

반복 게이트 심근 Tc-99m-MIBI SPECT로 확인한 디피리다몰 부하에 의한 일과성 심근기절현상

서울대학교 의과대학 핵의학교실, 내과학교실*

이동수 · 윤석남 · 이원우 · 정준기 · 이명목* · 이명철 · 고창순

= Abstract =

Transient Prolonged Stunning by Dipyridamole Stress Proved by Post-stress(1 hour) and 24 hour Tc-99m-MIBI Gated SPECT

Dong Soo Lee, M.D., Seok Nam Yoon, M.D., Won Woo Lee, M.D.
June-Key Chung, M.D., Myoung Mook Lee, 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

We performed 1st day Tc-99m-sestamibi gated SPECT with dipyridamole/rest Tl-201 SPECT and 2nd day 24 hour delay Tl-201 SPECT/rest Tc-99m-sestamibi gated SPECT in 27 patients with coronary artery disease(24) or having chest pain(3). Stress and rest Tc-99m-sestamibi gated SPECT was acquired at 60min post-injection. A 4-point scoring system(0 to 3 for normal to absent tracer uptake) for 17 segments was used. Wall motion was scored on another 4 point scale(0 to 3 for normal to dyskinesia) in the 1st day post-stress gated and the 2nd day rest gated SPECT.

Post-stress gated SPECT showed wall motion abnormality in 94 segments(20%). Fifty-five segments among these 94 showed the same wall motion between post-stress and rest gated SPECT : i.e. 1-1 : 23 segments, 2-2 : 29 segments, 3-3 : 3 segments. Remaining 39 segments(41.5%) showed different wall motion between post-stress and rest Tc-99m-sestamibi gated SPECT. Twenty one segments with wall motion abnormality had normal perfusion(rest : 15 segments, 24 hour delay : 6 segments) at either rest or 24 hour delay. Fifteen among these 21 segments showed persistent post-stress and the 2nd day rest wall motion abnormality(persistent stunning). However, in 6 segments with prolonged (1 hour after stress) stunning, abnormal wall motion did improve in the 2nd day rest Tc-99m-sestamibi gated SPECT(transient prolonged stunning). These 6 segments had normal perfusion at rest(n=4) or at 24 hour delay(n=2). Post stress wall motions showed significantly higher scores in persistent stunning than in prolonged transient stunning(P value<0.05).

It was concluded that we could find stunned myocardium with gated Tc-99m-sestamibi SPECT at either post-stress or rest and that some myocardial walls of post-stress 1 hour gated SPECT did not show truly rest wall motion. So, we should be cautious if we use post-stress Tc-99m-sestamibi wall motion to assess rest wall motion.

Key Words : Gated myocardial SPECT, Stunning, Dipyridamole stress

서 론

심근 SPECT를 게이트방식으로 영상획득하여 시네방식으로 표현하면 심근벽운동을 평가할 수 있다^{1, 2)}. 시네방식의 표현을 볼 때, SPECT의 공간해상력이 낮기 때문에 나타나는 부분체적효과의 수축이완에 따른 변화에 따라 수축기에 심근이 두꺼워지며 밝아 보이는 것을 보고 심근의 두꺼워짐도 평가할 수 있다³⁾.

부하기 관류분포를 게이트 SPECT로 얻을 때는 이미 휴식기에 도달하였다고 보고 휴식기 벽운동을 본다고 생각한다^{2, 4)}. 그러나 운동후의 심근 수축력의 회복을 관찰한 보고에 따르면 운동부하 후 여러시간 동안 허혈부위에 심근수축력이 회복되지 않았다⁵⁾. 운동유발성 부하 후 1시간 후에 얻은 Tc-99m-MIBI 게이트 SPECT에 나타난 벽운동은 휴식기벽운동을 나타내지 않을 가능성이 있다.

디피리다몰 부하는 요구에 의한 부하(demand ischemia)가 아니라 혈관확장성 부하이다. 디피리다몰 부하에 의해 폭로된 허혈부위는 운동부하 때와 달리 관류 차이만 나타내고 허혈에 동반된 운동이상은 보이지 않을 수도 있다. 그러나 디피리다몰 주입 후에도 도실(steal)현상이 나타나면 수요공급 불일치가 유발된다. 이 때문에 관류감소에 따르는 통증도 나타날 수 있고 벽운동이상도 나타날 수 있다. 이런 벽운동 이상을 디피리다몰 심초음파도로 관찰하여 심근허혈부위를 찾기도 한다⁶⁾. 디피리다몰부하 때 나타난 심근 허혈부위의 관류와 벽운동이상은 부하 후 1시간 후에는 모두 회복된다고 한다^{1, 4)}. 그러나 디피리다몰 투여 후 바로 나타났던 벽운동이상이 1시간 후에 실제 얼마나 호전되는지 심초음파로도 조사된 바 없다. 몇몇 보고^{2, 4)}의 주장에 따라 부하 후(1시간) Tc-99m-MIBI SPECT가 휴식기 벽운동을 나타낸다는 믿음이 퍼져있을 뿐이다. 약물부하 후에 벽운동이상이 나타나서 1시간 후에 정말로 거의 호전되는지를 조사하여 확립하여야 부하 후 게이트 심근 Tc-99m-MIBI SPECT에 보이는 벽운동이 정말 휴식기 벽운동이라 할 수 있다.

이 연구에서 우리는 디피리다몰 부하 후 게이트 심근 Tc-99m-MIBI SPECT로 휴식기벽운동을 평가한다고 할 때 부하후 1시간의 심근벽 운동이 얼마나 실

제 휴식기 벽운동과 같고 다른지 알기 위하여 다음날 휴식기 Tc-99m-MIBI SPECT를 한번 더 얻어 벽운동을 평가하고 부하후(1시간)와 휴식기(다음날) 벽운동을 서로 비교하였다. 이때 부하전에 이미 얻은 휴식기 Tl-201 SPECT에 나타난 심근 관류를 휴식기 심근 혈류로 보았다. 휴식기 벽운동과 부하후 벽운동이 차이가 나는 분절이 있음을 확인하고 이런 분절의 특징은 무엇인지 어떤 임상적 의의가 있는지 조사하였다.

