

관상동맥 질환에서 Oral Dipyridamole Thallium-201 SPECT의 임상적 의의*

경상대학교 의과대학 내과학교실

경상대학교 병원 핵의학과*

도문홍 · 우성경 · 심상균 · 이종덕 · 이재구
서봉관 · 정순일 · 최진학 · 이근우*

=Abstract=

Clinical Significance of Myocardial Perfusion Imaging Using Oral Dipyridamole Thallium-201 SPECT in Coronary Artery Disease

Moon Hong Doh, M.D., Seong Kyeong Woo, M.D., Sang Koon Shim, M.D.,
Jong Deok Lee, M.D., Jae Goo Lee, M.D., Bong Kwan Seo, M.D.,
Soon Il Jung, M.D., Jin Hak Choi, M.D., Keun Woo Lee.*

Department of Internal medicine, College of Medicine, Gyeong-Sang National University

**Department of Nuclear Medicine, Gyeong-sang National University Hospital*

The clinical utility of thallium-201 SPECT combined with pharmacologic vasodilation induced by oral dipyridamole as an alternative to intravenous dipyridamole was investigated in 21 patients who had concomitant coronary arteriography. Tomographic images were assessed visually.

Sensitivity & specificity for overall detection of coronary artery disease were 93.7% and 80% respectively. Sensitivity & specificity for identification of individual diseased vessels were 84.6% and 87.5% for the left anterior descending artery, 75% and 84.6% for the right coronary artery, 60% and 100% for the left circumflex artery, respectively.

Of the 26 patients undergoing thallium scintigraphy 11 patients(42.3%) had some adverse effects between 20 and 50 minutes after oral dipyridamole ingestion, including headache(26.9%), chest pain(26.9%), electrocardiographic changes(19.2%), and nausea(11.5%). Intravenous aminophylline was used to resolve these adverse effects in 8 patients & most of the adverse effects were subsided within 10 minutes. There was no ventricular arrhythmias, myocardial infarctions or deaths.

In conclusion, oral dipyridamole thallium-201 SPECT is safe and accurate test for the overall detection of coronary artery disease and identification of disease in individual arteries. Furthermore it is useful for determining the necessities of coronary reperfusion and prognosi-

*이 논문은 경상대학병원 임상연구비의 일부보조로 이루어졌음.

cally stratifying the patients with coronary artery disease.

KEY WORDS : Oral dipyridamole · Thallium-201 · SPECT.

서 론

심근 허혈의 존재 유무를 임상적인 관찰이나, 운동부하 검사 및 관상동맥 조영술에서 얻어지는 해부학적 소견으로 정확히 알 수 없는 경우에, 심근관류 스캔(Myocardial perfusion scintigraphy)을 시행함으로써 국소적인 심근관류(Regional myocardial perfusion)의 정도를 평가할 수 있다. 운동부하 Thallium-201 스캔 대신 관상동맥 혈관 확장제를 이용함으로써 최대에 가까운 운동부하의 효과를 얻으면서, 운동부하 Thallium-201 스캔의 단점을 극복할 수 있을 것으로 기대되고 있다.

저자들은 고용량의 경구 dipyridamole을 이용한 Thallium-201 단일광자방출 전산화 단층 스캔(Single Photon Emission Computed Tomography : SPECT)으로 관상동맥 질환 환자에서 심근 허혈의 존재를 진단하고, 그 기능적 의의를 판단하고자 본 연구를 시행하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

관상동맥 질환을 의심하여 1990년 1월부터 1991년 1월 사이의 기간동안 경상 대학병원에 내원하여 Thallium-201 SPECT를 시행한 26명의 환자중 관상동맥 조영술을 실시한 21명의 환자를 대상으로 하였다.

대상 환자에서 심근 관류 스캔을 시행한 이유는 협심증이 의심된 환자에서 흉통의 원인을 진단하기 위하여(5명), 협심증 환자에서 관상동맥 조영술상의 협착의 기능적 의미를 알기 위하여(6명), 경색후 협심증 환자에서 예후 판정과 치료방법(혈관 성형술 등)을 결정하기 위하여(10명) 등이었다. 불안정 협심증이나 심실성 부정맥이 조절되지 않는 환자 또는 Xanthine 제제를 끊을 수 없는 폐쇄성 폐질환 환자는 대상에서 제외하였다.

심근 관류 스캔과 관상동맥 조영술을 시행한 21명 환자의 연령은 54.6세(범위 : 33~71세)였고 남녀

Table 1. Characteristics of study patients

	Total (n=21)	Angina* (n=11)	Infarction** (n=10)
Age (Year)	54.6±2.3	50.7±2.3	59.0±3.2
Gender (M/F)	14 : 7	9 : 2	5 : 5

*Angina including 2 cases with atypical chest pain

**Previous infarction with postinfarction angina

비는 14 : 7이었다. 임상적 진단은 전형적 협심증 9명, 비전형적 협심증 2명, 경색후 협심증 10명이었다(Table 1).

