

승모판치환 환자에서 승모판막윤과 좌심실 후벽운동에 관한 고찰*

충남대학교 의과대학 내과학교실

박 종 훈

충남대학교 의과대학 흉부외과학교실

이 영

= Abstract =

Mitral Annulus and Left Ventricular Posterior Wall Motion in Mitral Valve Replaced Patients

Chong Hun Park, M.D.

Department of Internal Medicine, College of Medicine, Chungnam National University

Young Lee, M.D.

Department of Thoracic Surgery, College of Medicine, Chungnam National University

To assess the effects of regional wall motion abnormalities on left ventricular function, mitral annulus(MA) motion and left ventricular posterior wall(LVPW) motion were studied by M-mode and Doppler echocardiography in 13 normal subjects and 40 mitral valve replaced(MVR) patients.

In MVR patients, mitral annulus motion showed significantly delayed contraction(DC) after A₂ by 3.7 ± 3.0 mm in amplitude and 80 ± 35 msec in time (normal control ; 0.1 ± 0.3 mm, 35 ± 15 msec, $p < 0.01$ for both) and reduction in systolic % thickening of LVPW(39.7 ± 23.6 vs 63.2 ± 18.4 % , $p < 0.01$).

MVR patients were divided into 2 groups according to the amplitude of MA motion, 4mm. Group I (n=13, DC \geq 4mm) showed increased epicardial excursion of LVPW compared with Group II (n=27, DC<4mm) (Group I vs Group II, 11 ± 3.7 vs 8.6 ± 2.6 mm, $p < 0.05$).

In mechanical prosthetic valve replaced patients(n=22), time relationships between valve opening, mitral flow, peak thinning rate of LVPW and valve peak excursion were studied also and the phase differences that are observed in normal subjects, were lost.

We interpreted these delayed contraction of mitral annulus motion and epicardial motion increment as muscle fiber architectural abnormalities which might effect on MVR patients as a factor of left ventricular systolic and diastolic dysfunction.

*본 연구는 1989년 충남대학교병원 임상연구비의 보조를 받은 것임.

KEY WORDS : Mitral annulus motion · Left ventricular posterior wall motion · Mitral valve replacement.

서 론

심실 심근의 수축 및 이완기능의 평가는 승모판 치환수술을 받은 환자의 예후평가에 중요할 뿐만 아니라 인공판막의 기능부전이 있어 재수술을 시행해야 할때^{1,2)}에도 수술시 위험율과 재수술후의 예후에 영향을 미치는 중요한 요인의 하나라 할 수 있어 이의 평가는 의미있는 일이라 할 수 있다. 70년대 초반부터 심초음파가 사용되기 시작하여 승모판 수술후 경과 관찰에도 비관혈적인 검사인 심초음파가 널리 시행되고 있는데 m-mode상 얻어지는 구혈을 또는 fractional shortening은 심실중격운동이 수술후 변하기 때문에 적용하기에는 어려운 점이 있다³⁻⁵⁾. 이에 저자들은 심실 후벽운동⁶⁾과 승모판수술후 국소적 운동(regional wall motion)에 큰 변화를 받을 가능성이 있으리라고 생각되는 승모판막운 운동을 살펴보고 나아가서 이를 통해 심근의 기능을 평가하고자 하였다.

대상 및 방법

대상은 1984년 이후 충남대학교 병원 내과에 입원하여 심도자술등의 검사를 통해 만성 류마치스성 승모판막 질환으로 진단받고 흉부외과에서 승모판 치환술을 받은 환자중 1989년 1월이후 1989년 8월까지 추적가능한 환자 40예와 심장질환이 없는 정상대조군 13예를 대상으로 하였다. 승모판치환을 받은 40예를 판막별로 살펴보면 Ionescu-Shiley 이중조직판막이 14예, Bjork-shiley 기계판막이 22예, St. Jude기계판막이 4예이었다. 환자의 연령분포는 18세에서 68세 사이였고, 남자 16예 여자 24예의 성별분포를 보였다. 승모판치환술을 받은 환자 40예중 9예에서는 대동맥판막 치환술을 동시에 받았고 1예에서는 대동맥판막운성형술 2예에서는 삼첨판막운성형술을 동시에 받은 예들이었다. 개심술후 심초음파도까지 평균 추적기간은 30개월이었고 최저 3개월에서 최고 60개월이었다.