대상 및 방법

1. 대상환자

24명의 관상동맥질환 환자와 3명의 SPECT 정상소견인 사람을 대상으로 하였다. 남자 18명, 여자 9명이었다. 사용 중인 약물 들은 니트로글리세린을 제외하고 하루전에 끊었다. 단일혈관질환이 9명, 두혈관질환이 5명, 세혈관질환이 5명이고 관상동맥조영술을 시행하지 않은 환자가 7명인데 이중에 3명이 SPECT가 정상이었다. 심근경색의 병력이 있는 환자가 5명 만성관상동맥질환자가 16명이고 3명은 CABG후 환자이었다.

환자들 모두에서 휴식 Tl-201 SPECT/디피리다몰 부하 게이트 Tc-99m-MIBI SPECT/24시간 재분포 Tl-201 SPECT 검사를 하였으며 디피리다몰 부하 다음날 검사 2일째 재분포영상을 얻은 후에 다시 휴식기 게이트 Tc-99m-MIBI SPECT를 얻었다.

2. 검사방법과 심근관류 평가

대상환자는 부하검사를 위해 공복상태로 내원하여 111MBq(3mCi)의 Tl-201으로 휴식기 SPECT를 시행하였다. 이어 디피리다몰을 몸무게 kg당 0.14mg/min만큼 4분간에 걸쳐 정맥주사하여 부하를 가하고 디피리다몰 주사 시작 7분만에 Tc-99m-MIBI 370 MBq(10mCi)를 주사하였다. 주사후 30분 후 달걀들과 우유 1팩(180ml)인 지방식을 섭취하고 다시 30분 후에 게이트 심근 SPECT를 얻었다. 따라서 부하후 게이트 심근 SPECT에 나타난 관류는 부하기의 관류를 나타내고 심근벽운동은 부하후 1시간의 벽운동을 나타내었다.

휴식기 관류가 결손을 보이는 경우 다음날 Tl-201 지연영상을 촬영하였다. Tl-201 24시간 지연 SPECT

후 다시 Tc-99m-MIBI를 1110MBq(30mCi)를 주사하고 휴식기에 게이트 심근 SPECT를 촬영하였다.

부하기 심근 SPECT와 휴식기 심근 SPECT 모두 삼중헤드 SPECT카메라(Prism3000, Picker)를 이용하여 각 스텝 당 15초씩 40스텝을 얻어 게이트 방식으로 360도 영상을 획득하였다. 게이트는 8 단위영상을 얻었으며 촬영 후 게이트 영상을 모두 합하여 게이트하지 않은 상태(ungated)의 영상을 만들었다. 360도 영상 중에서 180도 영상만을 골라 Butterworth 여과기를 이용하여 차단주파수를 0.22-0.30 사이로 놓고 재구성하였다. 이렇게 얻은 영상으로 관류를 평가하였다.

재구성한 횡측 단면영상을 방향을 조정하여 장축에 대한 단축, 수직장축, 수평장축의 단면을 만들어 부하기 휴식기 쌍으로 놓고 비교 평가하였다. 각 분절은 17 분절을 나누어 분절별로 분석하여 관류결손이 유의한지 평가하였다⁷⁾. 분절별로 정상(0), 가벼운 관류감소(1), 심한 관류감소(2), 관류 결손(3)으로 점수화하였다. 관상동맥조영술을 19명에서 시행하였다. 좌전하행 동맥, 좌회선동맥, 우관상동맥과 그 주분지의 50% 이상의 협착을 육안판정하여 혈관질환여부를 판단하였다.

3. 게이트 SPECT 구성과 심근벽 운동 평가

부하후 게이트 심근 SPECT와 휴식기 게이트 심근 SPECT를 각각 재구성하였다. 8단위영상을 각각 재구성한 것을 화면에 시네루프로 표시하여 벽운동을 평가하였다. 관류처럼 단축상을 심첨부 쪽 4단편, 중간부 4단편, 기저부 4단편을 각각 같은 화면에서 보아 16분절의 운동으로 대표하여 표현하였다. 수평 수직 장축상의 게이트 영상은 심첨의 운동을 평가하는데 독자적으로, 단축상에서 관찰한 운동을 평가하는 데는 참고로 사용하였다.

심근벽운동은 정상운동(N 또는 0), 운동저하(H 또는 1), 무운동(A 또는 2), 이상운동(D 또는 3)으로 나누었다. 부하후 게이트 SPECT와 휴식기 게이트 SPECT를 따로 평가한 후에 차이가 있는 곳을 다시 한 화면에 띄워 비교하였다.

4. 구혈률의 계산

각각의 게이트 영상에 대해 3D Perfusion-Motion MapTM 프로그램(Picker 사에서 기증함)을 이용하여 좌심실의 구혈률을 구하였다. 좌심실 구혈률을 기사 1

과 기사 2가 각각 구하였다. 무작위로 그러나 구혈률이 20-70%사이에 고루 퍼지도록 배치한 표본 20예를 대상으로 정밀도를 구하였다. 같은 기사(기사 1)가 두 번 측정하였을 때 재현성을 나타내는 관찰자내(intra-observer) 변이계수는 2회 측정한 값 사이의 표준편차를 구하고 이 표준편차 20개의 기하평균을 구하여 제시하였다. 관찰자내 변이계수는 7.1% 이었다. 기사 1이 두 번 구한 값의 상관관계는 상관계수 0.95의 상관에 영점에서 1.5% 바이어스가 있었다.

기사 1과 기사 2가 따로 구한 구혈률을 위와 같은 방법으로 비교하였다. 이렇게 구한 관찰자간(inter-observer) 변이계수는 9.4% 이었다. 기사 1과 기사 2 사이의 상관계수는 0.89 이었다. 기사 1이 구한 구혈률(EF1)과 기사 2가 구한 구혈률(EF2) 사이에 $EF1 = 0.94 EF2 + 4.1$ 의 관계가 있었다.

