

게이트 Tc-99m-MIBI SPECT와 Cedars 소프트웨어를 이용한 심근 기능 측정의 재현성

서울대학교의과대학 핵의학교실¹, 심장연구소², 방사선의학연구소³
이동수^{1,2} · 천기정¹ · 안지영³ · 정준기^{1,2} · 이명철¹

Reproducibility of the Assessment of Myocardial Function Using Gated Tc-99m-MIBI SPECT and Quantitative Software

Dong Soo Lee, M.D.^{1,2}, Gi Jeong Cheon, M.D.¹, Ji Young Ahn, M.S.³,
June-Key Chung, M.D.^{1,2} and Myung Chul Lee, M.D.¹

Department of Nuclear Medicine¹, Seoul National University College of Medicine, Heart Institute² and Institute of Radiation Science³, Seoul National University Medical Research Center

Abstract

Purpose: We investigated reproducibility of the quantification of left ventricular volume and ejection fraction, and grading of myocardial wall motion and systolic thickening when we used gated myocardial SPECT and Cedars quantification software. **Materials and Methods:** We performed gated myocardial SPECT in 33 consecutive patients twice in the same position after Tc-99m-MIBI SPECT. We used 16 frames per cycle for the gating of sequential Tc-99m-MIBI SPECT. After reconstruction, we used Cedars quantitative gated SPECT and calculated ventricular volume and ejection fraction (EF). Wall motion was graded using 5 point score. Wall thickening was graded using 4 point score. Coefficient of variation for re-examination of volume and fraction were calculated. Kappa values (k-value) for assessing reproducibility of wall motion or wall thickening were calculated. **Results:** Enddiastolic volumes (EDV) ranged from 58 ml to 248 ml (122 ml +/- 42 ml), endsystolic volumes (ESV) from 20 ml to 174 ml (65 ml +/- 39 ml), and EF from 20% to 68% (51% +/- 14%). Geometric mean of standard deviations of 33 patients was 5.0 ml for EDV, 3.9 ml for ESV and 1.9% for EF. Their average differences were not different from zero (p>0.05). k-value for wall motion using 2 consecutive images was 0.76 (confidence interval: 0.71-0.81). k-value was 0.87 (confidence interval: 0.83-0.90) for assessment of wall thickening. **Conclusion:** We concluded that quantification of functional indices, assessment of wall motion and wall thickening using gated Tc-99m-MIBI SPECT was reproducible and we could use this method for the evaluation of short-acting drug effect. (Korean J Nucl Med 1998;32:403-13)

Key Words: Tc-99m MIBI, Heart, Left ventricular ejection fraction, Reproducibility

Received Apr. 25, 1998; revision accepted Sep. 15, 1998
Corresponding Author: Dong Soo Lee, M.D., Department of Nuclear Medicine, Seoul National University College of Medicine, 28 Yungundong, Chongnogu, Seoul, 110-744, Korea
Tel: (02) 760-2501, Fax: (02) 766-9083
E-mail: dsl@plaza.snu.ac.kr

* 이 논문은 과학재단 KOSEF-9S-0403-22-02-3의 지원으로 이루어졌음.

서 론

심근의 관류와 기능을 동시에 관찰하면 관상동맥 질환을 비롯한 심근 질환의 병태생리를 잘 이해할

수 있다. 심근 관류와 동시에 심근의 수축 기능을 평가할 수 있는 방법으로 유망한 것이 게이트 심근 Tc-99m-MIBI SPECT이다.^{1,2)} Tc-99m-MIBI의 에너지가 높고 1110 MBq (30 mCi)까지 투여할 수 있으므로 게이트 SPECT영상을 얻을 때 그리 오래 촬영하지 않아도 좋다.³⁻⁵⁾

게이트 심근벽운동을 관찰하여 심근 관류 평가의 보조역할을 하는 것^{6,7)}도 게이트 심근 SPECT의 중요한 성능 중 하나이다. 게이트 심근 SPECT를 이용하여 확장기말과 수축기말의 영상 또는 확장기말과 수축기말의 극성지도를 각각 만들어 보던가^{8,9)} 그 중에도 확장기 영상¹⁰⁾을 보아 관류이상을 더 잘 평가할 수 있다고 하였다.

게이트 심근 SPECT로 심근 수축 기능을 독립적으로 평가할 수 있다.¹¹⁻¹⁸⁾ 벽의 운동을 보는 방법으로 3차원 표면^{11,12)} 또는 그물 표현 방법¹²⁾이 제안되었다. 벽의 안팎 경계를 묘사하여 심근 벽운동을 평가할 수 있으며 3차원 심실 모델로부터 부피를 계산하고 이어 구혈률을 산출하였다.¹¹⁻¹⁶⁾ 게이트심근 SPECT로도 심초음파도처럼 심근의 수축에 따른 두꺼워짐을 심근 방사능계수의 변동으로 보아 심근의 수축성을 판단하였다.¹⁷⁻¹⁹⁾

일회 통과 스캔에서 얻은 값과 비교하여 게이트 심근 SPECT로 구혈률을 측정하는 방법이 정확하다고 확인되었다.^{12,16)} 서로 다른 방법을 비교한 결과가 문헌²⁰⁾과 초록²¹⁾으로 보고되었으며 각 측정방법이 얼마나 정밀하고 정확한지에 대한 결과보고가 잇따르고 있다. 각 검사실에서 각 방법을 적용하여 측정값의 신뢰도를 확립하려면 사용한 검사방법이 재현성이 얼마나 좋은지 확립하여야 한다. 우리가 이 중 두 가지 소프트웨어를 이용한 측정방법이 얼마나 정밀한지 보고한 적이 있다.^{5,19)}

두 가지 대등한 측정방법이 실제 서로 잘 맞는지 비교하는데 상관분석을 흔히 쓴다.¹¹⁻¹⁶⁾ 그러나 같은 대상을 두 번 이어서 측정하거나 서로 다른 방법으로 측정하였을 때 상관이 좋지 않을 가능성은 적다.^{22,23)} 특히 재현성을 논의할 때는 같은 영상에서 같은 데이터가 분석되어 나오는지 뿐 아니라 연이어 촬영한 영상에서 얼마나 같은 값을 얻을 수 있는지가 중요하다.

