

Tc-99m-MIBI 심근 SPECT 극성지도 분석에 의한 심근 기능의 정량적 평가

서울대학교병원 핵의학과, 내과*

곽철은 · 이동수 · 여정석 · 이경한
정준기 · 이명철 · 서정돈* · 고창순

= Abstract =

A Quantitative Method for the Assessment of Myocardial Function using the Polar Analysis of Tc-99m-MIBI Myocardial SPECT

Cheoleun Kwark, Ph.D., Dong Soo Lee, M.D., Jung Suk Yeo, M.D., Kyung Han Lee, M.D.
June-Key Chung, M.D., Myung Chul Lee, M.D., Joungdon Seo, M.D.* and Chang-Soon Koh, M.D.

Department of Nuclear Medicine and Department of Internal Medicine,
Seoul National University Hospital, Seoul, Korea*

As the Tc-99m-MIBI myocardial SPECT demonstrated wide application in the diagnosis of myocardial function, the quantitative and severity-dependent information is currently required. In this study, we proposed a computerized method for scoring the fixed defects in terms of extent-weighted severity and for identifying the reversibility in ischemic regions. At the first stage of this method, the transverse slices were reconstructed with 0.4 Nyquist freq. and order 5 Butterworth filter. From the oblique/sagittal slices, maximal count per pixel circumferential profiles were extracted for each sector, and then stress/redist. polar maps were normalized and plotted. For reversibility, the stress polar map was subtracted from the delayed image and positive-valued pixels were categorized into three grades. The extent-weighted severity scores were calculated using the assigned grades and their number of pixels. This procedure was done automatically and the reversibility and severity scores were produced for each of the coronary territories (LAD, RCA, LCX) or any combination of these. Clinical application has shown that the changes in reversibility scores after PTCA were correlated linearly with the pre PTCA scores ($r > 0.8$) in postinfarct cases as well as in angina, and severity scores of persistent defects in stress/rest SPECT study matched to the regional ejection fraction and visual analysis of regional wall motion of gated blood pool scan ($r > 0.6$). We conclude that the computerized severity scoring method for the analysis of myocardial SPECT could be useful in the assessment of the myocardial ischemia and fixed defect.

Key Words: Tc-99m-MIBI myocardial SPECT, Polar analysis, extent-weighted severity score, Reversibility

서 론

심근 단일광자방출 전산화단층촬영(single photon

emission computed tomography, SPECT)을 극성지도(polar map)로 구성할 수 있게 됨에 따라 허혈성 심장질환의 평가에 널리 사용되는 심근 SPECT 영상을 정량적으로 분석하여 심근 질환의 심도 및 허혈정

도를 평가하고자 하는 연구가 가능하게 되었으며¹⁻³⁾, Cedars Sinai Quantification(CTQ) 방법은 이미 상용화 되어 있다. 이 방법은 정상 및 비정상 심근 SPECT 데이터를 관상동맥영역별로 비교하여 관류결손이 나타난 부위의 상대적 크기만을 수치화하는 방법으로서, 관류결손 및 관류회복정도(reversibility)로 나타나는 허혈 및 심도를 평가하는 데는 적절하지 못하였다. Emory 대학의 연구자들은 부하 및 휴식기 영상의 차이를 이용하여 허혈 부위와 경색부위를 평가하여 일부 상용화되었으나 관류결손 등급을 동일하게 나누어 허혈 및 경색부위를 평가하기 때문에 관류결손의 상대적 크기를 육안으로 관찰해야 하며, 관류결손범위와 심도를 동시에 반영할 수는 없었다. 이외에도 극성지도의 화소계수와 표준편차에 의한 심도성적의 간접적인 평가 방법이 시도되었으나 관상동맥영역에 따른 평가가 아닌 전 심근영역을 동일하게 분할하여 분석하므로써 임상적 이용에 난점을 내포하고 있다.

저자들은 심근 단층촬영상의 정량적 평가 방법의 개선점을 모색하기 위하여 심근극성 지도에서 관상동맥영역별 심근관류분포를 화소단위로 조사하여 관류결손범위와 심도가 반영된 정량적 평가지표를 산출하고자 하였다.

