

심근 SPECT

Myocardial SPECT

이 동 수

서울의대 서울대병원 핵의학과

서울 중로구 연건동 28

Dong Soo Lee, M.D.

Department of Nuclear Medicine

Seoul National University College of Medicine & Hospital

E - mail : dsl@plaza.snu.ac.kr

Abstract

This review described the diagnostic efficacy of gated myocardial SPECT and its cost - effectiveness. Normal findings on myocardial stress SPECT predict negligible hard cardiac events. This prognostic value of myocardial SPECT influences cost - effectiveness of the strategy of the diagnosis of coronary artery disease. Despite the cost of the SPECT itself, the strategy of angiography following myocardial SPECT was the most cost - effective. Gated SPECT yields information regarding myocardial contractility and help differentiate attenuation artefact. Using gated SPECT, perfusion and contraction coupling can be interpreted. The test - retest reproducibility of global and regional contractile function of gated myocardial SPECT was excellent. Gated myocardial SPECT could be used to Predict functional improvement of myocardial dysfunction and to acknowledge improvement of myocardial function. Performance of rest - 24 hour delay TI - 201 SPECT for viability study was good. Rest TI - 201/ gated stress Tc - 99m MIBI SPECT and 24 - hour delay TI - 201 SPECT is a convenient method to diagnose coronary artery disease and myocardial viability.

Keywords : Myocardial SPECT; Cost - effectiveness; Coronary artery disease; Viability

핵 심 용 어 : 심근 SPECT; 관동맥질환; 생존심근

점차 고령화 되어가는 우리나라 사회의 주요 노인병인 동맥경화와 관동맥질환은 노인 뿐 아니라 장년층에서도 급사의 주요 원인이 다. 이 심장 질환을 치료하는데 심근 SPECT가 핵심적인 역할을 한다. 심장 핵의학검사는 심근의 혈류, 포도당 대사, 심근 교감신경 분포, 세포와 유전자 추적, 심근 수축성능, 심근 운동을 영상화하는 기능적 영상 방법이다. 이 중 심근 SPECT는 심근 혈류와 심근 운동, 수축성능을 일 상적으로 영상화한다. 심근 SPECT는 관동맥조영술과 조합하여 허혈성 심장 질환을 제어하는데 비용효과가 탁월함이 입증된 기술이다. 관동맥 질환과 관련 합병증을 예방하고 치료하는데, 심근 SPECT는 제한된 보건자원으로 최대 효과를 거두어 국민보건에 크게 기여하고 있다.

심근관류 SPECT 검사의 경우 우리나라는 2002년 현재 인구 백만명

당 500명 수준인 데 비해 미국은 인구 백만명당 20,000명 수준이며, 우리나라도 2010년에는 이 수준으로 증가할 것이다. 현재 전국에서 심근 SPECT를 연간 25,000건 시행하는 것으로 보면 2010년에는 40배인 1,000,000건이 시행될 것으로 예측된다. 심근 SPECT의 보험수가가 40만원이므로 현재 전국에서 심근 SPECT는 연간 100억 원만큼 보험재정을 사용한다.

현재 전국에서 연간 2,000건을 수행하고 있는 관동맥 우회로 수술이 증가세를 타게 되면 생존심근을 찾기 위하여 심근 SPECT를 쓰는 일이 잦아질 것이다. 관동맥우회로술은 현재 미국에서 연간 50만건을 시행하여 인구 100만명당 2,000건임을 고려하면 증가할 것임에 틀림없으나 증가폭은 예측하기 어렵다. 관동맥우회로술이 확대되면 심근 PET의 필요성이 증가하는데 간편 방법으로 심근 SPECT를 대신 사용하는 경우가 있기 때문이다. 일차 예방치료나 관동맥성형술이 급속히 발전하여 우회로 수술 증가세를 둔화할 것이라는 예측도 있어 우선 수술이나 시술례 수와 상관이 적은 관동맥질환을 진단할 때 심근 SPECT의 쓰임새를 설명하려 한다.