우리는 이 연구에서 Germano 등이 확립한 방법¹²⁾을 환자 검사에 적용하여 좌심실 부피와 구혈률, 심근벽운동, 심근벽의 두꺼워짐에 대한 평가방법의 재현성을 조사하였다. 같은 환자의 같은 위치에서 두 번 연이어 게이트 심근 Tc-99m-MIBI SPECT를 촬영하고 좌심실 부피부터 심근벽의 두꺼워짐까지 평가하여 변이를 산출함으로써 정밀도가 단기작용 약물의 영향을 조사하는 데에도 쓸 수 있을 정도인지 보았다.

대상 및 방법

1. 대상 환자

선별하지 않고 선택한 33명의 환자에서 휴식기 Tl-201/ 디피리다몰 Tc-99m-MIBI SPECT/24시간 지연 Tl-201 SPECT를 시행하는 중에 부하 후 Tc-99m-MIBI SPECT를 한 후 바로 이어서 한번 더 촬영하였다(Fig. 1). 관상동맥조영술 질환이 의심되는 남자 25명, 여자 8명의 환자로 평균 연령은 58세(+/- 10세)이었다. 22명에서 관상동맥조영술을 시행하였고, 50% 이상 혈관협착이 있는 것을 유의하게 판정하였을 때, 단일 혈관질환 5명, 두혈관질환 6명, 세혈관질환 11명이었다. 부하기 심근 관류 SPECT의 관류이상 소견은 4단계로 나누었다. 관류 정상인 경우 0, 가벼운 관류이상인 경우 1, 중등도 관류이상인 경우 2, 관류결손일 때 3으로 구분하였다. 중등도 이상의 관류이상인 경우를 유의하게 평가하였을 때, 대상 환자의 SPECT소견은 부하기 관류 감소가 있는 환자가 25명, 부하기 관류가 정상인 환자가 8명이었다. 부하기 관류 감소가 있는 동맥영역은 전체 99동맥영역 중에 좌전하행동맥이 17곳, 좌회전동맥이 8곳, 우측관상동맥이 17곳이었으며 한 곳이 문제 있는 환자가 10명, 두 곳이 문제 있는 환자가 13명, 세 곳이 문제인 환자가 2명이었다.

2. 검사 방법과 분석

111 MBq의 Tl-201로 휴식기 SPECT를 촬영한 후 디피리다몰로 부하를 가하면서 Tc-99m-MIBI를 주사하였다. 1시간 후에 Tc-99m-MIBI SPECT를 촬

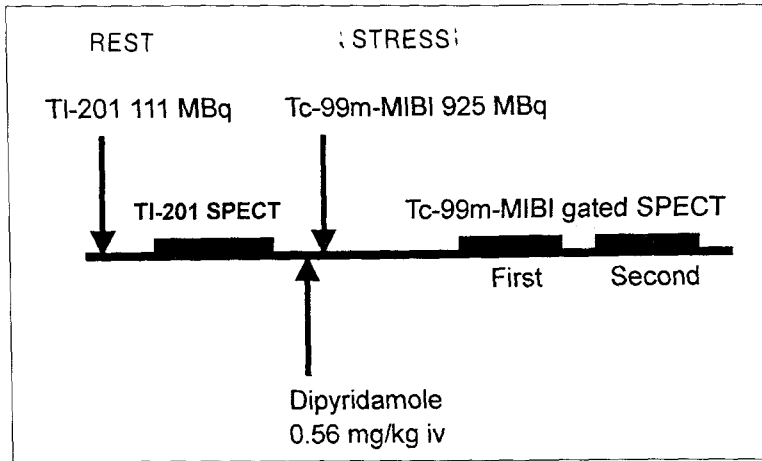


Fig. 1. Procedure of rest Tl-201/dipyridamole stress Tc-99m-MIBI gated SPECT. Tc-99m-MIBI gated SPECT was performed twice in the same patients sequentially.

영하고 그 자리에서 한번 더 촬영하였다. 평균 심박 주기를 기준으로 40% 창을 열어 한 주기당 16개의 단위영상을 얻었다. 촬영 후 게이트한 영상을 모두 합하여 게이트하지 않은 상태(ungated)의 영상을 만들어 관류를 평가하였다. 관류는 전벽, 중격, 측벽, 하벽으로 나누어 판단한 후 좌전하행동맥과 좌회선 동맥 그리고 우측관상동맥 영역에 관류이상이 있다고 평가하였다.

게이트 심근 SPECT를 Butterworth 저역통과 여파기를 이용하여(차단 주파수 0.66 차수 5) 재구성한 후 횡축 단면영상을 조정하여 단축, 수직장축, 수평장축 상을 만들었다. Cedars quantitative gated SPECT 소프트웨어를 이용하여 표면영상을 만들고 확장기말 부피와 수축기말 부피와 구혈률을 계산하였다.

심내막의 표면영상에서 확장기말 위치를 그물로 도시하고 수축에 따른 벽의 움직임을 시네루프로 보면서 벽운동을 관찰하였다. 심근은 심첨부 단축상 4분절, 중간부와 기저부 단축상에 6분절씩 16분절과 장축상에서 판단한 심첨을 포함하여 17분절로 나누어 평가하였다. 심근 벽운동은 5등급으로 나뉘었다. 정상은 0, 가벼운 저운동은 1, 심한 저운동은 2, 무운동은 3, 운동이상은 4이었다.

심근벽의 두꺼워짐을 평가하기 위해서 단층영상으로 표시한 단축상 대표 영상 3개와 수평 및 수직

장축의 영상에 심내막과 심외막의 경계를 골라 낸 것을 표시하였다. 역시 17분절로 나누어 평가하였다. 표시된 경계가 확장기와 수축기 사이에 움직이는 것을 시네루프로 표시하고 심근의 두꺼워짐을 판정하였다. 정상은 0, 두꺼워짐 가벼운 이상 1, 두꺼워짐 심한 이상 2, 전혀 두꺼워지지 않음은 등급 3으로 판정하였다.

