

이면성 심초음파에 의한 좌심실 심근벽운동의 Computerized System을 이용한 정량적 분석

경희대학교 의과대학 내과학교실

오동환 · 동석호 · 최철준 · 조정휘 · 김권삼 · 김명식 · 송정상 · 배종화

한국외국어대학교 전산학과

김 정 국

= Abstract =

Computerized Quantitative Analysis of Left Ventricular Wall Motion by 2-Dimensional Echocardiography

Dong Hwan Oh, M.D., Seok Ho Dong, M.D., Chul Joon Choi, M.D.,
Chung Whee Choue, M.D., Kwon Sam Kim, M.D., Myung Shick Kim, M.D.,
Jung Sang Song, M.D., Jong Hoa Bae, M.D.

Department of Internal Medicine, Kyung Hee University Hospital

Jung Guk Kim, M.D.

Department of Computer Science, Han Kug University of Foreign Studies

We present the methods of analysis of left ventricular wall motion by 2-dimensional echocardiography using computerized system. Quantitative analysis of left ventricular wall motion abnormalities depends on the used reference method, because the heart shifts and rotates within thorax during the cardiac cycle.

To access left ventricular wall motion abnormalities, we studied 60 subjects(normal : 30 subjects, abnormal : 30 subjects) with 5 different floating reference methods correcting for translation and/or rotation in two echocardiographic views. (apical 4-chamber view and apical 2-chamber view)

In the first, the endocardial tracings of enddiastole and endsystole in 30 normal subjects were stored in VAX-11-780 main computer and the data of these 30 normal subjects were plotted to obtain a 95% confidence interval for measured normal fractional change every five degree according to 5 reference methods.

In the second, 30 patients with abnormal left ventricular wall motion analyzed and the results were compared with a 95% confidence interval.

We assessed that left ventricular wall motion by visual and computerized quantitative analysis were in close relationship according to optimal reference method.

We suggested that computerized quantitative analysis of left ventricular wall motion by 2-dimensional echocardiography was clinically useful method and translation of the midpoint of mitral anulus with rotation according to the center of mass was the most specific and sensitive new method of evaluating left ventricular wall motion abnormalities.

KEY WORDS : Computerized quantitative analysis · 2-D echocardiography · Ventricular wall motion · Floating axis system.

서 론

좌심실벽 운동은 echocardiography¹⁻¹⁷⁾, cineangiography¹⁸⁾, intramyocardial marker¹⁹⁾을 이용한 방법, radionuclide scan²⁰⁾ 등으로 검사해 왔었는데 이중 echocardiography는 비관혈적인 방법 중에서도 특별한 위험없이 필요할때는 언제든지 연속적으로, 그리고 전체적인 좌심실벽 운동을 관찰할 수 있어 유용성이 매우 크다²¹⁾. 하지만 심실벽 운동을 측정하는데 시각적인 방법만 시행하는 것은 객관성이 적어 최근 새로운 정량적 측정 방법이 연구되고 있다²²⁻²⁴⁾. 심장은 박동시에 흉곽내에서 이동 및 회전을 하며 정상적으로도 어떤 부위는 다른 부위보다 더 많은 수축을 하고, 호흡에 따라 심장운동이 영향을 받기 때문에 심근벽운동의 정량적 분석하는데는 심근벽 운동을 가장 잘 반영할 수 있는 기준방법을 선택하는 것이 중요하다.

심초음파에 의한 심근벽 운동의 정량적 분석은 중심점 설정에 따라 고정된 fixed axis방법과 심장의 움직임에 따라 중심점을 이동시키는 floating axis 방법으로 구별되고 있고 근자에는 floating axis 방법이 보다 정확히 반영할 수 있다고 알려져있다¹⁹⁾.

여러 기준방법에 따라 정량분석을 하는데는 많은 시간과 노력이 필요할 뿐 아니라 정확한 측정도 안 되므로 최근 Computerized System을 이용한 정량 분석이 임상에 이용되고 있다. 저자들은 VAX-11-780 main computer Tektronic 4111 graphic terminal을 이용하여 자체 개발한 program을 가지고 다섯가지 기준방법에 따라 육안적으로 정상적인 좌심실벽 운동을 보인 30명의 정상대조군과 좌심실벽 이상소견을 보인 30명을 대상으로 심근벽 운동을 분석하였고 이를 정상대조군과 비교 관찰 하였다.

대상 및 방법

대상은 1986년 1월부터 1988년 9월까지 경희대학교 부속병원 내과에 입원하여 이면성 심초음파상 심근벽 운동장애를 보인 심근 경색증 환자 27명과 확장성 심근증 환자 3명으로 하였고, 정상 대조군은 유사한 연령과 성비를 나타내고 심혈관 질환의 병력과 심혈관 증상이 없고 이면성 초음파에서 심근벽 운동장애가 없었던 30명으로 하였다.