2. 경구 Dipyridamole 투여

환자들은 Theophylline 성분이 포함된 약제나 Caffeine이 든 음료를 먹지 못하도록 하였고, 베타 차단제나 칼슘 길항제는 최소한 48시간 전에, nitrate 제제는 최소한 6시간 전에 투약을 중지토록 하였다.

6시간 정도의 공복후 투여 직전 가루로 만든 300 mg의 Dipyridamole을 100ml의 물에 타 먹이고, 50분이 경과한후 Thallium-201 3mCi를 전완 전부 정맥(antecubital vein)에 주사하였다. Thallium 주사 전 최소한 10분동안 환자를 걷게 하거나 앉아 있도록 하였다.

검사 내내 지속적인 심전도 감시를 하였고, 영상 포착(image acquisition)이 끝날때까지 15분 간격으로 혈압과 맥박을 재고 12유도 심전도를 찍었다. Dipyridamole 투여후 50분이 경과하기 전에 흉통이 생긴 경우는 그 때에 12유도 심전도를 찍고 Thallium을 주사하였다(Fig. 1).

지속적인 흉통이나, 허혈성 심전도 변화가 각각 또는 같이 있는 경우와 다른 부작용이 심한 경우에는 Aminophylline을 Thallium 주입 5~10분 후에 서서히 정주하였다.

3. 영상의 포착과 재구성

Thallium 주사 5분 후부터 저 에너지/고 해상도 조준기(collimator)를 장착한 Siemens사의 Orbiter-75(rotating gamma camera)를 이용하여 45도 좌후사위(LPO)에서 45도 우전사위(RAO)까지

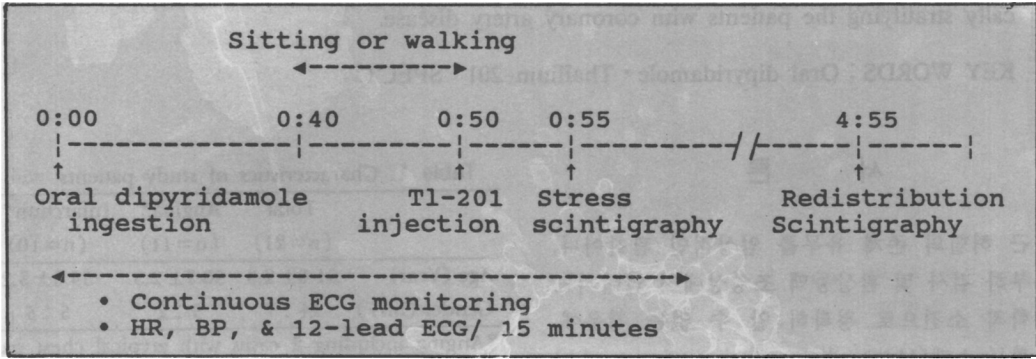


Fig. 1. Oral dipyridamole study protocol.

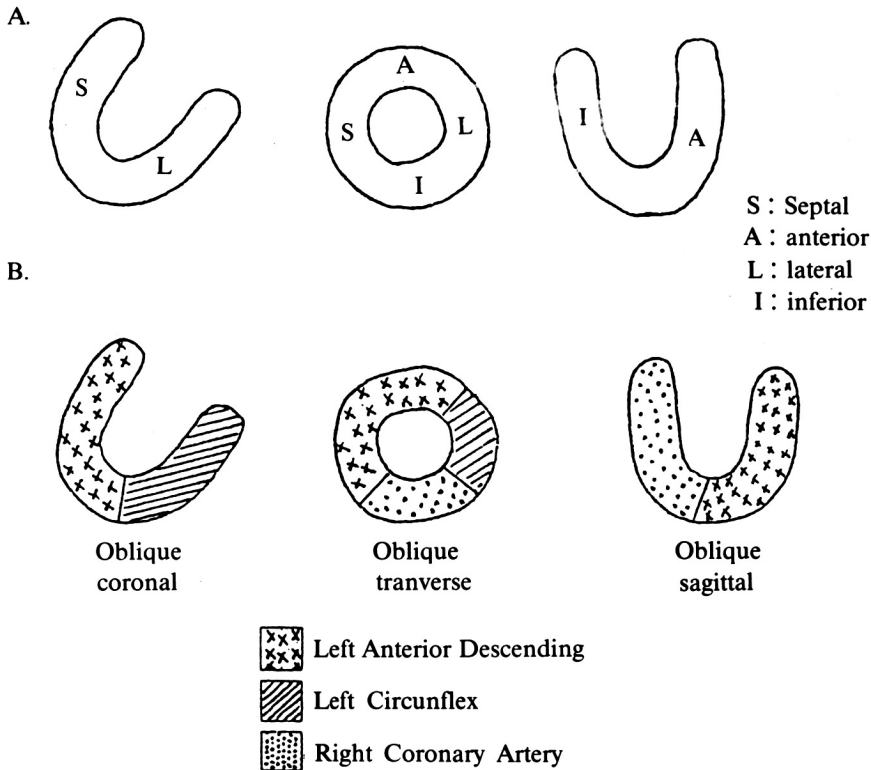


Fig. 2. Anatomic left ventricular segments(A) & vascular territories(B) in each tomographic image orientation(oblique coronal, oblique sagittal, oblique transverse).

