

급성 심근경색증에서 ^{99m}Tc -HexaMIBI 심근 SPECT의 진단적 가치

순천향대학교 의과대학 내과학교실

한세환 · 김태준 · 김효석 · 라동집 · 김진경 · 김진국 · 김성구 · 권영주

= Abstract =

The Diagnostic Values of ^{99m}Tc -HexaMIBI Myocardial SPECT in Acute Myocardial Infarction

Se Hwan Han, M.D., Tae Jun Kim, M.D., Hyo Seok Kim, M.D.,
Dong Jib Ra, M.D., Jin Kyung Kim, M.D., Jin Kook Kim, M.D.,
Sung Koo Kim, M.D., Young Joo Kwon, M.D.

Department of Internal Medicine, College of Medicine, Soonchunhyang University, Seoul, Korea

Background : Thallium 201(Tl-201) has been a widely applied myocardial perfusion agent for the detection of coronary artery disease. However its low emission energy and long half-life make this agent suboptimal for the examination of coronary artery disease. To circumvent the physical limitation of Tl-201, a group of technetium 99m -labeled isonitril complex has been developed.

Our study was done to examine the value of SPECT with ^{99m}Tc -HexaMIBI in estimating myocardial perfusion in patients with myocardial infarction.

Methods : We evaluated the sensitivity of SPECT with ^{99m}Tc -HexaMIBI in 29 patients with acute myocardial infarction. We also compared the severity and vascular territory of abnormal perfusion on SPECT scanning with severity of coronary artery stenosis, values of serum enzyme and sites in ECG.

Results :

1) There were 26 patients(90%) who showed perfusion defect, and 3 patients(10%) who showed normal perfusion in myocardial SPECT. The 3 patients with normal perfusion demonstrated non Q-wave infarction on ECG.

2) Among 23 patients performed coronary argiography, there were 19 patients(82%) who showed positive findings on myocardial SPECT and luminal narrowing above 50% on coronary angiogram, and there were 3 patients(13%) who showed significant coronary artery stenosis in spite of negative myocardial SPECT.

3) The grade of perfusion defect showed no significant difference between groups undergone thrombolytic therapy and groups not undergone thrombolytic therapy.

4) There was good correlation between the site of perfusion defect on SPECT and the site of infarction on ECG.

Conclusion : We conclude that SPECT with ^{99m}Tc -HexaMIBI is a promising non invasive test for simultaneous diagnosis of myocardial infarction and evaluation of perfusion defect.

KEY WORDS : ^{99m}Tc -HexaMIBI · SPECT · Acute myocardial infarction.

서 론

관동맥 질환에서 방사성 동위원소를 이용한 심장스캔 검사는 심근의 허혈 부위를 알 수 있고, 심근의 관류 정도를 관찰하여 잔류 허혈을 알 수 있어 관동맥 질환의 진단 및 예후 추정에 많이 이용되고 있다. 심근 관류 스캔에 thallium이 1970년 초부터 보편적으로 사용되어 왔으나 에너지가 낮고, 주위 연조직의 흡수율이 높으며, 소량 주사하기 때문에 영상이 선명하지 못하다는 단점이 있다^{1,2)}. 따라서 이러한 단점을 보완한 새로운 방사성 핵종 개발에 노력한 결과 1980년 technetium 제제가 개발되어 최근 수년전부터 임상에 이용하고 있다³⁾.

Technetium제제는 심근관류 스캔에 동위원소로서 갖추어야 할 이상적인 조건을 갖추었을뿐 아니라 blood pool영상도 동시에 얻을 수 있어 한번 검사로 여러가지 정보를 얻을 수 있다는 장점이 있다^{4,5)}.