부하후 1시간과 휴식기의 구혈률은 기사 1이 구한 값으로 서로 비교하였다.

5. 부하후/휴식기 게이트 심근SPECT의 영상의 질 비교

부하후 게이트 심근 SPECT를 시행할 때 게이트하지 않을 때에 비해 영상획득시간이나 주사량은 늘이지 않았다. 370MBq(10mCi)를 주사하고 각 획득단계(step)에서 15초 씩 영상획득하였다. 총 영상획득시간은 약 16분이었다. 휴식기 게이트심근 SPECT를 얻기 위하여는 1110MBq(30mCi)를 주사하고 15초씩 역시 16 분간 영상을 획득하였다. 휴식기에 비해 부하기는 단위 조직당 3배의 관류가 공급되므로 부하기와 휴식기 모두 방사능 농도는 거의 같을 것으로 추측하였다. 실제 심근 방사성 동위원소의 농도는 휴식기가 조금 높았다.

심근벽 운동과 심근의 두꺼워짐을 평가하는 데 영상 강도가 부하기와 휴식기 SPECT사이에 차이가 없었다. 단위영상당 정상관류 심근벽의 방사능농도는 6-11 계수/분이었다.

5. 통계처리

휴식기 관류와 부하후 또는 휴식기 벽운동이상 사이의 상관관계는 Spearman의 순위상관법을 이용하여 p 값과 순위상관계수 ρ 값을 구했다. 운동 이상을 평가하여 차이가 있는 군과 차이가 없는 군 사이 또는 지속기절

가. 휴식기 관류

	0	1	2	3
N	373	8		
H	18	12	7	4
A	5	7	4	18
D				3

나. 휴식기 관류

	0	1	2	3
N	365			
H	17	12	3	3
A	11	9	6	18
D	3	6	2	4

Fig. 1. 휴식기 심근관류와 휴식기, 부하후의 심근벽 운동의 상관. 휴식기 관류는 정상(0), 약간 감소(1), 심한 감소(2), 결손(3)으로 심근벽의 운동은 정상(N), 운동저하(H), 무운동(A), 이상운동(D)으로 육안 판정하였다.

	부하후 심근 벽운동				
휴식기	N	H	A	D	합
N	365	12	4		381
H		23	11	7	41
A			27	5	32
D				5	5
합	365	35	42	17	459

Fig. 3. 부하 후와 휴식기의 심근벽운동의 비교. 심근벽의 운동을 정상(N), 운동저하(1), 무운동(2), 이상운동(3)으로 나누어 비교하였다.

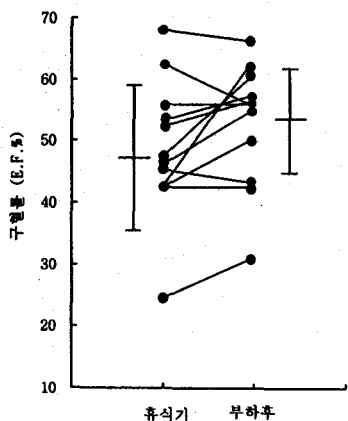


Fig. 2. 부하후와 휴식기의 게이트 심근 SPECT에서 3D Perfusion-Motion Map™을 이용하여 계산한 구혈률. 부하후의 평균은 46.6% 휴식기의 평균은 49.4%이었고 쌍을 이룬(paired) T검정에 차이는 p=0.07이었다.

심근과 일과성기질심근 사이에 나타난 관류등급은 쌍을 이루지 않은(unpaired) Student T 검정을 이용하여 비교하였다. 부하후와 휴식기 구혈률의 차이는 쌍을 이룬(paired) Student T 검정을 이용하여 비교하였다.

결 과

1. 심근벽운동과 심근관류의 상관

부하후 게이트 SPECT와 휴식기 Tl-201 섭취가 모두 정상인 분절을 제외하고 어느 한쪽이라도 정상인 분절들 사이에 관류와 벽운동이 상관성이 있는지 보았다(Fig. 1). 휴식기 심근 관류(Tl-201 섭취)와 부

하후 게이트 SPECT에 나타난 심근벽의 운동은 상관성이 유의하지 않았다($p > 0.05$). 휴식기 심근관류는 휴식기 게이트 SPECT에 나타난 심근벽운동과 Spearman 순위상관계수 $p = 0.57$ 의 상관을 보였다($p < 0.05$). 정상인 분절을 모두 포함하면 부하후($p = 0.72$) 휴식기($p = 0.76$) 벽운동이 모두 휴식기 관류와 상관성이 있었다.

2. 부하후와 휴식기의 구혈률 비교

부하후 1시간의 심근 구혈률이 21예에서 측정가능하였다. 먼저 게이트 심근 SPECT를 얻은 후에 구혈률을 구하는 소프트웨어를 기증 받았으며 찾을수 없었던 6예를 제외하고 데이터 파일이 보존되어 있었던 21예에 대해 구혈률을 구했다. 부하후의 구혈율은 평균 46.6%이고 휴식기의 구혈률은 49.4%로 두 군 사이에 쌍을 이룬 T검정을 시행하였더니 군 간 차이의 p값은 0.07이었다(Fig. 2).

3. 부하후와 휴식기 심근벽운동의 비교

전체 459분절(27명×17 분절) 중 휴식기 벽운동은 381분절이 정상이었다. 78분절이 이상이 있었다. 부하후 벽운동은 365분절이 정상이고 94분절이 이상이 있었다. 따라서 휴식기 벽운동이 정상인데 부하후 벽운동이 이상이 있었던 분절은 16분절이었다(Fig. 3).

휴식기 벽운동과 부하후 벽운동이 차이가 나는 분절은 모두 39분절이었다. 55분절은 부하후와 휴식기 벽운동이 같은 정도로 이상이 있었다(운동저하-운동저하: 23분절, 무운동-무운동: 27분절, 이상운동-이상운동: 5분절).