대상 및 방법

운동/약제 부하후 Tc-99m-MIBI 10mCi를 주사하여 부하시의 심근 SPECT 영상을 촬영하고 4시간 후 Tc-99m-MIBI 30mCi를 주사하여 휴식기의 영상을 얻었다. 단일헤드 회전형 감마카메라(ROTA, Siemens)를 이용하여 촬영된 부하 및 휴식기 Tc-99m-MIBI 심근 SPECT 영상을 0.4 Nyquist, 차수 5인 Butterworth 저역통과여과기(low pass filter)를 적용하여 단층상을 재구성하였다. 각각에 대한 극성지도의 구성은 상용화된 Cedars Sinai Quantification 보조 프로그램을 이용하였으며, 준자동화된 경계검출 방법⁵⁾을 이용한 극성지도의 분석 소프트웨어는 MEDICAL(Microdelta, CDA)언어⁶⁾로 개발하여 구성된 극성지도 데이터를 직접 사용할 수 있도록 하였다. 관상동맥영역은 좌전하행동맥(left anterior descending artery, LAD), 우측관상동맥(right coronary artery, RCA), 좌회선동맥(left circumflex artery, LCX)과

LAD+RCA, RCA+LCX, RCA+LAD의 2영역, 전 심근영역에 대한 성적을 산출할 수 있도록 하였으며, 영역별 극성지도의 분석은 휴식기영상에 의한 심도분석과 부하 및 휴식기영상을 이용한 관류회복정도 평가로 구분하여 시행하였다.

정상인의 관상동맥영역별 심근관류분포를 반영하기 위하여 정상인 극성지도를 구성하고 각 관상동맥영역별 평균화소계수와 편차를 심도성적 및 관류회복정도 평가에 반영하였으며 성적의 계산은 면적가중 심도분석(extent weighted severity analysis)을 시행하였다.

관류회복정도는 휴식기의 극성지도에서 부하시의 극성지도를 빼고 차이 영상의 화소계수를 3등급으로 분할하여 각각의 등급에 해당되는 화소의 수를 관상동맥영역별로 구하였다. 부하시의 계수가 휴식기의 계수보다 큰 관류회복 영역(reverse reversible region)은 성적계산에 반영하지 않았으며, 휴식기의 영상에서 정상인의 2.5S.D.를 벗어난 관류결손부위에 대해서는 휴식기영상의 화소계수를 3등급으로 하여 심도성적을 산출하였다. 관류회복정도 및 심도성적은 관상동맥영역에 대하여 계산된 각 등급에서의 화소의 수와 등급의 가중치를 곱하고 관심영역에 포함된 모든 등급에 대하여 합산한 후 관상동맥영역의 면적으로 정규화하여 산출하였다. 가중치의 선정은 각 관상동맥영역별 화소계수의 평균과 표준편차를 가중치에 곱한 후 3영역 평균계수로 정규화하여 관상동맥영역별 관류분포의 차이를 반영하였다.

계산된 관류회복정도 및 심도성적을 사용하여 새로운 심도성적 극성지도와 관류회복 극성지도를 구성, 심근관류 및 결손 극성지도와의 비교가 가능하도록 하였으며, 관상동맥 영역별 화소계수의 등급 막대그림표(histogram)를 구하여 산출된 성적과 등급간 화소분포를 비교할 수 있도록 하였다.

결 과

부하시와 휴식기에서 정상성인 남녀의 관상동맥영역별 심근관류분포 평균과 표준편차는 Fig. 1과 같다. LAD, RCA 및 LCX 각각에 대하여 휴식기보다 부하시의 평균관류가 모두 높게 나타났으며, LCX영역에서는 두 극성지도의 평균계수와 표준편차가 다른 영역보다 큰 차이를 보였고 이를 관류회복정도 및 심도성

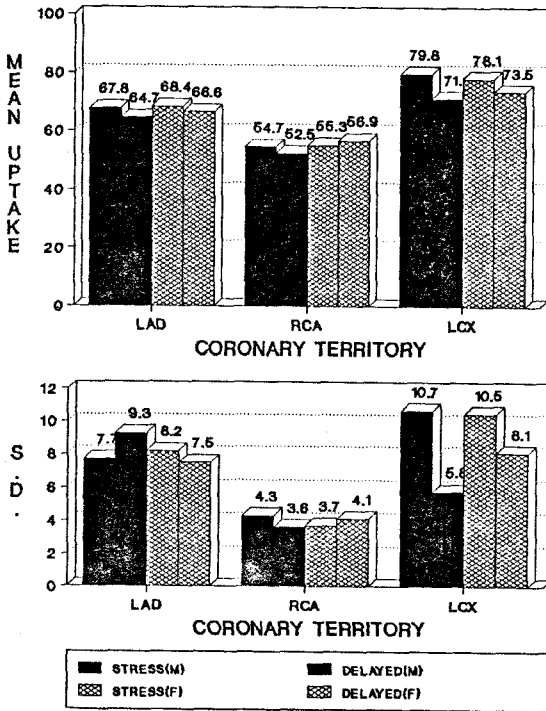


Fig. 1. Normal distribution of Tl-201 in myocardial polar map.