180도를 6도 간격으로 매 영상마다 40초 동안 영상을 얻었고 이 영상을 차후의 분석을 위하여 floppy diskette에 수록하였다.

이상과 같이 부하 영상(Stress image)을 얻은 4시간 후에, 동일한 방법으로 재분포 영상(Redistribution image)를 얻었다.

경측 영상의 재구성(Transaxial image reconstruction)은 Butterworth(order 5) high pass filter/low

pass window를 이용하는 filtered back projection technique을 이용하였다. 재구성된 단층영상은 관상사위(oblique coronal), 시상사위(oblique sagittal), 횡사위(oblique transverse)의 세 방향으로 재배치(reorientation)하였다(Fig. 2).

4. 단층 영상의 육안 분석

부하 영상과 재배치 영상을 따로 따로 각 방향의

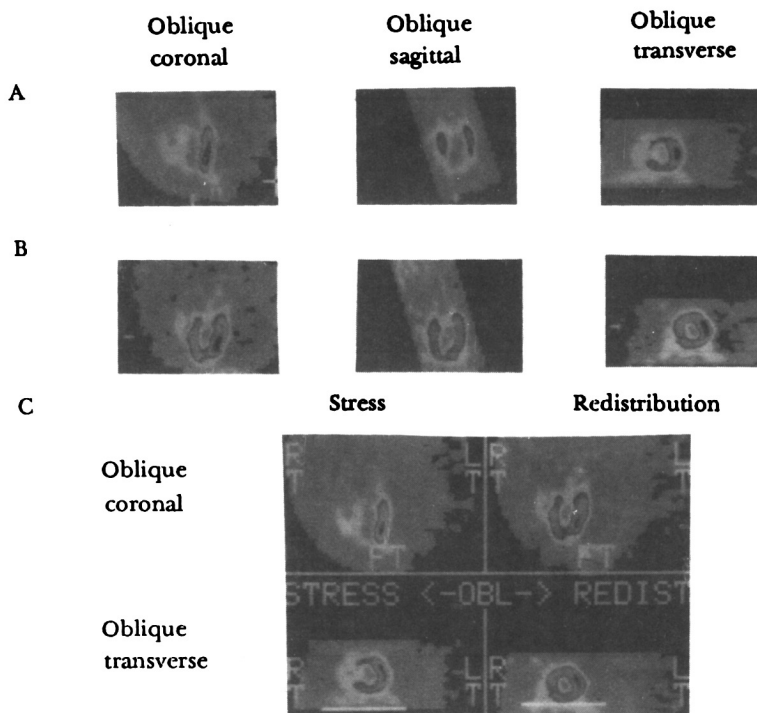


Fig. 3. Thallium-201 tomograms, stress images after dipyridamole(A), redistribution images(B), & composite images of coronal & transverse view(C). Perfusion defects are seen in the septum & apex in the coronal view, anterior wall & apex in the sagittal view, septum & anterior wall in the transverse view. Filling in of the perfusion defects is seen in the redistribution images.

단면(slice) 별로 관찰한 후, 부하 영상과 재배치 영상의 같은 부위의 단면을 동시에 비교할 수 있는 합성(composite) 영상을 만들어 각 단면별로 또 cinematic display로 동시에 비교하였다(Fig. 3). Contrast enhancement와 background subtraction이 최적화(optimize) 되면서 부하 영상과 재배치 영상이 동일한 조건이 되도록 노력하였다.

각 방향의 영상을 Fig. 2와 같은 구역으로 세분화하고 septal과 anterior segment는 좌전하행지(LAD) 영역으로, inferior와 posterior segment는 우관상 동맥(RCA) 영역으로, lateral segment는 좌회선지(LCx) 영역으로 정하였다.

위에 열거한 각각의 분절(segment)에서 thallium 흡수(uptake)의 정도를 감소와 정상으로 구분하였고, 재분포(redistribution)의 존재 유무를 관찰하였다. 부하 영상에서 흡수가 감소되어 있고 완전한 재분포가 있는 경우를 심근 허혈(Myocardial ischemia). 부분적인 재분포가 있는 경우를

경색후의 심근 허혈(ischemia with scar), 재분포가 없는 경우를 심근경색(scar)으로 정하였다.

5. 관상동맥 조영술

대퇴동맥을 통하여 Seldinger 방법으로 관동맥 조영술과 좌심실 조영술을 시행하였다. 관동맥 내경의 50% 이상의 협착이 있는 경우에 유의한 협착으로 판정하였다.

6. 통계 처리

결과는 평균±표준편차로 표시하였고, Student's t-test로 유의성의 검증을 하였다. P value<0.05을 유의 수준으로 하였다.

