

## 게이트 심근 관류 SPECT의 관상 동맥 질환 진단 성능

서울대학교 의과대학 핵의학교실, 내과학교실\*

강원준 · 이동수 · 이명묵\* · 정준기 · 이명철 · 고창순

= Abstract =

### Performance of Gated Myocardial Perfusion SPECT to Diagnose Coronary Artery Disease

Won Jun Kang, M.D., Dong Soo Lee, M.D., Myoung Mook Lee, M.D.\*  
June-Key Chung, M.D., Myung Chul Lee, M.D.  
and Chang-Soon Koh, M.D.

*Departments of Nuclear Medicine and Internal Medicine\*,  
Seoul National University Medical College, Seoul, Korea*

Gated SPECT can evaluate the regional wall motion of the heart. We evaluated the regional wall motion of the perfusion abnormality in conventional perfusion SPECT with gated SPECT. In case of suspicious perfusion abnormalities, we tried to differentiate the artifact from true abnormality in coronary vascular disease using gated SPECT. We thought that artifacts would have normal wall motion, whereas fixed defects with decreased wall motion would probably represent coronary artery disease.

A total of 275 patients who were performed coronary angiography and Tl-201 rest/Tc-99m MIBI dipyridamole stress gated SPECT within 2 months were enrolled. In coronary angiography, stenosis more than 50% was considered as coronary artery disease. After injection of 111MBq Tl-201 rest image was obtained on triple head SPECT system. 370MBq Tc-99m MIBI was used for the stress image. Eight-frame per-cardiac-cycle gated Tc-99m SPECT studies were done. All the images were analyzed visually.

Using perfusion SPECT, the overall sensitivity and specificity were 87% and 55% respectively. Regarding artery territory, sensitivity and specificity were 68% and 73% for left anterior descending artery(LAD), 62% and 78% for right coronary artery(RCA), 42% and 90% for left circumflex artery(LCX). Using gated SPECT, the overall sensitivity and specificity were 87% and 66% respectively. Sensitivity and specificity were 68% and 78% for LAD, 62% and 79% for RCA, 42% and 90% for LCX. Among 21 false positive cases in perfusion SPECT, 5 cases were interpreted as true negative with gated SPECT.

We conclude that gated SPECT provides a valuable adjunct to perfusion SPECT in characterizing perfusion abnormalities and to improve specificity.

**Key Words:** Gated myocardial SPECT, Coronary artery disease, Diagnostic accuracy

## 서 론

관상 동맥 질환의 이상적인 진단법은 관상 동맥 조영술이지만 관상동맥조영술은 그 침습성 때문에 선별 검사로 사용하거나 반복하여 사용하기 어려운 단점이 있다. 비침습적으로 심근 관류를 평가하는 방법으로 Tc-99m-MIBI나 Tl-201을 이용한 심근 SPECT가 널리 사용되고 있으며 그 진단 정확성에 대한 보고가 많다. 검사 방법과 대상 환자 선정에 따라 차이가 있지만 심근 관류 SPECT의 예민도와 특이도는 각각 85%-89%와 70%-93%으로 보고되었다<sup>1)</sup>.

심근 SPECT에서 부하기와 휴식기 영상 획득 시 환자의 위치가 변하지 않는다면 연부 조직에 의한 인공 산물은 지속성 관류 결손으로 나타나게 된다. 인공 산물에 의한 관류 감소가 관동맥 질환 때문으로 오인 되는 수가 있어 위양성 결과를 만들고 검사의 특이도를 낮춘다<sup>2)</sup>.