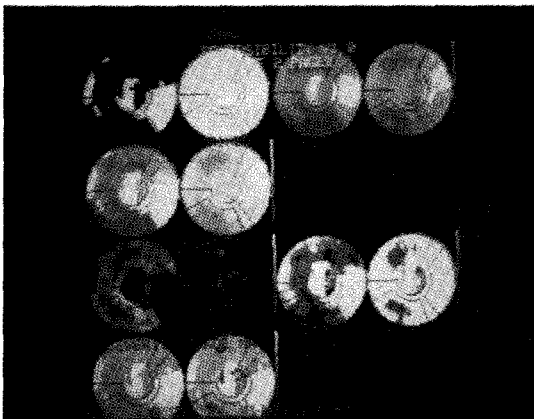


Fig. 2. Extent weighted and scored polar maps with different color schemes for reversible and fixed regions.

적의 산출시 각 영역에 대한 등급 가중치로 사용하였다. 계산된 관류회복정도 및 심도성적을 사용하여 새로이 구성된 심도등급 극성지도와 관상동맥영역별 등급

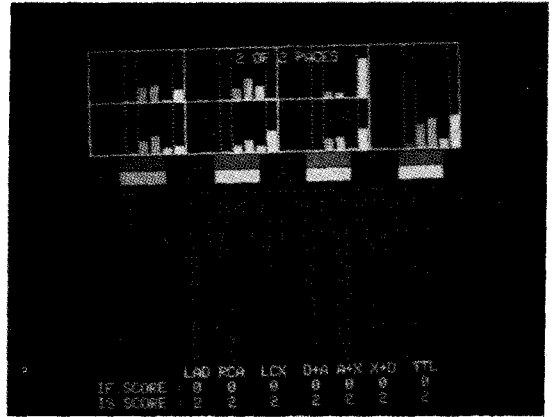


Fig. 3. Histograms showing the distribution of scores in coronary artery territories.

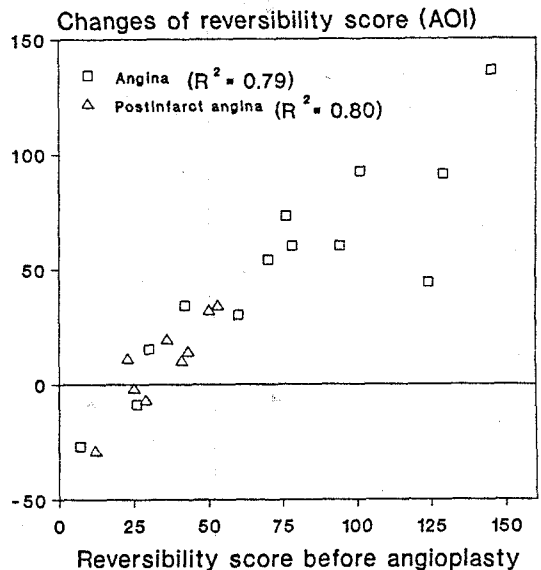


Fig. 4. Changes of reversibility scores by extended weighted scoring before and after PTCA for the artery of interest.

막대그림표 및 성적을 Fig. 2와 3에 보였다. 우측의 극성지도는 각각 좌측실 심근 극성지도와 결손지도를 나타내며, 좌측의 극성지도는 각각 정상 및 비정상 극성지도와 심근 극성지도, 관류회복정도 및 관류회복정도(reverse reversibility), 심도성적 극성지도를 각각 나타내었다. 상용의 결손지도와 비교하여 관상동맥영역별 허혈정도 및 심도를 두가지의 색상으로 구분하여 등급별로 표시하므로써 부하 및 휴식기의 극성지도

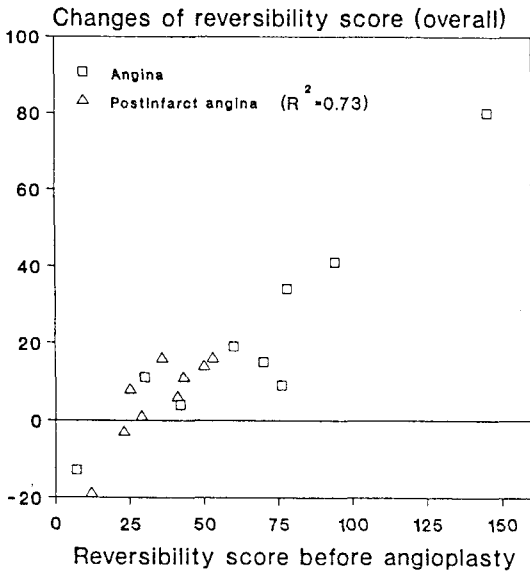


Fig. 5. Changes of reversibility scores by extended weighted scoring before and after PTCA for overall myocardium.

에 의한 것보다 심근질환 영역의 관찰이 용이하도록 하였다. Fig. 3은 각 관상동맥 영역에 대한 화소계수의 막대그림표와 관류회복정도 및 심도등급의 백분율, 그리고 각각에 대한 성적이다.