결 과

1. 경구용 dipyridamole에 대한 맥박과 혈압의 변화

Dipyridamole 투여전 기초 맥박수와 혈압을 재

Table 2. Hemodynamic response to oral dipyridamole(n=26)

	Baseline	30 or 45 minutes after ingestion	P value
Heart rate	66.3±10.8	76.6±12.4	<0.01
Systolic BP	131.3±21.2	120.3±17.9	<0.01
Diastolic BP	83.3±13.8	74.3±16.7	<0.05
Double product*	93.7±22.6	165.2±214	0.26

BP : Blood Pressure

*Double product($\times 100$)=Systolic BP \times Heart rate

Table 3. Adverse effects of oral dipyridamole

	Total (n=26)	CAD (n=19)	No CAD (n=7)
Any andverse effect	11 (42.3 %)	10 (52.6 %)	1 (14.2 %)
Angina	7 (26.9 %)	6 (31.5 %)	1 (14.2 %)
ST segment depression	5 (19.2 %)	5 (26.3 %)	0
Hausea	3 (11.5 %)	2 (10.5 %)	1 (14.2 %)
Headache	7 (26.9 %)	6 (31.5 %)	1 (14.2 %)
Dizziness	1 (3.8 %)	0	1 (14.2 %)

CAD : Coronary Artery Disease

고, dipyridamole 투여 30분 후나 45분후의 수치
중에서 기초치와 차이가 많은 수치를 택하여 분
석하였다.

Dipyridamole 투여후 평균 맥박수는 66.3bpm
에서 79.6bpm으로 유의하게 증가하였고($P<0.05$),
평균 수축기 및 이완기 혈압은 각각 131.3
mmHg/83.3mmHg에서 120.3mmHg/74.3mmHg
로 모두 유의하게 감소하였다($P<0.01$, <0.05).
맥박수와 수축기 혈압을 곱한 double product는
dipyridamole 투여후에 증가하는 경향을 보였으나
통계학적으로 의미있는 변화는 없었다(Table 2).

2. 경구 dipyridamole 투여의 부작용

경구 dipyridamole의 부작용은 11명(42.3%)의
환자에서 있었고, 두통, 흉통, ST depression, 오심
등의 순이었다(Table 3). 흉통은 7명(26.9%)의
환자에서 20~50분(평균 32분)사이에 왔고 그 중
4예에서는 심전도상 ST segment depression이 동
반되었다.

Thallium 주사 5~10분후에 8명의 환자(흉통을
호소한 7명과 구역과 심한 두통을 호소한 환자 1
명)에서 Aminopylline 250mg을 정주하였고 1명을
제외하고는 10분 이내에 증세의 호전을 볼 수 있
었다.

Table 4. Coronary angiographic findings

	1VD	2VD	3VD	Total No. vessels
LAD	8	4	1	13
RCA	2	1	1	4
LCx	1	3	1	5
Total No. patients	11	4	1	22 16

VD : Vessel Disease LCx : Left Circumflex

LAD : Left Anterior Descending

RCA : Right Coronary Artery

3. 관동맥 조영술 소견

관동맥 조영술상 1 혈관 질환 11명, 2 혈관 질환
4명, 3 혈관 질환이 1명이었다 좌전 하행지 13개소,
우관상동맥 4개소, 좌회전지 5개소 모두 22개소의
혈관에 유의한 협착이 있었다. 협심증 환자는 9
개의 혈관에 그리고 경색환자는 총 13개의 혈관에
병변이 있었고, 협심증으로 생각했던 5명의 환자는
정상이었다.

4. Thallium 영상의 육안 분석 결과

관동맥 조영술을 실시한 21명의 환자중 최소한
1분지 이상에 유의한 협착이 발견된 경우가 16
예였고, Thallium 스캔상 관류 이상(perfusion ab-

Table 5. Sensitivity & specificity of thallium-201 SPECT for identification of disease in coronary arteries (%)

		Overall	LAD	RCA	LCx	LCx/RCA
Sensitivity	Total	93.7	84.6	75	60	75
	Angina	83.3	80		50	75
	MI	100	87.5	75	100	84.6
Specificity		80	87.5	82.3	100	84.6
(+) predictive accuracy		93.7	91.6	50	100	75
(-) predictive accuracy		80	77.7	93.3	88.8	84.6
Overall predictive accuracy		90.4	85.7	80.9	90.4	80.9

Table 6. Reversibility of the thallium defects on redistribution scintigraphy

	Angina (9 vessels)	Infarction (13 vessels)
No defect	2	0
Fixed defect	1	7
Reversible defect		
Partial	0	2
Complete	6	4

normality)를 보인 환자가 15예 여서 관상동맥 질환을 발견해낼 수 있는 전체적인 민감도(overall sensitivity)는 93.7%였고, 정상 관동맥 조영상을 보인 5명중 4의 환자에서 정상 scan을 보여 예민도는 80%였다.

각각의 관상동맥 구간지의 병변을 발견할 수 있는 예민도와 특이도는 좌전하행지가 각각 84.6%, 87.5%, 우관상동맥이 75%, 82.3%, 좌회선지가 60%, 100%였다. 경색후 협심증 환자군에서 협심증 환자군보다 전체적인 예민도나 각 분지의 병변을 발견할 수 있는 예민도가 높았다(Table 5).

