게이트 Tc-99m-MIBI SPECT에서 국소 심근운동과 수축기 심근두꺼워짐 자동정량화법의 재현성

서울대학교 의과대학 핵의학교실

팽진철 · 이동수 · 천기정 · 김유경 · 정준기 · 이명철

Reproducibility of an Automatic Quantitation of Regional Myocardial Wall Motion and Systolic Thickening on Gated Tc-99m-MIBI Myocardial SPECT

Jin Chul Paeng, M.D., **Dong Soo Lee,** M.D., **Gi Jeong Cheon,** M.D., **Yu Kyeong Kim,** M.D. **June-Key Chung,** M.D. and **Myung Chul Lee,** M.D.

Department of Nuclear Medicine, Seoul national University College of Medicine, Seoul, Republic of Korea

Abstract

Purpose: The aim of this study is to investigate the reproducibility of the quantitative assessment of segmental wall motion and systolic thickening provided by an automatic quantitation algorithm. **Materials and Methods:** Tc-99m-MIBI gated myocardial SPECT with dipyridamole stress was performed in 31 patients with known or suspected coronary artery disease (4 with single, 6 with two, 11 with triple vessel disease; ejection fraction 51±14%) twice consecutively in the same position. Myocardium was divided into 20 segments. Segmental wall motion and systolic thickening were calculated and expressed in mm and % increase respectively, using AutoQUANT^{TM} software. The reproducibility of this quantitative measurement of wall motion and thickening was tested. **Results:** Correlations between repeated measurements on consecutive gated SPECT were excellent for wall motion (r=0.95) and systolic thickening (r=0.88). On Bland-Altman analysis, two standard deviation was 2 mm for repeated measurement of segmental wall motion, and 20% for that of systolic thickening. The weighted kappa values of repeated measurements were 0.807 for wall motion and 0.708 for systolic thickening. Sex, perfusion, or segmental location had no influence on reproducibility. **Conclusion:** Segmental wall motion and systolic thickening quantified using AutoQUANT^{TM} software on gated myocardial SPECT offers good reproducibility and is significantly different when the change is more than 2 mm for wall motion and more than 20% for systolic thickening. **(Korean J Nucl Med 2000;34:487-96)**

Key Words: Tc-99m-MIBI Gated SPECT, Automatic quantitation, Reproducibility

Received Oct. 24, 2000; revision accepted Dec. 11, 2000
Corresponding Author: Dong Soo Lee, M.D., Department of Nuclear Medicine, Seoul National University College of Medicine, 28 Yungun-dong Chongno-gu, Seoul, 110-744, Korea
Tel: 02-760-2501, Fax: 02-766-9083
E-mail: dsl@plaza.snu.ac.kr

서 론

관상동맥질환 등의 심장질환에서 환자의 상태 평가 및 예후의 판정을 위해서는 심근의 관류와 더불어 기능을 평가함이 중요하다.[1] 심근의 기능 평가

에는 구혈률, 확장기말 부피, 수축기말 부피 등의 지표가 제시되어 다양하게 적용되고 있고 게이트 심근 SPECT는 관류와 동시에 이러한 지표를 구할 수 있는 장점이 있다.[2,3] 또한 게이트 심근 SPECT에서는 이들을 자동정량화할 수 있는 알고리즘도 확립되어[4-6] 임상에서 이용되고 있다.

전체 심장 단위의 지표 이외에 국소 단위에 있어서의 심장기능 평가에는 심근 벽 운동, 수축기 심근 두꺼워짐 등의 지표가 사용된다. 게이트 심근 SPECT에서는 수축기말과 확장기말의 심근 안팎 경계를 구함으로서 심근 벽의 운동과 수축기 두꺼워짐을 평가할 수 있다.[7] Germano 등에 의해 제안된 심근의 경계를 구하는 알고리즘[4]은 관류가 떨어지는 부위에서도 심근의 경계를 구하는 성능이 향상되었고, 3차원 영상을 얻을 수 있어 널리 상용화되어 있다. Cedars QGS™라는 이 소프트웨어는 심근 벽 운동과 수축기 두꺼워짐의 평가 시에 신뢰할 만한 재현성을 가지며,[8] 심초음파도 또는 시네 MRI와 비교하여 신뢰할만한 임상적 타당성을 가진다고 보고되었다.[9,10] Germano 등은 이를 바탕으로 국소 심근 벽 운동과 수축기 심근두꺼워짐을 자동정량화할 수 있는 알고리즘을 제안하였고, 이 알고리즘에 의해 구해진 정량화 수치는 육안평가 방법과 높은 상관관계가 있다고 보고하였다.[11] 기본적으로 이 알고리즘은, 한 번의 촬영을 통해 얻어진 영상을 두 번 분석하는 경우 판독자의 주관적인 요소가 배제되고 같은 결과를 얻을 수 있는 자동화과정이라는 장점이 있다.

