

## 디피리다몰부하 탈륨 심근스캔에서 탈륨재주사 후 지연영상의 의의에 대한 검토

전남대학교 의과대학 핵의학실, 내과학교실\*

범희승 · 김지열 · 박주형\* · 안영근\* · 정명호\* · 조정관\* · 박종춘\* · 강정재\*

= Abstract =

### Role of 24-hr Delayed Imaging after Reinjection for Identification of Viable Myocardium in Dipyridamole Stress $^{201}\text{Tl}$ Myocardial SPECT

Hee-Seung Bom, M.D., Ji-Yeul Kim, Ph.D., Joo-Hyung Park, M.D.,\*  
Young-Keun Ahn, M.D.,\* Myung-Ho Jeong, M.D.,\* Jeong-Gwan Cho, M.D.,\*  
Jong-Choon Park, M.D.\* and Jung-Chaee Kang, M.D.\*

*Division of Nuclear Medicine, and Department of Internal Medicine\*, Chonnam University Medical School,  
Kwangju, Korea*

**Background :** It was known that conventional stress-redistribution imaging was not adequate for detection of severely ischemic but viable myocardium. Albeit the gold criteria of viable myocardium is the presence of metabolism which can be detected by PET, reinjection technique was reported to be able to identify most, if not all, of viable myocardium. Because reinjection imaging is performed immediately after redistribution imaging, an additional redistribution could be happened if we follow the patient longer. To prove the guess authors performed an additional delayed imaging 24 hours after reinjection of  $^{201}\text{Tl}$ .

**Methods :** Subject patients were 20 ischemic heart disease patients who showed irreversible perfusion defect(s) on standard pharmacologic(dipyridamole) stress-redistribution images. Immediately after the redistribution images were obtained,  $^{37}\text{MBq}$  thallium was injected at rest, and images were reacquired at 10 minutes and 24 hours after reinjection. Four sets of images(stress, redistribution, reinjection, and delayed images) were then analyzed qualitatively and quantitatively. Left ventricle was arbitrarily divided into 9 segments(apex, proximal and distal portions of anterior, septal, inferior, and lateral walls).

**Results :** There were 45 irreversible perfusion defects in 20 subject patients, of which 21(46.7%) showed improved thallium uptake after reinjection. Among these 21 segments 2 demonstrated further improvement of uptake on 24-hour delayed images. Of the 24 regions determined to have persistent defects after reinjection, 10(41.7%) showed improved uptake on delayed images.

**Conclusion :** In addition to reinjection imaging, 24-hour delayed imaging after reinjection was also helpful to identify severely ischemic but viable myocardium.

**KEY WORDS :** Delayed thallium image · Reinjection · Viable myocardium · Dipyridamole.

## 서 론

관동맥질환에 수술적인 또는 심도자를 이용한 치료가 성공적으로 도입되면서부터 치료에 의해 살아날 수 있는 심근과 그렇지 못한 심근을 미리 구분하는 것이 매우 중요한 일이 되었다. 허혈심근을 발견하기 위한 방법으로 운동부하 탈륨( $^{201}\text{Tl}$ ) 심근스캔의 유용성은 잘알려져 있으나, 통상 시행하는 운동부하 및 휴식기 재분포상을 얻는 것 만으로는 치료에 의해 살아날 수 있는 소위 생존심근(viable myocardium)을 충분히 찾아내지 못한다는 것이 알려졌다<sup>1)</sup>. 생존심근의 진단율을 높이기 위한 방법으로 24시간 지연영상법 및 탈륨재주사법이 사용되고 있으며, 특히 탈륨재주사법은 그 진단율이 양전자방출단층촬영(PET)과 비교될만큼 우수하다고 보고되고 있다<sup>2,3)</sup>.

