

신티그래피에 의한 심근생존능 평가

전남대학교병원 핵의학과

범 회 승

= Abstract =

Scintigraphic Assessment of Myocardial Viability

Hee-Seung Bom, M.D.

Department of Nuclear Medicine, Chonnam University Hospital, Kwangju, Korea

The identification of viable myocardium in patients with coronary artery disease and left ventricular dysfunction is an issue of increasing clinical relevance in the current era of myocardial revascularization. There are at least two forms of reversible myocardial dysfunction. Early reperfusion does not always lead to immediate functional improvement; rather, the return of contractility in tissue salvaged by reperfusion is delayed for hours, days or even weeks, a phenomenon that has been termed "stunned myocardium". Some patients with coronary artery disease show myocardial dysfunction at rest which are associated with reduced perfusion, and which disappear after revascularization; this phenomenon has been termed "hibernating myocardium".

Recently, cardiac imaging techniques that evaluate myocardial viability on the basis of perfusion-contraction mismatch and inotropic reserve have gained substantial popularity and clinical success. This review focus on the application of ²⁰¹Tl and ^{99m}Tc-MIBI to address myocardial viability in patients with hibernating and stunned myocardium.

It is clear that 4-hour redistribution images of ²⁰¹Tl underestimate ischemia and overestimate scar. Delayed imaging and reinjection imaging have been developed for the assessment of viability. Among many protocols suggested, stress-redistribution-reinjection imaging gained most popularity. Although ^{99m}Tc-MIBI could identify myocardial viability, ²⁰¹Tl reinjection technique was regarded as superior to it.

In conclusion, ²⁰¹Tl stress, 4-hr rest redistribution, and reinjection imaging technique may be the most preferable method for evaluation of myocardial viability.

Key Words: Myocardial viability, ²⁰¹Tl, ^{99m}Tc-MIBI, Scintigraphy

서 론

좌심실의 한 부분이 정상적으로 움직이지 못하는 것을 보고 이 부위는 앞으로 다시 좋아질 수 없다고 말할 수 있을까? 답은 '아니오'이다. 심근경색으로 진단받은 환자도 심근혈류를 개선시켜주면 다시 정상적인 심근으로

돌아오는 경우가 자주 발견된다^{1,2}. 이런 부위는 생존능 (viability)이 있다고 말한다.

심기능이 저하되어 있는 환자가 심근혈류를 개선시켜 주는(재혈관화, revascularization) 치료를 받는 경우, 심기능이 회복되는 환자가(즉, 생존능이 있는 심장을 가진 환자가) 심기능이 회복되지 않는 환자보다 예후가 좋을 것은 당연하다³⁻⁵. 따라서 치료 전에 생존능이 있는지를 알 수 있다면 환자의 예후를 미리 결정할 수 있으므로 임상적으로 매우 중요한 정보가 될 것이다. 더구나

*본 논문의 요지는 1991년도 제30차 대한핵의학회 추계 학술대회에서 발표 되었음.

최근 재혈관화 기술에 발달에도 불구하고 심기능저하 환자에서 재혈관화는 어느 정도의 위험을 감수하지 않으면 안되므로, 생존심근(viable myocardium)을 정확하게 진단하는 방법을 개발하는 것은 매우 필요한 일이라고 할 수 있다.

기절심근(Stunned Myocardium)

과 동면심근(Hibernating Myocardium)

최근 실험적으로 또는 임상적인 관찰에 의해 가역적인 심기능 저하에는 적어도 2가지의 형태가 있음이 알려졌다. 실험적으로 관동맥을 일시적으로 폐쇄시킨 후 재관류시키더라도 심기능이 바로 회복되지 않고 수시간에서 수주일이 지나서야 회복된다는 사실이 알려졌고, 이를 기절심근이라 하였다⁶⁾. 임상적으로도 심장수술시 또는 일시적인 관동맥폐쇄에 의해 같은 현상이 일어남이 관찰되었다. 한편 오랫동안 심근 관류가 감소된 상태가 지속된 경우 그 부분의 심기능은 저하되어 있지만, 심근관류를 개선시켜주면 심기능이 호전된다는 사실이 밝혀지고, 이는 동면심근이라 명명되었다⁷⁾. 기절심근과 동면심근의 차이는 심근관류가 전자에서는 정상이고 후자에서는 감소되어 있다는 점에 있다.