그런데 실제 임상적용에서는, 동일한 환자 조건에서 얻어진 두 영상을 분석하였을 때 재현성 있는 결과를 나타내는지가 또한 중요하다. 그리고 심장기능에 대한 추적검사에 이 결과를 이용할 수 있으려면 단순한 상관관계와 재현성만이 아니라 동일한 조건에서의 검사결과가 어느 정도의 정상적인 변이를 보이는지를 알아야 한다.[8,12]

다른 조건의 변화 없이 짧은 시간 간격을 두고 영상을 반복해서 얻는다면 동일한 환자 조건을 만족한다고 가정할 수 있을 것이다. 이 연구에서는 이러한 방법으로 두 번의 영상을 얻어 Germano 등이 제안한 자동정량화 알고리즘을 채용한 소프트웨어를 이용하여 정량화 한 이후, 이들의 재현성을 평가하고 분절영역, 성별, 관류정도의 변화에 따른 재현성의 차이 및 정상적인 변이의 범위를 분석함으로써 이 자동정량화 소프트웨어 이용 시 결과 분석의 지침을 마련하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상 환자

관상동맥질환을 진단 받거나 또는 의심하여 부하 Tc-99m-MIBI 게이트 심근 SPECT를 시행하는 환자 중 무작위로 31명을 선정하였다. 대상환자군은 남자 24명, 여자 9명으로 구성되었으며, 연령대는 32~73세(59.2±9.7세)였다. 21명의 환자에서 관상동맥조영술을 시행하였으며, 50% 이상의 협착을 유의하다고 하였을 때 단일 혈관질환이 4명, 두 혈관질환이 6명, 세 혈관질환이 11명이었다. 동맥 영역별로 나누어 보면, 19명이 좌전하행동맥에서, 15명이 좌회선동맥에서, 15명이 우측관상동맥에서 혈관의 협착을 보였다.

2. 검사 방법과 분석

1) 영상획득

디피리다몰로 부하를 가하면서 925 MBq의 Tc-99m-MIBI를 주사하였다. 1시간 후에 게이트 Tc-99m MIBI SPECT를 촬영하고, 환자의 자세를 바꾸지 않은 채 바로 이어서 한 번 더 촬영하였다(Fig. 1). 평균 심박 주기를 기준으로 40% 창을 열어 한 주기당 16개의 단위영상을 얻었다. 게이트 심근 SPECT를 Butterworth 저역통과 여과기를 이용하여(차단 주파수 0.66, 차수 5) 재구성한 후, 횡축 단면영상을 조정하여 단축, 수직장축, 수평장축상을 만들었다.

2) 관류등급판정

환자군의 특성을 파악하고, 재현성 평가시 관류등급과의 상관관계를 알아보기 위하여 각 분절별로 관류를 등급화하였다. 이 과정은 AutoQUANT™ 소프트웨어(ADAC laboratories, Milpitas, CA)에서 제공하는 자동화 알고리즘을 이용하였다. 이 소

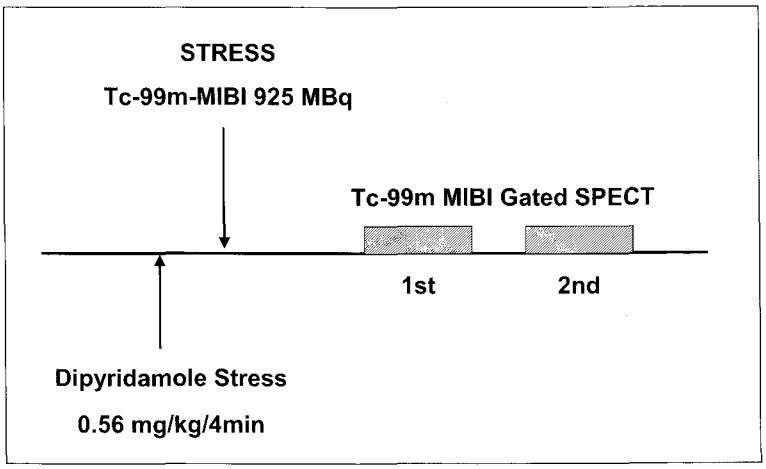

Fig. 1. Procedure of rest Tl-201/dipyridamole stress Tc-99m-MIBI gated SPECT. Tc-99m-MIBI gated SPECT was performed twice in the same patients consecutively in a short time without change of positions.

프트웨어는 Tc-99m-MIBI의 최고 섭취를 보이는 픽셀의 방사능을 100%로 하여 각 분절별 방사능 평균치를 % 값으로 나타낸 정량값을 구하고, 이 정량값을 정상군 및 환자군 데이터베이스를 기준으로 0(정상)에서 4(아주 심한 관류 결손)의 5등급으로 반정량적인 평가 값을 제공한다. 이 방법은 육안판정과 뛰어난 일치를 보이며 임상적으로 타당하다고 보고되었다.[13,14]

3) 자동정량화

얻어진 영상들을 AutoQUANT 소프트웨어에 적용하여 심근 벽의 운동과 수축기 심근두꺼워짐을 분절 별로 정량한 값을 얻었다. 심첨은 2분절, 심첨부, 중간부, 기저부는 각 6분절씩 총 20분절로 나누었고, 심근 벽의 운동은 mm 단위의 값으로, 수축기 심근두꺼워짐은 확장기말 심근의 두께에 대하여 수축기말 심근 두께의 변화량을 백분율로 표시한 값으로 얻었다.