심근 SPECT의 관동맥질환 진단

심근 SPECT는 부하기와 휴식기에 심근의 각 부분에 혈류가 어느정도 흐르고 있는지를 보여 준다. 게이트 심근 SPECT는 심근 SPECT를 촬영할 때 1,000개의 맥박이 지나는 동안 심전도와 동조하여 영상을 얻어 심근의 움직임을 평균하여 나타낸다. 게이트 SPECT는 혈류와 수축능을 동시에 표현한다는 점에서 심장외과의 오랜 꿈을 이루어냈다. 이런 점에서 게이트 심근 SPECT는 심장의 one - stop 영상을 최초로 구현한 셈이다. 게이트 심근 SPECT는 우리나라에서도 이미 임상에 널리 쓰이고

있다. 조영제 심초음파와 게이트 MR이 급속히 발전하여 게이트 심근 SPECT의 one - stop 영상의 특성을 재현하고 있지만 둘 다 최소한 우리나라에서는 아직 임상에 널리 쓰이지 않는다.

심근 SPECT는 방사성 동위원소가 심근혈류를 따라 심근에 유입되어 심근에 섭취된 후 유출되지 않는 성질을 이용하여 심근 각 부위의 혈류를 방사능의 상대적 세기로 나타낸다(1, 2). 방사능의 상대적 세기는 화면에서 색의 밝기로 나타난다. 심근의 혈류는 부하기에는 혈관예비능을 총동원하면 휴식기의 3~5배까지 증가한다. 디피리다몰이나 아데노신은 관동맥혈관에 직접 작용하여 혈류예비능을 노출한다. 관동맥이 좁아져서 예비능이 감소한 경우 가역성 관류결손, 즉 휴식기에 정상 밝기를 보이는 심근이 부하기에 어둡게 보이는 결손이 나타난다.

관동맥이 많이 좁아지면 부하기나 휴식기 혈류가 모두 감소한 것처럼 보이는 지속결손이 나타나는데 이때는 게이트 심근 SPECT에 심근운동도 저하된 것처럼 보인다. 흉곽이나 가로막, 유방이 가려서 심근 SPECT에 결손같이 보이는 병변을 판정할 때 게이트 심근 SPECT가 좋은 참조가 된다. 심근 운동, 비후능이 정상이면 지속결손이 아니라 정상이라고 본다. 가역관류결손은 휴식기 심근 SPECT에 정상으로 보여야 하며 그렇게 보이는 경우가 대부분이지만 부하 후 게이트 심근 SPECT 때는 부하 후 1~2시간 후라 휴식기에 들어갔다고 생각한 심근이 수축능 이상을 보이는 경우가 있다. 운동 후 뿐만 아니라 디피리다몰 부하 후에도 급성 허혈 에피소드가 지난 후에 심근 혈류는 바로 회복하지만 심근 운동장애는 회복하는데 시간이 좀 걸린다(3).

관동맥협착이 심근 혈류를 일으키는 원인인가 알아보는 데 심근 SPECT가 최적이다. 관동맥협착의 해부학은 그 협착 병변이 겪어온 역사를 나타내지 못하는 데 비하

Special Issue · 핵의학의 최신지견

여 심근 SPECT는 누적 협착 효과를 기능영상으로 보여 주기 때문이다. 같은 정도의 협착이라 하더라도 오랜 세월 협착된 곳은 우회혈관의 발달로 허혈 정도가 심하지 않을 수 있기 때문이다. 중등도 협착이 있어도 심근 SPECT에 정상으로 보이면 부하기 허혈 증상의 원인이 아니라고 볼 수 있으며 따라서 심장사건도 연간 1% 미만이다. 반대로 부하기 허혈부위가 크고 깊으면, 즉 summed stress score(SSS)가 크면 클수록 심장사건이 많이 생긴다(4). 다만 그 정도는 다양하여 심장원인 돌연사의 가능성은 SSS가 클수록 커지는 데 비해 급성 심근 경색증의 가능성은 SSS가 정상일 때 매우 적다가 SSS가 이상범위이기만 하면 생길 가능성이 크고, SSS의 크기와 비례하여 커지지는 않는다. SSS가 커서 생기는 심장사건은 우회로 수술이나 혈관성형술에 의해 분명히 호전된다. 따라서 심근 SPECT의 결과를 보고 시술 여부를 결정할 수 있고 심지어 심근 SPECT가 정상이면 약물을 주로 한 지지치료로 족하다고 본다.