협심증 11예중 6예에서 관동맥 조영상 1분지 이상의 유의한 협착을 보였고 그 중 5예에서 스캔상 재분포(Redistribution : ischemia)를 보였다. 경색후 협심증 환자 10예중 2예에서 경색을 초래한 분지에 부분적 재분포(Partial redistribution : ischemia with scar)를, 3혈관 질환인 1예에서 경색을 초래한 분지 및 다른 1분지에 재분포를, 2혈관 질환인 다른 1예에서는 경색과 관련없는 분지에 재분포를 보였다(Table 6).

고 찰

운동부하나 약제에 의한 관동맥 확장의 결과로

국소적인 혈류의 차이가 날때 심근 관류 스캔(myocardial perfusion scintigraphy)를 함으로써 국소적 심장허혈의 존재와 기능적 의의 및 예후 판정에 많은 정보를 제공받을 수 있다. 운동부하 심근 관류 스캔이 노령층이나, 말초 혈관 질환등의 물리적인 제한이 있는 경우와 증상이 심해서 충분한 운동량을 얻을 수 없는 경우, 항 협심증 약제의 영향으로 검사 결과가 왜곡되는 경우들이 있어 문제가 되었다. 운동부하 대신 관상동맥 확장제인 dipyridamole을 정주한후 thallium 스캔을함으로 최대 운동부하(maximal exercise)와 동일한 효과를 얻어^{1,2,3)} 관상동맥 질환을 진단하고^{1,2,4-8)}, 혈관수술(elective vascular surgery)를 시행하는 환자에서 심혈관계 위험도(cardiac risk)를 평가할 수 있으며⁹⁻¹⁴⁾, 심근 경색후에 예후와 경과를 예견하는데¹⁵⁾ 이용할 수 있다. dipyridamole thallium 스캔은 개개인의 운동 능력의 차이, 환자의 의욕, 약제의 영향에 좌우되지 않고^{6,7)} 거의 최대의 관동맥 확장을 초래함으로 운동부하 thallim 스캔과 같거나 보다 좋은 결과를 얻을 수 있음이 인정되고 있다.

Planar Thallium 스캔이 운동부하 심전도 검사보다 관상 동맥질환을 발견해 낼 수 있는 예민도와 특이도를 높혀서¹⁶⁻²⁰⁾ 많이 이용되었으나, Planar 스캔은 병변을 찾을 수 있는 해상도가 높지 못하고 (Poor lesion contrast), 심근의 각부위가 중첩되며 (spatial overlap of myocardial regions), 유방이나 흉벽 근육과 같은 심장의 구조물에 의하여 영상이 저하(attenuation)되는 문제점이 있었다. Rotational camera를 이용하여 단층 영상을 얻음으로 (Single Photon Emission Computed Tomography : SPECT)이와 같은 제약을 극복하고, 질병을 진단할 수 있는 전체적인 예민도(overall sensitivity)

를 증가시키고, 관상동맥 분지 각각의 병변을 예측할 수 있게 되었다^{21,22,33)}.

본 연구는 dipyridamole 주사와 비슷한 정도의 혈관 확장 효과를 가진 것으로 알려진³⁴⁻³⁶⁾ 경구용 dipyridamole을 사용하여 thallium-201 SPECT를 하고 육안 분석에 의하여 결과를 판정하였다.

관동맥 조영술 상에서 50% 이상의 유의한 협착이 있는 병변을 알아낼 수 있는 전체적인 민감도는 93.7%, 특이도는 80%였는데, 기존의 보고들^{30,37-43)}을 살펴 보면 Thallium 부하 스캔(Thallium stress testing)의 전체적인 진단적 민감도는 76~96%, 특이도는 47~80% 정도로 차이가 심하였다. Gould⁴⁴⁾에 따르면 6개의 연구를 환자수에 따른 비례로 평균을 내보면 민감도, 특이도 각각 83%, 53%가 된다고 하였고, 또 Diamond⁴⁵⁾는 기존 연구들의 통계처리에 문제점이 있음을 지적하였는데, 즉 Thallium 스캔에 이상이 있는 경우에 관상동맥 조영술을 하게되는 경우가 훨씬 많음으로 생기는 오차(Referral bias)를 교정하여야 한다고 주장하였고 실제로 이 오차를 교정하였을 때 민감도는 상대적으로 감소하고(82% to 68%), 특이도는 증가(62% to 78%)함을 보여주었다. 또한 이 오차를 감안하면 Planar 스캔과 SPECT간의 진단적 정확성에 별 차이가 없음을 예시하였다.

각 분지별로 보면 좌전하행지가 민감도, 특이도 순으로 84.6%, 87.5%이고, 우관상동맥이 75%, 82.3%, 좌회선지가 60%, 100%였다. 이상의 결과는 각 분지의 병변 혈관수가 적어 통계 처리에 무리가 있음을 감안하더라도 심근 경색 환자에서 협심증 환자에서 보다 전체적인 예민도가 더 높으며 각 관동맥에 대하여는 좌전하행지, 우관상동맥, 좌회선지 순으로 예민도가 감소되는 경향을 확인하여 주고 있다^{46,47)}.