신틸그라피에 의한 심근생존능의 평가

최근 연구되고 있는 심근생존능의 진단방법은 심장의 국소벽운동을 관찰하는 방법과 심장해의학적 방법으로 나눌 수 있다⁸⁾. 전자는 나이트로글리세린 투여 중, 기외수축 후, 저용량 카테콜라민 투여 중, 또는 운동 중에 국소벽운동의 호전이 일어나는 것을 심초음파나 자기공명영상 등을 통하여 확인하는 방법이다. 심장해의학적 접근방법은 심근관류, 세포막의 유지여부, 심근대사 유지여부 등을 통해 심근생존능을 진단하는 것이다. 현재 심근생존능 진단의 표준은 양전자방출단층촬영(PET)에 의해 ¹⁸F-fluorodeoxyglucose 섭취여부를 관찰하여 심근에 포도당대사가 이루어지고 있음을 밝히는 것이라고 하겠다^{9~11)}. 그러나 PET는 우리나라에는 아직 실용화되어 있지 않은 실정이므로, 본고에서는 ²⁰¹Tl과 ^{99m}Tc-MIBI를 이용한 심근 생존능 진단법에 대해서만 고찰하고자 한다.

1. ²⁰¹Tl

1970년대부터 심근혈류를 평가하기 위해 사용되던 ²⁰¹Tl 부하-재분배 검사법은 생존심근을 피사심근으로 판단할 가능성이 높다는 것이 알려져 있다. 즉, 부하-재분배영상에서 심근경색(고정관류결손, fixed perfusion defect)으로 진단된 부위가 재혈관화 후 정상관류 소견을 보이는 예가 다수 보고되었다^{12~15)}. Gibson등¹²⁾은 재분포영상에서 고정관류결손을 보이던 부위의 45%에서 CABG후 관류호전을 보였다고 보고하였고, Liu등¹³⁾, Manyari등¹⁵⁾은 고정관류결손 또는 일부만 재분포되는 부위의 75~83%에서 PTCA후 정상관류소견을 보였다고 보고하였다. 따라서 부하-재분포 촬영법보다 더 우수한 진단능력을 가지는 방법의 개발이 요망되었다.

Gutman등¹⁶⁾은 재분포영상에서 보인 고정관류결손의 21%에서 18~24시간 후에야 재분포를 보인다고 보고하였고, Kiat등¹⁷⁾은 SPECT를 이용한 촬영상 61%에서 낮은 재분포를 보인다고 보고하였다. 지연영상에서 재분포를 보이는 부위는 대부분 심하게 협착되었으나 막히지는 않은 관동맥에 의해 혈액공급을 받는 부위였음이 확인되었다. Kiat등¹⁷⁾은 지연영상에서 재분포를 보이는 부위의 95%에서 재혈관화 후에 심근관류가 호전되었으나, 지연영상에서도 재분포를 보이지 않은 부위에서도 37%에서 심근관류의 호전을 보여, 지연영상법 역시 생존심근을 피사심근으로 잘못 판단할 가능성이 높다는 사실을 시사하였다.

최근 4시간 재분포영상을 얻은 후 또한번 ²⁰¹Tl을 주사하고 얻은 재주사영상으로 고정관류결손의 31~49%에서 생존심근의 진단을 할 수 있었다고 보고되고 있다^{18~23)}. 재주사영상에서 ²⁰¹Tl 섭취를 보이는 심근부위는 재혈관화 후에 80~87%에서 심기능이 회복되는 반면, 재주사영상에서도 관류결손으로 나타난 부위는 재혈관화 후에 0~18%에서만 심기능이 회복되었다^{18,21)}. 또 ¹⁸F-FDG PET 검사와 재주사법과 비교한 보고에서도 재주사법은 FDG PET와 매우 유사한 결과를 보였다²⁴⁾.

심근생존능의 진단에 재주사법과 지연영상법 모두 유용한 방법임에는 틀림없으나, 이 두가지 촬영법 중 어느 편을 선택할 것인가. Kayden등²⁵⁾은 24시간 지연영상을 얻은 직후 재주사를 한 결과 39%에서 ²⁰¹Tl 섭취의 증가가 관찰되었다고 보고하였다. 또 재주사법은 검사를 하

루에 끝낼 수 있다는 장점도 가지고 있다. 따라서 재주사법이 일반적으로 더 선호되고 있다.