재분포가 적고 심근내 잔류 시간이 긴 Tc-99m MIBI를 이용하면 게이트 영상을 얻을 수 있다. 게이트 심근 SPECT를 이용하여 심근의 움직임과 비후화를 관찰하면 심근 벽운동을 평가할 수 있고 이 결과는 좌심실 조영술 소견 또는 심초음파도와 일치도가 높다는 보고가 있었다<sup>3, 4)</sup>. 이 연구에서 휴식 Tl-201/디피리다몰 부하 심근 SPECT를 시행할 때 Tc-99m-MIBI SPECT를 게이트 SPECT로 촬영하였다. 휴식기 관류 감소가 보이는 심근의 벽 운동을 평가하여 게이트 SPECT 결과 정상 벽 운동을 보이면 그 심근 영역의 관류는 정상인데 감소된 것처럼 보인다고 가정하였다. 반면 벽운동에 이상이 있는 영역의 관류 감소는 관상 동맥 질환에 의한 것으로 판정하였다. 이렇게 판정한 결과를 관상 동맥 조영술 결과와 비교하였다.

이 연구에서 게이트 심근 SPECT를 이용하여 심근 벽의 운동을 평가하면 휴식 Tl-201/디피리다몰 부하 심근 SPECT에 나타나는 위양성률을 줄여 게이트하지 않은 휴식 Tl-201/디피리다몰 부하 심근 SPECT보다<sup>5)</sup> 진단률을 향상시킬 수 있는지 알아보려 하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 대상

1995년 6월부터 1996년 5월까지 서울대학교 병원에서 심근 SPECT를 시행한 환자 중 심근 SPECT 2개월 전후에 관상 동맥 조영술을 시행한 275명을 대상으로 하였다. 남자는 170명이었고 여자는 105명이었으며 평균 나이는 54±8세였다. 관동맥 우회로술이나 경피적 관동맥 성형술을 시행한 경우는 대상에서 제외하였다.

### 2. 방법

Tl-201 111MBq(3mCi)을 환자에게 주사한 후 5-15분 사이에 삼중헤드 SPECT 카메라(PRISM 3000, Picker)를 이용하여 15분간 휴식기 영상을 얻었다. 0.56mg/kg의 디피리다몰을 4분간에 걸쳐 주사하여 부하를 실시하고 370MBq(10mCi)의 Tc-99m-MIBI를 주사하고 1시간 경과 후 부하기 영상을 얻었다. 휴식기 영상에 관류 감소나 결손이 보이면 24시간 후 재분포 영상을 얻었다. Tc-99m-MIBI 부하 영상을 촬영할 때 심전도 상 R-R 간격을 8단위로 나누어 게이트 방식으로 영상을 얻었다. 전체 촬영 시간은 통상적인 관류 SPECT 시간인 17분 내에 이루어졌다.

게이트 촬영한 투사상을 모두 합하여 게이트하지 않은(ungated) 투사상을 만들었다. 이 투사상을 재구성하여 심근관류를 평가하였다. 심근은 단축 영상을 위주로 17개의 분절로 나누어 관류 정도를 0에서 3까지 등급화하여 관류 분절 점수를 매겼다 (0: 정상, 1: 약간 감소, 2: 심한 감소, 3: 결손)<sup>5)</sup>. 부하기와 휴식기의 점수차를 이용하여 지속적 관류 감소, 가역적 관류 감소 그리고 정상 관류의 3가지 관류 유형을 분류하였다.

게이트 심근 SPECT로 재구성한 영상을 모니터에 동영상으로 표현하여 심근벽의 운동을 평가하였다. 단축 영상, 수직 장축 영상, 수평 장축 영상을 동영상으로 표현하여 심근 각 영역의 운동과 비후화 여부를 육안적으로 평가하였다. 판정은 정상 운동, 운동 저하, 이상 운동 또는 무운동으로 각 영역의 운동 능력을 분류하였다.

관상 동맥 조영술은 Judkin의 방법을 이용하여

35mm 시네 필름으로 초당 30 단위 영상의 속도로 촬영하여 육안적 협착 정도를 분석하였다. 관상 동맥 협착의 정도를 백분율로 표현하였으며 50% 이상의 협착을 의미 있는 협착으로 보았다.