이후, 심장을 국소 영역으로 나누는 과정이 재현성에 미치는 차이를 보기 위해 심장을 심첨, 전벽, 측벽, 하벽, 중격의 다섯 심근 벽 영역으로 재구획하고 심근 벽 운동과 수축기 심근두꺼워짐의 값을 같은 방식으로 다시 구했다.

3. 통계처리

2회 측정한 심근 벽의 운동과 수축기 심근두꺼워짐의 재현성 평가를 위해, 1회와 2회 측정값 사이의 상관계수를 구하고 Bland-Altman 분석을 통하여 변이의 범위를 구했다. 기존의 보고들과 재현성을 비교하기 위해 정량화된 값을 육안판정에서와 같이 심근 벽 운동은 5등급, 수축기 심근두꺼워짐은 4 등급으로 나누어 보았으며, 등급을 나누는 데는 수신자 판단 특성(ROC) 곡선을 이용하여 최적 경계값을 정했다. 이렇게 구해진 등급에서 1회와 2회 측정 사이의 일치도를 kappa 값으로 구해 보았다. 다섯 개의 벽으로 나누어 구한 값에 대하여도 분절에서와 같이 상관계수, 변이의 범위, kappa 값을 구하여 재현성을 평가하였다. 순위척도를 이용하였으므로 kappa 값은 모두 가중치를 둔 값(weighted kappa)으로 구했고,[15] kappa 값은 $0<k<0.2$를 일치도 약간 있음, $0.2\leq k<0.4$를 일치도 보통, $0.4<k\leq 0.6$을 일치도 좋음, $0.6<k\leq 1$을 일치도 아주 좋음으로 해석하였다.[16]

심근 영역에 따라서 재현성이 달라지는지 평가하기 위하여 분절영역을 요인변수로 하여, 1회와 2회 사이의 변이에 대해 분산분석을 시행하였다. 관류의 수준이 재현성에 미치는 영향도 마찬가지 방법

으로 관류의 등급을 요인변수로 하여 분산분석을 시행하였다. 남성과 여성이 상이한 감쇠효과를 보임을 감안하여, 분절영역과 관류에 따른 변이 차이의 분석을 성별에 따라 나누어 다시 시행해 보았다.

모든 통계결과는 유의수준 5%에서 분석하였고, 통계분석에는 MedCalc 6.00 (MedCalc software, Meriakerke, Belgium) 통계패키지를 이용하였다.

결 과

1. 관류등급판정

총 620개의 분절 중 0등급이 384개, 1등급이 108개, 2등급이 69개, 3등급이 32개, 4등급이 27개의 분포를 보였다. 1회와 2회 시행 사이에는 weighted kappa 값 0.808의 아주 좋은 일치도를 보였으며(Table 1), 관류에 따른 심근 벽 운동과 수축기 두꺼워짐의 평가에는 이 중 1회 시행에서 얻어진 등급을 이용하였다.

2. 심근 벽 운동과 수축기 심근두꺼워짐의 재현성

1) 재현성 지수

총 620개의 분절에서 얻은 심근 벽 운동의 자동정량화 값은 -3.6 mm에서 13.7 mm까지의 분포를 보였으며(평균 5.9±3.0 mm), 2회 얻은 값 사이의 상관계수는 0.948이었다(Fig. 2A). Bland-Altman 도표를 그려보았을 때, 치우침의 소견은 보이지 않았으며 변이의 2 표준편차 범위는 ±2.0 mm였다(Fig. 2B).

수축기 심근두꺼워짐은 -5%에서 103%까지의 값을 보였으며 (평균 33.8±20.4%), 2회 얻은 값 사이의 상관계수는 0.878이었다(Fig. 3A). Bland-Altman 도표에서 역시 치우침의 소견은 보이지 않았으며 변이의 2 표준편차 범위는 ±20.2%였다(Fig 3B).

자동정량화된 값들로부터 얻은 등급에서 1회와 2회 사이의 weighted kappa 값으로 일치도를 구해보았을 때, 심근 벽 운동은 0.807 (95% C.I. 0.778-0.836)로 일치도 아주 좋음, 수축기 심근두꺼워짐도 0.708 (95% C.I. 0.669-0.747)의 값으로 일치도 아주 좋음의 결과를 보였다(Table 2, 3).