협심증 환자중 5예에서 스캔상 재분포(Redistribution : ischemia)를 보였고, 경색후 협심증 환자중 4예에서 경색을 초래한 분지 또는 다른 분지에 부분적 또는 완전 재분포를 보였다. 이러한 결과는 관동맥 조영술상 유의한 협착이 발견된 협심증 환자나 경색후 협심증 환자들의 향후 예후 예측과 중재적 치료(혈관 성형술등) 또는 관동맥 우회술 등의 적극적인 치료 방법의 결정에 유용한 정보를 제공해줄 것으로 사료된다.

경구 dipyridamole 투여후의 맥박수의 평균 증가는 13회, 수축기 및 이완기 혈압의 감소는 각각 11mmHg, 9mmHg로 다른 보고와 비슷하였다. 부작용의 양상은 Homma³⁴⁾등에 의하면 경구 투여시 오심이 가장 많다고 하였으나 본 연구에서는 dipyridamole을 사용한 다른 보고자들^{7,35)}과 같이 두통이 가장 많았다. 경구용 dipyridamole의 가장 큰 단점은 coronary vasodilation을 일으키는데 시간이 오래 걸리고, coronary vasodilation이 30~60분동안 지속되므로 검사 시간이 많이 소요되며, 의사의 감독이 더욱 오래 요구 된다는 것이다.

본 연구에서 육안에 의존하는 분석으로 인하여 관찰자의 주관 개입과, 관찰자의 경험 정도에 따라 오차가 생길 수 있을 것으로 생각된다. 일반적으로 컴퓨터를 이용한 정량 분석이 관찰자간의 오차를 줄일 수 있을 것으로 생각되나, thallium-심근 관류스캔의 정량 분석이 관상동맥 질환 진단의 정확도를 높일수 있을 것이냐에 관하여는 아직 논란의 여지가 있다^{39,42,43)}.

또한 본 연구에서 심한 2혈관 질환 환자의 스캔이 정상인 경우에서 보듯이 dipyridamole로 과연 최대의 운동부하 효과를 얻을 수 있느냐 하는 의문이 제기될 수 있다. 앞으로 최대의 운동부하 효과를 얻기 위하여 dipyridamole의 용량을 조절한다던가, hand grip exercise를 약제 투여와 병행한다던가. 더욱 강력한 관동맥 확장제로 알려지고 있는 adenosine과 같은 약제를 이용한 연구들이 있어야 할것이다.

근자에 관상 동맥질환을 진단함에 있어 Thallium 부하 검사 자체에 내재된 부정확성 때문에 여러 다른 검사방법-Planar 스캔 대 SPECT, 육안에 의한 정성적 분석 대 컴퓨터를 이용한 정량적 분석이 별 차이가 없고 진단적 가치가 적으므로 비용-효과면에서 오히려 더 유리한 양전자 방출 단층촬영(Positron emission tomography : PET)으로 대체해야 한다는 주장⁴⁴⁾이 있지만은 앞으로 쉽게 구할 수 있고, 값이 싸며, 보다 선명한 영상을 시간적 제약없이 얻을 수 있는 99m Tc-MIBI 동위원소나, teboroxime같은 새로운 imaging agent를 사용하여 진단의 정확성을 높이려는 시도가 계속 되어야 할 것으로 생각된다.

결 론

경구용 dipyridamole을 이용한 Thallium-201 SPECT가 관상동맥 질환의 진단 및 해부학적 협착 병소의 기능적 의의 평가 및 심근경색후 흉통 재발시의 예후 판정과 치료 방침에 유용한 검사이며, 정맥용 dipyridamole과 비슷한 정도의 정확도, 혈액학적인 변화 및 부작용 양상을 보이는 것으로 보인다.