## 결 과

### 1. 대상환자의 특성

275명의 대상 환자 중 228명에서 관상 동맥 조영술상 50% 이상의 협착이 관찰되어 관상 동맥 질환의 빈도는 83%였다. 이 중 한 혈관 질환이 88명, 두 혈관 질환이 76명, 세 혈관 질환이 64명이었다.

### 2. 심근 관류 SPECT의 진단 성능

관류 SPECT 판정 결과를 관상동맥 조영술 결과와 비교하면 관류 SPECT의 예민도는 87%였고 특이도는 55%였다(Table 1).

관류 SPECT의 혈관 영역별 진단률은 좌전하행동맥의 예민도는 68%, 특이도는 73%였고, 우관상동맥의

Table 1. 심근 관류 SPECT와 게이트 관류 SPECT의 관상 동맥 질환 진단률

	관류 SPECT		게이트 SPECT	
	판정 이상	정상	판정 이상	정상
50% 이상의 협착	198	30	198	30
정상	21	26	16	31

심근 관류 SPECT의 예민도: 87%, 특이도: 55%  
게이트 관류 SPECT의 예민도: 87%, 특이도: 66%

Table 2. 심근 관류 SPECT의 혈관영역별 진단률

좌전하 동맥	양성	음성	
협착	119	56	예민도: 68%
정상	26	72	특이도: 73%
우관상 동맥			
협착	79	49	예민도: 62%
정상	31	113	특이도: 78%
좌회선 동맥			
협착	50	69	예민도: 42%
정상	16	138	특이도: 90%

예민도는 62%, 특이도는 78%였으며 좌회선동맥의 예민도는 42%, 특이도는 90%였다(Table 2).

### 3. 게이트 SPECT 의한 진단 성능 향상

게이트 SPECT에 의한 심근 벽 운동 능력 평가를 진단에 이용하였을 때 관상 동맥질환의 진단률은 표 2와 같았다. 게이트 SPECT는 관류 SPECT에서 위양성으로 판정한 21례중 5례를 음성으로 판정해 특이도가 55%에서 66%로 향상되었다(Table 1).

게이트 SPECT에 의한 영역별 진단률을 보면 좌전하행 동맥의 예민도는 68%, 특이도는 78%, 우관상 동맥의 예민도는 62%, 특이도는 79%, 좌회선 동맥의 예민도는 42%, 특이도는 90%이었다. 좌전하 동맥의 특이도가 향상되었다(Table 3).

### 4. 위양성례의 분석 결과

게이트하지 않은 관류 SPECT 상 위양성으로 판정된 21례는 4가지 군으로 분류할 수 있었다(Table 4). 첫번째는 관류 SPECT상 지속성 결손으로 판독되었으나 게이트 SPECT상 정상 벽 운동이 확인되어 정상으로 판정하였고 관상 동맥 조영술상으로도 정상 소견임이 확인된 증례들이다(A군). 게이트 SPECT에 의해 진단 성능이 향상되는 데 기여하였다.

두번째는 관류 SPECT상 휴식기 관류는 정상이고 부하기 관류만 감소된 경우로 게이트 SPECT 상으로 정상이지만 판정에 영향을 주지 못한 경우이다. 관상 동맥 조영술상으로 정상임이 확인되었다(B군). 세번째는 역시 휴식기 관류가 정상으로 게이트 SPECT상 정

Table 3. 게이트 관류 SPECT의 혈관 영역별 진단률

좌전하 동맥	양성	음성	
협착	119	56	예민도: 68%
정상	22	76	특이도: 78%
우관상 동맥			
협착	79	49	예민도: 62%
정상	30	114	특이도: 79%
좌회선 동맥			
협착	50	69	예민도: 42%
정상	16	138	특이도: 90%