방 법 : Aloka사 880-CW모델의 심초음파기계를 이용하여 심전도 심음도와 함께 M-mode 초음파도를 100

mm/sec의 속도로 기록하였다. M-mode 심초음파도는 parasternal short axis view에서 승모판막 끝 Chordae가 잘 보이는 위치에서 좌심실을 기록하였고 Apical 4 chamber view에서 심첨부로부터 승모판 전엽이 기시하는 부위를 잇는 선상에 cursur를 놓고 승모판막운 운동을 기록하였다. M-mode 심초음파도와 pulsed wave Doppler를 통하여 기록한 승모판 혈류속도를 서로 비교하여 R-R 간격의 차이가 50 msec 이하인 박동들을 골라 A2를 기준으로하여 3개이상의 심박동을 분석하고 이를 평균하였다. 이상의 기록으로 부터 좌심실 후벽운동에서는 A₂부터 심실후벽 최고이완율까지의 시간(A₂-peak-dw/dt), endocardium과 epicardium의 excursion, 후벽의 비후율(% thickening)등을 측정하였고, 승모판막운 운동에서는 급속충혈기 운동의 진폭(Amplitude), 심방수축시 운동의 진폭, 제2심음 대동맥 성분(A₂)부터 peak excursion까지의 시간, A₂부터 peak excursion까지 움직인 거리(delayed contraction의 정도)를 측정하였다(Fig. 1, 2).

Pulsed wave Doppler로 기록한 승모판혈류 속도로 부터 등용이완기(isovolumic relaxation time : IRT), A₂에서 E wave 최고속도까지의 시간간격(A₂-E)을 구하였다. 또한 승모판치환술을 받은 환자중 승모판막 운동의 기록이 M-mode로 비교적 선명히 기록될 수 있었던 기계판막 22예에서는 A₂에서 기계판막의 peak excursion까지의 시간(prosthetic mitral valve에서의 A₂-E 간격)을 측정하였다.

이상과 같이 얻은 시간간격으로 부터 22예의 기계판막 환자에서는 승모판막운의 최고운동점, 승모판 혈류의 시작점, 심실후벽의 peak dw/dt, 기계판막의 최고운동점(E point)등이 일어나는 순서를 비교하여 보았다.