References

- 1) Albro PC, Gould KL, Wescott RJ, Hamilton GW, Ritchie JL, Williams DC : *Noninvasive assessment of coronary stenosis by myocardial imaging during pharmacologic coronary vasodilation. III. Clinical trial. Am J Cardiol* 42 : 754-760, 1978
- 2) Josephson MA, Brown BG, Hecht HS, Hopkins J, Pierce CD, Peterson RB : *Noninvasive detection & localization of coronary stenoses in patients : comparison of resting dipyridamole & exercise thallium-201 myocardial perfusion imaging. Am Heart J* 103 : 1008-1018, 1982
- 3) Young DZ, Guiney TE, Makusik KA, Okada RD, Strauss HW, Borden CA : *Unmasking potential myocardial ischemia with dipyridamole thallium imaging in patients with normal submaximal exercise tests. Am J Noninvas Cardiol* 1 : 11-14, 1987
- 4) Pohost GM, Zir LM, Moore RH, McKusik KA, Guiney TE, Beller GA : *Differentiation of transiently ischemic myocardium from infarcted myocardium by serial imaging after a single dose of thallium-201. Circulation* 55 : 294-304, 1977
- 5) Socher H, Pachinger O, Ogris E, Probst P, Kaindle F : *Radionuclide imaging after coronary vasodilation : myocardial scintigraphy with thallium-201 & radionuclide angiography after administration of dipyridamole Eur Heart J* 5 : 500-509, 1984
- 6) Gould KL, Westcott RJ, Albro PC, Hamilton GW : *Noninvasive assessment of coronary stenosis by myocardial imaging during pharmacologic coronary vasodilation. II Clinical methodology & feasibility. Am J Cardiol* 41 : 279-289, 1978
- 7) Leppo JA, Boucher CA, Okada RD, Newell JB, Strauss HW, Pohost GM : *Serial thallium-201 myocardial imaging after dipyridamole infusion : diagnostic utility in detecting coronary stenoses & relationship to regional wall motion. Circulation* 66 : 649-657, 1982
- 8) Tallifer R, Lette J, Phaneuf DC, et al : *Thallium-201 myocardial imaging during pharmacologic coronary vasodilation : comparison of oral & intravenous administration of dipyridamole. J Am Coll Cardiol* 8 : 76-83, 1986
- 9) Brewster DC, Okada RD, Strauss HW, Abbott WM, Darling RC, Boucher CA : *Selection of patients for preoperative coronary angiography : use of dipyridamole-stress-thallium myocardial imaging. J Vasc Surg* 2 : 504-509, 1985
- 10) Sachs RN, Tellier P, Larmignat P, et al : *Assessment by dipyridamole thallium-201 myocardial scintigraphy of coronary risk before peripheral vascular surgery. Surgery* 103 : 584-587, 1988
- 11) J Vasc Surg 5 : 91-100, 1987
- 12) Boucher CA, Brewster DC, Darling RC, Okada RD, Strauss HW, Pohost GM : *Determination of cardiac risk by dipyridamole-thallium imaging before peripheral vascular surgery. N Engl J Med* 312 : 389-394, 1985
- 13) Leppo JA, Plaja J, Gionet M, Tumolo J, Paraskos JA, Cutler BS : *Noninvasive evaluation of cardiac risk before elective vascular surgery. J Am Coll Cardiol* 9 : 269-279, 1987
- 14) Eagle KA, Singer DE, Brewster DC, et al : *Dipyridamole-thallium scanning in patients undergoing vascular surgery. JAMA* 257 : 2185-2189, 1987
- 15) Leppo JA, O'Brien J, Rotwendler JA, Getchell JD, Lee VW : *Dipyridamole thallium-201 scintigraphy in the prediction of future cardiac events after acute myocardial infarction. N Engl J Med* 310 : 1014-1018, 1984
- 16) Meade RC, Bamrah VS, Horgan JD, Reutz PP, Kronevewetter C, Yeh EL : *Quantitative methods in the evaluation of thallium-201 myocardial perfusion images. J Nucl Med* 19 : 1175-1178, 1978
- 17) Burow RD, Pond M, Schafer AW, Becker LC : *"Circumferential profiles" a new method for computer analysis of thallium-201 myocardial perfusion images. J Nucl Med* 20 : 771-778, 1979
- 18) Watson DD, Campbell NP, Read EK, Gibson RS, Teats CD, Beller GA : *Spatial & temporal quantitation of planar thallium myocardial images. J Nucl Med* 22 : 577-584, 1981