Table 4. 관류 SPECT상 위양성 사례 분석

	관류 SPECT	관상동맥 조영술	게이트 SPECT	판정
A군(5례)	지속관류 감소	정상	정상	정상으로 판정
B군(8례)	가역적관류 감소	정상	정상	판정에 영향 없음
C군(5례)	가역적관류 감소	50% 이하의 협착	정상	판정에 영향 없음
D군(3례)	지속관류 감소	정상*	운동저하 혹은 무운동	판정에 영향 없음

\* 관상 동맥 조영술 상으로는 정상이나 좌심실 조영술에서 심근 벽의 운동능력에 이상이 있음이 확인된 경우임

Table 5. 게이트 SPECT를 이용하여 진단에 도움이 된 사례

	관류 SPECT	관상동맥 조영술	게이트 SPECT	성 별
증례 1	LAD 지속	정상	정상 벽운동	여
증례 2	LAD 지속	정상	정상 벽운동	여
증례 3	RCA 지속 또는 부분 가역	정상	정상 벽운동	남
증례 4	LAD 역가역	정상	정상 벽운동	여
증례 5	LAD 지속 또는 부분 가역	정상	정상 벽운동	여

(LAD: 좌전하 동맥, RCA: 우관상 동맥)

상 벽 운동이 확인되었으나 진단에 도움을 주지 못한 경우로 관상 동맥 조영술 상 50% 이하의 관상 동맥 협착이 발견되었다(C군). B군과 C군은 게이트 SPECT의 도움이 진단 성능 향상에 이르지 못하였다.

네번째는 관류 SPECT에서 지속성 결손이 있었던 경우로 게이트 SPECT상으로 벽운동 장애가 있었으며 관상동맥 조영술상으로는 협착은 보이지 않으나 좌심실 조영술 등으로 벽운동 장애가 확인된 증례들이다(D군). D군은 협착은 없지만 벽운동 이상이 게이트 SPECT와 좌심실조영술 모두에서 확인되었으므로 관상동맥질환이 없다고 할 수 없었다. 이들을 대상에서 제외하였을 때 관류 SPECT의 특이도는 59%, 게이트 SPECT의 특이도는 70%이었다.

### 5. 게이트 SPECT가 도움된 증례

게이트 SPECT를 시행함으로써 정상으로 판정이 바뀐 다섯례의 관류 SPECT 및 관상동맥 조영술, 게이트 SPECT 결과는 Table 5와 같다. 관류 SPECT 상 휴식기 관류 감소가 있었던 경우이며 게이트 SPECT를 사용함으로써 벽 운동이 정상임을 보여 정상으로 판독한 경우이다. 관상 동맥 조영술 상으로도 정상 소견임이 확인되었다. 전벽의 혈류 결손으로 보였던 4례는 여자 환자의 경우였고 하벽의 혈류 결손으로 보였던 1례는 남자 환자의 경우였다.

부하기와 휴식기 영상에서 우관상 동맥의 부분 가역

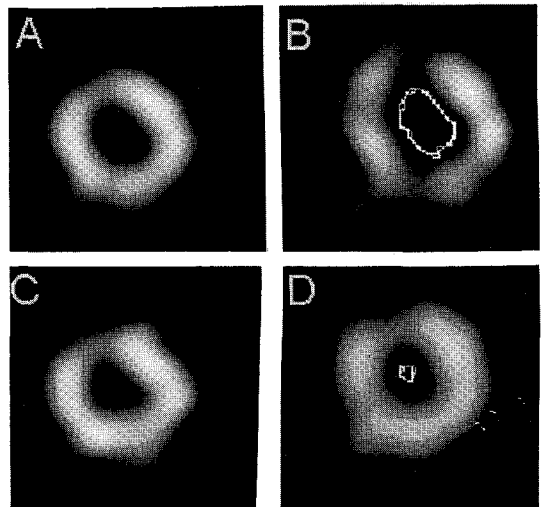


Fig. 1. 부하기와 휴식기 영상에서 우관상 동맥의 부분 가역 관류 감소로 판정했던 경우로 게이트 SPECT 분석시 하벽이 정상 운동을 보여 정상으로 판정한 경우이다. (A: 부하 Tc-99m-MIBI 영상, C: 휴식기 Tl-201 영상, B: 확장기말 영상, D: 수축기말 영상)