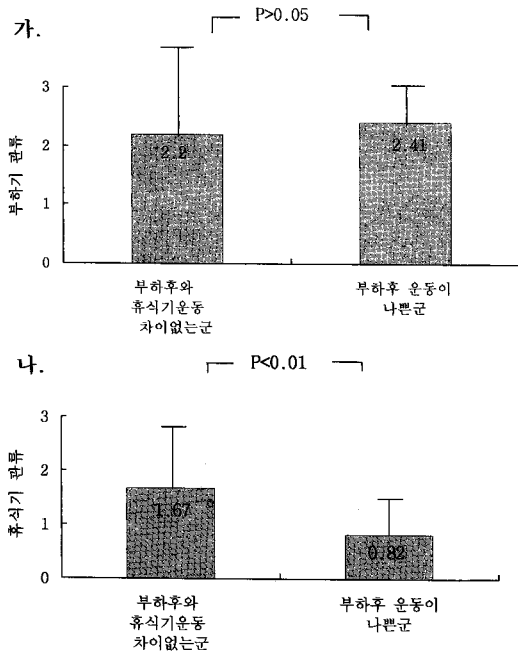


Fig. 4. 부하후와 휴식기의 벽 운동이 차이가 없는 분절들과 부하후 운동이 휴식기보다 나쁜 두 군 사이에 부하기 관류(가)와 휴식기 관류(나)의 차이. 부하후 벽 운동이 휴식기보다 나쁜 환자 군에서 휴식기 관류가 더 좋았다.

휴식기 심근벽운동이 정상인 381분절 중 차이를 보였던 분절이 16분절이었는데 이중 12분절은 운동저하, 4분절은 무운동이었다. 휴식기에 운동저하였던 41분절 중 차이를 보인 18분절 중 11분절은 무운동, 7분절은 이상운동이었다. 휴식기에 무운동이었던 32분절중 27분절은 부하후에도 같은 등급의 운동이상을 보였으나 5분절은 이상운동이었다. 휴식기에 이상운동이었던 5분절은 부하 후에도 모두 이상운동이었다.

휴식기와 부하후 벽운동이상 소견이 같은 분절은 전체 459분절 중 정상 365분절을 포함하여 420분절이었고 39분절이 휴식기에는 없던 벽운동이상이 부하후에 나타났거나 휴식기보다 부하 후 벽운동이상이 정도가 심하였다. 39분절중 28분절은 한등급의 차이를 보였고 11분절은 두등급의 차이를 보였다.

4. 부하후와 휴식기 운동이상의 차이를 보이는 분절의 관류와 운동이상 비교

벽운동 이상(wall motion abnormality)이 보이고 부하후와 휴식기의 운동 차이가 없는 군(1군: 55분절)

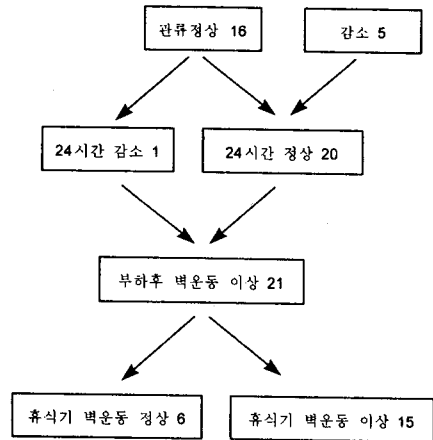


Fig. 5. 벽 운동 이상이 보인 분절들 중 T1-201 섭취가 정상인 예. 휴식기 T1-201의 섭취가 정상인 16분절과 감소된 5분절이 24시간 지연영상에서는 정상인 20분절과 감소된 1분절로 나타났다.

과 운동이상이 보이고 부하후 운동이상이 휴식기의 운동이상보다 심한 군(2군: 39분절) 사이에 휴식기 관류 또는 부하기 관류의 중증도에 차이가 있는 지 보았다 (Fig. 4). 부하기의 관류는 1군은 2.20 ± 1.21 , 2군은 2.41 ± 0.99 으로 두 군 사이에 유의한 차이가 없었다(그림 4가, $p > 0.05$). 그러나 휴식기의 관류는 1군은 1.67 ± 1.27 , 2군은 0.85 ± 0.82 로 부하후 벽운동이 나쁜 군이 휴식기 관류가 더 좋은 차이가 있었다($p < 0.01$).

5. 기절심근(stunned myocardium)의 발견

벽운동 이상이 보인 94분절중 21분절은 휴식시 또는 24시간 지연영상에서 T1-201섭취가 정상이었던 예로 기절심근으로 보았다(Fig. 5). 21 분절 중 1분절만이 24시간 지연기에 T1-201섭취가 감소되어 있었다. 즉 15분절은 휴식시에 관류가 정상이었고 6분절은 휴식시 T1-201 섭취가 감소되어 보였으나 24시간 지연영상에서 정상인 관류소견을 보였다.

21분절중 6분절은 부하후에는 이상운동을 보였으나 휴식기에는 벽운동이 정상이라 일과성기절 심근(transient prolonged stunned myocardium)이었고 15분절은 지속기절 심근(persistent stunned myocardium)이었다. 일과성 기절심근 6분절 중 4분절은 휴식시 관류가 정상을 2분절은 24시간 지연영상에야 T1-201 섭취가 정상이었다.

