et al : *Two dimensional polar display of cardiac blood pool SPECT. Eur J Nucl Med* 15 : 133-36, 1989
- 19) Garcia EVm Var TK, Jaddahi J, Pringent F, Friedmann J, Areda J, Waxman A, Berman DS : *Quantification of rotational thallium-201 myocardial tomography. J Nucl Med* 26 : 27-25, 1985
- 20) Boucher CA, Zir LM, Beller GA, Okada RD, McKusick KA, Strauss HW, Pohost GM : *Increased lung uptake of thallium-201 during exercise myocardial imaging ; Clinical, hemodynamic, and angiographic implications in patients with coronary artery disease. Am J Cardiol* 46 : 2 : 189-96, 1980
- 21) Bingham JB, McKusick KA, Strauss HW, Boucher CA, Pohost GM : *Influence of coronary artery disease on pulmonary uptake of thallium-201. Am J Cardiol* 46 : 821-26, 1980
- 22) Gill JB, Ruddy TD, Newll JB, Finkelstein DM, Strauss HW, Boucher CA : *Prognostic importance of thallium uptake by the lungs during exercise in coronary artery disease. N Engl J Med* 24 : 1485-89, 1987
- 23) Califf RM, Phillips HR, Hindman MC, et al : *Prognostic value of a coronary artery jeopardy score. J Am Coll Cardiol* 5 : 1055-60, 1985
- 25) Ellestad MH : *Stress testing protocol ; In stress testing, principles and practice(Ellestad MH Eds.). FA Davis company, Philadelphia, 58, 1976*
- 26) Brown KA, Boucher CA, Okada RD, Strauss HW, Pohost GM : *Quantification of pulmonary thallium-201 activity after upright exercise in normal persons. Am J Cardiol* 53 : 1678-82, 1984
- 27) Kahn JK, McGhie I, Akers MS, Sills MN, Fabr T, Kulkarni PV, Willerson JT, Corbett JR : *Quantitative rotational tomography with ²⁰¹Tl and ^{99m}Tc MIBI. Circulation* 79 : 1282-87, 1989
- 28) Tailler\fer R, Lambert R, Dupras G, Gregoire J, Leveille J, Essiambre R, Phaneuf DC : *Clinical comparison between thallium-201 and Tc-99m-MIBI myocardial perfusion imaging for detection of coronary artery disease. Eur J Nucl Med* 15 : 280-86, 1989
- 29) Kiat H, Maddahi J Roy LT, Train K, Friedman J, Resser K, Berman DS : *Comparison of technetium 99m MIBI and thallium 201 for evaluation of coronary artery disease by planar and tomographic methods. Am Heart J* 117 : 1 : 1-11, 1989
- 30) Liu P, Houle S, Millis L Dawood F : *Kinetics of Tc 99m-MIBI uptake and clearance in ischemia-reperfusion ; Comparison with thallium-201(abst.). Circulation. 76, Supple IV : 216, 1987*
- 31) Wackers FJT, Berman DS, Maddahi J, et al : *Tc-99m-hexakis MIBI ; Human biodistribution, dosimetry, safety and preliminary comparsion to thallium-201 for myocardial perfusion imaging. J Nucl Med* 30 : 301-8, 1989
- 32) DePuey EG, Garcia EV : *SPECT ; quantitative tomography with thallium-201. In diarnostic nuclear medicine(Gottschalk A, Hoffer PB, otchen EJ. Eds.). Williams and Wilkins, Baltimore 427-431, 1988*
- 33) Liu P, Kiess MC, Okada RD Block PC, Strauss HW, Pohost GM, Boucher CA : *The persistent defect on exercise thallium imaging and its fate after myocardial revascularization ; Does in present scar of ischemia ? Am Heart J* 110 : 996-1001, 1985
- 34) Kiat H, Bermn DS, Maddahi J, Peyang L, Train K, Rozanski A, Friedman J : *Late reversibility of*

- tomographic myocardial thallium-201 defect ; An accurate maker of myocardial viability. J Am Coll Cardiol 12 : 6 : 1456-63, 1988*
- 35) Brunken R, Schwaiger M, McKay MG, Phelps ME, Tillsch J, Schelbert HR : *PET detects tissue metabolic activity in myocardial segments with persistent thallium perfusion defect. J Am Cardiol 10 : 557-67, 1987*
- 36) Mannting F : *A new method for quantification of pulmonary thallium uptake in myocardial SPECT studies. Eur J Nucl Med 16 : 213-222, 1990*
- 37) Homma S, Kaul S, Boucher CA : *Correlate of lung/heart ratio of thallium-201 in coronary artery disease. J Nucl Med 28 : 1531-35, 1987*