표 1은 대상환자의 연령 및 성비를 나타내는데 정상대조군과 통계학적으로 의미있는 차이는 없었다.

Table 1. Age and sex study group

	Control	Abnormal wall motion
성비 (male : female)	1.5 : 1	1.3 : 1
연령 (years)	62±10	57±9

1) 검 사 방 법

심근벽 운동분석을 위한 심초음파검사는 좌측와위에서 3.0MHz phased array transducer와 Meridian (Johnson & Johnson, U.S.A)을 이용하여 심첨 사방 단면도와 심첨 이방단면도를 Video tape에 녹화하고, 녹화된 Video tape를 재생한 후 CAD-886 Program (Microsonics, U.S.A)을 이용하여 확장기말은 심전도상 R wave 정점에, 수축기말은 심전도 T wave상에서 좌심실 용적이 가장 작을 때로 하였으며 정지화면을 digitize하여 심내막을 따라 투사하였다.

심내막 투사를 disket에 저장한 후 VAX-11-780 main computer Tektronic 4111 graphic terminal을 이용하여 자체개발한 Program으로 분석하였다.

2) 육안적 소견

이면성 초음파에서 좌심실벽 운동이상의 육안적 소견상 이상유무는 두명의 심초음과 전문가가 일치하는 심실벽 운동이상으로 판정한 경우에만 심근벽 운동 이상으로 분류하였으며, 좌심실벽 운동의 각 단면도 별로 5도 간격으로 구분하고 각 segment의 심근벽 운동은 육안적으로 관찰하여 5등급으로 정도를 나누고 이를 computerized system을 이용한 정량분석과 비교하였다.

육안적으로 비정상으로 보인 segment가 정량분석에서 비정상으로 보인 경우와 육안적 정상소견이 정량분석에서 정상으로 보인 경우를 true positive로 하였으며 그 반대로 보일 때 false positive로 하였다. 좌심실벽 운동을 5부위로 나누고 그 일치정도를 5등급으로 나누어 정도를 점수화하여 평가하고 예민도와 특이도를 구하였다.

3) Floating axis methods

심장은 수축시 이동 및 회전을 하며 정상적으로 심첨부의 움직임이 승모판륜의 움직임보다 크기 때문에 이런 요소를 감안하여 기준점과 축을 이동시키는 floating axis method를 개발 비교하였다.

제 1방법은 좌심실 수축기와 확장기의 무게중심을 구하고 무게중심점으로 이동시켜 무게중심점과 확장기에 승모판륜 중앙점을 잇는 축을 0도로 하고 시계 반대방향으로 5도 간격씩 분석하였다. 제 2방법은 제 1방법과 같이 무게중심점으로 이동시킨 후 확장기와 수축기에서 승모판륜 중앙점과 무게중심점을 잇는 선을 축으로 회전시켰다. 제 3방법은 확장기와 수축기에서 심첨부와 승모판륜 중앙점을 잇는 장축의 중앙점으로 이동시켰고 이 장축을 축으로 회전시켰다. 제 4방법은 승모판륜 중앙점으로 이동시켰고 심첨부와 승모판륜 중앙점을 연결한 장축으로 회전시켜 수축시 장축의 중앙점을 중심으로 분석하였다. 제 5방법은 승모판륜 중앙점으로 이동시킨 후 무게중심점과 승모판륜 중앙점을 연결한 선을 축으로 회전시켰으며 수축시의 무게중심점을 중심으로 분석하였다.

다섯가지 방법에서의 심실벽 운동분석은 중심점에서 승모판륜 중앙점을 잇는 축을 0도로하고 시계 반대방향으로 5도 간격으로 방향선을 그렸다(그림

1).

4) Fractional shortening과 Graph

중심점에서 각 방향선을 따라 수축기말과 확장기말 심내막까지의 거리를 측정하여 fractional shortening을 5도 간격으로 계산하였다.

$$\text{Fractional shortening} = \frac{\text{enddiastolic radius} - \text{endsystolic radius}}{\text{enddiastolic radius}} \times 100$$

다섯가지의 reference methods에서의 정상적인 좌심실벽 운동을 나타낸 30명의 평균적인 운동과 95%의 신뢰구간으로 computer를 이용한 graphic terminal에 display되는 graph에 각 환자의 좌심실벽 운동을 동시에 display시켜 육안적 소견과 일치되는 정도를 점수화한 후 예민도와 특이도를 구했다.

Graph의 좌측은 심첨사방 상에서 좌심실벽 운동을 나타내고 90도 쪽은 심실중격, 180도 쪽은 심첨부, 270도 쪽은 외측벽이며, 그래프의 우측은 심첨사방 상을 나타내는데 90도 쪽은 전벽, 180도 쪽은 심첨부, 270도 쪽은 하벽(후벽)으로 표시하였다(그림 2).