저자들은 심근경색 환자에서 technetium제제중 하나인 ^{99m}Tc -HexaMIBI(hexakis-2-methoxyisobutyl isonitrile)의 진단적 가치를 평가하기 위하여 29명의 급성 심근경색증 환자를 대상으로 심근 관류스캔을 시행하여 다음과 같은 결과를 얻었기에 문헌 고찰과 함께 보고하는 바이다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

급성 심근경색증으로 입원한 환자중 ^{99m}Tc -HexaMIBI로 심근 SPECT를 시행한 29명의 환자를 대상으로 하였다. 급성 심근경색증의 진단은 전형적인 흉통, 심전도 소견 및 혈청 심장 효소의 증가 소견중 2개이상 있는 경우로 하였다. 대상 환자의 평균 연령은 61.2세였으며 성비는 남자 17례, 여자 12례였다. 심전도상 Q파 심근경색이 24례, 비 Q파 심근경색이 5례였으며, 부위로는 전벽 경색이 14례로 제일 많았다. 이들중 urokinase 혹은 t-PA로 혈전 용해 치료를 받은 환자는 17례였다.

2. 방 법

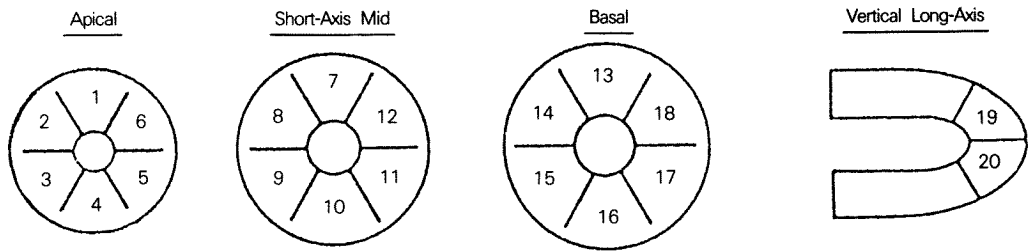
환자를 6시간 정도 금식 시킨후 앙와위에서 technetium과 결합시킨 HexaMIBI인 미국 Dupont사의 cardiolite^(R) 8~10mCi를 정맥주사하였으며, 주사후 45분에 담낭과 간의 섭취를 줄이기 위하여 지방식을 먹였다. 15분후에 미국 Picker사의 Prism 2000 감마 카메라를 이용하여 단일광자방출 전산화 단층촬영(SPECT: single photon emission computed tomography)을 하여 영상을 얻었다.

심첨과 심저를 연결하는 단축면상(short axis view), 심수직장축면상(vertical long axis view)과 심수평장축면상(horizontal long axis view)등 세면의 단층영상을 얻어 Fig. 1과 같이 좌심실벽을 전벽(anterior wall), 심실중격(interventricular septum), 하벽(inferior wall), 후측벽(posterolateral wall) 및 심첨부(apex)로 나누었고, 전체를 다시 20분절로 세분하여 분석하였다. 각 분절의 관류 결손 정도는 반정량적인 방법으로 표시하였고(0=정상, 1=약간 감소, 2=중등도 감소, 3=심하게 감소), 그 결과는 심장 전문의사 세명이 판독한 평균치를 구하였다. 23명의 환자에서 관동맥 조영술을 시행하였으며 50% 이상 협착된 소견을 유의한 협착으로 정하였다.

통계학적 분석은 student's t-test로 하였으며 p-value는 0.05 이하인 경우 의미있는 것으로 하였다.

결 과

대상환자 29례의 평균 연령은 61 ± 10.1 세였고 그중 남자가 17례(58%)였다. 심전도상 Q파 심근경색이 있었던 예가 24례(82%)였고 비Q파 심근경색이 5례(18%)였다. 전체 29례중 Q파 심근경색 24례의 경색부위는 전벽경색이 14례(48%), 하벽경색이 5례(17%), 후측벽경색이 5례(17%)였다. 대상 환자중 고혈압 및 당뇨병이 동반된 예가 각각 8례(28%)였고 혈전 용해제 요법을 시행한 예가 17



Division of Segment :

anterior : 1., 7., 13. interventricular septum : 2. 3., 8. 9., 14. 15.
 inferior : 4., 10., 16. posterolateral : 5. 6., 11. 12., 17. 18.
 apex : 19. 20. Grade : 0-3

Division of Vascular Territories :

left anterior descending artery : segment 1. 2. 3., 7. 8. 9., 13. 14. 15.
 right coronary artery : segment 4., 10., 16.
 left circumflex artery : segment 5. 6., 11. 12., 17. 18.