게이트 심근 SPECT로 관동맥질환을 진단하는 진단성능 중 예민도는 메타분석 결과 85%이다(5). 운동부하 심전도의 예민도는 68%이고 진단불확정에 드는 환자가 18%이다(6). 85%에 들지 않은 위음성 예들도 위에 설명한 대로 심장사건이 생기지 않는 것으로 보아 그대로 좋다고 볼 수 있다. 즉 위음성의 예후를 참조하면 심근 SPECT의 관동맥질환 진단율은 더 높여야 할 필요성이 없어 보인다.

게이트 휴식/부하 심근 SPECT와 부하심초음파도의 진단성능은 대체로 비슷하다. 그러나 심근 SPECT에 정상으로 나타난 경우는 심장사건 연간 발생률이 1% 이하인 데 비하여 심초음파에 정상으로 나타난 경우는 심장사건 연간 발생률이 2% 가량 된다. 운동부하 심전도가 정상인 경우 심장사건 연간 발생률은 5%를 상회한다. 이런

차이가 운동부하 심전도, 부하 심초음파, 심근 SPECT, 이 세 검사의 검사수가의 큰 차이에도 불구하고 비용효과 성능을 분석하여 보면 심근 SPECT가 비용대비 효과가 가장 크다. 가장 값싼 운동부하 심전도가 가장 비용효과 성능이 나쁘다(7, 8). 다만 운동부하 심전도는 운동부하 인내도를 측정할 수 있고 이것으로 운동 권고를 할 수 있으므로 좋다. 그러나 심근 SPECT나 심초음파도도 운동부하를 하며 검사할 수 있기 때문에 비슷하다.

검사 전 유병 가능성이 다를 때 비용효과성능이 크게 다르다. 즉 검사 전 유병 가능성이 10%에 불과한 경우는 50%가 넘는 경우 같은 효과를 올리려면 비용이 4배 이상 든다(6~8). 심장 전문의가 진찰하는 것이 보험기구같은 데에서 일괄적으로 선별검사를 시행하는 것보다 비용효과성능이 매우 큰 이유이다. 비용효과성능을 세밀하게 계산하여 본 결과 검사 전 유병 가능성이 15% 이하인 저위험군은 운동부하 심전도를 하고 마치는 것이 좋다. 중등도와 높은 유병 가능성 환자군에서는 바로 심근 SPECT를 하는 것이 좋다.

우리나라의 보험제도 하에서 위의 비용효과성능 데이터를 참조하지 않고 2010년에 40배로 성장할 심근 SPECT 검사를, 예를 들어 더 값싼 운동부하 심전도를 시행하지 않고 심근 SPECT를 바로 하였으므로 비싼 검사의 남용이라고 생각하는 오류에 빠지지 말아야 한다. 검사 전 유병률이 60% 이상인 경우는 바로 관동맥조영술을 하는 것이 비용이 덜 든다는 보고도 비슷한 논리이다. 그러나 관동맥조영술을 하여 두 혈관 또는 세 혈관 질환이 나왔을 때 어느 협착혈관이 성형술/수술이 필요한가 알기 위하여 심근 SPECT를 하는 것이 정당하다. 따라서 이까지 고려하면 고위험군에서 심근 SPECT를 먼저 하는 것도 적정진료에 해당한다.

전국 25,000건의 심근 SPECT의 증례를 분석하면 1/3

가량의 환자는 수술과 마취에 대한 심장 위험도를 알기 위한 것이다. 정상인의 경우 마취와 수술의 위험이 없고 이상이 있는 경우 대비하는 것이 바람직하다. 특히 당뇨병의 경우 무통성 허혈 또는 경색이 많아 검사하는 것이 추천된다.