재주사영상을 얻은 후 다음날 지연영상을 얻는다면 어떨까? 운동부하-재주사 검사를 시행했던 보고들은 모두 큰 도움을 얻지 못한다고 말한다^{26~28}). 그러나 디피리다몰부하-재주사 검사를 시행한 연구에서는 재주사영상의 고정관류결손 중 41%에서 24시간 지연영상에 관류호전을 보였다는 보고도 있어²⁹), 이에 대해서는 아직도 더 연구가 필요한 것으로 보인다. 또, 재주사법을 시행할 때 4시간 재분포영상에서 재분포조건을 보였던 부위의 25%에서 재주사영상에는 오히려 고정관류결손으로 보인다고 보고하였고, 범 등³⁰)도 같은 보고를 하였다. 따라서, 재주사영상이 생존심근을 진단하는데 도움이 되는 검사이기는 하지만, 4시간 재분포영상을 생략할 수는 없는 것이다.

심근생존능만을 보고자 한다면 휴식기 및 재분포 영상법도 충분히 타당성이 있다. 휴식기-재분포영상법도 부하-재분포-재주사영상법과 유사한 정도로 심근생존능을 진단할 수 있다는 보고가 있다³¹). 그러나 부하검사를 받을 수 있는 경우라면 부하-재주사-재분포영상법이 관동맥질환의 범위, 심한 정도, 심근생존능 등을 포괄적으로 판단할 수 있으므로 굳이 휴식기-재분포영상법을 사용할 이유는 없다. 또 부하영상을 얻은 직후 ²⁰¹Tl을 재주사하고 1시간에 재주사영상을 찍는 속성영상법도 제안되고 있으나 아직 그 유용성이 충분히 검토되어 있지는 않다^{32,33}). 또 재분포를 촉진시키는 방법으로 나이트로글리세린을 투여하거나³⁴) 라이보스를 주사하는 것도 검토되고 있으나³⁵) 아직 그 기전은 분명치 않다.

결론적으로 현재로서는 ²⁰¹Tl 부하-재분포-재주사영상법이 관동맥질환의 진단뿐 아니라 심근생존능을 평가하는데 있어서도 가장 우수한 진단법이라고 사료된다

(Fig. 1).

2. ^{99m}Tc-MIBI

^{99m}Tc-MIBI가 심근세포에 섭취되는 기전은 세포막전위와 관계가 있다고 보고되고 있고³⁶), 세포막전위를 유지할 수 있는 것은 살아있는 세포에서만 가능하다고 생각할 수 있으므로, 따라서 ^{99m}Tc-MIBI는 심근생존능을 대변해 줄 수 있다는 가정을 할 수 있다³⁷). 분리관류된 쥐의 심장모델에서나, 관동맥의 폐쇄-재관류 모델에서 ^{99m}Tc-MIBI는 관류가 정상이더라도 피사심근부위에는 섭취되지 않음으로써^{38~41}), 심근관류만이 아니라 심근생존여부도 알려주는 표지자로 사용할 수 있겠다는 희망을 주었다^{42,43}). ^{99m}Tc 제제는 물리적 성질이 우수하여 핵영상제제로 이상적이기 때문에 심근생존능을 반영해 줄 수 있다면 ²⁰¹Tl 보다 선호될 가능성이 있다.

그러나 관동맥환자를 대상으로 심근생존능의 진단에 대해 ²⁰¹Tl과 ^{99m}Tc-MIBI를 비교한 논문들에서는 ²⁰¹Tl이 약간 우수하다고 보고하고 있다^{44,45}). 그러나 이 보고들은 재혈관화를 시술받은 환자에서 심근생존능을 확인한 보고는 아니어서 아직은 확실하다고 할 수는 없고, 이에 대해서는 좀더 많은 연구가 필요하다고 하겠다.

요 약

심근생존능은 심기능이 저하되어 있으나 적절한 치료에 의해 심기능이 회복될 수 있는 상태를 말하며, 기절심근과 동면심근으로 대변할 수 있다. 기절심근은 심근관류가 정상이지만 아직 심근기능이 회복이 안된 상태로 수시간 내지 수주일 후에 회복이 되는 상태를 말하며, 동면심근은 심근관류가 오랫동안 감소되어 있어 심기능이 저하되어 있지만 심근관류를 정상화시켜주면 빠른 시

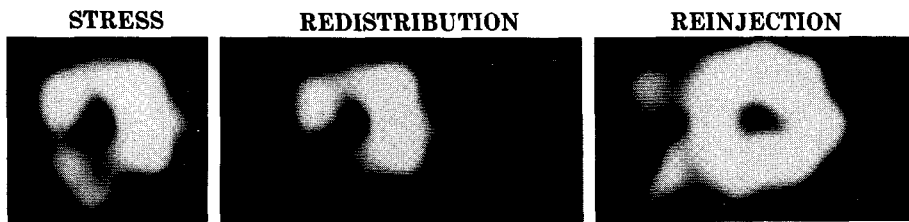


Fig. 1. Short-axis ²⁰¹Tl tomograms during atress, redistribution, and reinjection imaging in a patient with coronary artery disease. An abnormal uptake is noted in inferoseptal and inferior walls during stress that persists on 4-hour redistribution image but improves markedly on reinjection image.