관류 감소로 판정했던 경우로 게이트 SPECT 분석시 하벽이 정상 운동을 보여 정상으로 판정하였다(Fig. 1). 부하기와 휴식기 영상에서 좌전하 동맥의 지속 결손이 의심되었던 증례로 게이트 SPECT에서 전벽이 정상 운동을 보여 정상으로 판정하였다(Fig. 2).

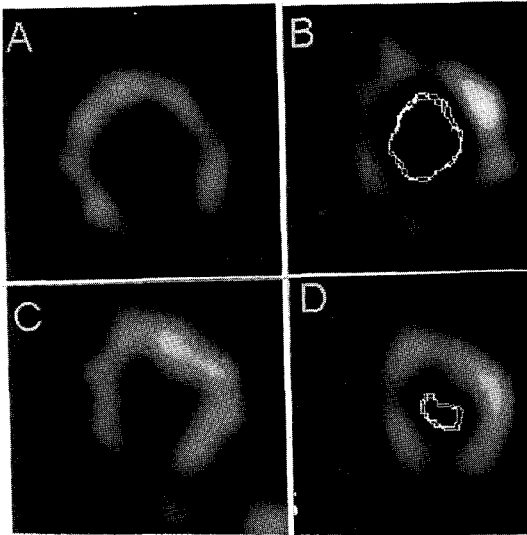


Fig. 2. 부하기와 휴식기 영상에서 좌전하 동맥의 지속 결손이 의심되는 경우로 게이트 SPECT에서 전벽이 정상 운동을 보여 정상으로 판정한 경우이다.  
(A: 부하 Tc-99m-MIBI 영상, C: 휴식기 Tl-201 영상, B: 확장기말 영상, D: 수축기말 영상)

## 고 찰

심근 관류 SPECT의 관상 동맥 질환 진단 능력은 예민도 85%-89%, 특이도 70%-93%로 보고되어 있다<sup>1)</sup>. Thallium-201을 사용할 때와 Tc-99m-MIBI를 사용할 때의 차이는 없었고<sup>6)</sup> 삼중헤드 카메라를 사용하면 단일 헤드 카메라를 사용했을 때보다 특이도가 45%에서 74%로 상승되었다<sup>7)</sup>. 관류 SPECT에서 보고한 양성예가 위양성인 경우 이어서 시행한 관상 동맥 조영술은 꼭 필요하지 않은 검사를 시행한 것이다. 이 때문에 위양성을 낮추고 특이도를 높이는 연구가 필요하였다.

관류 SPECT를 판독할 때 부하기와 휴식기 사이에 관류 차이가 없는 지속성 관류 감소는 관상동맥 질환에 의한 것일 수도 있고 인공 산물에 의한 것일 수도 있다<sup>2)</sup>. 인공 산물로 나타나는 흔한 원인은 여성의 유방이나 남녀 모두 나타나는 횡격막 등이다. 횡격막 감쇠는 주로 심근 하벽의 지속성 관류 감소로 나타나게 되며 여성에서의 유방 등 연부 조직에 의한 인공 산물

은 주로 심첨부 전벽에 지속성 관류 결손으로 나타난다<sup>2, 8)</sup>.