2) 영역 구획 변경시의 재현성

심근을 5개의 벽으로 나누어 같은 방식으로 분석했을 때, 1회와 2회 사이의 상관계수는 심근 벽 운동의 경우 0.967, 수축기 두꺼워짐의 경우는 0.936이었다. 변이의 2 표준편차 범위는 심근 벽 운동과 수축기 두꺼워짐이 각각 ±1.4 mm, ±11.3%였고, weighted kappa 값은 각각 0.856 (95% C.I. 0.799-0.912), 0.752 (95% C.I. 0.668-0.836)였다. 심근 벽 운동과 수축기 두꺼워짐 모두 구획을 바꿈으로 인하여 상관계수와 kappa 값이 증가하고 변이는 감소되어, 전반적인 일치도가 개선되었다.

3) 분절영역, 관류, 성별이 재현성에 미치는 영향

심근 벽 운동과 수축기 두꺼워짐 모두 20개의 심근 분절별로 나누어 얻은 자동정량값에서 1회째와 2회째 사이의 변이값이 분절영역에 따라 뚜렷한 차이를 보이지는 않았고(Fig. 4), 분절영역을 요인변

Table 1. Agreement of Perfusion Grading using Automatic Algorithm

Perfusion Grade on 2nd SPECT	Perfusion Grade on 1st SPECT				
	0	1	2	3	4
0	354	27	4		
1	25	66	12	3	
2	5	10	49	3	
3		3	3	23	5
4		2	1	3	22

* Exact agreement 82.9%; k=0.699; weighted k=0.808.

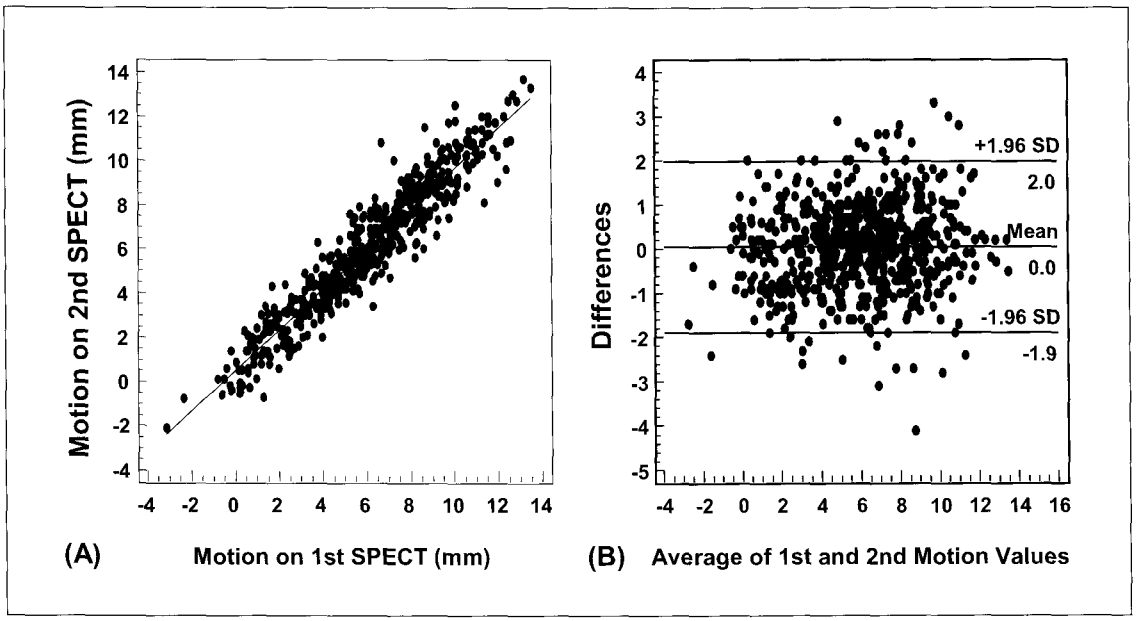

Fig. 2. Correlation of automatic quantitation of motion on 1st and 2nd SPECT analysis (A) and Bland-Altman plotting of motion values (B).