그러나 탈륨 재주사법은 탈륨재주사 후 10분째에 촬영하므로, 재주사된 탈륨이 과연 심근내에 충분히 재분포할 수 있겠느냐는 의문이 남게 된다. 특히 운동부하시와 약제부하시의 탈륨의 체내 역동학이 달라 심근에서의 탈륨제거율이 늦으므로<sup>4)</sup>, 재주사 영상에서 생존심근을 발견하기 힘들 가능성이 높다고 할 수 있다. 저자들이 아는 한 세계적으로 디피리다몰부하 탈륨심근스캔에서 재주사후 지연영상의 의의에 대한 논문을 찾아보기 힘들다. 이에 저자들은 통상적인 부하-재분포영상에서 고정관류결손을 보인 심근부위에 탈륨 재주사 직후 촬영한 영상 및 다음날 촬영한 지연영상이 생존심근의 진단에 어느정도 도움이 되는지 알아보기 위해 본 연구를 시행하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 대상환자

관동맥질환의 진단을 목적으로 전남대학교병원의 핵의학실에서 디피리다몰부하 탈륨 심근관류 SPECT(이하 디피리다몰 탈륨 SPECT)를 시행한 환자 중 부하시 및 휴식기에 고정 관류결손(fixed perfusion defect)을 보여 탈륨을 재주사하고 그 직후 및 24시간 후에 촬영이 가능했던 20례(남자 15례, 여자 5례; 평균 57세)를 대상으로 하였다. 대상환

자를 임상증상으로 분류해보면 비특이적흉통 1례, 안정형 협심증 3례, 불안정형 협심증 15례 및 급성심근경색 1례였다.

### 2. 디피리다몰 탈륨 SPECT

대상환자는 검사 전날부터 베타차단제 및 칼슘길항제 투여를 중지시키고, 검사당일 질산염 제제의 투약을 중단하였으며, 검사일 아침은 금식하도록 하였다. 디피리다몰(베링거인겔하임사 제품) 0.56 mg/Kg을 4분간에 걸쳐 정주하였으며, 2분후부터 손잡이(handgrip) 운동을 시작하였다. 다시 2분후 탈륨 111MBq을 주사하였으며, 3분간 손잡이운동을 계속하였다. 검사중에는 심전도 감시를 계속하였다.

저에너지용 고분해능 조준기가 장착된 회전형 감마카메라(Sopha DSX)를 이용하여, 20% 및 15% 에너지창을 74 및 167KeV 감마선 피크에 설정하고, 우전사위 45도부터 좌후사위 45도까지 180도 회전시키면서 각 투사영상당 64×64 행렬로 20초씩 32개의 투사영상을 얻었다. 각 영상은 카메라에 내장된 컴퓨터에 수록되었으며, 3000만계수의 탈륨플러드선원을 이용하여 균일성보정을 한 후 해밍-헨 여과기(Hamming-Hann filter)를 이용하여 역과후역투사(filtered backprojection)를 시행, 심장 의 횡단면상을 얻었다. 횡단면상을 재정위(reorientation)하여 4mm 두께로 좌심실의 수평장축단면상(horizontal long axis view), 수직장축단면상(vertical long axis view) 및 단축단면상(short axis view)을 얻었다. 감쇠나 산란에 대한 보정은 시행하지 않았다.

부하영상은 탈륨 주사 10분후, 탈륨 재분포상은 4시간 휴식후 촬영하였으며, 휴식영상에서도 관류결손이 보이는 경우 37MBq의 탈륨을 재주사하였다. 재주사후 10분째 재주사영상을 얻었으며, 다음날 24시간 지연영상을 얻었다.

### 3. 탈륨 심근영상의 분석

대상환자 각각에서 디피리다몰부하, 휴식시 재분포, 재주사 및 24시간 지연영상의 4가지 영상을 정성적 및 정량적으로 비교하였다. 좌심실의 수평장축단면상, 수직장축단면상 및 단축단면상을 각각 심첨부, 전벽, 하벽, 격벽 및 측벽으로 나누고, 심첨부를 제외한 부분은 근위부와 원위부로 다시 이등분하여 얻은 9개의 조각에 대해 분석하였다

(Fig. 1). 각 조각의 탈륨 섭취 정도를 정상(3), 약간 감소(2), 감소(1), 섭취없음(0)으로 4등분하였으며, 한 등급이상의 변화가 있으면 변화가 있는 것으로 평가하였다.