다섯가지 floating axis methods에 따른 정상적인 좌심실벽 운동을 나타낸 대조군 30명의 평균적인 운동을 95% 신뢰구간으로 그래프로 display한 후 여기에 좌심실벽 운동장애가 있던 30명의 운동을 그 그래프에 동시에 display하여 자체개발한 program을 이용한 정량적 분석으로 computer 처리하였다.

연구결과

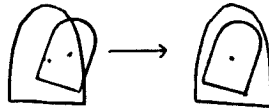
좌심실벽 운동장애를 보인 30명과 유사한 연령과 성비를 나타내고 심혈관계증상과 병력이 없었던 30명에서 다섯가지 기준방법에 따라 좌심실벽 운동의 정도를 95% 신뢰구간으로 표시하였고 그 그래프안에 좌심실벽 운동장애를 보인 각 환자의 좌심실벽 운동정도를 표시하였다. 이면성 심초음파상에 좌심실벽 운동장애의 육안소견 상 심첨부가 20명으로 가장 많았으며 심실중격 전체 운동장애는 12명이었고 중격중앙(mid-septum)만 장애를 보인 환자는 6명이었다(표 2).

그림 3은 육안적으로 정상적인 좌심실벽 운동을 보였던 1예와 좌심실후하벽에 hypokinesia를 보였던 1예에서 5방법에 따른 전산화 체계를 이용한 정량적

A. Translation only

Method 1. Center of mass (COM)

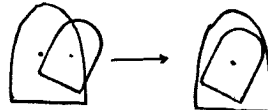
Translation by the center of mass



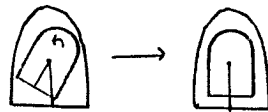
B. Translation and rotation

Method 2. Center of mass with rotation (COM-ROT)

(1) Translation by the center of mass



(2) Rotation by the line from the center of mass to the midpoint of mitral annulus

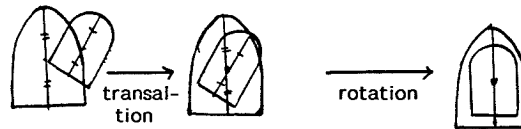


Method 3. Radial

(1) Translation by the midpoint of long axis

(long axis; from apex to midpoint of mitral annulus)

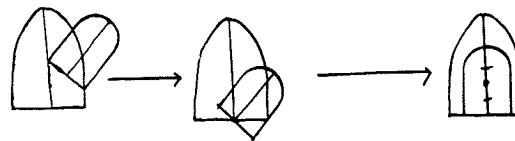
(2) Rotation by the long axis



Method 4. Mid-mitral annulus with axial rotation (MMA-AXIAL-ROT)

(1) Translation by the midpoint of mitral annulus

(2) Rotation by the long axis



Method 5. Mid-mitral annulus with COM rotation (MMA-COM-ROT)

(1) Translation by the midpoint of mitral annulus

(2) Rotation by the line from center of mass to midpoint of mitral annulus

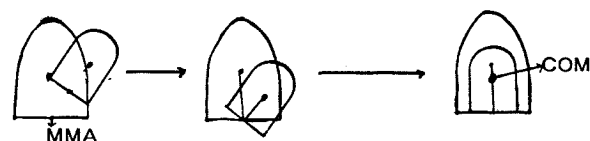


Fig. 1. Methods according to reference system.

- Sampling radii at 5 degrees were considered
- Fractional shortening

$$= \frac{\text{EDR-ESR}}{\text{EDR}} \times 100 \text{ (\%)}$$

- The mean value±2SDs of fractional change for each radius was plotted to create a 95% confidence band