3. 통계처리

좌심실부피와 구혈률은 2회 재측정한 것에 대하여 차이가 있는지 쌍을 이룬 t 검정을 수행하였다. 좌심실부피와 구혈률에 대해 재현성을 나타내는 지표로 표준편차와 변이계수를 구하고 구한 것을 기하 평균하여 평균 변이계수를 구했다. Bland Altman 도표를 이용하여 차이가 있는지 보았다. 심근벽운동과 심근벽의 수축기 두꺼워짐은 2회 재촬영하여 만든 3차원 움직임을 보고 평가한 것 사이에 Kappa 값을 계산하였다.

심근벽운동과 심근벽 두꺼워짐과 심근관류 사이에 상관은 순위상관 분석을 하였다. 심근벽운동의 등급의 합과 구혈률사이의 상관도 순위상관 분석을 하였다. 심근벽 두꺼워짐과도 구혈률과 상관도를 조사하였다.

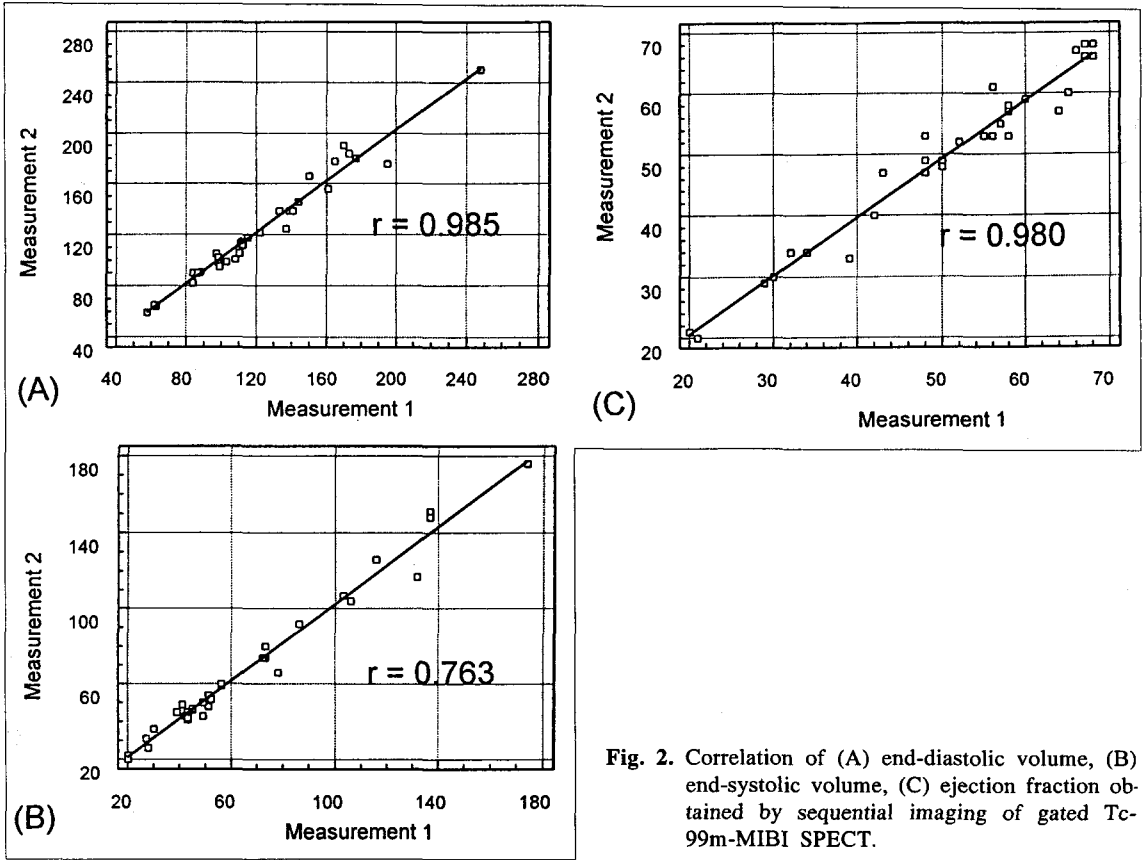


Fig. 2. Correlation of (A) end-diastolic volume, (B) end-systolic volume, (C) ejection fraction obtained by sequential imaging of gated Tc-99m-MIBI SPECT.

결 과

1. 정량지표의 재현성

대상환자 33명의 확장기말부피는 58 ml에서 248 ml 사이(평균 122 ml \pm 42 ml)이었으며 수축기 말부피는 20 ml에서 174 ml (65 ml \pm 39 ml) 사이이었고 구혈률은 20-68% (51% \pm 14%)이었다. 33명 환자의 확장기말부피, 수축기말 부피와 구혈률의 상관 분포는 Fig. 2와 같고 두 번 측정하는 사이에 달라지지 않았다($p > 0.05$). 표준편차의 기하학적 평균은 확장기말부피가 5.0 ml이고 수축기말 부피가 3.9 ml, 구혈률이 1.9%이었다.

Fig. 3은 지표의 재측정에 대한 Bland Altman도표이다. 재측정시 어떤 지표도 치우침이 없어 한쪽이 크거나 작지 않았다. 측정값 즉 확장기말 부피나 수축기말 부피, 구혈률 모두 크기와 편차사이에 상

관이 없었다. 즉 부피나 구혈률이 크거나 작을 때 편차가 크거나 하지 않았다. 2표준편차에 상응하는 범위는 구혈률이 4.7%, 확장기말 부피가 17.8 ml, 수축기말 부피는 15 ml이었다.

2. 심근벽운동과 심근벽 두꺼워짐의 재현성

심근벽운동을 한 영상을 같은 판독자가 두 번 판독하였을 때 Kappa 값은 0.63이었다(Table 1). 심근 SPECT를 2회 얻어 따로 심근벽운동에 대하여 등급을 매긴 것의 Kappa 값은 0.76이었다(Fig. 4A). 심근의 수축기 두꺼워짐을 판정한 판독자내 등급 재현성의 Kappa 값은 0.66이었다. 2회 얻은 같은 환자의 심근 SPECT를 대상으로 수축기 두꺼워짐을 등급 매긴 재현성의 Kappa 값은 0.87이었다(Fig. 4B).