생존심근을 찾기 위한 심근 SPECT

관동맥질환자에게 재관류 시술이나 수술을 하는 경우 좌심실의 전체 기능이나 부분 기능이 호전된다. 구혈률이 증가하거나 심근 수축기능이 개선되는 것을 관찰하여 호전 여부를 판단한다. 재관류에 성공하면 관동맥질환 환자의 운동능력도 좋아진다. 나아가 급사나 급성 심근경색증 같은 심장사건을 겪지 않게 된다. 재관류 수술이나 시술이 이런 긍정적인 효과를 보이는 환자를 선별하는 것이 생존심근을 찾는 목적이다.

재관류 시술을 하면 가역적인 심근관류결손이 좋아진다. 그러나 가역적 심근관류결손만 재관류 후에 좋아지는 것이 아니고 지속관류결손도 좋아진다. 따라서 지속적 관류결손 중에 재관류 후 좋아질 심근을 찾아내는 것이 중요하다. 가역관류결손이 호전되면 운동 관련 심근 허혈, 즉 예비능 감소에 따른 협심증이 호전되어 운동능력이 좋아진다. 지속관류결손 부위가 재관류술 후에 관류가 회복하고 이어서 수축기능이 호전되면 좌심실 구혈률이 호전되어 호흡곤란을 비롯한 좌심실 기능 저하에서 회복하여 운동능력이 좋아진다. SSS가 클 때 심장사건이 많을 것이라 예측되지만 재관류 후에 SSS가 감소하면 중증 심장사건이 줄어 결국 생존율이 올라가므로 궁극적으로 재관류술이 사람을 살렸다고 할 수 있다. 휴식/부하 심근 SPECT로 이런 환자를 선별할 수 있다.

생존심근을 찾기 위해 심근 SPECT를 시행하는 것은

재관류 시술/수술을 얼마나 많이 계획하는가에 달렸다. 우리나라 관동맥 우회로술은 2001년 전국에서 2,000건, 관동맥성형술은 2,000년 전국에서 8,000건을 수행하였다. 재관류술 증례가 연간 10,000건일 때 그 다섯배의 환자에서 생존심근을 찾기 위하여 심근 SPECT를 수행한다면 생존심근을 찾기 위하여 연간 50,000건의 검사가 필요하다.

생존심근은 기절심근과 동면심근으로 나눈다. 그러나 최근 기절심근과 동면심근이 연속체의 양쪽 끝에 놓였다고 해석하면서 기절심근은 급성기에는 운동유발허혈처럼 휴식기의 혈류는 정상이나 부하기 허혈이 감소하였고, 만성 기절심근은 휴식기 혈류는 정상이고 부하기 허혈이 더 감소한 상태로서 동면기에 들어가면 결국 휴식기 혈류마저 감소한 상태라 본다(9). 운동 후나 약물 부하 후에 부하유발허혈의 관류상태를 보인 심근이 어떤 상태에 있는지 조사한 결과 휴식기 혈류가 정상으로 돌아왔음에도 불구하고 심근 수축능은 이상이 계속된다는 것을 알게 되었다. 부하유발허혈을 겪은 심근이 휴식상태로 돌아온 후에도 일종의 기절 상태를 지속하여 결국은 만성화한다는 생각을 지지하는 결과이다. 심근의 혈류와 수축능의 연결고리에 대하여 이와 같은 해석을 가하려면 혈류와 수축능을 동시에 평가하여야 하고 게이트 심근 SPECT가 이런 일을 수행하는 데 적격이다.

생존심근을 정의하는 데 게이트 심근 SPECT를 사용할 수 있다. 수축능 이상에 따른 운동이상을 보이는 심근이 재관류 후에 운동이 호전되는 것을 심초음파로 관찰하여 생존심근을 정의하였었다. 그러나 심초음파는 검사-재검사의 재현성이 떨어지고 심근 수축능을 평가할 때 주관성이 개입한다는 단점이 컸다. 게이트 심근 SPECT로는 좌심실 전체기능, 즉 좌심실 구혈률, 좌심실 확장기 말의 부피, 좌심실 수축기 말의 부피를 측정할 수 있고, 같

Special Issue · 핵의학의 최신지견

은 환자에서 두번 영상을 얻어 측정한 이들 수치의 재현성은 매우 뛰어나다(10). 구혈률의 경우 Bland Altman 도표에서 2 표준편차가 5% 밖에 되지 않는다. 이것은 시술이나 수술 후 추적하였을 때 구혈률이 5% 이상 차이 나면 유의한 차이라 볼 수 있음을 가리킨다. 검사 - 재검사 재현성은 부분 심근의 경우에 2표준편차가 심근 운동 2 mm, 심근 수축기 비후화 20% 이내임이 알려졌다(11).