정량적 검사법은 황소눈(bullseye)극성지도를 이용하였다<sup>5)</sup>. 간단히 요약하면, 좌심실의 장축단면 상에서 정량화할 범위를 정하고, 9도간격의 최대 계수 환상윤곽(maximum count circumferential profile)을 구성한다. 심첨부에서 기저부까지의 환상윤곽을 합하여 하나의 동심원을 만들고, 각 화소(pixel)의 계수는 최대계수에 대하여 정상화시킨다(normalization). 정량적분석을 위해 극성지도를 심첨부, 전벽, 격벽, 하벽 및 측벽으로 나누었으며, 심첨부를 제외한 부분은 근위부(기저부)와 원위부

로 다시 이등분하였다(Fig. 1). 각 조각의 탈륨 섭취 정도를 10등분하였으며, 한 등급이상의 변화를 유의한 변화로 간주하였다.

## 결 과

대상환자 20명에서 좌심실을 각 9개의 구역으로 나누었으므로, 총 180개의 구역에 대해, 각각 부하-재분포-재주사-지연 영상에서의 변화를 관찰하였으며, 그 결과를 Fig. 2에 정리하였고, 대표적인 예를 Fig. 3에 보였다.

고식적인 부하-재분포 영상에서 고정결손(fixed defect)을 보인 심근부위는 45개였으며, 이 중 21개(46.7%)의 부위에서는 재주사후 섭취가 증가되었

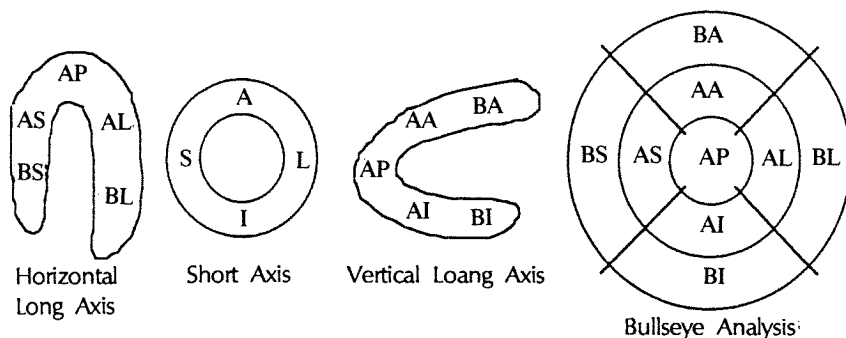


Fig. 1. Diagram of the standard segmentation scheme used for scoring <sup>201</sup>Tl images.

AP=apex ; A=anterior wall ; S=septum ; L=lateral wall ; I=inferior wall ; AS, BS=apical, basal septum ; AL, BL=apical, basal lateral wall ; AA, BA=apical, basal anterior wall ; AI, BI=apical, basal inferior wall