간내에 심기능이 회복되는 상태를 말한다. 임상적으로는 이 두가지 상태가 혼합된 경우도 있으리라 추측되고 있다.

심근생존능을 진단하는 것은 재혈관화 치료를 시행하기 전에 미리 환자의 예후를 결정해 줄 수 있다는 점에서 임상적인 의의가 있다. 그 진단법으로는 PET에 의해 심근대사기능이 존재함을 증명하는 것이 표준으로 되어 있으나, 그 외에도 심장초음파, 심장 MRI등을 이용한 검사법, ^{201}Tl 또는 $^{99\text{m}}\text{Tc-MIBI}$ 를 이용한 신틸그라피등의 검사법이 있다. 현재까지 보고된 바를 종합하면 ^{201}Tl 부하-재분포-재주사영상법이 가장 우수한 것으로 사료되나, 각 진단법이 개선 또는 개발되고 있으므로 이에 대한 지속적인 관심이 필요하며, 핵의학적인 진단방법도 계속적으로 발전시킬 필요가 있다고 사료된다.

REFERENCES

- 1) Dilsizian V, Bonow RO, Cannon RO, Tracy CM, Vitale DF, McIntosh CL, Clark RE, Bacharach SL, Green MV: *The effect of coronary artery bypass grafting on left ventricular systolic function at rest: Evidence for preoperative subclinical myocardial ischemia. Am J Cardiol 50:39-44, 1982*
- 2) Brundage BH, Massie BM, Botvinick EH: *Improved regional ventricular function after successful surgical revascularization. J Am Coll Cardiol 3:902-908, 1984*
- 3) Nesto RW, Cohn LH, Collins JJ Jr, Wynne J, Holman L, Cohn PF: *Inotropic contractile reserve: A useful predictor of increased 5-year survival and improved postoperative left ventricular function in patients with coronary artery disease and reduced ejection fraction. Am J Cardiol 50:39-44, 1982*
- 4) Alderman EL, Fisher LD, Litwin P, Kaiser GC, Myers WO, Maynard C, Levine F, Schloss M: *Results of coronary artery surgery in patients with poor left ventricular function (CASS). Circulation 68:785-795, 1983*
- 5) Pigott JD, Kouchoukos NT, Oberman A, Cutter GR: *Late results of surgical and medical therapy for patients with coronary artery disease and depressed left ventricular function. J Am Coll Cardiol 5:1036-1045, 1985*
- 6) Braunwald E, Kloner RA: *The stunned myocardium: prolonged, postischemic ventricular dysfunction. Circulation 66:1146-1149, 1982*
- 7) Rahimtoola SH: *The hibernating myocardium. Am Heart J 117:211-213, 1989*
- 8) Dilsizian V, Bonow RO: *Current diagnostic techniques of assessing myocardial viability in patients with hibernating and stunned myocardium. Circulation 87:1-20, 1993*
- 9) Marshall RC, Tillisch JH, Phelps ME, Huang SC, Carson R, Henze E, Schelbert HR: *Identification and differentiation of resting myocardial ischemia and infarction in man with positron emission computed tomography, ^{18}F -labeled fluorodeoxyglucose, and N-13-ammonia. Circulation 67:766-778, 1983*
- 10) Tillisch J, Brunker R, Marshall R, Schwaiger M, Mandelkorn M, Phelps M, Schelbert H: *Reversibility of cardiac wall-motion abnormalities predicted by positron tomography. N Engl J Med 314:884-888, 1986*
- 11) Tamaki N, Yonekura Y, Yamashita K, Saji H, Magata Y, Senda M, Konishi Y, Hirata K, Ban T, Konishi J: *Positron emission tomography using F-18-deoxyglucose in evaluation of coronary artery bypass grafting. Am J Cardiol 64:860-865, 1989*
- 12) Gibson RS, Watson DD, Taylor GJ, Crosby IK, Wellons HL, Holt ND, Beller GA: *Prospective assessment of regional myocardial perfusion before and after coronary revascularization surgery by quantitative thallium-201 scintigraphy. J Am Coll Cardiol 1:804-815, 1983*
- 13) Liu P, Kiess MC, Okada RD, Block PC, Strauss HW, Pohost GM, Boucher CA: *The persistent defect on exercise thallium imaging and its fate after myocardial revascularization: Does it represent scar or ischemia? Am Heart J 110:996-1001, 1985*
- 14) Cloninger KG, DePuey EG, Garcia EV, Roubin GS, Robbins WL, Nody A, DePasquale EE, Berger HJ: *Incomplete redistribution in delayed thallium-201 single photon emission computed tomographic images: An overestimation of myocardial scarring. J Am Coll Cardiol 12:955-965, 1988*
- 15) Manyari DE, Knudtson M, Kloiber R, Roth D: *Sequential thallium-201 myocardial perfusion studies after successful percutaneous transluminal coronary artery angioplasty: Delayed resolution of exercise-induced scintigraphic abnormalities. Circulation 77:86-95, 1988*
- 16) Gutman J, Berman DS, Freeman M, Rozanski A,