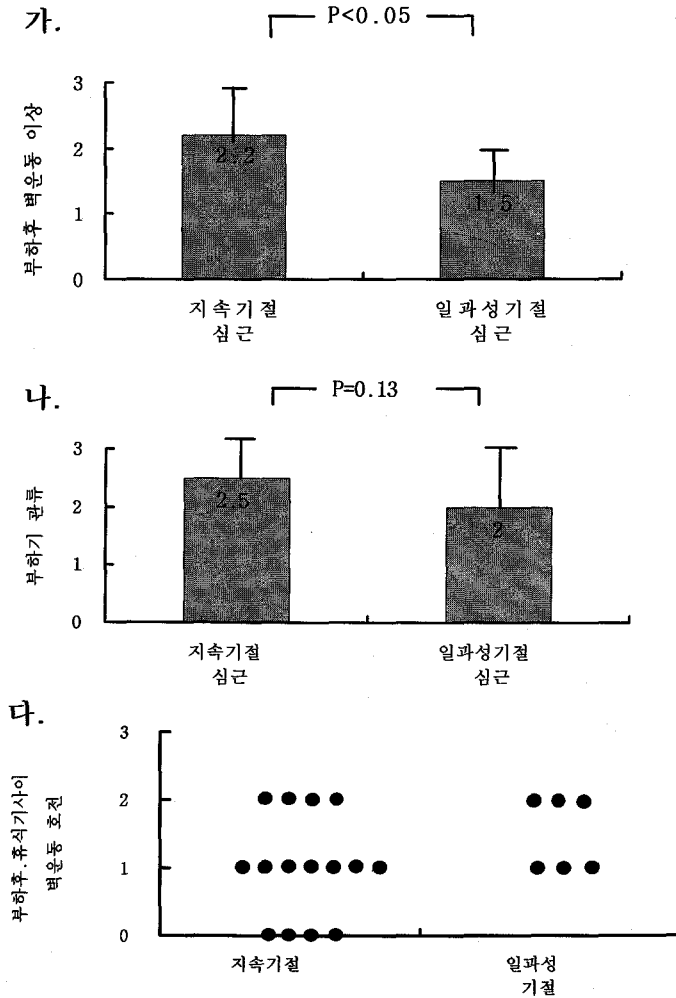


Fig. 6. 지속기절 심근과 일과성기절 심근 사이에 부하후(가), 휴식기(나) 벽운동 이상의 정도와 부하후와 휴식기 사이에 벽운동이 호전되는 정도의 차이. 지속기절 심근 중 대부분은(11/15)은 부하후보다 휴식기에 벽운동이 좋아졌다.

6. 지속기절 심근과 일과성기절 심근의 비교

지속기절 심근 15분절과 일과성기절심근 6분절의 휴식기나 24시간 지연기의 T1-201섭취 정도는 차이 없었다(테이터 도시하지 않음). 지속기절심근과 일과성기절심근의 부하후 벽운동을 비교하였다. 부하후 벽운동 이상은 지속기절심근에서 유의하게 심했다(Fig. 6가, $p < 0.05$). 지속기절심근의 휴식기 벽운동 점수는 1.2 ± 0.4 이었다. 일과성기절심근의 휴식기 벽운동은 모두 정상이었다(점수=0). 지속기절심근이나 일과성기절심근이

나 부하기 관류이상에 차이가 발견되지 않았다(Fig. 6나, $p > 0.05$).

일과성기절 심근분절은 부하후에 비해 휴식기에 벽운동이 등급 하나 또는 둘이 좋아졌다(Fig. 6다). 지속기절심근은 부하후와 휴식기에 심근운동이 같은 4분절도 있었지만 4분절과 7분절은 각각 등급 둘 또는 하나 만큼 호전되었다.

7. 기절심근 분절의 인근분절의 과운동(hyperkinesia)

평가에 차이를 보이는 39분절을 지닌 12명의 환자

중 3명 환자의 3분절에서는 운동이상을 보이는 분절 인근의 분절인 12분절중(분절 당 위 아래 양옆 4분절씩) 6분절이 부하후에 움직임이 더 컸다. 부하기에 나타난 벽운동 이상이 심해진 분절의 운동이상을 보상하였다.

고 찰

게이트 심근 SPECT로 심근관류와 동시에 심근벽운동을 동시에 평가하여 관류와 심근수축의 부합(match) 또는 고리풀림(uncoupling)을 이해할 수 있다. 관류와 수축의 고리풀림 상태로 널리 알려진 것이 기절심근이다. 관류는 재개통 되었는데 막혔을 때의 허혈손상 때문에 수축회복이 지연된 경우를 말한다. 심근관류를 SPECT로 측정하며, 그 자리에서 심에코도를 시행하여 수축력을 평가하여 관류와 수축을 동시에 평가할 수 있다. 게이트 심근 SPECT로는 이같은 동시평가가 가능할 뿐 아니라 손쉽다.

심근의 허혈이 운동부하에 의하여 유발된 분절은 부하 중에 분절운동이상이 발생한다. 운동부하 심에코도는 운동부하 직후 시행하는데 이 때 벌써 관류증가요청(demand)이 줄어들고 안정화되는 심근의 상태 회복에 따라 수축력이 반쯤 호전된 상태를 관찰하게 된다⁹⁾. 이런 현상으로 미루어 부하후 1시간 쯤 경과하면 휴식기 상태를 관찰할 수 있다고 본다. 부하 심근 Tc-99m-MIBI SPECT는 Tc-99m-MIBI가 간에 집적된 것이 배설되어 줄어들 때까지 기다려서 1시간 후에 촬영한다. 그런데 최근에 운동 부하 때 나타난 수축이상이 회복되는 것을 관찰하였더니 심근에 따라 부하후에 수축이상이 여러시간 지속되어 일종의 단기적인(short-term) 기절심근상태를 겪음을 알았다⁵⁾.

운동부하 대신에 약물부하를 가하였을 때 협착관상동맥에 의해 공급받는 심근분절은 관류예비능이 모자르다는 것을 드러낸다. 즉 협착없는 분절은 3-5배만큼 증가하는 데 비해 협착있는 분절은 그대로라서 차이가 생긴다. 협착부위분절에 따라 부하 후의 관류가 평소관류보다 적어지는 분절이 있어 이 현상을 관상동맥도실(coronary steal)이라 부르며 이것이 약물 부하때 흉통의 원인이 된다고 생각한다⁸⁾. 디피리다몰 약물부하후에 관상동맥도실이 얼마나 잦은지에 대한 보고가 없지만 도실상태를 겪은 심근은 관류감소에 따른 수축이

상을 동반할 것이라고 추측된다. 이 수축 이상을 평가하여 진단에 쓰는 방법이 디피리다몰 또는 아데노신 부하 심초음파도이다¹⁰⁾.