3. 심근 관류 감소와 심근벽운동 또는 심근의 수축기 두꺼워짐의 상관

전체 분절 중에 정상 분절이 452, 관류감소가 있었던 예가 109분절이었다. 관류감소 정도를 휴식기 SPECT의 관류 점수의 총합으로 표현하였을 때 관류감소와 벽운동 사이에 순위상관 계수 0.76의 상관이 있었다(Fig. 5A). 관류감소와 심근벽 두꺼워짐 사이에도 순위상관 계수 0.76의 상관이 있었다(Fig.

5B). 심근 벽운동과 심근벽 두꺼워짐 사이에도 순위상관 계수 0.95의 상관이 있었다(Fig. 5C).

4. 심근 벽운동과 심근의 수축기 두꺼워짐과 구혈률의 상관

심근 벽운동의 점수를 분절 모두에 대해 총합을 구한 것과 구혈률 사이에 나타난 상관은 Fig. 6A와 같았다. 순위상관계수 -0.94로 유의한 상관이 보였다. 심근의 수축기 두꺼워짐 점수 합과 구혈률 사이

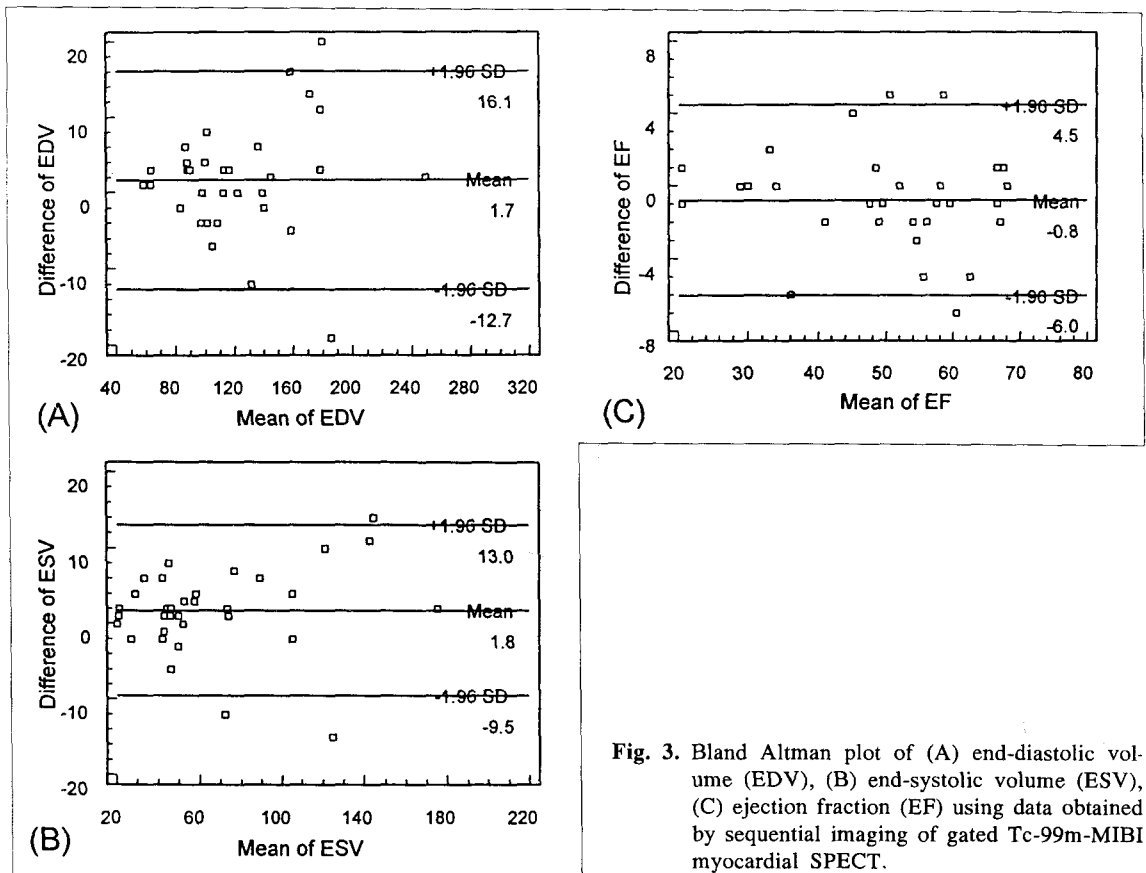


Fig. 3. Bland Altman plot of (A) end-diastolic volume (EDV), (B) end-systolic volume (ESV), (C) ejection fraction (EF) using data obtained by sequential imaging of gated Tc-99m-MIBI myocardial SPECT.

Table 1. Reproducibility of Scoring of Myocardial Wall Motion and Wall Thickening Using the Same Data or the Sequential Set of Data Obtained from the Same Patients. Kappa Values and their Confidence Interval

	The same data	Sequential data from the same patients
Wall motion	0.63 (0.54-0.73)	0.76 (0.71-0.81)
Wall thickening	0.66 (0.57-0.74)	0.87 (0.83-0.90)

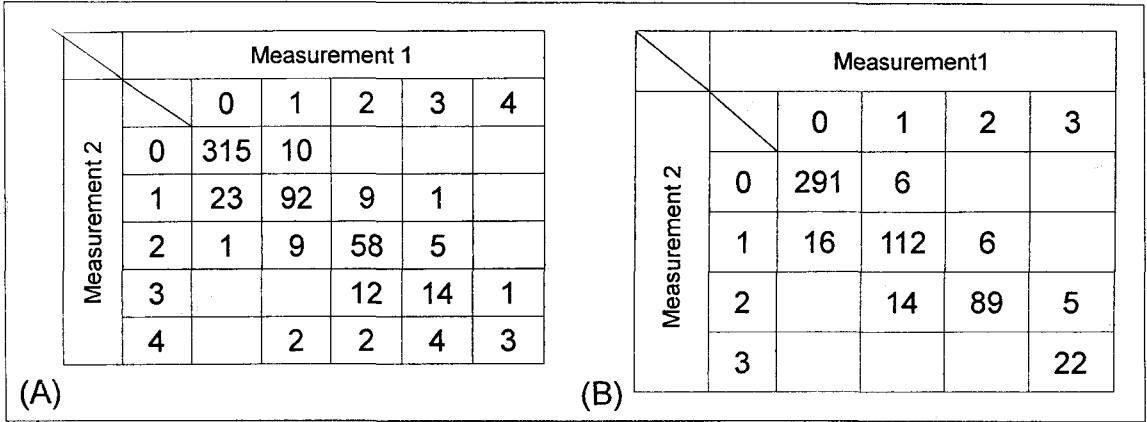


Fig. 4. Reproducibility of scores of (A) myocardial wall motion and (B) wall thickening using data obtained by sequential gated myocardial SPECT imaging (Measurement 1 and Measurement 2).

