

게이트 심근 관류 SPECT에서 구한 심근 속도와 심근 관류를 중심으로 한 심근 기능 지표와의 비교연구

화순전남대학교병원 핵의학과
하정민 · 정신영 · 범희승 · 이병일

Comparison Study between Myocardial Velocity obtained from Gated Myocardial SPECT and Myocardial Functional indices with a Focus on Myocardial Perfusion

Jung-Min Ha, M.D., Shin Young Jeong, M.D., Hee-Seung Bom, M.D., Ph.D., and Byeong-Il Lee, Ph.D.
Department of Nuclear Medicine, Chonnam National Hwasun University Hospital, Hwasun, Jeonnam, Korea

Purpose: We aimed to assess the myocardial velocity on gated myocardial perfusion SPECT (gated MPS), to compare myocardial velocity between patients without coronary artery disease (CAD) and CAD patients and to assess the correlation of myocardial velocity and perfusion and wall thickening on CAD group. **Materials and Methods:** Seventeen patients without CAD (M:F=9:8, mean age 61.8±11.1 yrs: group A) and thirty-nine patients with CAD (M:F=18:21, mean age 66.9±8.1 yrs : group B) had undergone one-day adenosine stress gated MPS. In twenty segment model, 12 segments (except apical and basal segments) of each patient were included. We obtained systolic and diastolic gate ratio in left ventricular volume curve by eight frames per cardiac cycle on gated MPS. Using the systolic and diastolic gate ratio and R-R time of each patient, we obtained systolic and diastolic time ratio. The myocardial velocity was defined as wall thickening over systolic or diastolic time. **Results:** We presented normal range of myocardial velocities according segments and territories of coronary artery. The myocardial velocity of group B was significantly lower than group A ($p=0.00$). There was no significant difference between the myocardial velocity of group B with preserved EF and group A. The stress systolic velocity significantly correlated with regional myocardial perfusion in group B with preserved EF ($p=0.00$) as well as decreased EF ($p=0.01$). In group B, stress perfusion of segments which had decreased wall thickening and decreased myocardial velocity was significantly lower than segments which had decreased wall thickening and preserved myocardial velocity ($p=0.01$). **Conclusion:** The new functional index of velocity will be used as an useful of gated MPS. (Nucl Med Mol Imaging 2009;43(5):386-394)

Key Words: Gated MPS, myocardial velocity, perfusion, wall motion, functional index

서 론

게이트 심근관류 SPECT 검사에서 정량평가를 시행하는 데 도움을 주어진 대표적인 툴은 QPS/QGS와 Emory cardiac toolbox이다.¹⁻⁴⁾ 국내에서도 대부분 이 두 가지 툴에서 얻어진 영상 및 결과데이터를 활용하고 있다. 1990년대

중반 이후 게이트 심근관류 SPECT는 정량화 항목이 전역 변수와 지역변수로 세분화 되어 사용되어 왔으며, 지역 변수를 임상에 적용하기 위한 연구에 관심이 높아지면서 혈류의 특성과 심근관류의 상관성이나 생존능에 대한 분석에 사용되고 있다.^{5,6)} 또한 게이트 심근관류 SPECT를 통해 핵의학 검사의 장점중의 하나인 정량적 결과를 제공하는 여러 매개변수를 얻어 다른 검사방법과 비교하는 것이 가능하다. 이렇게 게이트 심근관류 SPECT를 이용한 심근의 기능적 평가는 관류 및 생존능 평가 뿐 아니라, 구혈률, 이완 기말 용적, 수축기말 용적, 그리고 좌심실의 국소 기능을 평가하기 위해 객관성과 재현성이 뛰어난 지표 들을 제시함으로써 관상동맥 질환 환자의 진단 뿐 아니라, 치료 방침 결정, 예후 예측 등에 유용한 정보를 제공하고 있다.⁷⁻¹⁵⁾ 게

• Received: 2009. 7. 15. • Revised: 2009. 8. 21.
• Accepted: 2009. 9. 9.
• Address for reprints: Byeong-Il Lee, Ph.D., Department of Nuclear Medicine, Chonnam National University Hwasun Hospital, 160 Ilim-ri, Hwasun, Jeonnam 519-809, Korea
Tel: 82-61-379-8482, Fax: 82-61-379-8455
E-mail: dewpapa@hanmail.net

Table 1. Characterization of Enrolled Groups

	CAD ^{b)} patient group (n=39)	Normal group (n=17)
Age ^{a)}	66.9±8.1	61.8±11.1
Sex (M:F)	18 : 21	9 : 8
Clinical risk factor (%)		
Diabetes mellitus	15 (35.6)	0
Hypertension	23 (66.6)	0
Hyperlipidemia	8 (28.7)	0
Clinical symptom		
Typical chest pain	20 (51.3)	2 (11.8)
Atypical chest pain	14	8
Preoperative evaluation	5	4
Others	0	3
Prior PCI or CABG ^{c)}	5 (12.8)	0

^{a)}There are no significant difference in age among two groups

^{b)}Coronary artery disease

^{c)}Percutaneous coronary intervention, Coronary artery bypass graft surgery

이트 심근관류 SPECT에서 얻어지는 심근기능에 대한 여러 측정값들과 심초음파나 게이트 혈액풀 스캔, 심장 MR에서 얻어지는 측정 결과들의 상관관계에 대한 연구가 다양하게 이루어져 왔다.¹⁶⁻²²⁾ Berk 등¹⁶⁾에 의하면, 확장성 심근병증 환자에서 좌심실 기능과 용적을 평가하는데 심초음파와 게이트 심근관류 SPECT가 유용하게 쓰이며, 두 검사 결과가 유의한 상관관계를 보였음을 보고하였고, Lund 등²²⁾은 급성 심근 경색의 재관류 6일 후 경색 범위 평가에 심장 MR과 게이트 심근관류 SPECT가 유의한 상관관계를 보임을 강조한 바 있다.