- Maddahi J, Waxman Am Swan HJC: *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*
- 17) Kiat H, Berman DS, Maddahi J, Yang LD, Van Train K, Rozanski A, Friedman J: *Late reversibility of tomographic myocardial thallium-201 defects: An accurate marker of myocardial viability. J Am Coll Cardiol 12:1456-1463, 1988*
- 18) Dilsizian V, Rocco TP, Freedman NM, Seon MB, Bonow RO: *Enhanced detection of ischemic but viable myocardium by the reinjection of thallium after stress-redistribution imaging. N Engl J Med 323:141-146, 1990*
- 19) Rocco TP, Dilsizian V, McKusick KA, Fischman AJ, Boucher CA, Strauss HW: *Comparison of thallium redistribution with rest 'reinjection' imaging for the detection of viable myocardium. Am J Cardiol 66:158-163, 1990*
- 20) Tamaki N, Ohtani H, Yonekura Y, Nohara R, Kambara H, Kawai C, Hirata K, Ban T, Konishi J: *Significance of fill-in after thallium-201 reinjection following delayed imaging: Comparison with regional wall motion and angiographic findings. J Nucl Med 31:1617-1623, 1990*
- 21) Ohtani H, Tamaki N, Yonekura Y, Mohiuddin IH, Hirata K, Ban T, Konishi J: *Value of thallium-201 reinjection after delayed SPECT imaging for predicting reversible ischemia after coronary bypass grafting. Am J Cardiol 66:394-399, 1990*
- 22) 박정미, 정수교, 김춘열, 박용휘 : 관상동맥질환 환자에서 ^{201}Tl 재주사영상. (초록) 대한핵의학회지 26: 198, 1992
- 23) 범회승, 김지열, 박주형, 안영근, 정명호, 조정관, 박종춘, 강정채 : 디피리다몰부하 탈륨 심근스캔에서 탈륨주사 후 지연영상이 의의에 대한 검토. 순환기 23:242-248, 1993
- 24) Bonow RO, Dilsizian V, Cuocolo A, Bacharach SL: *Identification of viable myocardium in patients with coronary artery disease and left ventricular dysfunction. P Comparison of thallium scintigraphy with reinjection and PET imaging with ^{18}F -fluorodeoxyglucose. Circulation 83:26-37, 1991*
- 25) Kayden DS, Sigal S, Soufer R, Mattera J, Zaret BL, Wackers FJ: *Thallium-201 for assessment of myocardial viability: Quantitative comparison of 24-hour redistribution imaging with imaging after reinjection at rest. J Am Coll Cardiol 18:1480-1486, 1991*
- 26) Dilsizian V, Smeltzer WR, Freedman NMT, Dextras R, Bonow RO: *Thallium reinjection after stress-redistribution imaging: Does 24-hour delayed imaging following reinjection enhance detection of viable myocardium? Circulation 83:1247-1255, 1991*
- 27) Dae MW, Botvinick EH, Starksen NF, Zhu YY, Lapidus A: *Do 4-hour reinjection thallium images and 24-hour thallium images provide equivalent information? (Abstract) J Am Coll Cardiol 17:29, 1991*
- 28) McCallister BD, Clemments IP, Hauser MF, Gibbons RJ: *The limited value of 24-hour images following 4-hour reinjection thallium imaging. (abstract) Circulation 84 (Suppl II):II-533, 1991*
- 29) Dilsizian V, Bonow RO: *Differential uptake and apparent thallium-201 'washout' after thallium reinjection: Options regarding early redistribution imaging before reinjection or later redistribution imaging after reinjection. Circulation 85:1032-1038, 1992*
- 30) 범회승, 송호천, 김지열, 정명호, 강정채 : 탈륨주사 영상법에서 휴식기재분포 영상의 의의. 대한핵의학회지 27:1234-567890, 1993
- 31) Dilsizian V, Bacharach SL, Perrone-Filardi P, Arrighi JA, Maurea S, Bonow RO: *Concordance and discordance between rest-redistribution thallium imaging and thallium reinjection after stress-redistribution imaging for assessing viable myocardium: Comparison with metabolic activity by PET. (abstract) Circulation 84:89, 1991*
- 32) Eck-Smit BLF, Wall EE, Kuijper AFM, Zwinderman AHZ, Pauwels EKJ: *Immediate thallium-201 reinjection following stress imaging: A time-saving approach for detection of myocardial viability. J Nucl Med 34:737-743, 1993*
- 33) Iskandrian AS: *Thallium reinjection imaging: The search for an optimal protocol. J Nucl Med 34:743-746, 1993*
- 34) Medrano R, Mahmarian JJ, Ashmore RF, Jodko JB, Baker WB, Yuen JL, Verani MS: *The enhanced detection of myocardial viability with thallium-201 reinjection after nitroglycerin: a randomized, double-blind, parallel, placebo-controlled trial using quantitative tomography (Abstract). Circulation 86 (Suppl 1): I-109, 1992*
- 35) Hegewald MG, Palac RJ, Angello DA, Perlmutter NS, Wilson RA: *Ribose infusion accelerates thallium*