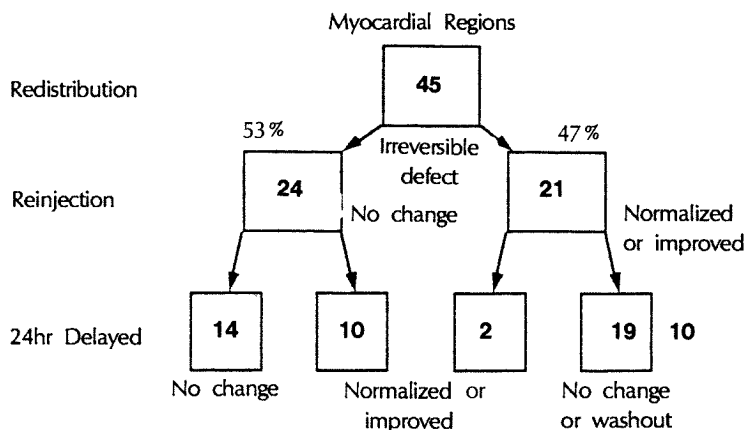
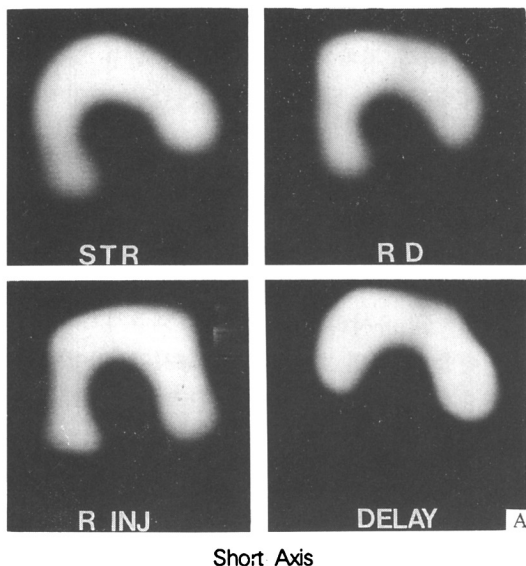
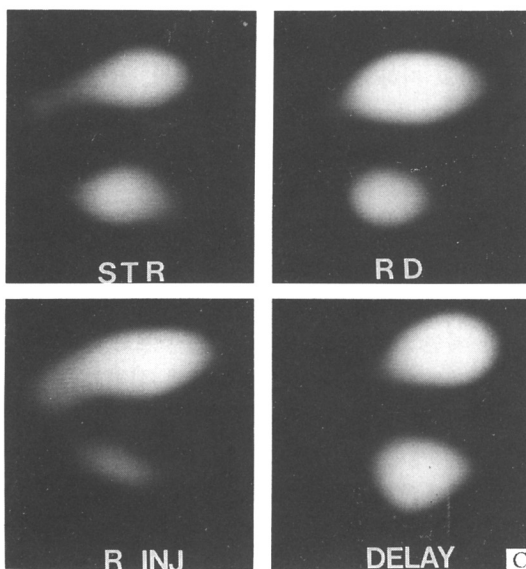


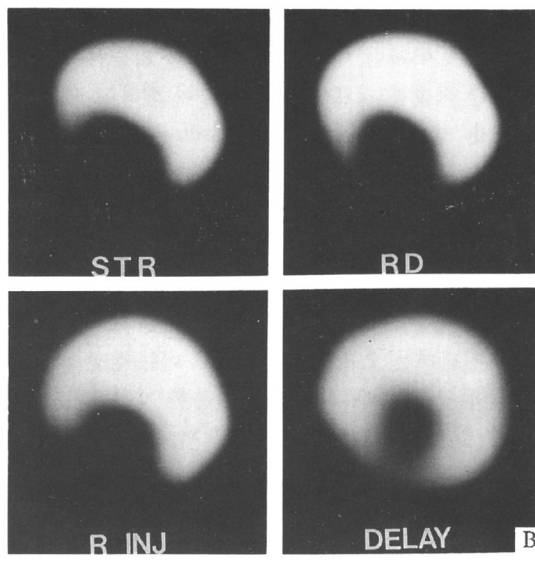
Fig. 2. Flow diagram displaying the fate of irreversible Tl-201 defects on 3-4 hour standard redistribution studies after reinjection and at 24 hours.



Short Axis



Vertical Long Axis



Short Axis

**Fig. 3.** Tomographic images of stress(STR), 3-4hr redistribution(RD), reinjection(R INJ), and 24-hr delayed after reinjection(DELAY) images. (A) The fixed perfusion defect on the redistribution image showed no improvement of uptake on both reinjection and 24-hr delayed images. (B) A delayed redistribution of thallium was noted on the 24-hr delayed after reinjection image. (C) Uptake was improved on the reinjection image, but not on the 24-hr delayed image.