짧은 반감기를 가졌기 때문에 1110MBq 까지도 주사할 수 있는 Tc-99m-MIBI, 삼중 헤드 SPECT 기기 등이 널리 이용되면서 게이트 SPECT는 짧은 시간에 간편하게 시행할 수 있는 검사가 되었다<sup>9)</sup>. 심근 운동의 평가는 심근의 움직임과 두꺼워짐을 동시에 파악할 수 있는 심초음파도가 표준적 평가 방법이다<sup>10)</sup>. 게이트 SPECT로는 심근 관류뿐 아니라 심근 벽의 운동 기능을 동시에 평가할 수 있다. 게이트 SPECT로 평가한 심근벽 운동이 심초음파 및 좌심실 조영술로 평가한 심근벽의 운동 평가 결과와 일치도가 높았다<sup>3, 4)</sup>.

휴식기 벽운동이 정상인 심근의 휴식기 심근 관류가 이상이 있을 수 없다. 따라서 게이트 SPECT로 벽운동을 판정하여 관류 SPECT상 휴식기에 보이는 관류 감소가 참인지 인공 산물인지 평가할 수 있다. 특히 부하기에도 휴식기와 별로 다를 바 없이 보이는 지속성 관류 감소 부위의 벽 운동을 평가하면 부하 휴식기 모두 인공 산물에 의한 것이라 판단할 수 있다. 이런 방법으로 위양성률을 배제하면 관류 SPECT의 진단 성능을 향상시킬 수 있다.

게이트 SPECT를 사용함으로써 우리는 심근 관류 SPECT에서 관상동맥 질환으로 판정한 5례의 벽 운동이 정상임을 확인하여 정상으로 판정하였으며 이 결과가 관상 동맥 조영술 결과와 일치하였다. Smanio 등의 보고<sup>11)</sup>에 따르면 전체 278명의 환자에서 26%나 되는 환자가 인공 산물인지 모르는 지속 결손을 보였고 게이트 SPECT로 판단할 수 있었다. 그러나 우리가 연구 대상으로 삼은 집단에서는 이들 보고 만큼 잦은 빈도로 게이트 SPECT가 도움된 예를 찾지는 못하였다. 표본집단의 차이와 판독할 때 역치선정의 차이 등을 고려하여도 그 차이가 매우 큰 것은 판독자가 인공산물을 게이트 SPECT 없이도 판단할 수 있는 여러 가지 기준을 사용하기 때문이라 생각된다. 즉 Smanio 등이 연구한 대상 환자들이 게이트 SPECT가 없었더라면 인공산물임을 알아차리지 못하였을까 의문이다. 위양성예가 의심되는 예를 많이 가정할 수록 도움되는 경우가 많을 것이고 실제 임상에서는 우리가 보고한 것과 이들 보고의 사이의 어느 정도 만큼 도움이 되리라 생각한다.

뚜렷이 도출되었다고 본 5명 중에 전벽의 관류 감소를 보였던 환자는 4명으로 모두 여자였고 하벽의 관류 감소로 나타났던 1명은 남자였다. 이는 여자에서는 유방에 의하여 전벽에서, 남자의 경우 좌측 횡격막에 의하여 하벽에서 감쇠 인공 산물이 주로 나타난다는 기존 보고와 일치하였다<sup>2)</sup>.

게이트 SPECT를 진단에 이용하였을 때 특이도는 55%에서 66%로 향상된 결과를 얻었지만 이때 특이도는 다른 보고들<sup>1)</sup> 또는 우리가 이미 보고하였던 결과<sup>5)</sup>보다도 낮았다. 그 이유는 대상 선정 시 발생한 검사 후 의뢰 오차(post test referral bias) 때문으로 생각된다. 1년 동안 시행한 검사 중 관상동맥 조영술과 비교할 수 있었던 전례를 조사하였으므로 표본집단을 선별하는 데 나타나는 오차는 크지 않았을 것이다. 그러나 SPECT가 정상이면 관상 동맥 조영술을 시행하지 않는데 SPECT가 정상이어서 침습적 검사인 관상동맥 조영술을 시행하지 않는 빈도는 표본집단마다 크게 다를 경우가 많다. 이 연구에서 특이도를 계산할 때는 관상 동맥 조영술이 시행된 환자만을 대상으로 하였으므로 음성 결과가 조영술로 확인된 진음성례 수가 줄어들었고 이것이 특이도를 낮춘 주요 원인이라 생각한다. 정상인 예가 많이 포함된 다른 연구<sup>12)</sup>에서는 게이트 방법을 동원하지 않았어도 특이도가 높았다. 정상진단률이라 불리는 진단률은 게이트하지 않고도 89-92%로 보고되어 있다<sup>1)</sup>.