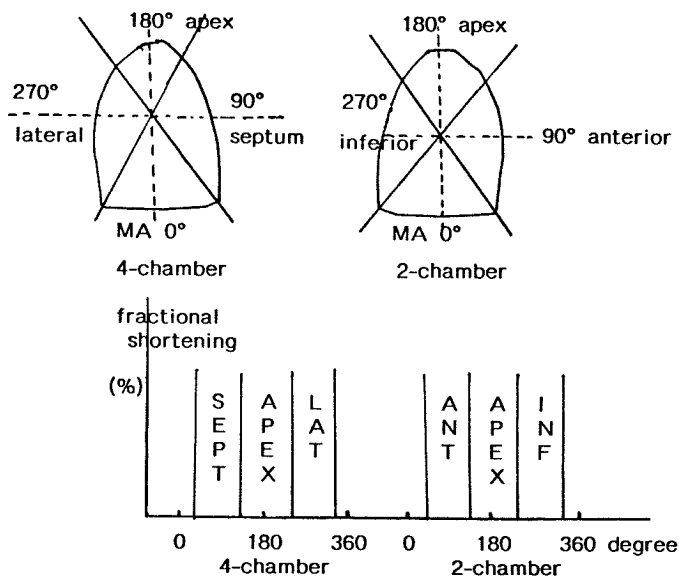
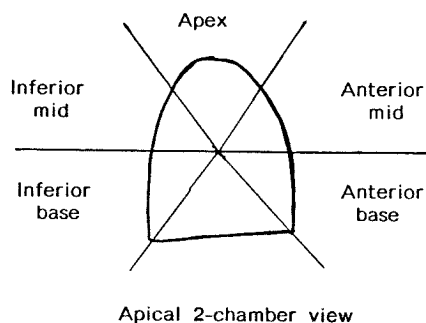
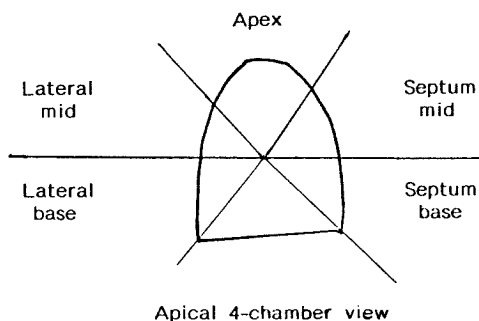


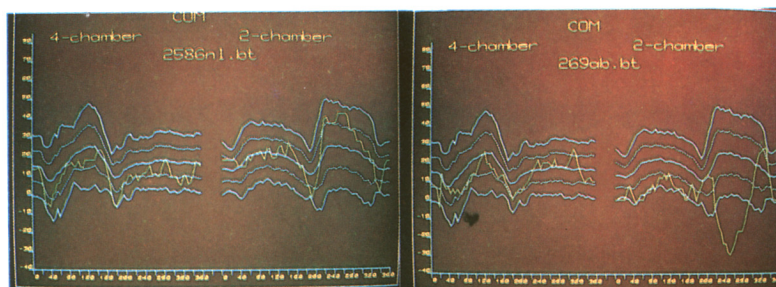
Fig. 2. Regional wall motion analysis.

Table 2. Visual assessment of left ventricular wall motion by 2-D echocardiography

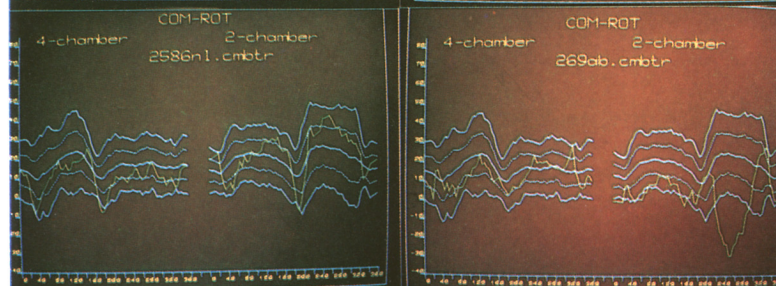
Apical 4-chamber view			Apical 2-chamber view		
Septum	Septum base	12	Anterior	Anterior base	4
	Septum mid	18		Anterior mid	7
Apex		20	Apex		19
Lateral	Lateral mid	3	Inferior	inferior mid	8
	Lateral base	2		Inferior base	7