- redistribution with early imaging compared with late 24-hour imaging without ribose. *J Am Coll Cardiol* 18:1671-1681, 1991
- 36) Chiu ML, Kronauge JF, Piwnica-Worms D: *Effect of mitochondrial and plasma membrane potentials on accumulation of hexakis (2-methoxyisobutylisonitrile) technetium (I) in cultured mouse fibroblasts. J Nucl Med* 31:1646-1653, 1990
- 37) Piwnica-Worms D, Chiu ML, Kronauge JF: *Divergent kinetics of ^{201}Tl and $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -sestamibi in cultured chick ventricular myocytes during ATP depletion. Circulation* 85:1531-1541, 1992
- 38) Beanlands R, Dawood F, Wen WH, McLaughlin PR, Butany J, Liu P: *Are the kinetics of technetium 99m-methoxy isobutyl isobutyl isonitrile affected by cell metabolism and viability? Circulation* 82:1802-1814, 1990
- 39) Li QS, Matsumura K, Dannalss R, Becker LC: *Radionuclide markers of viability in reperfused myocardium: comparison between ^{18}F -2-deoxyglucose, ^{201}Tl , and $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -sestamibi (Abstract). Circulation* 82:III-542, 1990
- 40) Edwards NC, Ruiz M, Watson DD, Beller GA: *Does $^{99\text{m}}\text{Tc}$ sestamibi given immediately after coronary reperfusion reflect viability? (Abstract). Circulation* 82:III-542, 1990
- 41) Freeman I, Grunwald AM, S, Bodenheimer MM: *Effect of coronary occlusion and myocardial viability on myocardial activity of technetium $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -sestamibi. J Nucl Med* 32:292-298, 1991
- 42) Machac J: *$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -isonitrile: a perfusion or a viability agent? J Am Coll Cardiol* 14:1685-1688, 1989
- 43) Liu P: *Technetium $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -sestamibi: another window on myocardial viability? J Nucl Med* 32:298-299, 1991
- 44) Cuocolo A, Pace L, Ricciardelli B, Chiariello M, Trimarco B, Salvatore M: *Identification of viable myocardium in patients with chronic coronary artery disease: comparison of thallium-201 scintigraphy with reinjection and technetium-99m methoxyisobutyl isonitrile. J Nucl Med* 33:505-511, 1992
- 45) 범희승, 김지열, 박주형, 안영근, 정명호, 조정관, 박종춘, 강정채: ^{201}Tl 과 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI에 의한 생존심근의 진단비교. *대한핵의학회지* 26:274-279, 1992