게이트 SPECT의 영상 획득과 판독에 걸리는 시간이 게이트SPECT의 주된 제한점이었다. 이 연구에서는 영상 획득 시 일반적으로 게이트 SPECT 시간으로 알려진 40분 대신 통상적인 관류 SPECT 시간인 17분 안에 게이트 영상을 얻어 이를 동영상으로 분석하였으며 영상 획득이나 판독에는 지장이 없었다<sup>3, 9)</sup>. 따라서 이 연구에서처럼 삼중 헤드 또는 직각형 SPECT를 시행하여 관류는 게이트하지 않은 영상을 만들고 게이트 영상으로 벽운동을 평가하면 촬영 시간을 늘리지 않고도 얼마든지 임상에 응용할 수 있을 것이라 생각한다. 판독할 때에도 휴식기 관류 감소 환자 중에 게이트 SPECT가 도움이 될 것 같고 인공산물이 의심되는 환자만 선별하여 이용하면 시간 부담을 줄일 수 있다. 컴퓨터의 저장 매체가 값이 싸진 요즘에는 게이트 영상 파일의 크기가 큰 것은 거의 문제가 되지 않는다.

이 연구에서는 디피리다몰 주입 1시간 후에 게이트 SPECT를 시행하였으므로 Tc-99m MIBI에 의하여 얻어지는 영상은 부하기 관류와 휴식기 벽운동을 반영하였다고 가정하였다. 지속성 관류 결손 이외에도 부분 가역 관류 감소, 역가역성(reverse reversibility) 등 휴식기 관류에 이상이 있는 경우는 게이트 SPECT를 이용한 벽 운동 평가가 인공 산물 여부 판정에 도움이 되리라 생각한다.

최근에 투과스캔을 동시에 하고 심근벽의 위치에 따른 방사능 감쇠 효과를 보정하여 유방, 횡격막 등에 의한 인공 산물을 판별하는 감쇠 보정 SPECT<sup>13)</sup>가 도입되어 쓰이기 시작하였다. 감쇠 보정 SPECT와 게이트 SPECT가 진단 성능을 서로 얼마나 향상시키는지 또 더 나아가 감쇠 보정 SPECT에 게이트를 시행하였을 때 벽운동을 보는 것이 진단에 도움이 되는지 등의 주제는 앞으로 연구해야 할 과제라 생각한다.

게이트 SPECT는 관류 SPECT상 휴식기 관류 감소 부위의 위양성 여부를 판정하여 인공 산물을 감별함으로써 관상 동맥 질환의 진단률을 높이는데 유용하였다. 다만 대상환자 집단에서 유용성의 빈도는 집단의 특성과 게이트하지 않은 SPECT를 판독하는 역치 기준에 따라 다르다고 생각하였다.

## 요 약

관상 동맥 질환에서 심근 혈류의 평가를 위하여 사용되는 심근 관류 SPECT는 여성에서의 유방이나 횡격막 감쇠 등 인공 산물에 의하여 위양성으로 나타날 수 있다. 이 연구에서는 게이트 SPECT를 이용하여 관류 SPECT에 나타나는 의심스러운 관류 감소 부위의 벽 운동을 평가하여 관류 감소 부위가 인공 산물인지 판정하였다. 판정 결과는 관상 동맥 조영술 결과와 비교하였다.

대상 환자 275명에서 관류 SPECT의 예민도와 특이도는 각각 87%와 55%였고 게이트 SPECT를 진단에 이용하였을 때 관류 SPECT에서 위양성을 보인 5례의 벽운동이 정상임이 확인되어 특이도가 66%로 향상되었다.