디피리다몰 약물부하후에 일어난 관상동맥도실에 의한 수축이상이 얼마나 지속되는가가 조사되어 있지 않다. 부하시 나타난 수축이상이 부하후 1시간 후에는 대부분 좋아지는지가 결정되어야 부하후 게이트 심근 SPECT로 관찰한 벽운동이 휴식기 심근벽운동과 같은지 알 수 있다. 이 연구는 부하후 1시간 쯤에 게이트 심근 SPECT로 평가한 심근벽운동을 다음날 휴식기 심근벽운동과 비교하여 이 문제에 대한 답을 구하려 하였다. 육안으로 평가하였지만 반정량적으로 등급을 매긴 휴식기 관류와 휴식기 심근벽의 운동사이에는 상관성이 있었다(Fig. 1). 부하후 심근벽운동은 휴식기 관류와 상관성이 적었는데 부하후 심근벽 운동이 휴식기 벽운동과 같다면 있을 수 없는 일이었다. 벽운동 이상이 뚜렷한 94분절 중에 41%의 분절(39분절)이 부하후의 심근벽운동이 휴식기보다 나빴다. 차이가 나는 분절 중에는 휴식기 심근벽 운동이 정상으로 돌아온 16개의 분절이 있었다. 이 심근은 단기간의 기절상태를 겪었다고 추측하였다.

부하후와 휴식기의 벽운동 이상의 차이가 보이는 군과 아닌 군 사이에 차이가 있는지 조사하였다. 부하기 관류의 중증도는 두 군 사이에 차이가 없었고 이 소견을 우리는 부하기의 관류의 중증도가 부하기의 벽운동 이상이 호전될지 말지를 결정하는 요소는 아니라고 해석하였다. 즉 부하기의 관류감소가 가벼운 분절일 경우에 부하 후에 나타난 벽운동이상이 휴식기에는 회복되는 것은 아니었다. 그런데 휴식기 관류는 부하후에 벽운동이상이 심하고 휴식기에 조금 회복된 군이 더 좋았다. 즉 부하후 벽운동 이상이 보였던 분절 들은 휴식기 관류로 돌아오면서 늦게 회복되는 경우에도 휴식기 관류가 정상에 가까워야 부하 후보다 휴식기에 회복될 기회가 많다고 보았다.

휴식기 심근관류가 정상이었던 분절이 휴식기 벽운동이 이상이 있었던 분절이 15분절이나 있었다. 이 15분절 중에도 11분절은 부하후가 휴식기보다 벽운동이 더 나빴다. 4분절은 부하 후 1시간이나 24시간이나 모두 벽운동이 변함없었던 지속적 고리풀림 상태의 기절 심근이었다. 15분절 외에 6분절은 관류가 정상이고 부하후 심근벽 운동은 이상이 있었지만 24시간 후에는

정상화되었다. 이 분절은 첫째, 부하 후에 심근벽 운동 이상이 나타났으며 둘째, 1시간 후에도 벽 운동이상이 지속되었고, 셋째 휴식기인 24시간 후에는 벽 운동이상이 사라졌다는 뜻에서 일과성 지연 약물부하성(관상동맥 도실성) 기절(transient prolonged stunning)이라고 명명하였다. 물론 부하를 가하기전 휴식기 Tl-201 섭취는 정상이었다. 이런 분절과 대조적으로 부하를 가하기 전 휴식기 Tl-201 섭취는 정상이고 휴식기에도 부하후 1시간에서와 마찬가지로 벽 운동이상이 보였던 경우 지속 기절(persistent stunning)이라 명명하였다. 이 지속 기절 심근 중에 일부는 부하 후보다 휴식기에 벽운동이 호전되어 일과성과 지속상태의 중간상태를 보였고 그러므로 항상 두 상태를 분명히 나눌수 있다고는 할 수 없었다.

부하 후에 심근 허혈에 동반하여 벽 운동이 나빠지면 1시간 후에 이미 휴식기 벽운동을 회복하는 분절, 1시간 후에는 회복하지 못하였으나 24시간 후에는 회복한 분절, 24시간까지 조금씩 회복하지만 휴식기 벽운동을 회복하는데 더 오래 걸리거나 또는 아예 고리폴립 상태가 더 만성적인 분절 등으로 스펙트럼을 형성할 것이라 생각한다.

지속기절 심근과 일과성기절심근 사이에는 서로 부하기 관류 이상의 중증도는 차이가 없는데 부하후(1시간) 벽운동이상의 중증도는 일과성기절 심근이 조금 가벼운 특징을 지녔다. 지속기절 심근이 부하기에 벽운동이상이 심하였고 회복하는데 오래 걸렸거나 아예 만성 기절상태이었음을 시사한다.

부하후에 벽운동이상이 심해지는 분절의 인근분절 중에 부하후에 분절의 운동이 증강되는 분절이 있었다. 디피리다몰 부하에 의해 허혈이 유발된 분절이 부하 때 운동이상이 생기고 이 운동이상이 부하후 1시간 후에도 아직 사라지지 않았을 뿐 아니라 주변 분절이 보상성 과잉운동상태에 이른다는 것을 시사한다. 보상성 과잉운동을 보였던 분절도 24시간후 휴식기에는 운동이 정상으로 돌아왔다.

이 연구는 디피리다몰을 주사한 허혈상태에서 발생한 수축운동이상이 단기 기절심근상태를 유발할 수 있음을 보여주었다. 부하된 Tl-201 SPECT에 보이는 섭취를 휴식기관류로 보고 24시간 후의 게이트 SPECT에 나타난 심근벽운동을 휴식기로 가정할 때

약물 부하에 의하여도 운동부하같은 심근운동이상을 유발될 수 있고 일부는 이런 수축기능이상이 상당한 시간 지속됨을 알았다.