최근 들어 관상동맥 질환의 진단과 치료 방침 결정에 국소 심근 기능이 중요한 지표로 고려됨에 따라 칼라 도플러 심초음파와 MR에서는 심근 움직임이나 두꺼워짐 이외에 실시간 심내막 움직임, 심내막 속도, 심근 전체의 수축력 분포 등의 정보를 제공하고 있고, 최근 많은 연구에서 심근 속도를 좌심실 기능을 정량적으로 평가할 수 있는 새로운 지표로 제시하고 있다.²³⁻³²⁾ Derumeux 등³³⁾은 칼라 도플러 심초음파를 이용해 정상과 허혈, 그리고 기절 심근에서 심근 속도의 분포를 구하고, 심근 속도의 불균등성이 허혈로 인한 국소 심근 기능 이상 평가의 효과적인 지표가 됨을 보여주었고, Pertersen 등³⁴⁾은 cine phase MR의 tissue phase mapping을 이용하여 정상인에서 국소 심근 속도를 제시하였으며, Karwatowski 등³⁵⁾은 MR을 이용해 정상 심장과 허혈성 심장에서 심근 속도를 구하고 이를 비교하여 허혈 시 초기 이완기 좌심실 장축의 심근 속도가 변화함을 제시한 바 있다. 다른 검사 방법에서 중요성이 커지고 있는 속도문제의 접근을 위해서 이 연구에서는 게이트 심근관류 SPECT를 이용하였다. 우리는 R-R peak 시간간격을 환자의 분당 평균 심박수를 통해 실제 시간으로 계산할 수 있다

는 점에 착안하여, 게이트 심근관류 SPECT에서 얻을 수 있는 심근의 움직임 지표를 이용하여 수축기와 이완기의 심근 속도를 유도하였다. 그리고 기능지표로서 새롭게 제안한 심근 속도지표와 기존의 심장 기능 지표인 구혈률, 관류, 심근 두꺼워짐 등의 지표를 비교하고 상관성을 조사함으로써 심근 속도지표의 임상적 의미를 분석하였다.

대상 및 방법

1. 대상환자군

심근속도에 대한 임상적 평가를 위해 대상 환자군을 대조군과 관상동맥 질환군으로 나누어 후향적 분석을 시행하였다. 대조군은 건강 검진 등의 이유로 아테노신 부하 게이트 심근관류 SPECT를 시행한 17명(남자:여자=9:8, 평균연령 61.8±11.1세)을 대상으로 하였고, 게이트 심근관류 SPECT상에서 구혈률이 60% 이상을 유지하면서, 관류값이 모든 분절의 부하기와 휴식기에서 60이상을 유지하는 집단으로 정의하였다. 대조군은 모두 당뇨나 고혈압, 고지혈증이 없었다.

관상동맥 질환군은 39명(남자:여자=18:21, 평균연령 66.9±8.1세)으로, 모두 게이트 심근관류 SPECT상에서 부하기 관류 값이 50미만의 감소를 보이는 분절이 1개 이상 확인된 환자로 정의하였다. 대상환자 중 20명(51.3%)에서는 특징적인 흉통을 호소하였고, 5명은 증상 없이 수술 전 검사로 게이트 심근관류 SPECT를 시행하였다(Table 1).

2. 게이트 심근관류 SPECT 영상법

모든 환자는 부하-휴식 1일 영상법에 따라 게이트 심근관류 SPECT를 시행하였다. 대상환자는 검사 전날부터 베

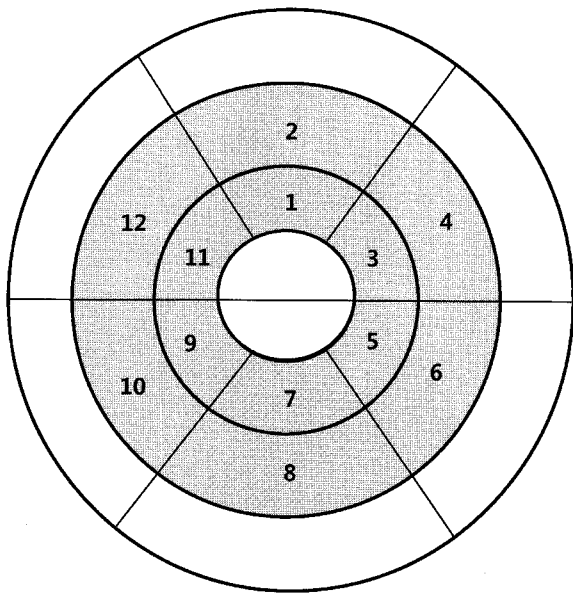


Figure 1. Twelve segments of myocardium were enrolled in this study.

1: apical anterior 2: mid anterior 3: apical anterolateral 4: mid anterolateral 5: apical inferolateral 6: mid inferolateral 7: apical inferior 8: mid inferior 9: apical inferoseptal 10: mid inferoseptal 11: apical anteroseptal 12: mid anteroseptal wall
Territory of LAD : 1, 2, 11, 12.
Territory of RCA : 7, 8, 9, 10.
Territory of LCx : 3, 4, 5, 6.

타차단제 및 칼슘 길항제 투여를 중지하고, 카페인이 포함된 식음료를 제한하게 하였다. 검사 당일 질산염제제의 투약을 중단하였으며, 검사일 아침은 금식하도록 하였다. 먼저 휴식기에 Tc-99m tetrofosmin 370 MBq (10 mCi)를 주사하고, 30분 후 게이트 심근관류 SPECT를 시행하였으며, 이어서 아테노신을 140 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ 의 속도로 6분간 정맥 주사 하면서 4분 쯤 Tc-99m tetrofosmin 1110 MBq (30 mCi)을 주사하였고, 30분 후 게이트 심근관류 SPECT를 얻었다. SPECT영상은 이중 감마카메라(DST.Xli, GE)를 이용하여 20% 에너지 창을 140 KeV 감마선 피크에 설정하였고, 우전사위 45도부터 좌후사위 45도까지 180도 회전시키면서 각 투사 영상 당 64 \times 64 행렬로 부하기 30초, 휴식기 30초씩 32개의 투사영상을 얻었다. 관류 및 기능의 분절별 정량화는 AutoQuant (ADAC Laboratories, Milpitas, CA, USA) 프로그램을 이용하였다.