이상의 결과로 게이트 SPECT는 관상 동맥 질환의 특이도를 높이는 데 이용될 수 있을 것으로 생각한다.

### 참고 문헌

- 1) Lee DS and Lee MC. Heart Scan. In: *Bahk, Kim and Isawa (eds) Thoracic Nuclear Imaging. Springer, Berlin Heidelberg New York 1997(in press)*
- 2) DePuey EG, Rozanski A: *Using gated technetium-99m-sestamibi SPECT to characterize fixed myocardial defects as infarct of artifact. J Nucl Med 1995;36:952-955*
- 3) Chua T, Kiat H, Germano G, Maurer G, Van Train K, Friedman J, Berman DS: *Gated technetium-99m sestamibi for simultaneous assessment of stress myocardial perfusion, postexercise regional ventricular function and myocardial viability. J Am Coll Cardiol 1994;23:1107-14*
- 4) 김선옥, 이동수, 김상현, 현인영, 정준기, 이명목, 이명철, 고창순: 게이트 Tc-99m MIBI 심근 SPECT의 심근 분절 운동 평가능력. 대한 핵의학회지 1995;29:473-477
- 5) 여정석, 이동수, 강건옥, 손대원, 오병희, 이명목, 정준기, 박영배, 이명철, 서정돈, 이영우, 고창순: 휴식 TI-201 부하 Tc-99m MIBI 심근 SPECT의 관상 동맥 질환 진단 정확성. 대한핵의학회지 1996;30:112-117
- 6) Kiat H, Maddahi J, Roy L.T., MS, Van Train K, Friedman J, Resser K, Berman DS: *Comparison of technetium-99m methoxyl isonitrile and thallium-201 for evaluation of coronary artery disease by planar and tomographic methods. Am Heart J 1989;117:1-11*
- 7) 여정석, 이동수, 김종호, 손대원, 오병희, 정준기, 이명목, 박영배, 이명철, 서정돈, 이영우, 고창순: Tc-99m MIBI 심근 SPECT의 관상 동맥 질환 진단 성능: 단일헤드 SPECT와 삼중 헤드 SPECT 비교. 순환기 1995;25(초록):154
- 8) 배상균, 이동수, 오병희, 정준기, 이명목, 박영배, 이명철, 서정돈, 이영우, 고창순: 디피리다몰부하 <sup>99m</sup>Tc-MIBI 심근 SPECT 극성결손지도를 이용한 관동맥질환의 남녀비교. 대한핵의학회지 1993;27:59-64
- 9) Mazzanti M, Germano G, Kiat H, Friedman J, Berman D: *Fast technetium-99m-labeled sestamibi gated SPECT for evaluation of myocardial function. J Nucl Cardiol 1996;3:143-149*
- 10) Haendchen RV, Wyatt HL, Mauer G: *Quantification of regional myocardial function by two dimensional echocardiography. Circulation 1983;67:1234-1245*
- 11) Smanio PE, Watson DD, Segella D, Vinson EL, Smith WH, Beller GA: *Is it worthwhile to add gating to SPECT sestamibi perfusion imaging? Circulation 1995;92(Abstracts): I-11*
- 12) 문대혁, 류진숙, 양승오, 이희경, 송재관, 김재중, 박성욱, 박승정, 이종구: *Diagnostic accuracy of dipyridamole TI-201 triple head SPECT imaging for detecting coronary artery disease in patients without myocardial infarction. 대한핵의학회지 1995;29(초록):192*
- 13) Ficaro EP, Fessler JA, Shreve PD, Knitzman JN, Rose PA, Corbett JR: *Simultaneous transmission/emission myocardial perfusion tomography: Diagnostic accuracy of attenuation-corrected SPECT. Circulation 1996;93:463-473*