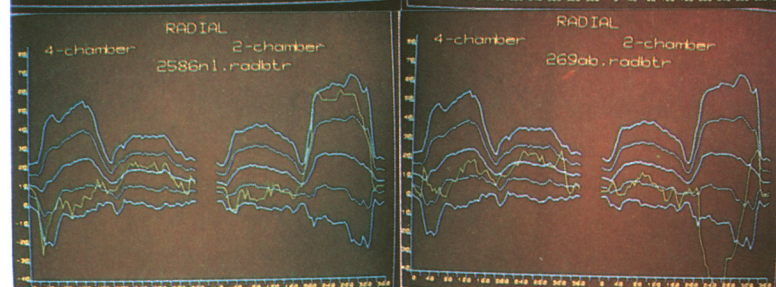
Method 1
Center of mass



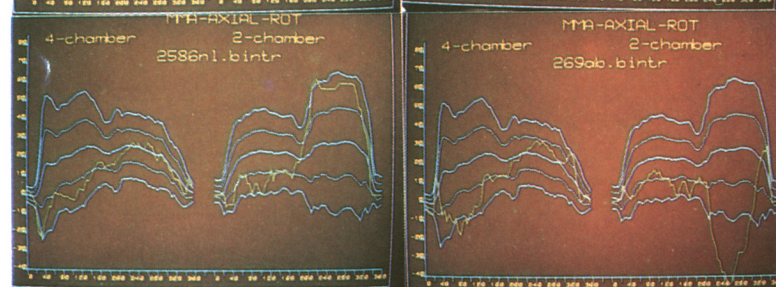
Method 2
Center of mass
with rotation



Method 3
Radial



Method 4
Mid-mitral
annulus with
axial rotation



Method 5
Mid-mitral
annulus with
COM rotation

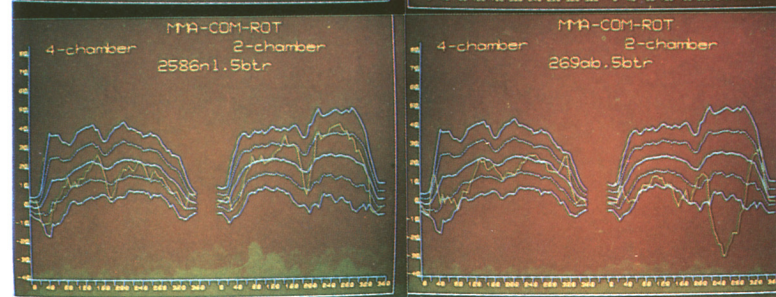


Fig. 3. Graphes of left ventricular wall motion in normal(left) inferior hypokinesia(right) according to reference methods.

Table 3. Statistical parameters in each of five reference methods

		Sensitivity	Specificity	Positive predictive value	Negative predictive value
Translation only	4-chamber	57%	75%	69%	63%
Method 1. COM (I)	2-chamber	56%	70%	62%	60%
Translation and rotation	4-chamber	61%	78%	73%	66%
Method 2. COM-ROT (II)	2-chamber	59%	76%	71%	63%
Method 3. Radial (III)	4-chamber	74%	86%	84%	77%
	2-chamber	64%	85%	81%	70%
Method 4. MMA-AXIAL	4-chamber	84%	90%	89%	85%
-ROT (IV)	2-chamber	78%	76%	82%	70%
Method 5. MMA-COM	4-chamber	88%	93%	92%	88%
-ROT (V)	2-chamber	85%	91%	90%	88%

분석을 하여 좌심실벽 운동을 정상대조군의 95% 신뢰구간에서 변화되는 것을 보여주고 있다(그림 3).

그림 3의 좌측은 정상인에서 좌심실벽 운동을 표시했는데 제 1, 2, 3방법에서 심첨부쪽이 다소 과소 평가되는 경향이 있어 심첨부 운동을 보다 잘 반영해주는 제 4, 5방법만을 사용했더니 어느정도 보상되는 것을 알 수 있었다. 그림 3의 우측은 육안적으로 좌심실 후하벽에 hypokinesia를 보였던 환자에서의 다섯가지 방법에 따른 정량적 분석을 그래프로 표시하였다.

정상인에서 상기 다섯가지 방법으로 측정한 결과 모두 95% 신뢰구간을 벗어나지 않았으나 급성 하벽 심근경색증으로 후하벽 운동장애를 보인 환자에서는 방법 1, 2 모두 후벽 운동장애를 보여주고 있으나 전반적인 운동장애를 함께 보이고 있고, 회전과 이동을 시킨 방법 2-5에서 이동만 시킨 방법 1보다 전반적인 운동저하를 보상해 주었으며 Segmental wall motion 정도를 더욱 강조해 나타내고 있었다.

표 3은 다섯가지 기준방법에 따른 육안적 소견과의 일치 정도를 예민도와 특이도로 비교하였다. 중심점만 이동시켰던 제 1방법보다 이동 및 회전을 시킨 방법에서 예민도와 특이도가 높았고, 이동 및 회전을 시킨 방법 중에서도 심첨부 운동이 잘 반영되는 제 4, 5방법에서 예민도는 심첨 4방상에서 84%(IV), 88%(V)였으며 심첨 2방상에서 78%(IV), 85%(V)였다. 특이도는 심첨 4방상에서 90%(IV)였고 심첨 2방

상에서는 76%(IV), 91%(V)로 나타나 다섯가지 방법중에 승모판륜 중앙점으로 이동한 후 무게 중심점고 승모판륜 중앙점을 연결한 선을 축으로 회전시키고 수축시의 무게 중심점을 중심으로 분석한 제 5방법이 가장 높은 예민도와 특이도를 보여주었다. 고로 좌심실벽 운동의 정량적 분석은 적절한 기준 방법을 선택하므로써 시각적 방법과 Computerized System을 이용한 정량적 분석과 밀접한 관계가 있음을 나타낸다.