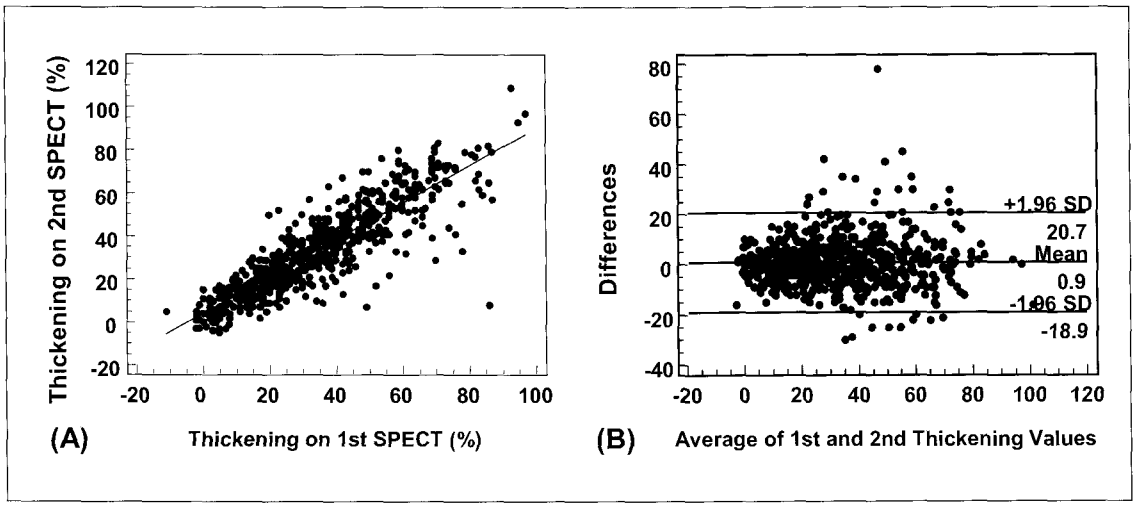

Fig. 3. Correlation of automatic quantitation of systolic thickening on 1st and 2nd SPECT analysis (A) and Bland-Altman plotting of thickening values (B).

수로 한 분산분석 상에서도 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 또한 이는 남성과 여성으로 나누어 분석하였을 때에도 마찬가지로, 유의한 차이 없음의 결과를 보였다(Table 4).

변이값의 분포는 관류등급에 따라서도 뚜렷한 차이가 나타나지 않았다(Fig. 5). 관류등급을 요인변수로 하여 분산분석을 시행하였을 때, 심근 벽 운동과 수축기 두꺼워짐 어느 것도 관류등급에 따라 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았으며, 이는 성별에 의하여 달라지지 않았다(Table 4).

Table 2. Agreement of Motion Grades from Automatic Quantitation on 1st and 2nd Gated SPECT

Graded Motion on 2nd SPECT	Graded Motion on 1st SPECT				
	0	1	2	3	4
0	248	20	1		
1	29	110	16	2	
2	1	20	48	21	
3			10	40	5
4				6	7

* Exact agreement 78.9%; k=0.681; weighted k=0.807.

Table 3. Agreement of Systolic Thickening Grades from Automatic Quantitation on 1st and 2nd Gated SPECT

Graded Thickening on 2nd SPECT	Graded Thickening on 1st SPECT			
	0	1	2	3
0	190	36		
1	34	149	28	1
2	3	32	59	27
3	2	4	13	42

* Exact agreement 71.0%; k=0.586; weighted k=0.708

Table 4. Influence of Segmental location and Perfusion on Reproducibility of Segmental Wall Motion and Systolic Thickening. Expressed in p Values on Analysis of Variance

Group	p value	
	By location	By perfusion
Total		
Motion	0.863	0.923
Thickening	0.515	0.621
Male		
Motion	0.847	0.944
Thickening	0.473	0.307
Female		
Motion	0.992	0.927
Thickening	0.927	0.993

* Statistically significant when $p<0.05$.

고 찰

여러 심장질환에서 신뢰성과 타당성 있는 심장기능의 평가는 매우 중요하다. 특히 관상동맥질환에서는 각각의 동맥으로부터 혈류를 공급받는 영역이 나뉘어져 있다는 점에서, 관상동맥 영역 단위 또는 분절 단위로 심근 기능을 평가할 필요가 있다. 이러한 심근기능평가는 심근의 생존여부를 확인하거나,[1,17] 심근생존능의 예측인자로 쓰임으로써 그 중요성을 더한다.[18,19]

국소 심근 기능의 평가에는 심근 벽 운동과 수축기 심근두꺼워짐 등을 지표로 사용하고, 이를 구하기 위해 게이트 심근 SPECT, 게이트 혈액풀 스캔, 심초음파도, 시네 MRI 등이 이용된다. 게이트 심근 SPECT는 다른 방법과 비교하여 관류와 심근 기능을 동시에 평가할 수 있고 검사자 의존도가 낮다는 등의 장점이 있지만, 영상의 해상도가 떨어짐으로써 해석이 어려운 단점이 있다.