결 과

1. 승모판막운운동

정상 대조군과 승모판막 수술후 승모판막운운동은 Table 1에서 보는 바와 같이 환자군에서 승모판막운의

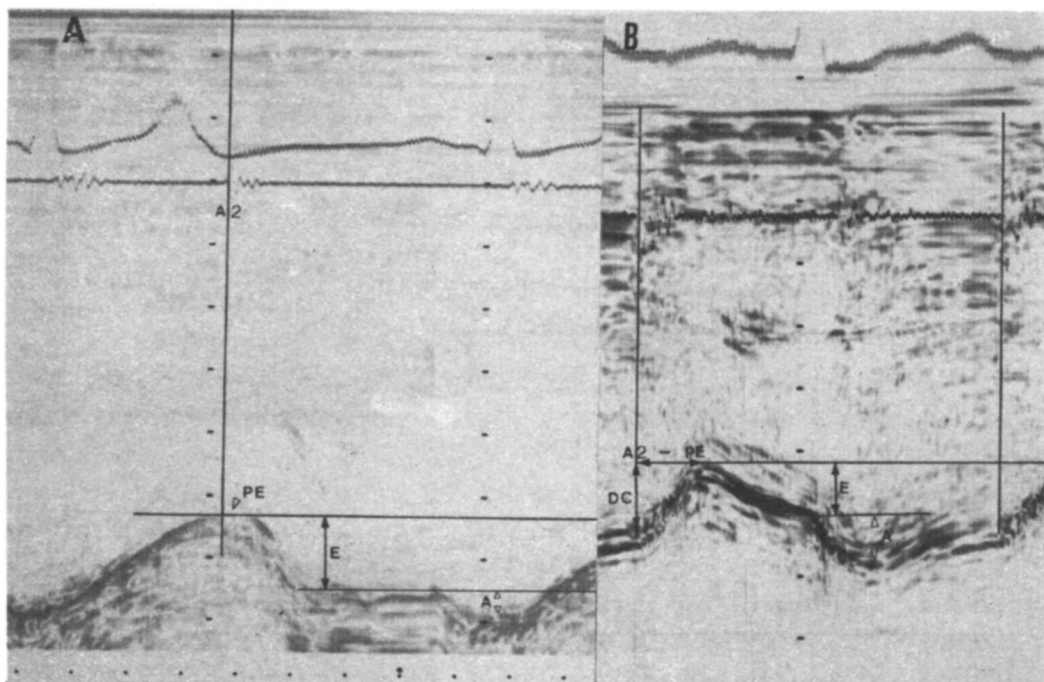


Fig. 1. M mode echocardiogram of anterior mitral anulus motion with ECG and phonocardiogram in a normal subject(A) and patient with mitral valve replacement(B).

A2 : Aortic component of S2 sound

PE : Peak excursion of mitral anulus

E : Early diastolic excursion of mitral anulus

A : Excursion of mitral anulus during atrial contraction

DC : Delayed contraction of mitral anulus, which was observed in MVR patients.

급속충혈기 진폭(E amplitude)은 큰 차이를 보이지 않았으나, 심방수축기 진폭(A amplitude)은 정상군보다 감소되어 있었다($P<0.01$). 이러한 A amplitude의 감소는 수술환자군의 다수에서 관찰되었던 심방세동과 관계가 있을 것으로 생각되었다. 또한 수술환자군에서 정상에서는 볼 수 없었던 delayed contraction을 나타내었다(Fig. 2). 이때 delayed contraction은 A₂ 이후 승모판막 윤 peak excursion까지의 거리로써 측정하였는데 승모판막 수술을 받은 환자에서는 3.7 ± 3.0 mm로써 정상대조군에 비하여 유의한 차이를 보였다($P<0.01$). 이에 따라 A₂-PE도 80 ± 3.5 msec로 유의하게 증가되어 있었다($P<0.01$). Delayed contraction이 4 mm 이상인 군과(Group 1, n=13) 이하인군(Group 2, n=27)으로 나누었을때 A₂-PE는 Group 1과 Group 2 사이에 유의한 차이가 있었다($P<0.01$).

이상과 같이 수술군에서는 비정상적인 delayed con-

traction를 관찰할 수 있었으며 delayed contraction이 심한군에서 A₂와 contraction의 최고점까지의 시간 역시 증가되어 있었다.

2. 좌심실후벽의 운동

수술환자군 전체(n=40)에서 좌심실 후벽의 확장기 두께는 10.6 ± 1.3 mm로 정상 대조군에 비하여 증가되어 있었으나($P<0.01$), 수축기 두께는 유의하지 않았다. 좌심실의 수축력을 반영한다 할 수 있는 % thickening⁵⁾은 수술군에서 $40 \pm 24\%$ 로 정상대조군의 $63 \pm 18\%$ 에 비해 유의하게 감소되어 있었다($P<0.01$).

심실후벽의 심내막의 운동진폭은 13.9 ± 3.5 mm로 정상범위 9~14 mm의 상한선 이었고 심내막과 심외막의 운동진폭비는 1.58 ± 0.59 로 정상대조군의 1.85 ± 0.31 에 비하여 감소되어 있었으나 통계적 유의성은 없었다(Table 2).