- 19) Berger BC, Watson DD, Taylor GJ, et al : *Quantitative thallium-201 exercise scintigraphy for detection of coronary artery disease. J Nucl Med* 22 : 585-593, 1981
- 20) Maddahi Jm Garcia EV, Berman DS, Waxamn A, Swan HJC, Forrester J : *Improved noninvasive assessment of coronary artery disease by quantitative analysis of regional stress myocardial distribution & washout of thallium-201. Circulation* 64 : 924-935, 1981
- 21) Holman BL, Hill TC, Wynne J, Lovett RD, Zimmerman RE, Smith EM : *Single photon emission computed tomography of the heart in normal subjects & in patients with infarction. J Nucl* 20 : 736-750, 1979
- 22) Mabulant J, Cassagnes J, Le Jeune JJ, et al : *A comparison between conventional scintigraphy & emission tomography with thallium-201 in the detection of myocardial infarction : concise communication. J Nucl Med* 23 : 204-208, 1982
- 23) Ritchie JL, Williams DL, Harpg, et al : *Transaxial tomography with thallium-201 for detecting remote myocardial infarction. Comparison with planar imaging. Am J Cardiol* 50 : 1236-1241, 1982
- 24) Kirsh CM, Doliwa R, Buell U, Roedler D : *Detection of severe coronary artery disease with Ti-201 : comparison of restion single photon emission tomography with invasive arteriography. J Nucl Med* 24 : 761-767, 1983
- 25) Tamaki N, Yonekura Y, Mukai T, et al : *Segmental analysis of stress thallium myocardial emission tomography for localization of coronary artery disease. Eur J Med* 9 : 99-105, 1984
- 26) Nohara R, Kambara H, Suzuki Y, et al : *Stress scintigraphy using single photon emission computed tomography in the evaluation of ischemic heart disease. Am J Cardiol* 53 : 1250-1254, 1984
- 27) Tamaki Y, Yonekura Y, Mukai T, et al : *Stress thallium-201 transaxial emission computed tomography : quantitative versus qualitative analysis for evaluation of coronary artery disease. J Am Coll Cardiol* 4 : 1213-1221, 1984
- 28) Prigent F, Friedman J, Maddashi, et al : *Comparison of rotational tomography with planar imaging for thallium-201 stress myocardial scintigraphy (abstr). J Nucl Med* 24 : 18, 1983
- 29) Schmitt JM, Ritchie JL, Hamilton GW, et al : *Thallium-201 exercise tomography in the diagnosis of jeopardized myocardium(abstr). Circulation* 66(suppl II) : II-149, 1982
- 30) DePasquale EE, Nody AC, DePuey EG, et al : *Quantitative rotational thallium-201 tomography for identifying & localizing coronary artery disease. Circulation* 77 : 316-327, 1988
- 31) Prigent FM, Maddahi J, Gardia E, et al : *Tallium-201-redistribution myocardial rotational tomography : development of criteria for visual interpretation. Am Heart J* 109 : 274-280, 1985
- 32) Tamaki N, Yonekura Y, Mukai T, et al : *Segment analysis of stress thallium myocardial emission tomography for localizing of coronary artery disease. Eur J Nucl Med* 9 : 99-105, 1984
- 33) Fintel D, Links J, Brinker J, Frank T, Becker L : *improved diagnostiv performance of exercise thallium-201 single photon emission computed tomography over planar imaging in the diagnosis of coronary artery disease : a reciever operation characteristic analysis. J Am Coll Cardiol* 13 : 1600-1612, 1989
- 34) Homma S, Callahan RJ, Ameer B, et al : *Usefulness of oral dipyridamole suspension for stress thallium imaging without exercise in the detection of coronary artery disease. Am J Cardiol* 57 : 503-508, 1986
- 35) Gould KL, Sorenson SG, Albro P, Caldwell JH, Chaudhuri T, Hamilton GW : *Thallium-201 myocardial imaging during coronary vasidilation induced by oral dipyridamole. J Nucl Med* 27 : 31-36, 1986
- 36) Jane A, Mahmarian JJ, Borges-Neto S, et al : *Clinical significance of perfusion defects by Thallium-201 single photon emission tomography following oral dipyridamole early after coronary angioplasty. JACC* 11 : 970-976, 1988
- 37) Iskandrian AS, Heo J, Kong B, Lyons E : *Effect of exercise level on the ability of thallium-201 tomographic imaging in detecting artery disease : analysis of 461 patients. J Am Coo Cardiol* 14 : 1477-1486, 1986
- 38) Van train KF, Berman DS, Garcia EV, et al : *Quantitative analysis of stress thallium-201 myocardial scintigrams : a multicenter trial. J Nucl Med* 27 : 17-25, 1986
- 39) Ranhosky A, Gerlag DM : *Quantitative interpretation provdes no advantage over qualitative interpretation in intravenous dipyridamole thallium imaging(abstr). Circulation* 78(suppl II) : -

432, 1988

- 40) Schwartz RS, Jackson WG, Cilio PV, Hickman JR : *Exercise thallium-201 scintigraphy for detecting coronary artery disease in asymptomatic young man(abstr).* J Am Coll Cardiol II(supp A) 80A, 1988
- 41) Bungo MW, Leland OS : *Discordance of exercise thallium testing with coronary arteriography in patients with atypical presentations.* Chest 83 : 112-116, 1983
- 42) Maddahi J, Van Train K, Prigent F, et al : *Quantitative single photon emission computed thallium-201 tomography for detection and localization of coronary artery disease : optimization & prospective validation of a new technique.* J Am Coll Cardiol 14 : 1689-1699, 1987
- 43) Mahmarian JJ, Boyce TM, Goldberg RK, et al : *Quantitative exercise thallium-201 single photon emission computed tomography for the enhanced diagnosis of ischemic heart disease.* J Am Coll Cardiol 15 : 318-329, 1990
- 44) Gould KL : *Agreement on the accuracy of thallium stress testing(editorial comment).* J Am Coll Cardiol 16 : 1022-1023, 1990
- 45) Diamond GA : *How accurate is SPECT thallium scintigraphy ? (editorial reviews).* J Am Coll Cardiol 16 : 1017-1021, 1990
- 46) Massie BM, Botvinck LH, Brundage BH : *Correlation of thallium-201 scintigrams with coronary anatomy : factors affecting region by region sensitivity.* Am J Cardiol 44 : 616, 1979
- 47) Baily IK, Griffith LSC, Rouleau JR, Strauss W, Pitt B : *Thallium-201 myocardial perfusion imaging at rest & during exercise.* Circulation 56 : 66, 1977