고 안

심근벽 운동의 정량적 분석은 1973년 Harries 등의 영상화 혈관조영술을 이용한 심근벽운동의 관찰 이후 연구발전되어 왔다⁹⁾. 국내에서도 채등³⁾, 김등⁴⁾, 박등²⁾, 조등¹⁾ 심초음파 검사 및 동위원소를 이용한 좌심실 조영법에 의한 좌심실벽 운동을 정량적으로 보고한 바 있다. 좌심실벽 운동 관찰은 방사성핵종 주사, 심혈관조영술, 심초음파등으로 구별되는데 심초음파는 다른 검사에 비해 비관혈적이며, 손쉽게 연속적으로 시행이 가능하고 여러 단면에서의 광범위한 측정이 가능하다¹⁰⁾.

또한 심초음파에 의한 심근벽 운동의 관찰은 급성 심근경색증¹¹⁻¹³⁾의 위치나 정도를 판단하거나 허혈성 심질환의 진단¹⁴⁾ 심장 수술후의 좌심실벽 운동의 평가⁶⁾, 약물 투여후의 효과 판정등의 여러 방면에

활용되고 있으며 객관성있는 심근벽운동의 판단을 위해 보다 정확한 정량적 측정방법이 연구 발전되고 있다. 심장은 흉곽내에서 정상적으로도 수축시 이동 및 회전을 하며 부위에 따른 수축정도가 다르고 호흡에 따라서도 심장 운동이 영향을 받기 때문에 기준방법에 따라 다른 결과를 초래할 수 있다. 심초음파 검사시 녹화된 Video tape에서 재생된 확장기말과 수축기말에 심내막을 따라 tracing하고 이동 및 회전에 따른 여러 기준방법에 따라 mean percent shortening을 구하며 그 수치를 정상대조군과 비교하여 그래프로 그리고, 육안적 소견과의 예민도와 특이도를 분석하는 일련의 과정중에 너무 많은 시간과 노력이 필요했었는데 최근 computer를 이용한 심근벽 운동의 정량분석⁵⁾으로 이런 어려움없이 임상적으로 많이 응용되고 있다.

본 연구에서는 자체에서 개발한 정량분석 Program을 가지고 Computer를 이용하여 다양한 기준방법으로 정량분석하여 심초음파에서 좌심실벽 운동의 정량적 측정방법의 유용성과 임상적 응용가치를 판단하고자 하였다. 그러나 현재까지 심초음파에 의한 좌심실벽 운동의 정량적 분석은 저자마다 다른 견해를 보여 아직 보편적인 방법이 없으며 아직 해결해야 할 많은 문제점이 있다.

첫째, 심초음파의 어느 단면에서 심근벽 운동을 관찰하느냐이다. 흉골연 단면도는 한단면에서 여러 부위의 운동을 같이 이용하여 측벽과 중격, 전벽과 하벽을 관찰하며 심첨부와 승모판막등 land mark가 쉬운 장점은 있으나, 여러부위를 동시에 측정할 수 없고 심근벽 운동장애에 의한 심첨부 이동이 심한 경우는 정확한 측정이 어렵다¹⁾.

둘째, 심내막을 따라 투사하는 데 있어 전중격과 후하벽에서는 승모판륜이 있는 부위이기 때문에 정지화면으로 재생시킬 경우 정확한 심내막 경계를 결정하기 어려운 경우도 있다⁵⁾.

세째, 심초음파에서 관찰되는 심근벽 운동의 기준점을 어떻게 설정한 것인가이다. 심장이 흉곽내에서 수축시 심첨부는 시계반대방향으로, 심저부는 시계방향으로 회전하며²³⁾ 장축이 약간 전방으로 이동하는 3차원적인 심장운동이므로 한 단면에서 심근벽 운동을 평가할 수 있는 정확한 기준점을 설정하기 곤란하다²³⁾. 심근벽 운동의 정량적 분석시 중

심적의 설정방법에 따라 고정시킨 fixed axis방법과 심장의 움직임에 따라 중심점과 장축을 이동시키는 floating axis방법으로 구분할 수 있다.

Schnitterger등⁵⁾은 유두돌기를 지나는 단축상에서는 floating axis 방법이, 심첨4방상에서는 이동을 포함하는 loating axis방법이 적절하다고 보고하였고, Moynihan¹⁷⁾은 단축상에서 좌심실 중심점을 고정시킨 floating axis방법과 이동시킨 floating axis방법과 별 차이가 없었다고 했으며, Forec등⁷⁾은 관상동맥 측정수술 후 심근벽 운동의 관찰시 floating axis방법이 더 정확하다고 했고, Grube등¹⁶⁾은 심첨4방단면에서 floating axis방법이 더 정확하다고 보고하였는데 Parisi등¹⁰⁾은 floating axis방법이 더 우월하다고 하여 보고자들마다 다른 견해를 보이고 있어 아직 확실하지 않으나 근간에는 floating axis방법이 많이 이용되고 있다.