재관류 후 좌심실 전체 기능이 호전되는 데 부분심근의 기능호전이 어떤 연관을 가지고 있는가 조사하였더니 심근 운동의 호전보다는 심근 수축기 두꺼워짐의 호전과 상관성이 높았다(12). 생존심근을 정의하는 데는 게이트 심근 SPECT의 심근 수축기 두꺼워짐을 사용하는 것이 좋다고 해석하였다. 수술 후에 생존심근의 심근 수축능 장애가 호전하는 경과를 게이트 SPECT로 관찰할 수 있다. 수술 전에 가역관류결손 심근은 수술 후 일찍이 심근 수축능이 호전된다. 수술 전에 지속관류결손 심근은 수술 후 심근 수축능이 호전되는데 조금 오래 걸렸다(13).

심근 SPECT에 생존심근이 나타난 경우 재관류 시술/수술을 하지 않는 경우 메타분석 결과 연간 사망률이 16%에 이르고 재관류하면 이 사망률이 3.2%이었다(14). 반면에 생존심근이 없는 경우는 내과적 치료를 하나 재관류하나 모두 연간 사망률이 6~7%이었다. 따라서 생존심근을 찾는 심근 SPECT를 하여 생존심근을 찾는 경우는 재관류 수술을 하여야 한다. 이때 수술 전 좌심실구혈률이 낮으면 낮을수록 재관류 후 사망률을 더욱 더 낮출 수 있었다(14). 공격적인 치료를 정당화하는 결과이다.

생존심근을 찾는 데는 Tl - 201 휴식 - 재분포 SPECT가 적절하다. 경쟁상대로 저용량 도부타민 부하 심근 SPECT와 심근 FDG PET이 있다. 역시 메타분석에 의하면 세가지 방법이 모두 예민도는 85% 내외이었으나 특

이도는 심초음파와 PET는 80~90%로 높고, 휴식 - 재분포 SPECT는 54%이었다(15). 휴식 - 재분포 SPECT로 생존심근을 찾을 때 부하 휴식기의 혈류분포에 따라 생존심근 예측성능이 달랐다(16). 부하유발성 허혈이 있는 경우 생존심근 예측성능이 높지 않았던 데 비하여 지속관류결손의 경우 휴식 - 재분포 SPECT의 생존심근 예측성능이 높았다. 이 결과로 생존심근의 여부를 판정하기 위해서는 휴식 - 부하 심근 SPECT를 하여 부하유발성 허혈, 즉 가역성 관류결손이 있는가 보고, 있는 경우 검사를 중단하고 재관류 시술이나 수술을 기획하여야 하고, 지속관류결손만 나타난 경우는 휴식 - 재분포 Tl - 201 SPECT를 수행하는 것이 좋다. 이 검사를 지속적으로 수행하려면 Tl - 201 휴식기 SPECT 후에 Tc - 99m MIBI 또는 Tc - 99m tetrofomin 부하기 SPECT를 하고 그 결과를 본 후 24시간 지연 Tl - 201 SPECT를 수행하면 된다.

결론

휴식 - 부하 심근 SPECT와 휴식 - 지연재분포 심근 SPECT를 얼마나 많이 사용하는가에 따라 관동맥질환의 진단과 치료의 적정성이 정해진다. 최근에 시작한 다기관 임상시험에는 심근 SPECT 결과를 검사집단의 계층화에 사용하고 있다. 혈류와 혈류예비능을 직접 영상화하는 심근 SPECT의 위력을 무시할 수 없기 때문이다. 해부학적 병변이 질병을 구성하지만 환자가 겪는 불편은 생리학적, 기능적 영향과 밀접하기 때문이다.