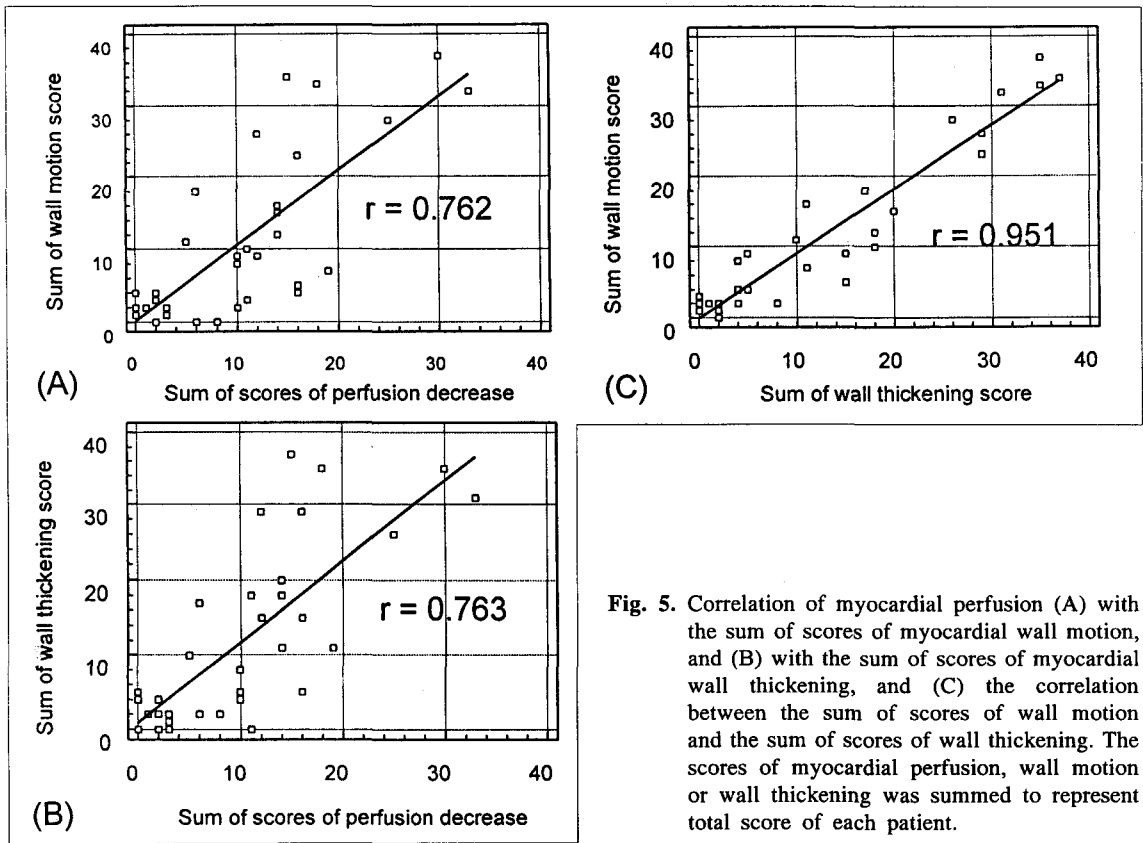


Fig. 5. Correlation of myocardial perfusion (A) with the sum of scores of myocardial wall motion, and (B) with the sum of scores of myocardial wall thickening, and (C) the correlation between the sum of scores of wall motion and the sum of scores of wall thickening. The scores of myocardial perfusion, wall motion or wall thickening was summed to represent total score of each patient.

에도 상관은 Fig. 6B와 같았다. 순위상관계수 0.95로 유의한 상관이 보였다.

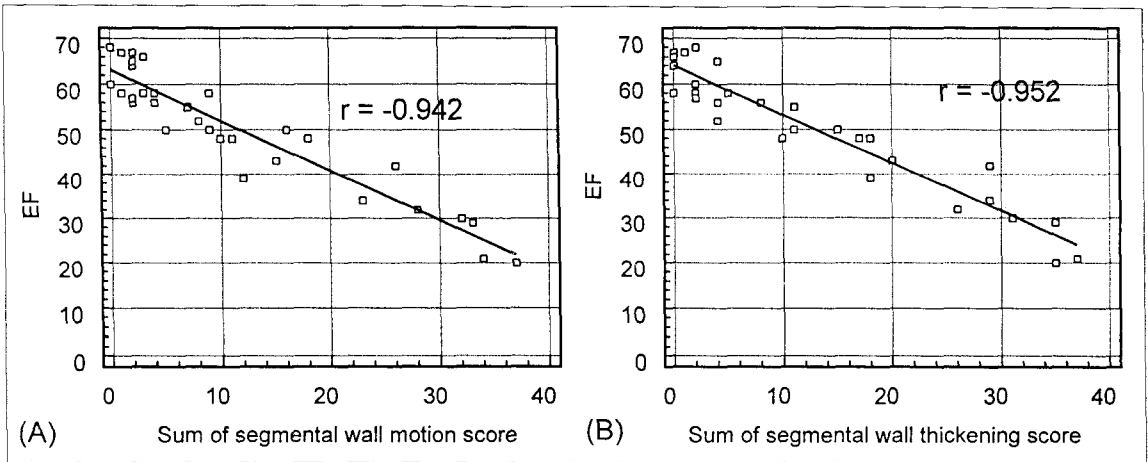


Fig. 6. The correlation between (A) wall motion and (B) wall thickening with ejection fraction (EF).