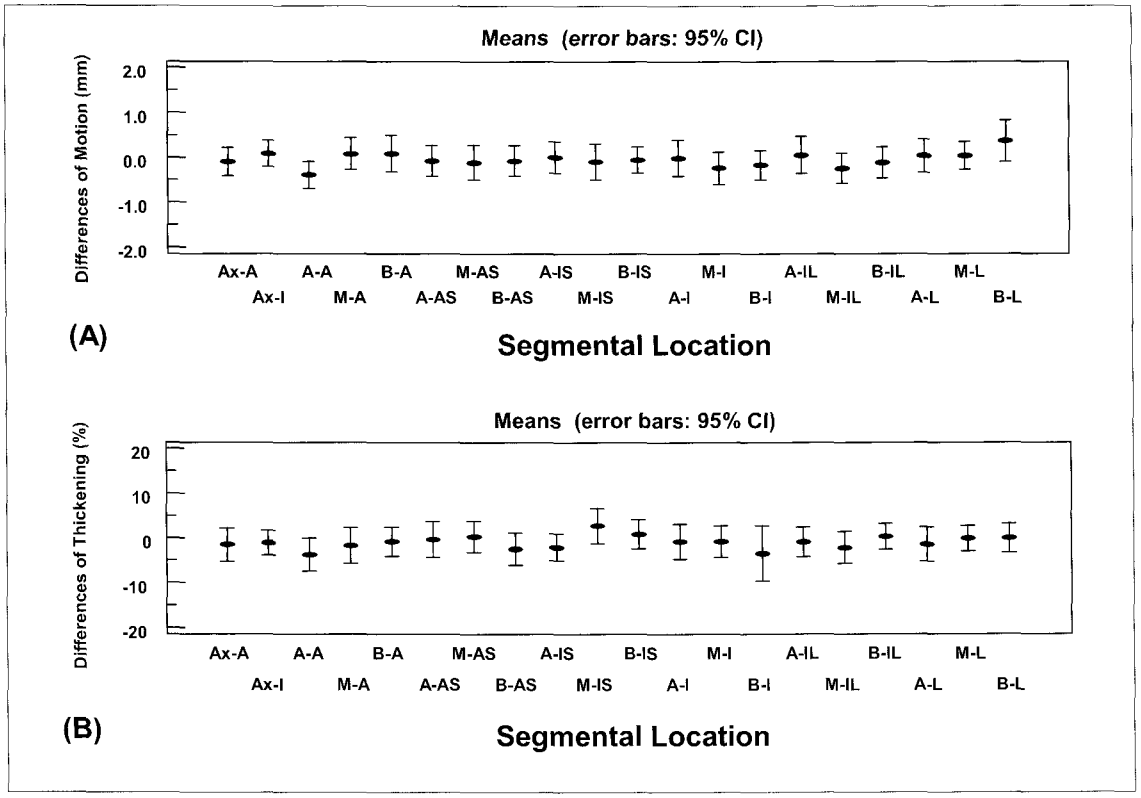

Fig. 4. Means and Confidence Intervals of Differences of Quantitated Motion Values (A) and Quantitated Systolic Thickening Values (B) between 1st and 2nd SPECT Accordng to Segmental Area (Prefix A:Apical AX:Apex M:Mid B:Basal and Suffix A:Anterior AS:Anteroseptal I:Inferior IL:Inferolateral IS:Inferoseptal L:Lateral).

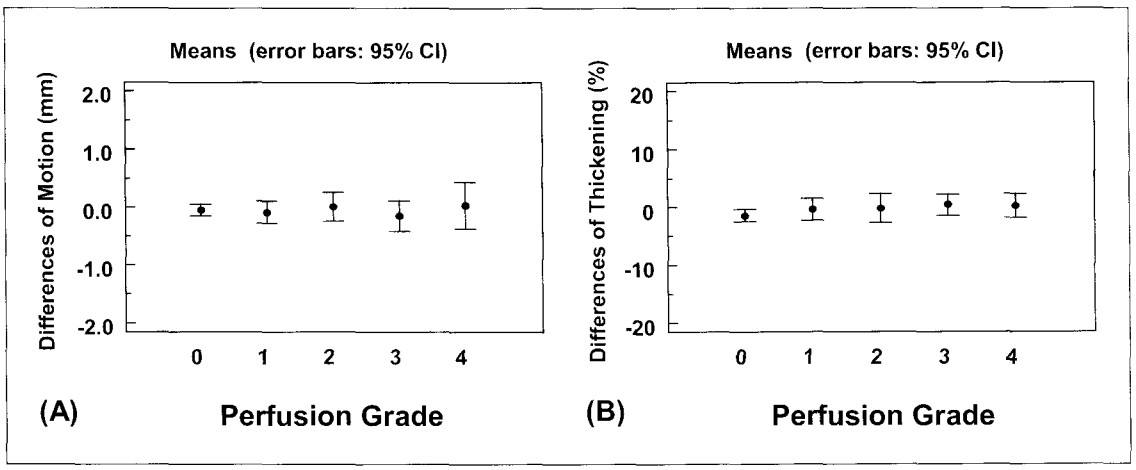

Fig. 5. Means and Confidence Intervals of Differences of Quantitated Motion Values (A) and Quantitated Systolic Thickening Values (B) between 1st and 2nd SPECT accordng to Perfusion Grade (Perfusion goes poorer according to number increases).