참고문헌

1. Lee DS, Lee MC. Heart scan. In: Bahk Y - W, Kim EE, Isawa T, ed. Nuclear imaging of the chest. Berlin: Springer, 1997 :

239-84

2. 궁성수, 문대혁, 이동수. 심장. In: 핵의학 제2판. 서울: 고려 의학, 1997 : 361-420
3. Lee DS, Yeo JS, Chung JK, Lee MM, Lee MC. Transient prolonged stunning induced by dipyridamole and shown on 1 - and 24 - hour poststress 99mTc - MIBI gated SPECT. J Nucl Med 2000 ; 41 : 27-35
4. Hachamovitch R, Berman DS, Shaw LJ, Kiat H, Cohen I, Diamond GA, et al. Incremental prognostic value of myocardial perfusion single photon emission computed tomography for the prediction of cardiac death: differential stratification for risk of cardiac death and myocardial infarction. Circulation 1998 ; 97 : 535-43
5. Fleischmann KE, Hunink MG, Kuntz KM, Douglas PS. Exercise echocardiography or exercise SPECT imaging? A meta - analysis of diagnostic test performance. J Nucl Cardiol 2002 ; 9 : 133-4
6. Patterson RE, Eisner RL, Horowitz SF. Comparison of cost - effectiveness and utility of exercise ECG, single photon emission computed tomography, positron emission tomography, and coronary angiography for diagnosis of coronary artery disease. Circulation 1995 ; 91 : 54-65
7. Lee DS, kang KW, Jang MJ, Cheon GJ, Lee MM, Lee MC, et al. Cost - effectiveness of myocardial perfusion SPECT for diagnosis of coronary artery disease in Korea: comparison with exercise ECG and coronary angiography. Korean J Nucl Med 2000 ; 34 : 207-21
8. Lee DS, Jang MJ, Cheon GJ, Chung JK, Lee MC. Comparison of the cost - effectiveness of stress myocardial SPECT and stress echocardiography in suspected coronary artery disease considering the prognostic value of false - negative results. J Nucl Cardiol 2002 ; 9 : 515-22
9. Canty JM Jr., Fallavollita JA. Chronic hibernation and chronic stunning: a continuum. J Nucl Cardiol 2000 ; 7 : 509-27
10. Lee DS, Cheon GJ, Ahn JY, Chung JK, Lee MC. Reproducibility of assessment of myocardial function using gated 99Tc(m) - MIBI SPECT and quantitative software. Nucl Med Commun 2000 ; 21 : 1127-34
11. Paeng JC, Lee DS, Cheon GJ, Lee MM, Chung JK, Lee MC. Reproducibility of an automatic quantitation of regional myocardial wall motion and systolic thickening on gated 99mTc - sestamibi myocardial SPECT. J Nucl Med 2001 ; 42 : 695-700
12. Lee DS, Cheon GJ, Paeng JC, Kim KB, Chung JK, Lee MC. Criteria for definition of regional functional improvement on quantitative post - stress gated myocardial SPET after bypass surgery in patients with ischaemic cardiomyopathy. Eur J Nucl Med Mol Imaging 2002 ; 29 : 1078-82
13. Bax JJ, Visser FC, Poldermans D, Elhendy A, Cornel JH, Visser CA, et al. Time course of functional recovery of stunned and hibernating segments after surgical revascularization. Circulation 2001 ; 104 : 1314-8
14. Allman KC, Shaw LJ, Hachamovitch R, Udelson JE. Myocardial viability testing and impact of revascularization on prognosis in patients with coronary artery disease and left ventricular dysfunction: a meta - analysis. J Am Coll Cardiol 2002 ; 39 : 1151-8
15. Bax JJ, Wijns W, Cornel JH, Visser FC, Boersma E, Fioretti PM. Accuracy of currently available techniques for prediction of functional recovery after revascularization in patients with left ventricular dysfunction due to chronic coronary artery disease: comparison of pooled data. J Am Coll Cardiol 1997 ; 30 : 1451-60
16. Paeng JC, Lee DS, Cheon GJ, Kim KB, Yeo JS, Lee MC, et al. Consideration of perfusion reserve in viability assessment by myocardial TI - 201 rest - redistribution SPECT: a quantitative study with dual - isotope SPECT. J Nucl Cardiol 2002 ; 9 : 68-74