고찰

심근의 관류가 심근의 기능을 좌우한다. 심근의 관류가 충분하여야 심근의 기능이 정상일 수 있고 심근의 기능이 정상일 때 심근 관류는 정상임이 분명하다.^{1,6)} 심근 관류를 평가하는 방법은 준정량적 등급매기기와 극성지도를 응용하는 방법까지 이미 확립되어 널리 쓰이고 있다. 심근 관류 SPECT로 심근 기능을 정량하고 심근 분절의 운동과 수축기 두꺼워짐을 평가할 수 있으면 관류와 기능을 동시에 평가할 수 있으므로 허혈성 심질환에 대하여 이해를 깊게 할 수 있을 뿐 아니라 한 가지 검사로 심장 기능을 동시에 평가할 수 있어 검사의 생산성이 매우 높아진다.

심장 기능을 평가하기 위하여 임상에 널리 쓰이는 게이트 혈액풀 스캔과 심 초음파방법은 검사결과가 검사자 의존적이라 문제이다. 같은 영상으로 되풀이 좌심실 구혈률을 측정하였을 때 상당한 차이가 있다. 게이트 혈액풀 스캔은 평면 영상으로 좌심실 부피를 담았기 때문에 심 초음파 방법은 면적-부피 간의 관계식을 사용하기 때문에 오차가 있을 수밖에 없었다. 심근 SPECT를 게이트 방법으로 얻어 심근 가장자리를 골라내는 방법으로 구혈률을 구하는 방법이 상품화되었다.¹¹⁾ 이 방법은 가장자리를 골라낼 때 변곡점을 찾는 방법을 사용하였으며 이 가정이

맞지 않는 경우 때문에 사용자 의존적인 경우가 있고 따라서 판독자내와 판독자간 변이가 완벽하지 않았다.

우리도 이 소프트웨어(3D Motion-Perfusion Map™, Picker, USA)를 이용하여 구한 구혈률이 판독자내 재현성은 변이계수 9%이며, 판독자간 재현성은 변이계수 12%임을 알았다.^{5,19)} 같은 영상으로 다시 구혈률을 계산하였을 때 판독자내 재현성으로 보았으며 표준편차를 평균값으로 나눈 값이 9%이었다. 변이계수가 크지 않아 보이지만, 만약 같은 영상에서 얻은 구혈률이 구할 때마다 40%인 경우 2 표준편차 범위가 구혈률 단위로 7.2%나 되는 것이므로 기간별 변동을 보거나 약제의 효과를 보는데 덜 적당하였다.

게이트 심근 SPECT를 이용하여 구혈률을 구할 때 기하학적 접근법을 쓰면 부피를 구할 수 있다. 시간 부피 곡선을 구하여 구혈률을 구한 Germano 등¹²⁾의 소프트웨어가 대부분의 SPECT 카메라(AD-AC, Siemens, Picker 등)에 장착되어 사용되고 있다. 이 측정 방법은 재현성이 매우 좋다. Cedars Quantitative Gated SPECT로 알려진 이 방법은 심근이라고 추정된 컵에서부터 가우시안이라 가정하고 가장자리를 골라내는 방법을 취한 점은 그 전 다른 방법들^{11,13,15)}과 같다. 이 중 한 보고¹⁵⁾는 심근 SPECT 영상을 반전하여 심내막 경계를 찾는 방법을 사용하였으나 Cedars의 방법은 Hough 변환을 하

여 변화된 공간에서 Harmonic을 추적하였다. 대부분의 방법이 심근을 역치를 정하여 골라내는 경계 설정 전략을 채택^{13,16,24)}하고 심근 관류가 많이 감소된 경우에 역치를 어떻게 조정하면 좋은지¹⁴⁾ 찾으려 하였다. Cedars의 방법은 형태탐색자를 써서 관류 감소로 경계가 덜 분명한 관류결손부위를 매우고 특히 오차가 가능성이 높은 판막부위를 경계짓는데 이 형태탐색자를 사용하였다. Cedars 프로그램이 독특한 점은 형태탐색자가 경계를 결정 짓는데 사용한 제한점이 있다. 심근의 경계가 공간에서 급격히 변하지 않는다는 가정과 수축과 확장에 따라 경계가 변하는 것도 부드럽게 변한다는 가정을 사용하였다. 또 하나는 심외막과 심내막사이의 심근 양이 수축과 확장기의 어느 때에도 항상 일정하다는 가정을 사용하였다.

Cedars 방법으로 확장기말 부피와 수축기말 부피와 구혈률을 같은 SPECT 영상에서 구하면 모두 변이가 없이 같은 값을 얻을 수 있었다. 검사자내 오차와 검사자간 오차가 구혈률은 6.4%, 부피는 11.2 ml 까지 되는 방법에 비해¹⁴⁻¹⁶⁾ 같은 SPECT 영상에서는 같은 값이 나온다는 것이 Cedars 방법의 특징이었다.

약제를 투여하기 전과 비교하여 투여 후에 어떻게 변하는지 알려면 약제투여 전 후에 게이트 SPECT를 시행하여 구혈률이나 확장기말부피와 수축기말부피가 얼마나 변하는지 보면 된다. 일주일간 복용한 약의 효과를 보려면 일주일 이내에 약 대신 위약을 투여하여 일주일 사이에 변화없는지 보면 된다. 하루동안 투여한 약의 효과는 하루사이에 위약을 투여하였을 때 어떤 변화가 감지되는지 평가하고 그 이상의 변화가 있는지 판단하는 방법으로 효과가 있는지 본다. 즉 검사를 두 번 되풀이하였을 때 생리적으로 변동을 보이는 범위를 파악하면 이 범위가 생리적인 배후 변동에 해당한다.

우리는 Cedars 방법으로 두 번 연속 촬영한 영상의 검사 재현성을 조사하여 오차가, 구혈률 2.4%, 확장기말 부피 8.9 ml, 수축기말 부피는 7.5 ml이었다. 다른 검사방법으로 구하였을 때 같은 영상으로 얻을 수 있었던 검사자내 오차보다 두 번 연속 촬영하여 얻은 결과의 재현성이 더 우수하였다. 이 오차

의 범위를 벗어나는 경우 약제 효과를 판정하거나, 추적관찰 때 이전보다 좋아졌는지 나빠졌는지 판단하는 근거로 사용할 수 있다.