게이트심근 SPECT로 수축운동과 관류를 동시에 평가하여 허혈유발 또는 이에 따른 손상후에 관류/수축의 고리 또는 고리폴립을 조사할 수 있었다. 정량적 관찰방법이 정립되면 이 연구에서 발견한 현상을 조금 더 객관적으로 표현할 수 있을 것이며 고리폴립상태를 호전시킬 치료 방법을 설정하여 볼 수 있고, 치료의 효능을 평가하는 도구로 쓸 수 있을 것이다.

휴식기 벽운동을 나타낸다고 알려져 있었던 부하후 심근 SPECT가 실제 나타나고 있는 벽운동이 디피리다몰이 일과성 기절을 일으키고 일부는 지연 호전되는 효과 때문에 실제 벽운동과 심근수축을 과소평가할 수 있다는 사실을 고려하여 심근 SPECT를 해석하여야 한다. 부하후 게이트 심근 SPECT에서 벽운동만으로 생존가능성을 평가할 때 특히 이런 현상을 고려하여야 한다고 생각한다.

검사방법 상의 의의

게이트 심근 SPECT가 일상검사로 사용 가능 하려면 영상획득시간이 환자에게나 검사실의 생산성(throughput)을 유지하는 면에서나 환자가 견딜만하고 빠른 시간내에 수행될 수 있어야 한다. Mazzanti 등¹⁰⁾은 1110MBq를 주사하였을 때 6-7분 동안 영상 획득하여 얻은 게이트 SPECT로 벽운동이상을 평가하는데 충분하다는 제안을 하였다. 우리가 이 연구에 사용한 영상획득 방법은 휴식기 Tl-201 SPECT에 이어 디피리다몰 부하 Tc-99m-SPECT와 24시간 지연 Tl-201 SPECT를 촬영하는 방법이었다⁷⁾. 투여되는 방사능 총량을 고려하여 Tc-99m-SPECT 370MBq (10mCi)를 사용하였으며 단위멈춤 위치에서 게이트하지 않은 SPECT를 시행할 때처럼 15초 단위로 모두 16-17분간 영상을 획득하였다. 게이트하지 않은 방식의 SPECT영상획득과 같은 시간에 얻은 영상을 게이트-게이트하지 않은 방식(gate-ungate) 전환 프로그램을 적용하여 마치 16분짜리 게이트하지 않은 심근 SPECT 획득 영상처럼 처리하였고 이로써 심근분절들의 관류를 평가하는 데 어려움이 없음을 확인하였다. 게이트 심근SPECT영상으로 심근벽운동을 평가하는

데 역시 어려움이 없었다.

24시간후에 얻은 SPECT는 휴식기를 대표하는 영상이었으며 1110MBq(30mCi)를 주사하고 단위면적당 15초 영상획득방법을 적용하였다¹²⁾. 부하기에 정상 심근에 3배가량의 심근 관류가 공급됨을 고려하면 같은 시간 동안 획득한 영상이므로 같은 방사능농도를 보일 것으로 추측하였다. 실제로는 부하기 영상의 단위영상당 화소당 농도가 조금 낮고 휴식기가 조금 높았다. 이것은 디피리다몰이 전신혈관 확장을 함께 일으키기 때문에 주사량 대비 심근의 관류 집적 백분율이 관류 상승만큼 따라 상승하지 않기 때문으로 생각하였다. 휴식기 영상을 얻을 때 게이트하지 않은 영상을 얻는 시간의 3배인 40초로 지정하여 얻은 영상과도 비교하여 보았다. 15초 단위의 영상을 얻은 것보다 영상의 질은 우수하여 졌으나 심근수축과 운동을 육안으로 평가하였을때 얻을 수 있는 소견은 비슷하였다.

검사의 경제성과 검사에 대한 환자의 불편을 고려하면 15초 단위의 영상획득이 바람직하다. 게이트-게이트하지 않은 방식 사이의 투사영상 전환이 매우 쉬움을 고려하면 모든 환자를 게이트 영상을 얻는 것이 바람직하다고 생각한다.

이 연구의 제한점

부하기 심근관류가 휴식기 관류보다 감소되어 있으므로 휴식기 운동을 평가할 때 심근벽운동이 과소평가될 수 있었다. 이 연구에서는 과소평가에 따른 벽운동 이상의 부적절한 평가 가능성을 줄이기 위해 부하후 게이트 심근SPECT영상과 휴식기 게이트 심근 SPECT영상을 한 화면에서 쌍으로 평가하였다. 육안으로 반정량적으로 평가한 심근벽의 운동을 다시 쌍으로 보아 분절들 사이에 차이가 뚜렷한지를 숙고하였다. 따로 보았을때 발견하였던 벽운동의 차이가 관류에 따른 방사능농도의 차이에 의한 우연한 것인지 다시 평가하였다. 게이트 심근 SPECT를 500에 정도 판독한 연구자가 전문가로서 판독하였고 한 쌍의 영상을 보았기 때문에 재현성은 향상되었을 것이나 판독의 주관성을 완전히 배제하지는 못하였다고 생각한다.

정량적인 재현성있는 심근벽운동 평가 방법을 개발하여 적용하면 이런 문제점을 해결할 수 있을 것이다¹³⁾. 새로운 방법은 물론 이 방법¹³⁾에서 처럼 평면에서 움직임을 볼 것이 아니라 3차원으로 볼 수 있어야 할 것

이라 제안한다¹⁴⁾.