Fig. 1. Diagrammatic representation of SPECT images, which illustrates assignment of anatomic left ventricular segments and vascular territories.

레(58%)였다.

급성 심근경색증 29례중 심근 SPECT상 관류결손이 있는 양성 소견을 보인예가 26례(90%), 관류결손이 나타나지 않은 음성 소견을 보인예가 3례(10%)였으며 관류 결손이 없었던 3례 모두는 비 Q파 심근경색증이였다(Table 1).

전체 29례중 23례에서 관동맥 조영술을 시행하였으며, 심근 SPECT상 양성 소견을 보이고 관동맥 조영술상 직경이 50%이상 유의한 협착을 보인례가 19례 (82%)였으며 심근 SPECT상 음성 소견을 보였으나 관동맥 조영술상 유의한 협착이 있었던예는 3례(13%)였다(Table 2).

심근 SPECT상 관류장애 정도와 혈청 심근 효소치 및 협착된 관동맥수와의 상관관계에서 전체 CK, CK-MB, LDH의 혈중 최고치와는 유의한 정 상관관계를 나타내었으나, SGOT 및 협착된 관동맥의 수와는 유의한 상관관계를 보이지 않았다(Table 3).

Table 1. Results of abnormal perfusion on SPECT in patients with acute myocardial infarction (n=29)

	No. (%) of patients
Positive	26 (90%)
Negative	3* (10%)

* : non Q-wave infarction

Table 2. Comparisons of coronary angiographic findings and results of SPECT in patients with acute myocardial infarction(n=23)

	Coronary artery stenosis (Infarct related)	
	Significant (≥50%)	Not significant (<50%)
SPECT		
Positive	19 (83)	1(4)
Negative	3* (13)	0(0)

* : non Q-wave infarction

Value are Number(%) of patients

Table 3. Correlation between total grade of abnormal perfusion on SPECT and other diagnostic parameters in patients with acute myocardial infarction

	Correlation coefficient	p value
Peak value of serum enzyme		
CK-MB	0.65	0.001
CK-total	0.45	0.026
SGOT	0.09	NS
LDH	0.44	0.026
Number of coronary artery stenosis(>50%)	-0.14	NS

NS : not significant

Table 4. Comparisons of abnormal perfusion on SPECT in patients with and without thrombolytic therapy

	Thrombolytic agent		p value
	Treatment (n=17*)	Not treatment (n=12#)	
Abnormal perfusion			
Grade of all segments	6.4±2.82**	5.4±3.57	NS
Number of vascular territories	1.6±0.56##	1.6±3.57	NS

* : 15 patients(88%) were patent.

: 9 patients(75%) were patent.

** : Total grade of abnormal perfusion are 15.

: Total number of vascular territories are 3.

Table 5. Comparisons of vascular territories with abnormal perfusion on SPECT and sites of myocardial infarction on electrocardiogram(n=24)

Vascular territory	Site of myocardial infarction		
	Anterior	Inferior	Infero-Lateral
LAD	14		
RCA		5	2
LCX			3

LAD : left anterior descending

RCA : right coronary artery

LCX : left circumflex

심근 경색후 혈전용해 치료 유무에 따른 심근 관류 장애 정도와 병변 혈관 수는 양군사이 유의한 차이가 없었다(Table 4).

SPECT상 관동맥 혈관 분포영역과 심전도상 심근경색 부위와 비교해보면 심전도상 전벽경색 14례 모두 SPECT소견상 좌전하행지 영역에 결손을 보였으며, 하벽 경색 5례 역시 모두 우관동맥 영역에 결손을 보였고, 하측벽 경색인 경우 우관동맥영역 결손이 2례, 좌회심지 영역 결손이 3례였다(Table 5).