으나, 나머지 24개의 부위에서는 계속 관류결손을 보였다. 재주사영상에서도 관류결손을 보인 24개의 부위 중 24시간 지연영상에서 섭취가 증가된 부위는 10개로, 재분포시 관류결손 45개의 22.2%, 재주사시 관류결손 24개의 41.7%에 달했다. 재주사시 섭취가 증가된 21개의 심근부위 중 2개 부위에서는 24시간 지연영상에서 더욱 섭취가 증가되었다.

지연영상에서 섭취증가를 보인 10개 부위는 6명의 환자에서 보인 것이었으며, 이 환자들의 관

동맥조영술 결과를 보면, 심근경색주변부 2례(4부위), PTCA 시행후 재협착이 왔던 2례(4부위), 그리고 정상 관동맥조영술을 보여 X증후군으로 진단된 예가 2례(2부위)였다. 이 10개 부위는 심전도, 심초음파검사, 관동맥조영술 및 임상추적검사상 모두 심근이 생존해있는 것으로 판단되었다.

## 고 안

관동맥질환 환자의 국소벽운동의 이상은 심근경색이나 심근의 섬유화처럼 비가역적인 원인에서만 오는 것이 아니다. 많은 환자에서는 오히려 국소적으로 허혈상태에 있는 심근에 의해 좌심실기능이 저하되어 있고<sup>6-8)</sup>, 이런 환자에서는 우회로재건술이나 풍선확장술 등의 재혈관화(revascularization)

에 의해 때로는 현저한 심기능회복을 기대할 수 있다<sup>9,11)</sup>. 이처럼 어떤 원인에 의해 기능이 저하되었지만 적절한 치료에 의해 기능이 회복될 수 있는 심근을 생존심근(viable myocardium)이라고 말하며, 최근 재혈관화 기술이 발달함에 따라, 술전에 미리 생존심근을 진단하는 일이 매우 중요해졌다.

생존심근의 진단에는 PET의 역할이 절대적이라고 할 수 있으며<sup>12)</sup>, 통상적 탈륨스캔에서는 생존심근에 재분포가 충분히 일어나지 않아 심근경색으로 진단하는 오류를 범해왔다<sup>1)</sup>. 이는 심한 허혈이 있는 심근에는 4시간동안에 충분한 재분포가 일어날 수 없기 때문으로 생각되었으며, 따라서 더 오랜 시간동안 재분포할 시간을 주고 촬영하는 지연영상법에 의해 생존심근의 진단율은 상승하였다<sup>13)</sup>. 한편 휴식기 재분포영상화 직후 다시 탈륨을 재주사해줌으로써 생존심근을 더욱 정확히 진단할 수 있다는 사실이 밝혀졌으며<sup>14)</sup>, 탈륨재주사법은 진단율이 거의 PET에 버금가는 것으로 여겨지고 있다<sup>3,12)</sup>. 그러나 탈륨재주사법은 탈륨재주사 후 10분째에 촬영하므로, 재주사된 탈륨이 과연 심근내에 충분히 재분포할 수 있겠느냐는 의문이 남게 된다. 이에 대해 Dilsizian 등<sup>15)</sup>은 운동부하 탈륨 SPECT를 시행하면서, 재주사영상을 얻고 다시 24시간후에 지연영상을 얻어 분석한 결과 재주사영상에 관류결손을 보인 30개의 심근조각 중 단 1개에서만 섭취를 보여, 지연영상은 의의가 없다고 보고하였다.