얻어진 영상에서 심근의 경계를 구하는 소프트웨어들은 이러한 어려움을 줄이는데 많은 도움이 되었고, Cedars QGS는 그 중 널리 사용되는 소프트웨어 중 하나이다. QGS 소프트웨어에 바탕을 두어 개발된 심근 벽 운동과 수축기 두꺼워짐의 자동정량화법은, 심근의 경계를 구하여 그 차이를 심근의 두께로 삼고 수축에 따른 심근 두께의 변화를 수축기 두꺼워짐으로 정한다는 것과, 또 이렇게 구해진 심근의 경계로부터 심근경계중간선을 정하고 여기에 법선을 그려 심내막이 이 법선 상에서 움직이는 거리를 구해 심근 벽 운동으로 한다는 기본적인 개념에서는 이전의 것과 크게 다르지 않다.[7,11] 이를 바탕으로 자동정량화하기 위한 자료로서는 기존의 방식으로 얻어진 게이트 단축 영상 이미지를 이용할 수 있다. 수축기말과 확장기말의 심근 경계를 통해 QGS 소프트웨어에서 같은 영상으로부터 같은 구혈률과 같은 심근 경계를 얻을 수 있는 것과 마찬가지로 이 자동정량화법을 채택한 소프트웨어(AutoQUANT^{TM})에서도 같은 영상에서는 같은 정량화값을 얻을 수 있었다.

AutoQUANT 소프트웨어를 이용해 얻은 국소 심근 기능 자동정량화값의 재현성 분석에서는, 상관계수가 심근 벽 운동과 수축기 두꺼워짐 양쪽에서 다 높게 나왔지만 상관계수만으로 재현성을 평가할 수는 없다.[12,20] QGS를 이용한 국소 심근 기능의 육안판정에서, 한 환자에서 연이어 2회 영상을 얻어 그 재현성을 평가하였을 때 심근 벽 운동의 경우 kappa 값이 0.76, 심근두꺼워짐의 경우 0.87이라고 보고되었다.[8] 이와 비교하여 이번 연구에서 AutoQUANT를 이용해 얻은 정량화수치의 kappa 값은 모두 높은 재현성을 보여 주고는 있지만 수축기 심근두꺼워짐의 경우 육안판정의 경우보다 재현성이 많이 떨어짐을 알 수 있었다. 영역 구획을 분절 단위에서 심근 벽 단위로 넓게 잡았을 때 그 정도가 개선되는 것으로 보아 영역 구획의 과정을 수정함으로써 개선될 수 있는 문제라고 생각된다.

정량화된 수치로 제시되는 국소 심근 기능의 평가를 임상에서 지속적인 환자의 추적검사나 약물투여, 치료 등에 대한 환자의 반응을 평가하기 위해 사용하려면, Bland-Altman 도표를 통해 정상적인 변이의 범위를 알고 있어야 한다. 심초음파도에서 심근 벽의 경계를 자동으로 구하는 알고리즘을 이용하여 수축기 심근두꺼워짐을 평가할 때, 심근 측벽과 하벽에서 판독자간 변이의 2 표준편차 범위가 ±16%, 판독자내 변이의 2 표준편차 범위가 ±12%라고 보고되었다.[21] 이 보고가 분절 단위의 것이 아니라는 사실을 고려하면 이번 연구에서 구한 변이의 범위와 비슷한 수준임을 알 수 있다.

심근 분절영역에 따라 감쇠효과는 차이가 나고, 특히 여성의 경우 유방으로 인하여 심근 전벽 부분이 상당한 감쇠효과를 보인다. 이런 차이가 재현성에 영향을 미치는지 살펴보았으나, 심근영역에 따라 변이값에 유의한 차이가 나타나지 않았고 성별로 나누어 분석하였을 때도 마찬가지여서 심근 분절영역별 감쇠효과는 재현성에 큰 영향을 미치지 않았다. 또 관류가 떨어지거나 아예 관류결손으로 나타나는 부분에서 방사능 감소가 재현성에 영향을 미치는지 살펴보았으나, 관류등급에 따라 변이값이 유의한 차이를 보이지 않아 이러한 차이도 재현성에는 영향을 미치지 않았다.

국소 영역의 심근 기능 평가를 통해 심장질환 환자의 상태를 파악하고, 예후를 판정하며, 추적검사를 통해 치료에 대한 반응이나 자연 경과를 알 수 있다. 그리고 보다 정밀한 환자 상태의 파악을 위해서는 정량적인 평가가 요구된다. 이 연구에서 우리는 자동정량화법을 통한 심근 기능의 평가가 다양한 조건에 있어서 신뢰할만한 재현성을 가지는 정량적 수치를 제시해 줌을 확인하였고, 정상적인 수준의 변이 범위를 구함으로써 향후 국소 심근 기능 평가에 이 소프트웨어를 이용함에 있어 결과 판정의 지침을 마련하였다.

다만, 이 연구에서는 수축기 심근두꺼워짐의 정량화값이 상대적으로 넓은 변이 범위와 육안판정에 못 미치는 재현성을 보였는데, 심근우회로시술 이후 심근 벽 운동보다 수축기 심근두꺼워짐이 더 신뢰할만한 심근 기능의 지표가 된다는 점을 고려한다면, 향후 이 알고리즘에서 개선이 필요한 부분이라 할 것이다.