고 안

관동맥 질환의 진단에서 심근 관류 스캔에 thallium이 주로 사용되어 왔으나 영상이 선명하지 못하고, 생산에 cyclotron이 필요한 것등 여러가지

문제점이 있어 새로운 방사성 핵종의 개발이 요구되어 왔다^{6,7)}. 1980년초 개발된 technetium제제는 쉽게 제조할 수 있고 표준 감마카메라 영상에 적절한 에너지를 가지며, 반감기가 짧고 신속히 간담도계로 배설되므로 많은 양을 주사할 수 있어 선명한 영상을 얻을 수 있는 장점이 있다^{8,9)}. 또한 blood pool scan을 동시에 시행하여 심근의 기능을 알 수 있으며^{4,5)}, 재분포가 거의 생기지 않아 지연 영상촬영이 가능하여 혈전 용해 치료후 평가에 이용될 수 있다^{10,11)}. 개발된 technetium제제중 현재로써는 ^{99m}Tc-teboroxime과 ^{99m}Tc-isonitrile 화합물중의 하나인 ^{99m}Tc-MIBI가 심근 관류 스캔에 이용할 수 있는 이상적인 동위원소로 알려져 있다¹²⁾.

심근경색 진단의 정확도에 있어 심전도와 심근 스캔의 결과를 부검소견과 비교하면 심근스캔이 더 우수하다고 보고된다¹³⁾. 또한 심근스캔은 경색의 범위와 잔류허혈의 정도를 알 수 있을뿐 아니라^{14, 15)} 심전도로 진단하기 힘든 심실의 후측벽과 후중격을 포함한 심실후벽 경색 진단에도 유용하다^{16, 17)}. 특히 심전도상 전도 장애가 있거나 좌심실 비대, 비후성 심근증, preexcitation이 동반된 심근경색의 진단에 유용하다^{18,19)}. 그러나 심전도상 비 Q파 심근경색에 대한 관류스캔의 진단적 가치에 대한 보고는 많지 않아 이에 대한 정확한 평가는 힘들다^{20,21)}. 본 연구에서 관류 스캔상 음성으로 나온 3례 모두 비 Q파 심근경색이었다.

McKusick등²²⁾의 연구에 의하면 ^{99m}Tc-MIBI스캔상 결손이 있었던 대부분의 부위는 thallium 스캔의 결손 부위와 일치하였으며 선명한 상을 얻을 수 있다고 보고하였다. Kiat등²³⁾의 관동맥 질환에 대한 ^{99m}Tc-MIBI와 thallium의 SPECT연구에 관한 예민도는 각각 93%, 80%였으며 특이도는 100%, 77%로 보고하였고, Iskandrain등¹²⁾의 연구에서도 예민도는 두가지 검사 모두 82%, 특이도는 100%, 82%로 보고하여 ^{99m}Tc-MIBI스캔이 thallium 스캔보다 진단적 가치가 나은 것으로 평가되었다^{24,25)}. 본 연구에서도 심근경색증 환자 29례중 26례(90%)에서 양성소견을 보여 진단적 가치가 높았다. 이와같은 결과는 앞에서 기술하였듯이 ^{99m}Tc-MIBI스캔이 thallium스캔보다 더 좋은 영상을 얻을 수 있는 여러가지 조건을 갖추었기 때문이다.

^{99m}Tc -MIBI스캔의 또다른 장점은 thallium과 달리 재분포를 하지 않아 영상을 즉시 얻지 않아도 되기 때문에 심근경색후 재관류시 효과 판정에 이용할 수 있고, 스캔하는데 thallium 보다 준비가 쉬워 응급환자에서도 이용이 가능하다는점 등이다^{26,27)}.