본 연구에서는 다섯가지의 floating axis방법을 사용하였는데 이동만 시킨 방법보다는 이동과 회전을 같이한 방법에서 예민도와 특이도가 높았으며 특히 심첨부의 운동을 잘 반영할 수 있는 승모판륜 중앙점으로 이동시에 보다 더 정확히 측정할 수 있었다. 아마도 이는 심장 수축시에 심근이 많은 심첨부는 많이 운동하고 anulus주위 승모판이 있는 부위에도 움직임이 적기 때문에 기준점을 승모판륜 쪽으로 이동시킴으로써 심첨부 운동이 과소평가 되는 것을 보상할 수 있었던 것으로 추측된다.

네째, 심근벽 운동의 정량적 분석시 정상 심장에서 95% 신뢰구간의 영역이 기준방법에 따라 많은 변화가 있었고 심지어는 fractional shortening의 한계 percent가 0이하로 내려가는 경우가 있었는데 앞으로 정상대조군의 수를 늘리고 측정하는데의 기술적인 오차를 줄임으로써 개선될 것으로 기대된다.

다섯째, 심근벽 운동의 정량분석에서 본 연구에 사용한 radial method에 비교한 area method의 장단점에 대한 많은 논란이 있어왔다. Gelberg등¹⁸⁾은 심혈관 조영술에 의한 좌심실 심근벽 운동 분석시 radial method보다 각 방향에서 면적을 측정하여 비교하는 area method가 더욱 민감하다 했으나, Karsch²⁴⁾은 radial method가 훨씬 정확하다는 반대 의견을 제시하였다.

Grube등¹⁶⁾은 이면성 초음파에서 radial method에

비해 area method가 약간의 잇점이 있다고 했고 Parisi등¹⁰⁾은 area method가 fixed axis에서는 통계학적으로 의의가 있어 좋았지만 floating axis에서는 이런 잇점이 없어졌다고 하였다. Schnittger등⁵⁾은 45 degree까지 세분하여 area method와 radial method를 비교하였는데 차이점이 없었으며 두 방법에서 세분하는 각도는 5도에서 30도까지 사용을 추천하였다.

그밖에 좌심실벽 운동을 심초음파로 정량분석하는데의 또다른 제한은 Computer를 이용한 정량분석은 단지 수축기말과 이완기말에서의 좌심실 내막을 비교하기 때문에 수축기 초기에 심실벽 운동 장애가 있다면 감지할 수가 없게되며¹³⁾ 심초음파에서 현재 사용되는 Sector scanner의 해상력에도 문제가 있는데 흔히 심장의 윤곽이 폐에 의해 간섭을 받기 때문이다.

본 연구에서는 이면성 심초음파에 의한 좌심실 심근벽 운동의 Computerized System을 이용한 정량적 분석이었는데 사용된 floating axis방법에서의 예민도는 56%에서 86%까지 보고되었고 특이도는 70%에서 93%까지 보고되어 Computer를 이용한 여러 기준방법의 개발을 통해 적절한 기준 방법을 사용한다면 임상적으로 유용한 검사가 될것으로 믿는다. 앞으로 이면성 심초음파 뿐만아니라 심혈관조영술, 방사능핵종주사술등에서의 심실벽 운동 정량분석을 동일 환자에서 실시하여 각 진단방법에 따른 비교연구가 필요할 것이다.

결 론

1) 이면성 심초음파에 의한 좌심실벽 운동의 Computer를 이용한 정량적 분석은 임상적으로 유용한 검사다.

2) 본 연구에서 사용한 floating axis방법중 승모판륜 중양점으로 이동한 후 무게 중심점과 승모판륜 중양점을 연결한 선을 축으로 회전시키고 수축시의 무게 중심점을 중심으로 정량분석 했을 때 가장 높은 예민도와 특이도를 보였다.