3. 심근속도(velocity) 계산방법

휴식기와 부하기에서 20개 분절의 심근 움직임 값을 구하고, 심장 운동이 가장 활발한 심첨과 심장의 크기에 따라

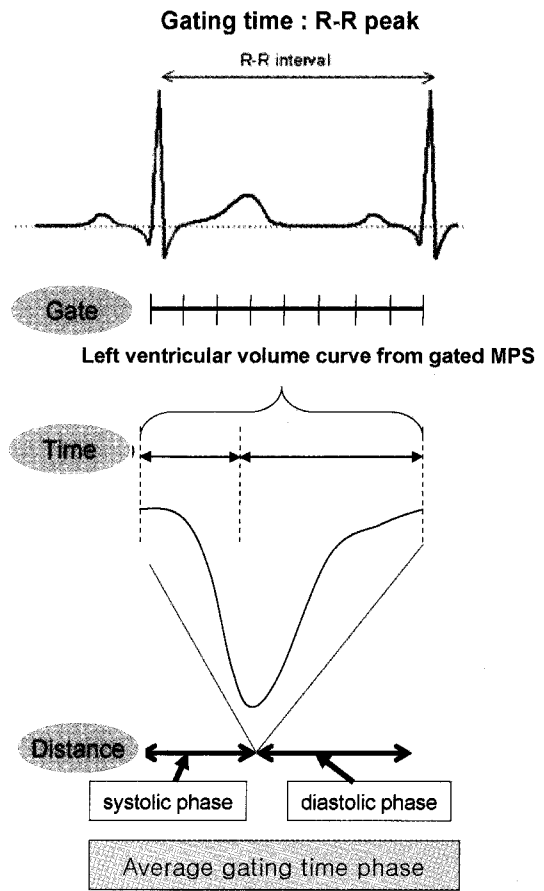


Figure 2. Myocardial velocity was computed by R-R peak time and gating curve. Systolic phase and diastolic phase were consistent with volume curve. Distance and gating phase time are used for the measurement of velocity.

분절별 표현상 표현 여부에서 가변성을 보이는 기저부분을 제외한 12개 분절을 대상으로 하였다(Fig. 1). 대상환자의 R-R 간격의 평균시간을 구한다음 8 단위 게이트 용적 곡선에서 수축기와 이완기의 비로 나누어 개인별 수축과 이완 시간을 각각 계산하였다. 나누어진 시간에 대해 QGS에서 구해진 심근 움직임 지표를 앞서 구한 수축과 이완 시간으로 나누어 부하기와 휴식기에서 각각의 국소 심근 속도를 계산하였다. 그리고, 관상동맥 분지 별 계산을 위해 우관동맥 영역(Right coronary artery, RCA)과 좌전행지 영역(Left anterior descending artery, LAD), 그리고 좌회선지(Left circumflex artery, LCX)에서 각각 국소 심근 속도를 같은 방법으로 구하였다(Fig. 2).

4. 대조군과 관상동맥 질환 군에서의 심근 속도 비교

대조군 17명의 204개 분절과 관상동맥 질환군 39명의 468

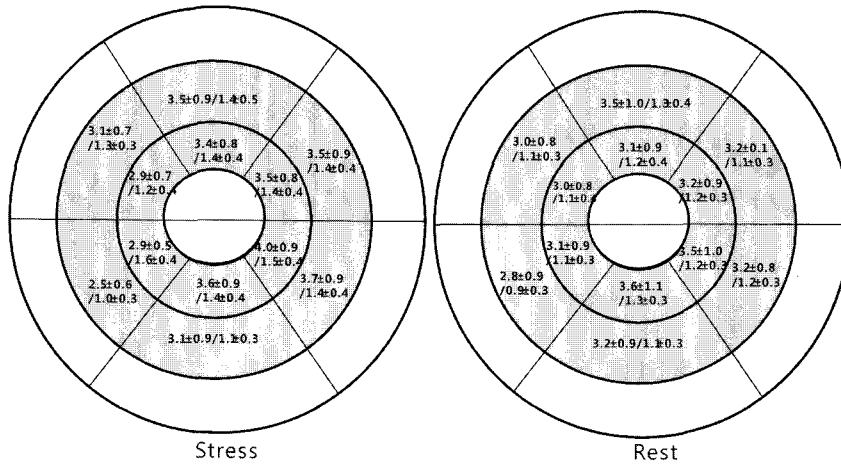


Figure 3. Normal range of myocardial velocity in gated MPS on stress and rest was showed according segments (cm/s).

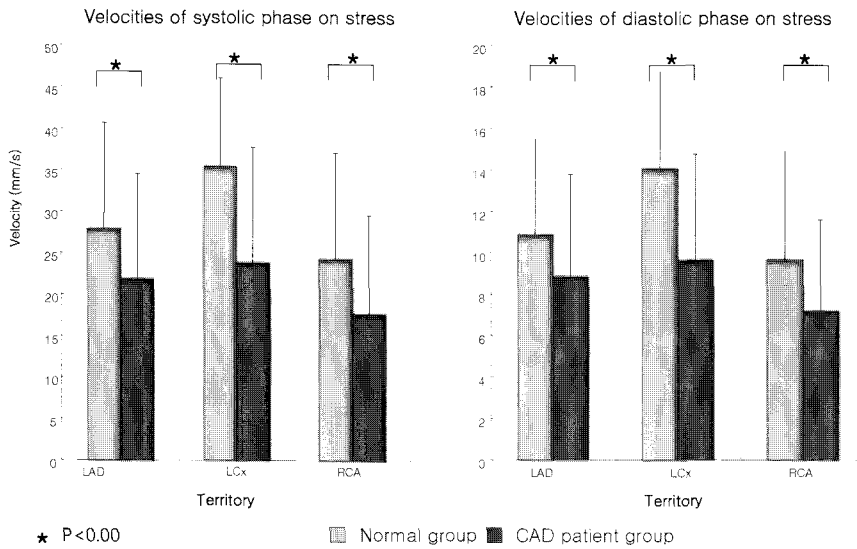


Figure 4. Myocardial velocities between normal group and coronary artery disease group were compared as territories. Myocardial velocity of normal group was significantly higher than coronary artery disease group in all territories (p=0.00).

개 분절을 대상으로 하여 비교하였으며, 관상동맥 질환군에 대해 다음과 같이 세 가지 그룹으로 나누어 조사하였다.