PTCA를 시행한 환자에서 PTCA 전후의 관류회복 성적을 Fig. 4와 5에 보였다. 관상동맥영역을 설정하여 조사한 경우 Fig. 4와 같이 협심증과 경색 후 협심증환자에서 각각 0.79 및 0.80의 상관관계를 보였으며, 전 심근영역에 대한 분석결과는 Fig. 5와 같다.

고 찰

심근 극성지도의 정량적 평가 방법으로 결손부위의 면적 및 심도가 반영된 관류회복정도 및 심도성적 극성지도 평가방법으로 시도하였다. 상용의 CTQ 방법은 관류결손의 범위만을 수치화하여 상대적인 관류결손의 범위를 예측하기는 용이하나 부하 및 휴식기의 결손지도만으로는 허혈정도와 심도를 정확히 관찰하기는 용이하지 않으며, 결손부위의 화소계수 및 표준편차를 이용한 타 연구자들의 방법 또한 관심영역의 관류분포만을 반영할 수 있어 허혈정도 및 심도를 평가하기에는 문제점이 있었다.

본 연구에서 시도한 면적가중 심도성적 산출방법은 관류결손부위의 상대적인 크기만을 정상인의 관류분포와 비교하므로서 관류결손의 심도를 정량적으로 관찰할 수 없는 단점을 보완할 수 있도록 결손 면적에 포함되는 각 화소의 계수를 가중하여 관류결손의 심도가 성적에 반영될 수 있도록 하였다. 심도등급의 할당을 위하여 사용된 정상인의 표준편차는 정상인간의 관류회복의 상대적 변화율을 나타내기 때문에 심도등급의 할당에 적절한 자료로 활용될 수 있으나, 표준편차의 정수배를 사용한 균일한 등급할당은 심근질환의 심도에 따라 관류분포가 직선적이고 배경잡음이 무시될 수 있는 경우에 한하여 적용될 수 있는 방법이다. 따라서 보통의 역투사방법에 의하여 재구성된 단층상은 동일한 여과기를 사용하는 경우에도 일정한 배경잡음을 포함하기 때문에 화소계수에 평균적으로 포함되어 있는 배경잡음을 예측하여 보정하는 경우 성적계산의 치우침을 다소 줄일 수 있을 것이다. 관류분포가 직선적임은 화소의 최대 및 최소계수내에서는 적절한 가정이 될 수 없으나, 허혈부위의 평가에서 휴식기 및 부하시의 영상차이를 이용하므로 차이영상의 화소계수분포는 직선적으로 생각할 수 있으며, 경색부위는 휴식기영상에서 정상심근의 30%이하의 화소계수를 가지므로 이 영역에서는 직선적이라고 가정하였다.

면적가중에 의한 심도성적 산출방법은 관류결손범위 및 심도를 동시에 성적에 반영하므로서 허혈정도 및 심도를 평가하는데 신뢰도를 향상시킬 수 있을 것으로 기대되며, 정상인의 관상동맥영역별 관류분포의 평균과 표준편차를 이용하여 등급가중치를 설정하므로서 안정된 성적 산출이 가능하였다.

요 약

심근 SPECT에 의한 심근질환의 심도 및 허혈부위를 평가하는 방법으로 정상인의 극성지도와의 비교에 의한 결손지도 평가방법이 상용화되었으나 본 연구에서는 결손부위의 범위만을 산출할 수 있었던 종래의 방법을 개선할 수 있는 관류회복정도 및 심도성적 산출 방법을 시도하여 보았다. 허혈 및 심도성적의 산출에서 부하 및 휴식기 극성지도의 차이를 3등급으로 분할하여 각 등급에 해당되는 화소의 수를 가중하므로서 관류결손부위의 면적이 반영된 허혈 및 심도성적 산출

방법을 제안하고자 하였으며, 등급 및 가중치의 할당은 정상인의 관상동맥영역별 관류분포를 반영하여 고등급 할당방법보다 상관도가 개선된 결과를 얻을 수 있었다.

REFERENCES

- 1) Gould KL: *Editorial comment on how accurate the thallium exercise testing for the diagnosis of coronary artery disease is.* *J Am Coll Cardiol* 14:1487, 1989
- 2) Miller TR, et al.: *Three-dimensional display of gated cardiac blood-pool studies.* *J Nucl Med* 30:2036, 1989
- 3) Nuyts J, et al.: *Model-based quantification of myocardial perfusion images from SPECT.* *J Nucl Med* 30:1992, 1989
- 4) Rosenfeld A and Kak AC: *Digital picture processing.* New York, Academic Press, 1982
- 5) MEDICL command reference manual: CDA Inc., Waltham, 1989