본 연구에 Computer program 및 분석은 한국과학

재단의 연구비에 의한것임. 과제번호 : 873-1106-001-2

References

- 1) 조정휘 · 김권삼 · 김명식 · 송정상 · 배종화 : 심근색증 환자에서 심초음파에 의한 좌심실 심근벽 운동의 정량적 측정에 관한 연구. 순환기 17 : 2, 1987
- 2) 박정의 · 김영훈 · 서순규 : 좌심실벽운동의 정량적 분석. 대한내과학회잡지 30 : 490, 1986
- 3) 채성철 · 박주성 · 이병기 · 전재은 · 박의현 · 박희명 : 이면성 심초음파를 이용한 좌심실벽의 국소적 운동의 정량적 관찰(초록). 제 25차 대한순환기학회 학술대회 초록집 Dec. 1982
- 4) 김영대 · 오동진 · 조명찬 · 이명묵 · 이명철 · 서정돈 · 이영우 : 급성 심근경색증에서의 국소 심박출계수및 국소 심실벽운동에 관한 임상적 관찰. 순환기 15 : 27, 1985
- 5) Schnittger I, Fitzgerald PJ, Gorden EP, Alderman EL, Popp RL : Computerized quantitative analysis of left ventricular wall motion by two dimensional echocardiography. Circulation 70 : 242, 1984
- 6) Force T, Bloomfield P, O'Boyle JE, Pietro DA, Dunlap RW, Khuri SF, Parisi AF : Quantitative two-dimensional echocardiography analysis of motion and thickening of the interventricular septum after cardiac surgery. Circulation 68 : 1013, 1983
- 7) Force T, Bloomfield P, O'Boyle JE, Khuri SF, Josa M, Parisi AF : Quantitative two-dimensional echocardiography analysis of regional wall motion in patients with perioperative myocardial infarction. Circulation 70 : 233, 1984
- 8) Gibson RS, Bishop HL, Stamm RB, Crampton RS, Beller GA, Martin RP : Value of early two dimensional echocardiography in patients with acute myocardial infarction. Am J Cardiol 49 : 1110, 1982
- 9) Gillam LD, Hogan RD, Foale RA, Franklin TD, Newell JB, Guyer DE, Weyman AE : A comparison

- of quantitative echocardiographic methods for delineating infarct induced abnormal wall motion, *Circulation* 7 : 113, 1984
- 10) Parisi AF, Moynihan PF, Folland ED, Feldman CL : Quantitative detection of regional left ventricular contraction abnormalities by two-dimensional echocardiography. *Circulation* 63 : 761, 1981
 - 11) Nixon JV, Narahara KA, Smitherman TC : Estimation of myocardial involvement in patients with acute myocardial infarction by two-dimensional echocardiography. *Circulation* 62 : 1248, 1980
 - 12) Heger JJ, Weyman AE, Wann LS, Rogers EW, Dillon JC, Feigenbaum H : Cross sectional echocardiographic analysis of the extent of left ventricular asynergy in acute myocardial infarction. *Circulation* 61 : 1113, 1980
 - 13) Visser CA, Lie KI, Kan G, Meltzer R, Durrer D : Detection and quantification of acute, isolated myocardial infarction by two dimensional echocardiography. *Am J Cardiol* 47 : 1020, 1981
 - 14) Medina R, Panidis IP, Morganroth J, Kotler MN, Mintz GS : Detection and quantification of acute, isolated myocardial infarction by two dimensional echocardiography. *Am Heart J* 109 : 799, 1985
 - 15) Visser CA, Kan G, Lie KI, Becker AE, Durrer D : Apex two dimensional echocardiography : Alternative approach to quantification of acute myocardial infarction. *Br Heart J* 47 : 461, 1982
 - 16) Grube E, Hanisch H, Neumann G, Simon H : Quantitative evaluation of LV wall motion by two dimensional echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1 : 581, 1983(Abst)
 - 17) Moynihan PF, Parisi AF, Feldman CL : Quantitative detection of regional left ventricular contraction abnormalities by two-dimensional echocardiography. *Circulation* 63 : 752, 1981
 - 18) Gelberg HJ, Brundage BH, Glantz S, Parmley WW : Quantitative left ventricular wall motion analysis : a comparison of area, chord and radial methods. *Circulation* 59 : 991, 1979
 - 19) Ingels NB, Daughters GT II, Stinson EB, Alderman EL : Evaluation of methods for quantitating left ventricular segmental wall motion in man by using myocardial markers as a standard. *Circulation* 61 : 966, 1980
 - 20) Wynne J, Sayers M, Maddox DE, Idoine J, Alpert JS, Meill J, Holman BL : Regional left ventricular function in acute myocardial infarction : evaluation with quantitative radionuclide ventriculography. *Am J Cardiol* 45 : 203, 1980
 - 21) Kisslo JA, Von Ramm OT, Thurstone FL : Cardiac imaging using a phased array ultrasound system II. Clinical technique and application. *Circulation* 53 : 262, 1976
 - 22) Ingels NB, Daughters GT II, Stinson EB, Alderman EL : Measurement of mid-wall myocardial dynamics in intact man by radiography of surgically implanted markers. *Circulation* 52 : 859, 1975
 - 23) Falsetti HL, Marcus ML, Kerber RE, Skorton DJ : Quantification of myocardial ischemia and infarction by left ventricular imaging. *Circulation* 63 : 747, 1981
 - 24) Karsch KR, Lamm U, Blanke H, Rentrop KP : Comparison of nineteen quantitative models for assessment of localized left ventricular wall motion abnormalities. *Clin Cardiol* 3 : 123, 1980