먼저 대조군과 관상동맥 질환군의 분절 별 심근 속도와 관상동맥 분지 영역별 심근 속도를 비교하였고, 관상동맥 질환군을 다시 구혈률이 40% 이하로 감소한 군(10명, 120분절)과 60% 이상으로 유지하고 있는 군(17명, 204분절)으로 나누어 분절별, 관상동맥 분지 영역별 심근 속도를 구하여, 대조군과 비교 하였다. 또 관상동맥 질환군의 분절 중 심근 두꺼워짐이 4 mm이하인 분절과 6 mm 이상인 분절을 나누어 각 분절의 심근 속도를 대조군과 비교하였다.

5. 통계 분석

각 검사 결과는 SPSS 소프트웨어(SPSS Inc, Chicago, Illinois, USA)를 이용하여 심근속도에 대한 기능지표들의 상관 분석을 시행하였으며, 통계적 유의성은 p<0.05인 경우에 유의 하다고 판정하였다.

결 과

1. 심근속도방법을 이용한 분절 별 정상 심근속도

대조군 204개의 분절을 대상으로 얻은 부하기와 휴식기

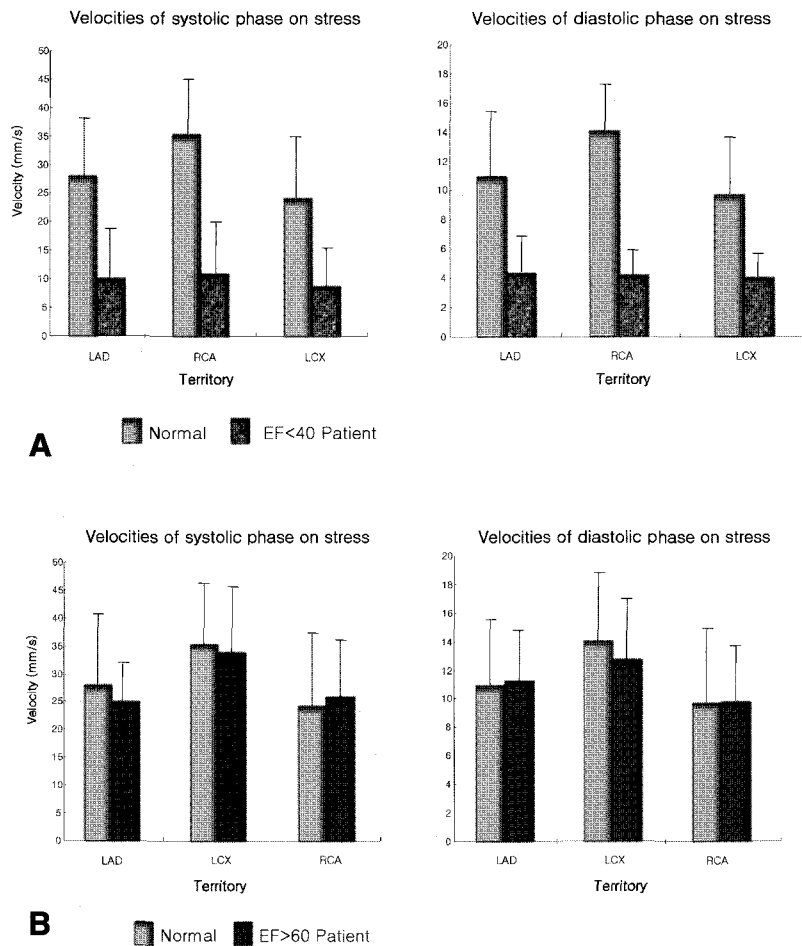


Figure 5. Myocardial velocities between normal group and coronary artery disease group were compared according to ejection fraction. (A) There were significant differences of myocardial velocity in all territories in group with decreased ejection fraction ($p=0.02$). (B) There were no significant difference of myocardial velocity in all territories in group with preserved ejection fraction ($p>0.05$).

의 분절별 속도(systolic/diastolic (cm/s))의 정상치는 Fig. 3에 기술하였다. 이 결과를 관상 동맥 분지 별로 보면, 부하기와 휴식기 각 각에서 수축기와 이완기 심근 속도는 LCX 영역에서 가장 높고, RCA 영역에서 가장 낮았으나, 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다.

2. 대조군과 관상 동맥 질환군의 부하기 심근 속도 비교

대조군의 204개 분절과 관상동맥 질환군의 468개 분절에서 얻은 부하기의 수축기와 이완기 각각의 심근 속도를 살펴보면, 모든 분절에서 대조군의 심근 속도가 더 높았고, 이를 다시 관상동맥 분지 영역별로 비교해 보아도 대조군에서 더 높은 값을 보였다(Fig. 4).

관상동맥 질환군에 해당하는 39명을 다시 구혈률이 60% 이상을 유지하는 군과 40% 이하로 감소해 있는 군으로 나

누어 각각의 부하기 심근 속도를 정상군 비교한 결과, 구혈률이 감소해 있는 군은 대조군보다 모든 관상동맥 분지 영역에서 심근 속도가 대조군 보다 유의하게 감소해 있었다 ($p=0.02$)(Fig. 5A). 하지만 구혈률이 유지되는 군에서는 대조군보다 감소한 심근 속도를 보였으나, 그 차이가 유의하지는 않았다($p>0.05$)(Fig. 5B).

또 관상동맥 질환군 중 구혈률이 유지되는 군과 감소한 군 모두에서 분절별 부하기 수축기 심근 속도와 관류는 유의한 상관관계를 보였다(Fig. 6).

관상동맥 질환군의 468개 분절 중 심근 두꺼워짐이 6 mm 이상인 분절이 171개, 4 mm 이하인 분절이 183개 있었다. 각각 분절에서 부하 시 수축기 심근 속도를 정상치와 비교해 보았다. 심근 두꺼워짐이 6 mm 이상인 분절의 심근 속도는 모두 정상 범주에 있었다. 하지만, 심근 두꺼워짐이