심근경색후 심근의 손상정도를 나타내는 여러가지 지표들이 있다. 이중 심근효소인 CK의 시간 활동(time-activity)곡선을 분석하여 측정한 효소량으로 심근경색 범위를 추정할 수 있으며 예후를 하는데 도움이 된다²⁸⁾. 동위원소를 이용한 심근관류 스캔 검사로 심근손상 정도를 측정하는 방법은 스캔상 관류장애 정도를 평가하여 알 수 있다²⁹⁾. 숙련자가 스캔상 결손 정도를 육안적으로 0등급에서 3등급까지 나눈 반정량적인 방법이 있고 컴퓨터를 이용한 정량적인 방법이 있으나 예민도에 있어 두방법간에 큰 차이가 없는 것으로 보고된다³⁰⁾. 관류결손 정도에 의한 관동맥 질환 진단에 대한 예민도는 협착된 관동맥 수 보다는 관동맥 협착 정도에 좌우된다고 한다^{31,32)}. 본 연구에서 관류스캔상 Q와 경색이 비 Q와 경색보다 더 심한 것으로 나타났으며 CK와 CK-MB의 시간 활동 곡선을 분석하지는 않았으나 이 효소들의 최대 혈중치와 심근스캔상 관류장애 정도와는 좋은 상관 관계를 나타내었다.

^{99m}Tc -MIBI스캔상 결손부위를 병변이 있는 관동맥 개개와 비교한 연구는 거의 없으나 thallium을 이용한 연구 결과에서 보면 스캔의 결손 부위에 의한 진단은 심근경색증이 협심증보다 예민도가 높다³³⁻³⁶⁾. 또한 각각의 관동맥과 스캔사이의 예민도는 좌전하행지가 가장 높고, 좌회선지가 가장 낮았다. 이와 같은 결과는 좌회선지가 분포하는 측후방 분절이 흉벽에서 가장 멀리 위치하기 때문이다.

요 약

연구배경 :

심근 관류검사에 사용되어 왔던 thallium 스캔의 단점을 보완하고 보다 선명한 영상을 얻을수 있는 새로운 동위원소인 ^{99m}Tc -MIBI스캔의 심근경색증 환자에서 사용가능성을 평가하기 위하여 본 연구를 시행하였다.

방 법 :

급성 심근경색증 환자 29례에서 시행한 ^{99m}Tc -MIBI 심근스캔의 예민도를 구하고, 관류결손 정도와 부위를 심전도, 혈중 효소치 및 혈전 용해요법 유무등의 소견과 비교하였다.

결 과 :

1) 급성 심근경색환자 29례중 심근 SPECT상 관류결손이 있었던 예가 26례(90%), 없었던 예가 3례(10%)였으며, 관류결손이 없었던 3례는 모두 비 Q파 심근경색이었다.

2) 관동맥 조영술을 시행한 23례중 심근 SPECT상 양성소견을 보이고 관동맥 조영술상 50% 이상 협착이 있었던 예가 19례(82%)였으며, 심근 SPECT상 음성이었으나 관동맥에 유의한 협착이 있었던 예가 3례(13%)였다.

3) 심근경색 후 혈전용해 요법을 받은군과 받지 않은군 사이의 관류 결손 정도는 유의한 차이가 없었다.

4) SPECT 상 관류결손을 보인 위치와 심전도상의 경색부위는 대부분 일치하였다.

결 론 :

^{99m}Tc -MIBI 심근 스캔은 Q파 심근경색증의 진단과 위치 및 범위를 하는데 유용한 검사이다.

References

- 1) Jones AG, Davison A, Abrams MJ : *Biological studies of a new class of technetium complexes : The hexakis(alkylisonitrile) technetium cations*. *Int J Nucl Med Biol* 11 : 225-234, 1984
- 2) Williams S, Lutrario D, McKusick K : *Technetium-tertiary butyl-isonitrile : A new potential cardiac agent*. *Circulation* 72 : III-299, 1985
- 3) Williams SJ, Mousa SA, Morgan RA, Carroll TR, Maheu LJ : *Pharmacology of Tc^{99m} isonitrile : Agents with favorable characteristics for heart imaging*. *J Nucl Med* 27 : 877, 1986
- 4) Merz R, Maddahi J, Roy L, Berman DS : *Gated RP-30 perfusion study after stress predicts myocardial viability*. *J Am Coll Cardiol* 9 : 27A, 1987
- 5) Sporn V, Balini NP, Holman L : *Simultaneous measurement of ventricular function and myocardial perfusion using the technetium-99m isonitriles*.