탈륨 심근스캔의 경우 부하법으로는 운동부하가 일반적이지만, 많은 환자에서는 운동부하를 제대로 수행하지 못하며, 특히 동양인은 운동을 충분히 못하는 경향이 있다. 운동부하의 대안으로 디피리다몰 부하법이 사용되고 있는데, 운동부하 못지않은 진단율을 나타내는 것으로 평가되고 있다<sup>16)</sup>. 디피리다몰 등 약제부하시는 운동부하 때와는 탈륨의 체내 약물동태가 달라, 운동부하에 비해 탈륨의 재분포가 더 늦은 것으로 보고되고 있다<sup>4)</sup>. 따라서 휴식기 재분포때 충분한 재분포가 못일어나고 또 재주사후에도 더욱 재분포가 일어날 가능성이 있으며, 그 양상은 운동부하에 비해 더 뚜렷하리라고 생각된다. 즉, 운동부하 탈륨 SPECT시에는 재주사 이후 지연영상을 얻더라도 재분포가 안일어날지라도, 디피리다몰부하시에는 지연영상에서 재분포를

확인할 수 있으리라고 생각되었다. 이 생각을 확인하기 위해 저자들은 디피리다몰 탈륨 SPECT시 탈륨재주사영상 및 재주사 24시간후 지연영상을 비교하여 보았다.

통상적인 부하-재분포 영상에서 고정관류결손을 보인 구역은 대상환자 20명의 좌심실 구역 180개 중 45개였다. 이 중 재주사에 의해 섭취가 증가된 구역은 21개(46.7%)로 Dilsizian 등<sup>2,15)</sup>의 보고 49%, 45%와 유사하였다. 그러나 재주사시에도 관류결손을 보였던 24구역 중 24시간 지연영상에 섭취증가를 보인 곳은 10구역(41.7%)으로 Dilsizian 등<sup>15)</sup>의 보고 3.3%(1/30)보다는 훨씬 높았다. 따라서 운동부하시와 디피리다몰부하시에는 탈륨의 재분포양상이 다르다는 사실을 알 수 있으며, 디피리다몰부하시는 재주사후 지연영상을 얻을 필요가 있다고 사료된다.

생존심근의 정의는 그 원인이나 치료의 종류를 막론하고 저하되었던 심기능이 다시 회복되었을 때 확인할 수 있다. 그러나 재주사에 의해 탈륨이 섭취되었던 곳의 87%(13/15)에서 재혈관화에 의해 심기능이 회복되었다는 보고<sup>2)</sup>에서 알 수 있듯, 일단 탈륨이 섭취된 심근은 세포막이 온전하여 생존해 있는 심근으로 간주할 수 있을 것이다. 본 연구의 대상환자 중 재주사후에도 관류결손을 보이다가 24시간 지연영상에서야 섭취를 보인 예는 6명이었는데, 2명은 심근경색부위의 주변에 섭취가 되었고, 2명은 풍선확장술(PTCA)후 재협착이 온 예였으며, 나머지 2명은 정상관동맥조영술을 보여 X증후군으로 진단된 예였다. 재협착 2례와 X증후군 2례에서 좌심실의 국소벽운동은 정상이었으므로, 최소한 심근이 살아있었다고 생각할 수 있다. 심근경색 주변부는 국소벽운동이 저하되어 있었으므로, 향후 계속적인 관찰에 의해서만 결론이 날 수 있을 것이다.

결론적으로, 디피리다몰부하 탈륨 SPECT의 경우는 운동부하 탈륨 SPECT와는 달리 탈륨의 심근내 재분포가 늦게 일어나므로, 재주사영상에서 관류결손을 보이는 경우 지연영상으로 섭취여부를 확인할 필요가 있다고 사료되었다.

본 연구의 제한점 : 지금까지 진단방법의 눈부신 진보에도 불구하고 아직 생존심근의 정의는 저하되었던 심기능이 재혈관화에 의해 호전되는 것이

라고 할 수 있다. 본 연구에서 재혈관화 전후의 비교를 하지 못했으므로 생존심근에 대한 정의 자체가 미흡하다. 따라서 생존심근에 대한 보다 정확한 연구는 재혈관화 시술 전후의 심기능 호전 여부를 보는 것이 될 것이며, 향후의 연구과제라고 하겠다.