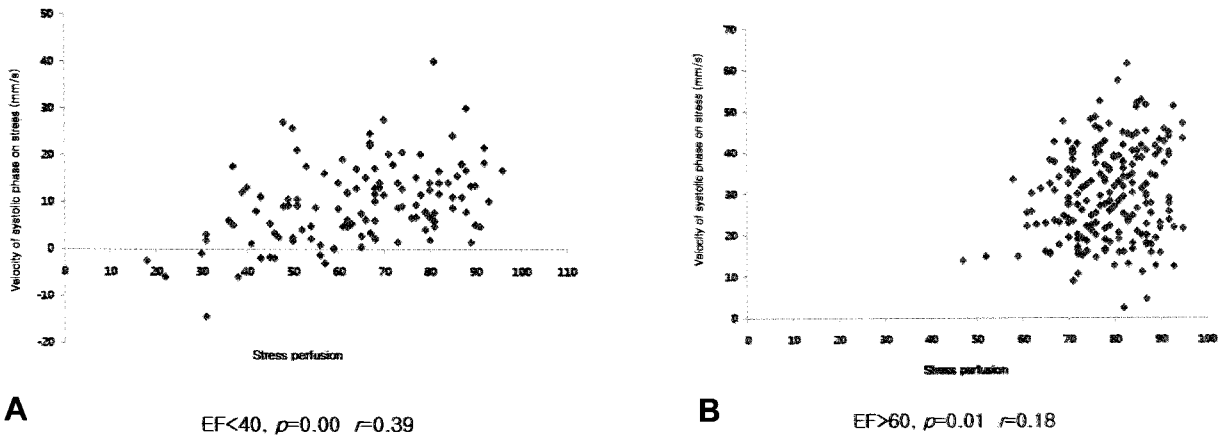


Figure 6. Systolic myocardial velocity was correlated with regional myocardial perfusion in coronary artery disease patients decreased EF ($p=0.00$) as well as preserved EF ($p=0.01$).

4 mm 이하인 분절 중 128개 분절은 심근 속도가 정상 범주보다 감소해 있었으나, 55개 분절(12%)은 정상 범주에 있었다. 심근 두꺼워짐이 감소해 있는 관상동맥 질환군의 분절 중 심근 속도가 감소해 있는 분절의 부하기 관류는 심근 속도가 유지되는 분절에 비해 유의하게 낮은 값을 보였다 ($p=0.01$).

고 찰

이 연구에서는 게이트 심근관류 SPECT의 정보에서 심근 속도지표를 개발하여 각 분절 별, 심장 동맥 분지 영역 별 심근 속도 정상치를 제시하였다. 이를 이용해 대조군과 관상동맥 질환군의 심근 속도를 비교해 보았을 때, 대조군에서는 심근 속도가 유의하게 높았으나, 관상동맥 질환군 중 구혈률이 유지되는 경우의 심근 속도는 대조군의 심근 속도와 유의한 차이를 보이지 않았다. 또 구혈률이 유지되는 관상동맥 질환군과 감소한 관상동맥 질환군 모두에서 심근 속도와 관류가 유의한 상관관계에 있었으며, 관상동맥 질환군의 분절들 중 심근 두꺼워짐과 심근 속도가 모두 감소해 있는 분절의 경우, 심근 두꺼워짐이 감소하였으나 심근 속도는 유지하는 분절에 비해 유의하게 낮은 부하기 관류값을 보임을 알 수 있었다.

수축기에서 심근의 운동성에 대해 평가하는 여러 가지 연구가 있지만 압력을 이용하여 그래프로 starling이 보여준 방법은 심실 내 압력의 변화를 알아야 하는 어려운 점이 있다. 심근 움직임이 감소했을 때의 변화는 심실 내 압력의 변화를 유발하는 수축력이 약해져 있으므로 전역적인 값으로 구혈률이 대표성을 가지고 있다. 하지만 구혈률은 변화

율을 표현하는 것이므로 100과 50의 변화와 80과 40의 변화를 구분하지 못하므로 개별적인 값이라기 보다 대표 값이라 할 수 있다. 관류 값 역시 전역적인 값으로 최대값에 대한 변화율이므로 최대값이 높거나 낮아짐에 따라 다른 값의 변화에 영향을 주게 되므로 정상적인 관류변화와 세 가지 심혈관의 관류가 모두 낮아져 있을 때 변화율의 반응이 절대적이지 않다. 이 연구에서 적용해 본 심근속도는 전역적인 값이 아니면서도 전역적인 인자들과 상관성이 높고, 개인적인 심장의 특성을 표현하고 있다는 점에서 의의가 있다.

게이트 심근관류 SPECT는 좌심실을 기준으로 좌심실의 운동을 표현하고, 심근의 속도를 측정하는 검사 중 대표적인 것이 심초음파 및 MR 검사이다. 게이트 심근관류 SPECT를 이용한 심근의 속도에 대한 추가적인 임상연구를 위해서는 이 두 가지 검사에 관심을 가지고 추진해야 할 것이다. 칼라 도플러 심초음파와 심장 MR를 이용한 심근 속도에 대한 연구들에 따르면 심근 속도는 초기 확장기 때 최대값을 보이고, 측벽과 후벽에서 가장 높은 값을, 중격에서 가장 낮은 값을 보이는 것으로 알려져 있다.³⁶⁻³⁷⁾

심초음파나 심장 MR는 심장 운동 주기 동안 절대적 공간좌표에서 관찰된 정보임에 반해 게이트 심근관류 SPECT는 좌심실의 중심에서 좌심근의 평균적 운동을 표현하기 위해 10여분 이상 1000개 정도의 심박동을 측정하여 그 평균적인 수축 및 확장 사이클을 8 또는 16단위로 나누어 만들어진 평균적 영상이라는 차이를 가지고 있다. 또, 심초음파나 심장 MR에서 구한 심근 속도는 해당 심근의 최대 속도를 의미하지만, 게이트 심근관류 SPECT의 경우는 평균 속도를 의미하는 차이점이 있다. 그런 이유로 이

연구에서 게이트 심근관류 SPECT에서 계산된 심근 속도의 값이 심초음파나 심장 MR에서의 심근 속도와 차이를 보이고 있는 것으로 생각된다.^{34,37)} 이와 같은 검사 방법의 차이로 인해 검사 간 정확한 비교는 어려우나, 이 연구에서 게이트 심근관류 SPECT에서 계산된 심근 속도도 부하기와 휴식기 모두 측벽에서 높고, 중격에서 낮음을 확인 할 수 있었다. 이처럼 수축과 이완 시 심근의 속도가 분절별이나 심벽별로 다른 양상을 보이는 것은 심근세포 섬유질의 해부학적 배열과 상관관계가 있다.³⁸⁾

심근을 구성하는 심근세포 섬유는 크게 장축 향(longitudinal direction)과 단축 향(circumferential direction)으로 배열되어 있다.³⁸⁾ 장축 향 심근세포 섬유는 주로 심 내막 하 심근층(subendocardial layer), 심 외막 하 심근층(sub-epicardial layer)과 유두근(papillary muscle)에 분포하고, 단축 향 심근세포 섬유는 좌심실의 중벽 심근층(midwall layer)에 주로 분포한다.^{40,41)} 특히 중격에는 장축 향 심근세포 섬유가 적고, 단축 향 심근세포 섬유가 주를 이루는 것으로 알려져 있다.³⁹⁾ 심장이 수축하게 되면, 측벽과 후벽에서 심근세포 섬유의 장축 향 감소와 심근 두꺼워짐이 일어나게 되는데 이는 중격 보다는 측벽과 후벽에서 더 강하게 나타나며, 중격에서는 심근세포 섬유의 단축 향 감소만이 일어나게 된다.