- 6) Sia STB, Holman BL, McKusick K : *The utilization of Tc^{99m}-MIBI as a myocardial perfusion agent in exercise studies : Comparison with Tl-201 thallous chloride and examination of its biodistribution in humans.* Eur J Nucl Med 12 : 333-336, 1986
- 7) McKusick K, Holman BL, Jones AG : *Comparison of three ^{99m}Tc isonitriles for detection of ischemic heart disease in humans.* J Nucl Med 27 : 878, 1986
- 8) Wackers FJ, Kayden D, Lange RC, Mattera J : *Rest-exercise organ distribution of RP-30, a new ^{99m}Tc-labelled myocardial perfusion imaging agent.* J Am Coll Cardiol 9 : 27A, 1987
- 9) Mousa SA, Williams SJ, Sands H : *Characterization of in vivo chemistry of cations in the heart.* J Nucl Med 28 : 1351-1357, 1987
- 10) Striner H, Buell U, Kleinhans E, Bares R, Grosse W : *Myocardial kinetics of ^{99m}Tc-hexakis-(2-methoxy-isobutyl-isonitrile)(HMIBI) in patients with coronary heart disease : A comparative study versus 201Tl with SPECT.* Nucl Med Commun 9 : 15-23, 1988
- 11) Okada RD, Glover D, Gaffiney T, Williams S : *Myocardial kinetics of technetium-99m-hexakis-2-methoxy-2-methyl-propyl-isonitrile.* Circulation 77 : 491-498, 1988
- 12) Iskandrain AS, Heo J, Kong B, Lyons E, and Marsch S : *Use of technetium-99m Isonitrile(RP-30A) in assessing left ventricular perfusion and function at rest and during exercise in coronary artery disease, and comparison with coronary arteriography and exercise thallium-201 SPECT imaging.* Am J Cardiol, 64 : 270-275, 1989
- 13) Wackers FJTH, Becker AE, Samaon G, Solole EB, vd Schoot JB, Vet AJTM, Lie KI, Durrer D, Wellens H : *Location and size of acute transmural myocardial infarction estimated from thallium-201 scintiscans.* Circulation 56 : 72, 1977
- 14) 박정의 · 심완주 · 노영무 · 서순규 · 이민재 : *Tl-201 심근주사의 정량적 분석.* 대한내과학회 잡지 28 : 617, 1984
- 15) 손대원 · 오동진 · 김영대 · 정준기 · 이영목 · 이명철 · 박영배 · 최윤식 · 서정돈 · 이영우 · 고창순 : *Dipyridamole 부하 SPECT ^{99m}Tc-MIBI 심근스캔을 이용한 심근경색부위 잔류 허혈에 대한 연구.* 순환기 20 : 68-76, 1990
- 16) Wackers FJTH, Busemann SE, Samson G, vd Schoot JB, Wellens HJJ : *Myocardial imaging in coronary heart disease with radionuclides with emphasis on thallium-201.* Eur J Cardiol 3 : 273, 1976
- 17) Wacker FJTH : *Thallium-201 myocardial scintigraphy in acute myocardial infarction and ischemia.* Seminars in Nucl Med 10 : 127, 1980
- 18) Campbell S, Holman BL, Kirshenbaum JM, Antman EM, Vister-James J, Vavison A, Kozolowski J, English RJ, Jones AG : *The scintigraphic evaluation of myocardial infarction and regional ventricular performance using technetium^{99m} hexakis(t-butylisonitrile) technetium(I)(TBI) ; A new myocardial agent.* Eur J Nucl Med 12 : 219, 1986
- 19) Ritchie JL, Zaret BL, Strauss HW, Pill B, Berman DS, Schelbert HR, Ashburn WL, Breger HJ, Hamilton GW : *Myocardial imaging with thallium-201 : Multicenter study in patients with angina pectoris or acute myocardial infarction.* Am J Cardiol 42 : 345, 1978
- 20) 김명아 · 고은미 · 홍석근 · 손대원 · 오병희 · 이명목 · 이명철 · 박영배 · 최윤식 · 서정돈 · 이영우 · 고창순 : *심근경색증에서 ^{99m}Tc-MIBI 심장스캔의 임상적 평가.* 순환기 20 : 62-67, 1990.
- 21) 김태용 · 임정식 · 공덕경 · 최경희 · 최영식 · 정인권 · 이재우 · 염하용 : *관상동맥 질환의 진단에 있어서 dipyridamole ^{99m}Tc-MIBI 심근주사의 유용성.* 순환기 20 : 753-762, 1990
- 22) McKusick K, Holman BL, Jones AG, Davison A, Rigo P, Vosberg H, Norette J : *Comparison of 3 ^{99m}Tc-isonitriles for detection of ischemic heart disease in humans(abstract).* J Nucl Med 27 : 878, 1986
- 23) Kiat H, Maddahi T, Roy LT, Van Train K, Friedman J, Resser K, Berman DS : *Comparison of technetium 99m methoxy isobutyl isonitrile and thallium-201 for evaluation of coronary artery disease by planar and tomographic methods.* Am Heart J 117 : 1-11, 1989
- 24) Maddahi J, Van Train K, Prigent K : *Quantitation of Tl-201 myocardial single photon emission computerized rotational tomography : Development, validation, and prospective application of an optimized computerized method.* J Nucl Med 27 : 899, 1986
- 25) Maddahi J, Van Train KF, Wong C : *Comparison of Tl-201[Abstract].* J Nucl Med 27 : 999, 1986