이 연구에서는 구혈률을 구하여 비교하였고 이것이 우리가 찾은 현상이 객관적인 것인지 알아보려는 시도 중 하나였다¹⁵⁻¹⁷⁾. 이 연구에 적용한 소프트웨어는 몇 연구에서 매우 정밀하고 정확하다고 보고되었으나^{18, 19)} 사용자 의존성(operator dependence)이 없지 않다. 더구나 우리 검사실에서 우리 기계를 사용하였을 때 금과옥조인 다른 검사와 정확도에 대한 비교 연구를 하지 않았다는 약점이 있다. 이 연구에서 구혈률 측정의 정밀도에 관한 데이터는 제시하였다. 관찰자내 변이 계수는 7%로서 부하 후 환자군의 구혈률 평균값인 46.6%의 경우 구혈률 %로는 3.3%(1 표준편차)까지 유의하지 않다고 보아야 하였다. P값이 0.07인 구혈률의 평균 차이인 2.8%는 p 값으로 보나 차이%의 평균값의 크기로 보나 유의한 차이라고 볼 수 없었다. 구혈률에 대한 광범위한 검토가 필요하다고 본다.

감사의 글

500에 이상의 게이트 심근 SPECT를 다시 모두 재구성하고 구혈률을 구하느라 수고한 기사 여러분과 특히 김문혜, 우재룡 선생에게 감사한다. 그림을 만들어 준 이유정씨에게도 감사한다. 3D Motion-Perfusion SoftwareTM(1994. 2 release)를 기증하여 준 바티크/Picker사에게 감사한다.

REFERENCES

- 1) DePuey E.G, Razanski A: *Using gated technetium-99m-sestamibi SPECT to characterize fixed myocardial defects as infarct or artifact.* J Nucl Med 1995;36:952-955
- 2) 김선욱, 이동수, 김상현, 현인영, 정준기, 이명목, 이명철, 고창순: 게이트 Tc-99m-MIBI 심근 SPECT의 심근 분절 운동 평가능력. 대한핵의학회지 1995; 29:473-477
- 3) Cooke C, Garcia E, Cullom S, Farber T, Pettigrew R: *Determining the accuracy of calculating systolic wall thickening using a fast Fourier transform approximation: a simulation study based on canine and patient data.* J Nucl Med 1994;35:1185-1192
- 4) Chua T, Kiat H, Germano G, Maurer G, Train KV, Friedman J, Berman D: *Gated technetium-*

- 99m sestamibi for simultaneous assessment of stress myocardial perfusion, postexercise regional ventricular function and myocardial viability: Correlation with echocardiography and rest thallium-201 scintigraphy. *J Am Coll Cardiol*, 1994;23:1107-1114
- 5) Allen J, Cox T, Kloner RA: Myocardial stunning following exercise testing in man: early time course. *Circulation* 1995(abstract);92:1-551
- 6) Picano E, Parodi O, Lattanzi F, Sambuceti G, Andrade MJ, Marzullo P, Gioretti A, Salvadori P, Marzilli M, Distanti A: Assessment of anatomic and physiological severity of single-vessel coronary artery lesions by dipyridamole echocardiography. *Circulation* 1994;89:753-761
- 7) 여정석, 이동수, 강건욱, 손대원, 오병희, 이명목, 정준기, 박영배, 이명철, 서정돈, 이영우, 고창순: 휴식 TI-201 부하 Tc-99m-MIBI심근 SPECT의 관상동맥 질환 진단 정확성. 대한핵의학회지 1996;30:112-117
- 8) Becker LC: Conditions for vasodilator-induced coronary steal in experimental myocardial ischemia. *Circulation* 1978;57:1103-1110
- 9) Crouse LJ, Harbrecht JJ, Vacek JL, Rosamond TL, Kramer PH: Exercise echocardiography as a screening test for coronary artery disease and correlation with angiography. *Am J Cardiol* 1991;67:1213-1218
- 10) Dagianti A, Penco M, Agati L, Sciomer S, Dagianti A, Rosanio S, Fedele F: Stress echocardiography: comparison of exercise, dipyridamole and dobutamine in detecting and predicting the extent of coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 1995;26:18-25
- 11) 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
- 12) WW Lee, DS Lee, C-S Koh, SN Yoon, HC Song, J-K Chung, MC Lee: Does poststress gated Tc-99m-MIBI SPECT show rest wall motion?: Comparison with rest gated Tc-99m-MIBI SPECT on the next day. The 6th Asian and Oceania congress of nuclear medicine and biology 1996;No 083(abstract)
- 13) Iodas E, Rogers PJ, Sinak LJ, Hammell TC, O'Conner MK, Gibbons RJ: Quantitation of regional ejection fractions using gated tomographic imaging with Tc-99m-sestamibi. *J Am Coll Cardiol* 1996
- 14) Germano G, Kiat H, Karvanagh PB, Moriel M, Mazzanti M, Su H-T, Van Train KF, Berman DB: Automatic quantification of ejection fraction from gated myocardial perfusion SPECT. *J Nucl Med* 1995;36:2138-2147
- 15) Kouris K, Abdel Dayem HM, Taha B, Ballani N, Hassan IM, Constantinides C: Left ventricular ejection fraction and volumes calculated from dual gated SPECT myocardial imaging with ^{99m}Tc-MIBI. *Nucl Med Commun* 1992;13:648-655
- 16) DePuey G, Nichols K, Dobrinsky C: Left ventricular ejection fraction assessed from gated technetium-99m-sestamibi SPECT. *J Nucl Med*, 1993;34:1871-1876
- 17) Williams KA, Taillon LA: Left ventricular function in patients with coronary artery disease assessed by gated tomographic myocardial perfusion images. Comparison with assessment by contrast ventriculography and first pass radionuclide angiography. *J Am Coll Cardiol* 1996;27:173-181
- 18) Barneveld PC, van Dongen AJ, de Jonge N, van Rijk: Left ventricular ejection fraction in post heart transplantation patients. Comparison of planar and SPECT gated bloodpool and gated SPECT myocardial perfusion studies. *Eur J Nucl Med* 1995(abstract);22:881
- 19) Fikrle A, Haldemann AR, Luscher D, Koranda P, Kinseer J, Ledermann H: Estimation of left ventricular ejection fraction by gated ^{99m}Tc-MIBI SPET(GSPET): Correlation with contrast left ventriculography(VCG) *Eur J Nucl Med* 1995(abstract);22:881