관상 동맥 질환이 생겨 허혈이나 경색이 생기면 심근의 두꺼워짐과 움직임이 감소하게 된다. 이에 따라 심근의 속도 또한 감소하게 되는데 심혈관 허혈 유발 동물 모델을 이용한 여러 연구에서는 심내벽과 심외벽 모두에서 심근 속도가 정상에 비해 유의하게 감소하고, 재관류 시켰을 때 호전됨을 보고 하였다.^{26,39)} 또, 심장에 허혈이 일어나면 허혈을 유도한 심근 주위의 정상 심근은 정상 시 보다 심근 두꺼워짐은 115%, 심근 움직임은 121% 정도 유의하게 증가한다고 보고 한 바 있다.²⁶⁾ 이번 연구에서도 정상군에 비해 관상 동맥 질환군에서 심근 속도가 유의하게 감소함을 확인할 수 있었는데, 추가적으로 구혈률이 유지되는 경우에는 심근 속도 감소가 유의한 차이를 보이지 않았고, 심근 두꺼워짐이 감소하였으나, 심근 속도가 유지되는 경우에는 심근 속도까지 감소한 경우에 비해 관류가 유의하게 높았다. 이는 병변 주위의 정상 심근의 보상 작용 때문일 것으로 생각된다.

이 연구에서 구혈률이 유지되는 관상 동맥 질환군과 구혈률이 감소한 관상 동맥 질환군 모두에서 심근 속도가 관류와 유의한 상관관계를 보인 점은 심근 속도라는 새로운 지표가 심혈관 질환을 진단하고 예후를 예측하는데 유용한 인자로 사용될 수 있음을 보여주고 있고, 이에 대한 추가적인 연구가 필요함을 말해주고 있다(Fig. 5).

이 연구에서 관상 동맥 질환군의 심근 두꺼워짐을 정상인 분절과 감소한 분절로 나누어 각각의 심근 속도를 비교 해본 결과, 심근 두꺼워짐이 정상인 분절의 심근 속도는 모두 정상임에 반해, 심근 두꺼워짐이 감소해 있는 분절 중 12%에서는 심근 속도가 감소하지 않았다. 더욱이 심근 속도가 감소하지 않은 분절들의 관류 값이 심근 속도와 두꺼워짐이 함께 감소해 있는 분절들에 비해 유의하게 높은 관류값을 가졌다. 이는 심근 속도라는 개념이 단지 심근의 국소 움직임에 의해 결정되는 변수가 아닌 환자 특이적 정보인 시간의 개념이 포함된 새로운 변수로, 비슷한 질환 내에서도 다양한 차이를 반영해 심근 생존능 등 임상적인 의미를 더 제시할 수 있을 것이라 기대된다. 이를 위해 더 많은 수의 환자를 대상으로 한 추가적인 연구가 필요할 것이다.

이 연구에서는 대조군을 선택함에 있어 건강검진이나 수술 전 검사로 핵의학 검사가 의뢰된 환자 중 심혈관 질환의 위험인자가 없고, 게이트 심근 SPECT상에서 관류가 유지되고 있는 경우를 후향적으로 선택하였는데, 이는 정상군과 큰 차이를 보일 것으로 생각되지 않으나, 연구의 제한점이 되고 있다. 그리고 이 연구에서는 게이트 영상획득 시 8단위 영상을 사용하여 심근 속도를 계산해 내었다. 심근 주기를 16단위 영상으로 더 세분화 한다면 더욱 정확한 심근 속도를 구할 수 있으리라 기대한다. 또한 이 연구에서는 심혈관 질환을 관상 동맥 분지 별로 구분하여 비교하지 않았다. 39명의 관상 동맥 질환군 중 관상 동맥 조영술을 시행한 환자가 20명으로 이 중 단일 혈관 병변이 9명, 둘 이상의 혈관 병변이 11명으로 환자군의 수가 적은 한계를 가지고 있었다. 향후 허혈이 있는 관상 동맥 분지나 허혈 정도에 따른 추가적인 연구가 필요하겠다.

새로운 지표의 개발 연구는 국내에서 진행하기 어려운 부분이 많지만 이 연구에서는 간단한 방법으로 환자의 개인적 심근운동성을 반영하는 평가 지표를 제안하였다. 환자의 R-R 시간 간격과 8단위 게이트를 이용해 게이트 심근관류 SPECT에서 심근의 속도를 알아본 첫 번째 임상적용 연구로써 정상 심근 속도를 제시하고, 관상 동맥 질환군의 심근 속도가 정상군 보다 유의하게 낮음을 보여 주었다. 주관적인 육안 측정에 비해 정량화가 주는 장점을 활용하고 있는 핵의학 검사의 특이성을 활용하여 심근 속도라는 새로운 기능적인 지표의 제안이 좌심실의 기능을 평가하는데 유용하게 활용되기를 기대한다.

요 약

목적: 게이트 심근관류 SPECT는 심혈관 질환을 진단하

고 예후를 예측하는데 효과적인 검사로 알려져 있다. 이 연구에서는 게이트 심근관류 SPECT의 좌심실 국소 기능지표로서 새롭게 제안한 심근의 속도와 기존의 심장기능지표인 구혈률, 관류, 심근 두꺼워짐 등을 비교하고 상관성을 조사함으로써 심근 속도 정보의 임상적 의미를 분석하였다.