- 26) Watson DD, Smith WH, Sinusas AJ, Beler GA : Myocardial defect detection with ^{99m}Tc -methoxyisobutyl isonitrile vs TI-201. *J Nucl Med* 29 : 850, 1988
- 27) Taillefer R, Laflamme L, Dupras G : Clinical comparison between TI-201 and ^{99m}Tc -methoxy isobutyl isonitrile(MIBI) myocardial imaging for detection of coronary artery disease. *J Nucl. Med* 29 : 793, 1988
- 28) Richard C, Pasternak, Braunwalde E : Acute myocardial infarction, *Harrison's principles of internal medicine*, 12th ed. p953-964, McGraw-Hill Co, 1991
- 29) 최진현 · 도문홍 · 이근우 · 신원호 · 최성란 · 함종열 · 최동주 · 염명걸 · 정순일 · 최진학 : IV Dipyridamole ^{99m}Tc -MIBI SPECT의 육안분석과 정량적 분석. *대한내과학회잡지* 44 : 454-463, 1993
- 30) Reisman S, Maddahi J, van Train K : Quantitation of extent, depth, and severity of planar thallium defects in patients undergoing exercise thallium-201 scintigraphy. *J Nucl Med* 27 : 1273, 1986
- 31) Massie BM, Botvinick LH, Brundage BH : Correlation of thallium-201 scintigrams with coronary anatomy : Factors affecting region by region sensitivity. *Am J Cardiol* 44 : 616, 1979
- 32) Ritchie JL, Trobaugh GB, Hamilton GW, Gould KL, Narahara KA, Murray JA, Williams DL : Myocardial imaging with thallium-201 at rest and during exercise. *Circulation* 56 : 66, 1977
- 33) Gutman J, Berman DS, Freeman M : 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
- 34) Schwartz JS, Ponto R, Carlyle P, Forstrom L, Cohn JN : Early redistribution of thallium-201 after temporary ischemia. *Circulation* 57 : 332-335, 1978
- 35) Rothendler JA, Okada RD, Wilson RA : Effect of a delay in commencing imaging on the ability to detect transient thallium defects. *J Nucl Med* 26 : 880-883, 1985
- 36) Beller GA, Watson DD, Ackell P : Time course of thallium-201 redistribution after transient myocardial ischemia. *Circulation* 61 : 791-797, 1980