## 요 약

### 연구배경 :

탈륨 재주사법은 탈륨재주사 후 10분째에 촬영하므로, 재주사된 탈륨이 과연 심근내에 충분히 재분포할 수 있겠느냐는 의문이 있다. 특히 운동 부하시와 약제부하시의 탈륨의 체내 역동학이 달라 심근에서의 탈륨제거율이 늦으므로, 재주사영상에서 생존심근을 발견하기 힘들 가능성이 높다고 할 수 있다. 저자들은 통상적인 부하-재분포영상에서 고정관류결손을 보인 심근부위에 탈륨 재주사 직후 촬영한 영상 및 다음날 촬영한 지연영상이 생존심근의 진단에 어느정도 도움이 되는지 알아보기 위해 본 연구를 시행하였다.

### 방 법 :

관동맥질환의 진단을 목적으로 디피리다몰부하 탈륨 심근관류 SPECT(이하 디피리다몰 탈륨 SPECT)를 시행한 환자 중 부하시 및 휴식기에 고정관류결손을 보여 탈륨을 재주사하고 그 직후 및 24시간 후에 촬영이 가능했던 20례(남자 15례, 여자 5례; 평균 57세)를 대상으로 하였다. 대상환자를 임상증상으로 분류해보면 비특이적흉통 1례, 안정형 협심증 3례, 비안정형 협심증 15례 및 급성심근경색 1례였다. 디피리다몰(베링거인겔하임사 제품) 0.56mg/Kg을 4분간에 걸쳐 정주하였으며, 부하영상은 탈륨 주사 10분후, 탈륨 재분포상은 4시간 휴식후 촬영하였고, 휴식영상에서도 관류결손이 보이는 경우 37 MBq의 탈륨을 재주사하였다. 재주사후 10분째 재주사영상을 얻었으며, 다음날 24시간 지연영상을 얻고, 대상환자 각각에서 디피리다몰부하, 휴식시 재분포, 재주사 및 24시간 지연영상의 4가지 영상을 정성적 및 정량적으로 비교하였다.

좌심실의 수평장축단면상, 수직장축단면상 및 단축단면상을 각각 심첨부, 전벽, 하벽, 격벽 및

측벽으로 나누고, 심첨부를 제외한 부분은 근위부와 원위부로 다시 이등분하여 얻은 9개의 부위에 대해 분석하였다. 각 부위의 탈륨 섭취 정도를 정상(3), 약간 감소(2), 감소(1), 섭취없음(0)으로 4등분하였으며, 한 등급이상의 변화가 있으면 변화가 있는 것으로 평가하였다. 정량적 검사법은 황소눈(bullseye) 극성지도를 이용하여 각 부위의 탈륨 섭취 정도를 10등분하였으며, 한 등급이상의 변화를 유 의한 변화로 간주하였다.

### 결 과 :

고식적인 부하-재분포 영상에서 고정결손(fixed defect)을 보인 심근부위는 45개였으며, 이 중 21개(46.7%)의 부위에서는 재주사후 섭취가 증가되었으나, 나머지 24개의 부위에서는 계속 관류결손을 보였다. 재주사영상에서도 관류결손을 보인 24개의 부위 중 24시간 지연영상에서 섭취가 증가된 부위는 10개로, 재분포시 관류결손 45개의 22.2%, 재주사시 관류결손 24개의 41.7%에 달했다. 재주사시 섭취가 증가된 21개의 심근부위 중 2개 부위에서는 24시간 지연영상에서 더욱 섭취가 증가되었다.

지연영상에서 섭취증가를 보인 10개 부위는 6명의 환자에서 보인 것이었으며, 이 환자들의 관동맥조영술 결과를 보면, 심근경색주변부 2례(4부위), PTCA 시행후 재협착이 왔던 2례(4부위), 그리고 정상 관동맥조영술을 보여 X증후군으로 진단된 예가 2례(2부위)였다. 이 10개 부위는 심전도, 심초음파검사, 관동맥조영술 및 임상추적검사상 모두 심근이 생존해있는 것으로 판단되었다.

### 결 론 :

디피리다몰부하 탈륨 SPECT의 경우 탈륨 재주사영상 뿐 아니라 재주사후 24시간 지연영상 역시 생존심근을 진단하는데 도움이 된다고 사료되었다.