대상 및 방법: 대조군 17명(남:녀=9:8, 평균연령 61.8±11.1세), 관상 동맥 질환군 39명(남:녀=18:21, 평균연령 66.9±8.1세)을 대상으로 게이트 심근관류 SPECT를 후향적으로 분석하였다. 부하-휴식 1일 아데노신부하 Tc-99m tetrofosmin 게이트 심근관류 SPECT를 시행하였으며, 20분절 중 심첨부와 기저부를 제외한 12개 분절만을 사용하였다. 환자의 R-R 시간 간격을 8단위 게이트에서 수축기와 이완기의 비로 나누어 개인별 수축과 이완 시간을 구하고, 부하기와 휴식기에서 심근 움직임 지표를 수축과 이완 시간으로 나누어 각각의 국소 심근 속도를 계산하였다. **결과:** 대조군에서 분절 별, 관상 동맥 분지 별 정상 심근 속도 값을 구할 수 있었다. 관상 동맥 질환군의 심근 속도가 정상군에 비해 유의하게 낮았으나, 관상 동맥 질환군 중 구혈률이 유지되는 분절들의 심근 속도는 대조군과 유의한 차이를 보이지 않았다. 심혈관 질환군의 관류와 심근 속도는 유의한 상관관계를 보였다. 또 심근 두꺼워짐이 감소해 있는 관상 동맥 질환군의 분절 중 심근 속도가 감소해 있는 분절의 부하기 관류는 심근 속도가 유지되는 분절에 비해 유의하게 낮은 값을 보였다. **결론:** 정상 심근 속도를 제시하고, 관상 동맥 질환군의 심근 속도가 정상군 보다 유의하게 낮음을 보여 주었으며, 심근 속도라는 새로운 지표가 좌심실 국소 기능을 평가하는데 도움이 될 것으로 제안 하였다. 정량화가 주는 장점을 활용하고 있는 핵의학 영상기기의 특징을 이용하여 기능적인 지표를 계속해서 개발 할 필요가 있으리라 생각된다.

References

1. 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.
2. Germano G, Erel J, Jewin 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;30:1360-7.
3. Germano G, Kavanagh PB, Waechter P, Areeda J, Van Krieking S, Sharir T, et al. A new algorithm for the quantitation of myocardial perfusion SPECT. I: technical principle and reproducibility. *J Nucl Med* 2000;41:712-9.
4. Faber TL, Cooke CD, Folks RR, Vansant JP, Nichols KJ, DePuey EG, et al. Left ventricular function and perfusion from gated SPECT perfusion images: an integrated method. *J Nucl Med* 1999;40:650-9.
5. Lee BI, Lee DS, Lee JS, Choi HK. Development of gated myocardial SPECT analysis software and evaluation of left ventricular contraction function. *Korean J Nucl Med* 2003;37:1-10.
6. Lee BI, Lee DS, Lee JS, Kang WJ, Chung J-K, Lee MC, et al. Development of evaluation method of regional contractility of left ventricle using gated myocardial SPECT and assessment of reproducibility. *Korean J Nucl Med* 2003;37:355-63.
7. Petix NR, Sestini S, Marcucci G, Coppola A, Arena A, Nassi F, et al. Can the reversible regional wall motion abnormalities on stress gated Tc-99m sestamibi SPECT predict a future cardiac event? *J Nucl Cardiol* 2005;12:20-31.
8. Kapetanopoulos A, Ahlberg AW, Taub CC, Katten DM, Heller GV. Regional wall-motion abnormalities on post-stress electrocardiographic-gated technetium-99m sestamibi single-photon emission computed tomography imaging predict cardiac events. *J Nucl Cardiol* 2007;14:810-7.
9. Travin MI, Heller GC, Johnson LL, Katten D, Ahlberg AW, Isasi CR, et al. The prognostic value of ECG-gated SPECT imaging in patients undergoing stress Tc-99m sestamibi myocardial perfusion imaging. *J Nucl Cardiol* 2004;11:253-62.
10. Lipiecki J, Cachin F, Durel N, Tauriac O, Ponnouaille J, Maublant J, et al. Influence of infarct-zone viability detected by rest Tc-99m sestamibi gated SPECT on left ventricular remodeling after acute myocardial infarction treated by percutaneous transluminal coronary angioplasty in the acute phase. *J Nucl Cardiol* 2004;44:673-81.
11. Lee DS, Cheon GJ, Jang MJ, Kang WJ, Chung JK, Lee MM, et al. Long term prognostic value of dipyridamole stress myocardial SPECT. *Korean J Nucl Med* 2000;34:39-54.
12. Lee WW, Park EK, Eo JS, Lee SW, Kim CH, So Y, et al. Evaluation of immediate post-stress wall motion on adenosine stress/rest thallium-201 gated myocardial SPECT. *Int J Cardiovase Imaging* 2006;22:213-22.
13. Sharir T, Berman DS, Waechter PB, Areeda J, Kavanagh PB, Gerlach J. Quantitative analysis of regional motion and thickening by gated myocardial perfusion SPECT. *J Nucl Med* 2001;42:1630-8.
14. Hashimoto A, Nakata T, Wakabayashi T, Kyuma M, Takahashi T, Tsuchihashi K, et al. Validation of quantitative gated single photon emission computed tomography and an automated scoring system for the assessment of regional left ventricular systolic function. *Nucl Med Commun* 2002;23:887-98.
15. Nakata T, Katagiri Y, Odawara Y, Eguchi M, Masatochi K, Tsuchihashi K, et al. Two-and three dimensional assessment of myocardial perfusion and function by using technetium-99m sestamibi gated SPECT with a combination of count and image-based techniques. *J Nucl Cardiol* 2000;7:623-32.
16. Berk F, Isgoren S, Demir H, Kozdag G, Sahin T, Ural D, et al. Assessment of left ventricular function and volumes for patients with dilated cardiomyopathy using gated myocardial perfusion SPECT and comparison with echocardiography. *Nucl Med Commun* 2005;26:701-10.
17. Mohan HK, Livierates L, Gallagher S, Bailey DL, Chambers J, Fogelman I, et al. Comparison of myocardial gated single photon emission computed tomography, planar radionuclide ventriculography and echocardiography in evaluating left ventricular ejection fraction, wall thickening and wall motion. *Int J Clin Pract* 2004;58:1120-6.
18. Wahba FM, Bavelaar-Croon DL, Baur NB, Zwinderman AH, Van