Bland와 Altman는 검사결과가 얼마나 서로 잘 맞는지를 판단할 때는 상관을 조사하는 것만으로는 부족하다고 하였다.^{22,23)} 상관은 거의 늘 p 값이 0.05 이하이고 상관계수가 0.9 근처값을 얻게 된다.¹⁴⁻¹⁶⁾ 오히려 두 검사결과가 믿을 만큼 교체 사용가능한가 또는 얼마까지가 오차 범위인가를 나타내려면 변이계수의 분포를 보거나 Bland Altman을 하여야 한다고 생각한다. 이 연구에서 구혈률과 부피는 변이계수의 분포로 보아 등분산성을 보여 평균 변이계수도 니트로글리세린의 약제효과를 판정할 수 있을 정도로 충분히 작았다.^{25,26)} Bland Altman 도해 결과에 따르면 확장기말부피는 부피가 클수록 편차가 컸으나 수축기말 부피나 구혈률은 상관없었다. 두 번 촬영하는 사이에 먼저것이나 나중것 어느 하나가 그 값이 크거나 작지 않았다.

Cedars 방법으로 삼차원 공간에 그물과 표면으로 도시한 심근벽의 운동을 판독자가 준정량적 방법으로 등급을 매겼을 때 등급의 판독자내 판정 재현성은 kappa 값으로 나타내서 0.7 내외의 값을 보여 매우 우수하였다. 심근의 수축기 두꺼워짐은 특히 걸 모양(contour)을 겹쳐 표현하였기 때문에 판독하기 쉬워져서 역시 등급판정 재현성이 우수하였다. 이 연구에서 얻은 등급판정의 재현성은 마치 쌍을 이루지 않은 영상을 본 것처럼 보아 얻은 것이므로 등급판정을 한 화면에 둘을 도시하여 보면 차이를 판정하는 재현성은 더 좋을 것이라 생각한다. 심근벽운동과 심근벽 두꺼워짐 사이에 그리고 이들 각각의 총합 등급과 구혈률 사이에도 대략적인 상관성이 있었다.

이 연구에서 우리는 같은 환자를 같은 위치에서 두 번 연이어 게이트 심근 Tc-99m-MIBI SPECT를 촬영하고 산출한 변이가 알려진 어느 소프트웨어보다 우수하고 약물효과를 판정할 때 어느 정도 오차를 배경오차로 고려하여야 하는지 결과를 얻었다. 판독자가 준정량적으로 등급을 매긴 심근벽 운동이나 심근의 수축기 두꺼워짐도 판독의 재현성이 우수하고 관류감소에 구애받지 않았다.

이 결과와 최근 게이트 SPECT와 심초음파, 게이트 MR 등을 비교한 결과²⁷⁻²⁹⁾를 참조하면 게이트 SPECT에서 얻은 심근 수축기능에 대한 정보가 관류에 대한 정보와 함께 환자를 평가하는데 크게 도움될 것이라 생각하였다.

요 약

목적: 좌심실의 부피와 구혈률을 Cedars 소프트웨어로 구하였을 때 정량한 값과 심근 벽운동과 심근의 수축기 두꺼워짐을 등급으로 평가한 방법의 재현성을 알아보고자 하였다. **대상 및 방법:** 33명의 무작위 추출된 환자를 상대로 통상의 이중동위원소 휴식/부하 심근관류 SPECT 때 부하 Tc-99m-MIBI 게이트 SPECT를 촬영한 후 이어서 같은 자리에서 게이트 SPECT를 한번 더 촬영하였다. 재구성한 후 Cedars 소프트웨어로 확장기말 부피와 수축기말 부피, 구혈률을 측정하여 연속 측정의 재현성을 평균변이계수와 Bland Altman 도표를 그려 분석하였다. 벽운동을 5등급으로 점수를 매겨 연속촬영한 영상의 판독 재현성을 조사하였다. 심근벽의 수축기 두꺼워짐을 역시 4등급으로 점수를 매겨 판독 재현성을 조사하였다. **결과:** 확장기말 부피와 수축기말 부피는 평균변이계수가 5.0 ml, 3.9 ml이고 구혈률의 평균변이계수는 1.9%이었다. 2표준편차 범위는 확장기말 부피는 18 ml, 수축기말부피는 17 ml이었다. 심근벽운동과 심근의 수축기 두꺼워짐은 kappa 값이 0.7로 판독재현성이 우수하였다. **결론:** 이 연구의 결과로 같은 환자를 같은 위치에서 두 번 연이어 게이트 심근 Tc-99m-MIBI SPECT를 촬영할 때, 우리가 산출한 변이가 우수하고 약물효과를 판정할 때 기준으로 삼을 오차범위를 어느 정도로 정해야 하는지 확립하였다.

부 록

각 방법과 개발자 그리고 채용한 SPECT의 관계는 다음과 같다.

1. ADAC: Germano 등¹²⁾ Cedars QGS

2. Siemens: Germano 등¹²⁾ Cedars QGS
 3. Picker: Faber 등¹¹⁾ 3D Motion-Perfusion Map
 Germano 등¹²⁾ Cedars QGS
 4. GE: Nichols 등^{13,14)}
 5. Elscint: Williams 등¹⁵⁾
 6. Sopha: Goris 등³⁰⁾