**감사의 말씀 :** 디피리다몰부하  $^{201}\text{Tl}$  심근스캔을 시행하는데 수고해주신 전남대학교병원 핵의학실 김명준 보건기사에게 감사를 드린다.

## References

- 1) Cloninger KG, DePuey EG, Garcia EV, et al : *Incomplete redistribution in delayed thallium-201 single photon emission computed tomographic*

- (SPECT) images : An overestimation of myocardial scarring. *J Am Coll Cardiol* 12 : 955-63, 1988
- 2) Dilsizian V, Rocco TP, Freedman NM, et al : Enhanced detection of ischemic but viable myocardium by the reinjection of thallium after stress-redistribution imaging. *N Engl J Med* 323 : 141-146, 1990
  - 3) Bonow RO, Dilsizian V, Cuocolo A, Bacharach SL : Identification of viable myocardium in patients with chronic coronary artery disease and left ventricular dysfunction. Comparison of thallium scintigraphy with reinjection and PET imaging with  $^{18}\text{F}$ -fluorodeoxyglucose. *Circulation* 83 : 26-37, 1991
  - 4) 이재태 · 정병천 · 최정일 등 : 정상인 심근의  $\text{Tl-201}$ 의 섭취 및 제거 : IV Dipyridamole, IV adenosine, IV dobutamine 및 운동부하시의 비교(초록). 대한핵의학회지 26 : 197, 1992
  - 5) Bom HS, Kim JY, Park JH, et al : Bullseye analysis of dipyridamole Tc-99m MIBI SPECT for identifying and localizing coronary artery disease. *Chonnam J Med Sci* 5 : 47-52, 1992
  - 6) Rahimtoola SH : Coronary bypass surgery for chronic angina-1981 : A perspective. *Circulation* 65 : 225-241, 1982
  - 7) Braunwald E, Rutherford JD : Reversible ischemic left ventricular dysfunction : Evidence for "hibernating" myocardium. *J Am Coll Cardiol* 8 : 1467-1470, 1986
  - 8) Rahimtoola SH : The hibernating myocardium. *Am Heart J* 117 : 211-213, 1989
  - 9) Koner RA, Przyklenk K : Stunned and hibernating myocardium. *Annu Rev Med* 42 : 1-8, 1991
  - 10) Rozanski A, Bernard D, Gray R, et al : Preoperative prediction of reversible myocardial asynergy by post-exercise radionuclide ventriculography. *N Eng J Med* 307 : 212-213, 1982
  - 11) Brundage BH, Massie BM, Botvinick EH : Improved regional ventricular function after successful surgical revascularization. *J Am Coll Cardiol* 3 : 902-908, 1984
  - 12) Schwaiger M, Hicks R : The clinical role of metabolic imaging of the heart by positron emission tomography. *J Nucl Med* 32 : 565-578, 1991
  - 13) Gutman J, Berman DS, Freeman M, et al : Time to completed redistribution of thallium-201 in exercise myocardial scintigraphy : Relationship to the degree of coronary artery stenosis. *Am Heart J* 106 : 989-995, 1983
  - 14) Kayden DS, Sigal S, Soufer R, et al : Thallium-201 for assessment of myocardial viability : Quantitative comparison of 24-hour redistribution imaging with imaging after reinjection at rest. *J Am Coll Cardiol* 18 : 1480-6, 1991
  - 15) Dilsizian V, Smeltzer WR, Freedman NMT, et al : Thallium reinjection after stress-redistribution imaging. Does 24-hour delayed imaging after reinjection enhance detection of viable myocardium ? *Circulation* 83 : 1247-1255, 1991
  - 16) Kim EE, Gould KL : Dipyridamole stress-thallium imaging : principles and applications. In : Guiberteau MJ(Ed) : *Nuclear Cardiovascular Imaging*, Churchill Livingstone Inc, New York, pp119-131, 1990