- PM, Pauwels KJ, et al. Detection of residual wall motion after sustained myocardial infarction by gated Tc-99m tetrofosmin SPECT: a comparison with echocardiography. *Nucl Med Commun* 2001;22:175-82.
19. Vourvouri EC, Poldermans D, Bax JJ, Sianos G, Sozzi FB, Schinkel AF, et al. Evaluation of left ventricular function and volume in patients with ischemic cardiomyopathy: gated single-photon emission computed tomography versus two dimensional echocardiography. *Eur J Nucl Med* 2001;28:1610-5.
 20. Bacher-Stier C, Muller S, Pachinger O, Strolz S, Eler H, Moncayo R, et al. Thallium-201 gated single photon emission tomography for the assessment of left ventricular ejection fraction and regional wall motion abnormalities in comparison with two dimensional echocardiography. *J Nucl Med* 1999;26:1533-40.
 21. Kumita S, Cho K, Nakajo H, Toba M, Uwamori M, Mizumura A, et al. Assessment of left ventricular diastolic function with electrocardiography-gated myocardial perfusion SPECT: comparison with multigated equilibrium radionuclide angiography. *J Nucl Cardiol* 2001;8:568-74.
 22. Lund GK, Stork A, Saeed M, Bansmann MP, Gerken JH, Muller V, et al. Acute myocardial infarction: evaluation with first pass enhancement and delayed enhancement MR imaging compared with TI-201 SPECT imaging. *Radiology* 2004;232:49-52.
 23. Nichols K, Humayun N, De Bondt P, Vandenberghe S, Akinboboye O, Bergmann SR. Model dependence of gated blood pool SPECT ventricular function measurements. *J Nucl Cardiol* 2004;11:282-92.
 24. Ekici F, Atalay S, Ozelik N, Ucar T, Yilmaz E, Tutar E. Myocardial tissue velocities in neonates. *Echocardiography* 2007; 24:61-8.
 25. Derumeaux G, Ovize M, Loufoua J, Andre-Fouet X, minaire Y, Cribier A. Doppler tissue imaging quantitates regional wall motion during myocardial ischemia and reperfusion. *Circulation* 1998;97: 1970-7.
 26. Mazur W, Nagueh SF. Myocardial viability: recent developments in detection and clinical significance. *Curr Opin Cardiol* 2001; 16:277-81.
 27. Sutherland GR, Steward MJ, Grounstrom WE, Moran CM, Fleming A, Guell-Peris FJ, et al. Color doppler myocardial imaging: a new technique for the assessment of myocardial function. *J Am Soc Echocardiogr* 1994;7:441-58.
 28. Miyatake K, Yamaguchi M, Tanaka N, Uematsu M, Yamasaki N, Mine Y, et al. A new method for the evaluation of left ventricular wall motion by color-coded tissue doppler imaging: in vitro and in vivo studies. *J Am Coll Cardiol* 1995;25:717-24.
 29. Yamada H, Oki T, Tabata T, Mishiro Y, Abe M, Onose Y, et al. Assessment of the systolic left ventricular myocardial velocity profile and gradient using tissue doppler imaging on patients with hypertrophic cardiomyopathy. *Echocardiology* 1999;16:775-83.
 30. Mauro V, Clanciulli TF, Perzioso HA, Dethinne L, Legulzamon JH, Charask AA, et al. Dobutamine stress echocardiography can predict reversible ventricular dysfunction after acute myocardial infarction. *Clin Cardiol* 2005;28:523-8.
 31. Picano E, Sicari R, Cortigiani L, Bigi R, Coletta C, Galati A, et al. Prognostic value of myocardial viability in medically treated patients with global left ventricular dysfunction early after an acute uncomplicated myocardial infarction: a dobutamine stress echocardiographic study. *Circulation* 1998;98:1078-84.
 32. Tsutsui JM, Elhendy A, Anderson JR, Xie F, McGrain AC, Porter TR. Prognostic value of dobutamine stress myocardial contrast perfusion echocardiography. *Circulation* 2005;112:1444-50.
 33. Derumeaux G, Ovize M, Loufoua J, Pontier G, Andre-Fouet X, Cribier A. Assessment of nonuniformity of transmural myocardial velocities by color-code tissue doppler imaging: characterization of normal, ischemic, and stunned myocardium. *Circulation* 2000;101:1390-5.
 34. Petersen SE, Jung BA, Wiesmann F, Selvanayagam JB, Francis JM, Hennig S, et al. Myocardial tissue phase mapping with cine phase contrast MR imaging: regional wall motion analysis in healthy volunteers. *Radiology* 2006;238:816-26.
 35. Karwatowski SP, Mohiaddin RH, Yang GZ, Firmin DN, St. John sutton M, Underwood SR. Regional myocardial velocity imaged by magnetic resonance in patients with ischemic heart disease. *Heart* 1994;72:332-8.
 36. Karwatowski SP, Brecker SJD, Yang GZ, Firmin DN, St. John sutton M, Underwood SR. A comparison of left ventricular myocardial velocity in diastole measured by magnetic resonance and left ventricular filling measured by doppler echocardiography. *Eur Heart J* 1996;17:795-802.
 37. Galiuto L, Ignone G, DeMaria AN. Contraction and relaxation velocities of the normal left ventricle using pulsed wave tissue Doppler echocardiography. *Am J Cardiol* 1998;81:609-14.
 38. Yalcin F, Kaftan A, Muderrisoglu H, Korkmaz ME, Flachskamp F, Garcia M, et al. Doppler tissue velocity during early left ventricular filling preload independent? *Heart* 2002;87:336-9.
 39. Derumeaux G, Ovize M, Loufoua J, Andre-fouet X, Minaire Y. Doppler tissue imaging quantitates regional wall motion during myocardial ischemia and reperfusion. *Circulation* 1998;97:1970-7.
 40. Kitamura S, Kay JH, Krohn BG, Magidson O, Dunne EF. Geometric and functional abnormalities of the left ventricle with a chronic localized non-contractile area. *Am J Cardiol* 1973;31: 701-7.
 41. Schiller NB, Shah PM, Crawford M, DeMaria A, Ceveraux R, Feigenbaum H, et al. Recommendations for quantitation of the left ventricle by two-dimensional echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 1989;2:358-67.