요 약

목적: 국소 심근 벽 운동과 수축기 심근두꺼워짐에 대한 자동정량화 소프트웨어의 재현성을 알아보고자 하였다. **대상 및 방법**: 31명의 무작위 추출한 관상동맥질 환자에서 부하 게이트 Tc-99m-MIBI SPECT를 시행하는 중에, 게이트 심근 SPECT를 1회 시행한 이후 바로 이어 한번 더 게이트 SPECT를 시행하였다. 얻어진 영상으로부터 AutoQUANT 소프트웨어를 이용하여 분절별, 심근벽별로 심근벽 운동과 수축기 심근두꺼워짐의 자동정량값을 얻어, 1회째 값과 2회째 값 사이의 상관계수를 계산하고 Bland-Altman 도표를 통해 변이의 범위를 보았다. 또 각 값들을 등급화한 수치 간에 kappa 값을 구해 보았다. **결과**: 재현성 분석에서 1회와 2회 시행간의 상관계수는 각각 0.948, 0.878이었으며, weighted kappa 값은 0.807, 0.708로 아주 좋은 일치도를 보였다. Bland-Altman 분석에서 변이의 2 표준편차 범위는 각각 ±2.0 mm, ±20.2%였다. 각각의 재현성은 분절영역, 성별, 관류의 수준에 따라 차이를 보이지 않았다. **결론**: 이 연구에서 우리는, 심근 벽 운동과 수축기 심근두꺼워짐의 자동정량화 소프트웨어가 좋은 재현성을 가지고 있음을 알았으며, 또한 추적 검사나 치료효과 판정시 심근 벽 운동과 수축기 심근두꺼워짐의 변화 판정 기준을 마련하였다.

참 고 문 헌

1) 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; 31:43-49.
2) Lee DS. New imaging techniques in myocardial perfusion SPECT. *Korean J Nucl Med* 1998;32: 1-9.
3) 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.
4) 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.
5) Nichols K, DePuey EG, Rozanski A. Automation of gated tomographic left ventricular ejection fraction. *J Nucl Cardiol* 1996;3:475-82.
6) Berman D, Germano G, Lewin H, Kang X, Kavanagh PB, Tapnio P, et al. Comparison of post-stress ejection fraction and relative left ventricular volumes by automatic analysis of gated myocardial perfusion single-photon emission computed tomography acquired in the supine and prone position. *J Nucl Cardiol* 1998; 5:40-7.
7) 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.
8) Lee DS, Cheon GJ, Ahn JY, Chung J-K, Lee MC. Reproducibility of the assessment of myocardial function using gated Tc-99m-MIBI SPECT and quantitative software. *Korean J Nucl Med* 1998;32:403-13.
9) Tadamura E, Kudoh T, Motooka M, Inubushi M, Shirakawa S, Hattori N, et al. Assessment of regional and global left ventricular function by reinjection T1-201 and rest Tc-99m sestamibi ECG-gated SPECT: comparison with three-dimensional magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol* 1999;33:991-7.
10) Bacher-Stier C, Muller S, Pachinger O, Strolz S, Erler 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. *Eur J Nucl Med* 1999;26:1533-40.
11) 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;30:1360-7.
12) Bland JM, Altman DG. A note on the use of interclass correlation coefficient in the evaluation of agreement between two methods of mea-

surement. Comput Biol Med 1990:20:337-40.
13) Germano G, Kavanagh PB, Waechter P, Areeda J, Kriekinge SV, Sharir T, et al. A new algorithm for the quantitation of myocardial perfusion SPECT. I: Technical principles and reproducibility. *J Nucl Med* 2000;41:712-9.
14) Sharir T, Germano G, Waechter PB, Kavanagh PB, Aareeda JS, Gerlach J, et al. A new algorithm for the quantitation of myocardial perfusion SPECT. II: Validation and diagnostic yield. *J Nucl Med* 2000;41:720-7.
15) Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 1977;33:159-74.
16) Blackman NJ-M, Koval JJ. Interval estimation for Cohen's kappa as a measure of agreement. *Stat Med* 2000;19:723-741.
17) Iskander S, Iskandrian AE. Prognostic utility of myocardial viability assessment. *Am J Cardiol* 1999;83:696-702.
18) Caner B, Beller GA. Are technetium-99m-labeled myocardial perfusion agents adequate for detection of myocardial viability? *Clin Cardiol* 1998;21:235-42.
19) Baer FM, Theissen P, Schneider CA, Voth E, Sechtem U, Schicha H, et al. Dobutamine magnetic resonance imaging predicts contractile recovery of chronically dysfunctional myocardium after successful revascularization. *J Am Coll Cardiol* 1998;31:1040-8.
20) Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;i:307-10.
21) Mizushige K, Furumoto W, Hirao K, Iwado Y, Ohmori K, Matsuo H. Quantitative evaluaion of left ventricular regional wall motion using a real-time wall thickness curve system with two-dimensional echocardiography. *Am J Cardiol* 1999;84:1204-8.