참 고 문 헌

1) Lee DS. New imaging techniques in myocardial perfusion SPECT. *Korean J Nucl Med* 1998; 32:1-9.
 2) Berman DS, Germano G. Evaluation of ventricular ejection fraction, wall motion, wall thickening, and other parameters with gated myocardial perfusion single-photon emission computed tomography. *J Nucl Cardiol* 1997;4:S169-71.
 3) Mazzanti M, Germano G, Kiat H, Friedman J, Berman DS. Fast technetium 99m-labeled gated single-photon emission computed tomography for evaluation of myocardial function. *J Nucl Cardiol* 1996;3:143-9.
 4) Lee DS, Yoon SN, Song HC, Kim KB, Chung J-K, Lee MM, et al. Predictive values of gated myocardial SPECT for wall motion improvement after bypass surgery. *Korean J Nucl Med* 1997;31:43-9.
 5) Lee DS, Yoon SN, Lee WW, Chung J-K, Lee MM, Lee MC, et al. Transient prolonged stunning by dipyridamole stress proved by post-stress (1hour) and 24hours Tc-99m-MIBI gated SPECT. *Korean J Nucl Med* 1997;31:57-66.
 6) DePuey EG, Rozanski A. Using gated technetium-99m-sestamibi SPECT to characterize fixed myocardial defects as infarct or artefact. *J Nucl Med* 1995;36:952-5.
 7) Smanio PE, Watson DD, Segalla DL, Vinson EL, Smith WH, Beller GA. Value of gating of technetium-99m sestamibi single-photon emission computed tomographic imaging. *J Am Coll Cardiol* 1997;30:1687-92.
 8) Eisner RL, Martin SE, Leon AR, Schmarkey LS, Worthy MA, Chu TH, et al. Inhomogeneity of gated and ungated SPECT technetium-99m-sestamibi bull's eyes in normal dogs: comparison with thallium-201. *J Nucl Med* 1993;34:281-7.
 9) Sugihara H, Tamaki N, Nozawa M, Ohmura T,

- Inamoto Y, Taniguchi Y, et al. Septal perfusion and wall thickening in patients with left bundle branch block assessed by technetium-99m-sestamibi gated tomography. *J Nucl Med* 1997;38:545-7.
- 10) Mannting F, Morgan-Mannting MG. Gated SPECT with Technetium-99m-sestamibi for assessment of myocardial perfusion abnormalities. *J Nucl Med* 1993;34:601-8.
 - 11) Faber TL, Akers MS, Peshock RM, Corbett JR. Three-dimensional motion and perfusion quantification in gated single-photon emission computed tomograms. *J Nucl Med* 1991;32:2311-7.
 - 12) Germano G, Kiat H, Kavanagh PB, Moriel M, Mazzanti M, Su H-T, et al. Automatic quantification of ejection fraction from gated myocardial perfusion SPECT. *J Nucl Med* 1995;36:2138-47.
 - 13) DePuey EG, Nichols K, Dobrinsky C. Left ventricular ejection fraction assessed from gated technetium-99m-sestamibi SPECT. *J Nucl Med* 1993;34:1871-6.
 - 14) Nichols K, DePuey G, Rozanski A. Automation of gated tomographic left ventricular ejection fraction. *J Nucl Cardiol* 1996;3:475-82.
 - 15) Williams KA, Taillon LA. Left ventricular function in patients with coronary artery disease assessed by gated tomographic myocardial perfusion images. *J Am Coll Cardiol* 1996;27:173-81.
 - 16) Everaert H, Franken PR, Flamen P, Goris M, Momen A, Bossuyt A. Left ventricular ejection fraction from gated SPET myocardial perfusion studies: a method based on radial distribution of count rate density across the myocardial wall. *Eur J Nucl Med* 1996;23:1628-33.
 - 17) Cooke CD, Garcia EV, Cullom SJ, Faber TL, Pettigrew RI. 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;35:1185-92.
 - 18) Germano G, Erel J, Lewin H, Kavanagh PB, Berman DS. Automatic quantitation of regional myocardial wall motion and thickening from gated technetium-99m-sestamibi myocardial perfusion single-photon emission computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 1997;30:1630-7.
 - 19) Lee DS, Kang WJ, Cheon GJ, Kim BT, Chung J-K, Lee MC. Detection of viable myocardium by the change of wall motion or wall thickening using gated Tc-99m-MIBI SPECT after nitroglycerine. *J Nucl Med* 1998;39:59P(abstr).
 - 20) Everaert H, Bossuyt A, Franken PR. Left ventricular ejection fraction and volumes from gated single photon emission tomographic myocardial perfusion images: comparison between two algorithms working in three-dimensional space. *J Nucl Cardiol* 1997;4:472-6.
 - 21) Wartski M, Gremillet E. Left ventricular ejection fraction (LVEF) assessment by myocardial gated SPECT: comparison of two methods. *J Nucl Med* 1997;38:27P(abstr).
 - 22) Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;i:307-10.
 - 23) Bland JM, Altman DG. A note on the use of interclass correlation coefficient in the evaluation of agreement between two methods of measurement. *Comput Biol Med* 1990;20:337-40.
 - 24) Williams KA, Lang RM, Reba RC, Taillon LA. Comparison of technetium-99m sestamibi-gated tomographic perfusion imaging with echocardiography and electrocardiography for determination of left ventricular mass. *Am J Cardiol* 1996;77:750-5.
 - 25) Lee DS, Yoon SN, Lee WW, Kang WJ, Chung J-K, Lee MM, et al. Gated Tc-99m-MIBI SPECT before and after sublingual nitroglycerine in acute coronary syndrome: Comparison with rest-24 hour delay Tl-201 SPECT. *J Nucl Med* 1997;38:140P(abstr).
 - 26) Johnson LL, Campanella MW, Nott LT, Noto RA, Germano G. Serial reproducibility of quantitative gated sestamibi SPECT. *J Nucl Med* 1997;38:28P(abstr).
 - 27) Zanger DR, Bhatnager A, Hausner E, Botello MF, Nuquist CE, Martinez AI, et al. Automated calculation of left ventricular ejection fraction from gated Tc-99m-sestamibi myocardial images-comparison to quantitative echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1997;29:262A(abstr).
 - 28) Mathew D, Zabrodina Y, Mannting F. Volumetric and functional analysis of left ventricle by gated SPECT: A comparison with echocardiographic measurement. *J Am Coll Cardiol* 1998;31:44A(abstr).
 - 29) He Z-X, Vick GW III, Vaduganathan P, Verani MS. Comparison of left ventricular volumes and ejection fraction measured by gated SPECT and

bu cine magnetic resonance imaging. *J Am Coll
Cardiol* 1998;31:44A(abstr).
30) Goris ML, Thompson C, Malone LJ, Franken PR.

Modelling the integration of myocardial regional
perfusion and function. *Nucl Med Comm* 1994;
15:9-20.