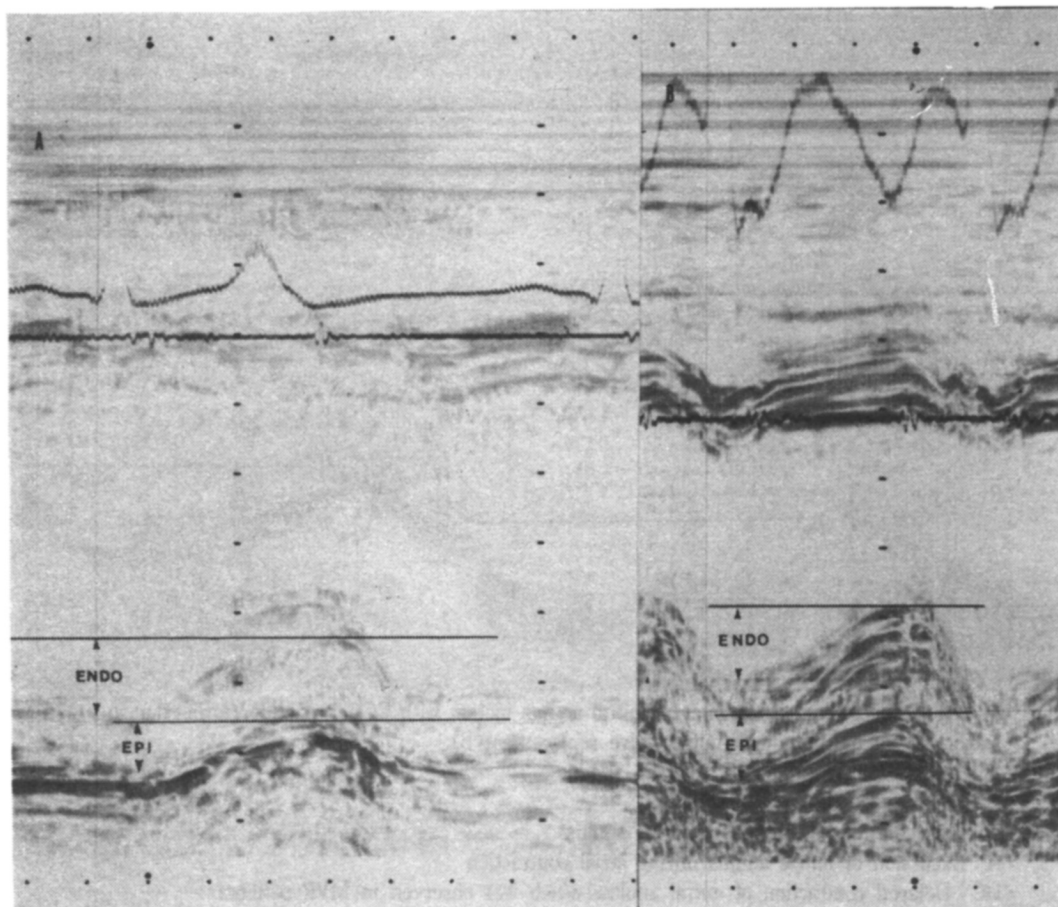


Fig. 2. M-mode echocardiogram of left ventricle in a normal subject (A) and patient with mitral valve replacement (B).

Endo : endocardial excursion

Epi : epicardial excursion

In case B, ratio of Endo/Epi was decreased due to the increase of epicardial excursion.

Table 1. Mitral ring movement

	Control (n=13)	MVR (n=40)	Group I (n=13)	Group II (n=27)
E Amplitude (mm)	9.7 ± 2.7	8.4 ± 2.2	8.3 ± 2.9	8.3 ± 1.8
A Amplitude (mm)	5.7 ± 1.5	$3.2 \pm 1.7^*$	$3.3 \pm 2.0^*$	$3.5 \pm 1.5^*$
A ₂ -PE (peak excursion) (msec)	35 ± 15	$80 \pm 35^*$	$108 \pm 25@^*$	$68 \pm 30^*$

Control : normal control

MVR : patients with mitral valve replacement

Group I : Delayed contraction ≥ 4 mm

Group II : Delayed contraction < 4 mm

* : $P < 0.01$ between control vs MVR

@ : $P < 0.01$ between Group I vs Group II

Table 2. Left ventricular posteior wall movement

	Control (n=13)	MVR (n=40)	Group I (n=13)	Group II (n=27)
Thickness(ed) (mm)	8.2± 1.3	10.6± 1.3*	10.6± 1.3*	10.6± 1.3*
Thickness(es) (mm)	13.5± 2.7	14.6± 2.7	13.8± 2.4	15.0± 2.8
% thickening(%)	63.2± 18.4	39.7± 23.6*	31.0± 25.0*	44.0± 21.0*
Endocardial Excursion(mm)	13.7± 2.3	13.9± 3.5	14.2± 3.4	13.8± 3.6
Epicardial Excursion(mm)	7.7± 1.3	9.4± 3.2	11.0± 3.7*#	8.6± 2.6
Ratio of Endo/Epi	1.85± 0.31	1.58± 0.59	1.34± 0.35*#	1.74± 0.65

* : P<0.01 between Control vs MVR

: P<0.01 between Group I vs Group II

ed : end-diastole

es : end-systole

Table 3. Time intervals in patients with mechanical prosthetic mitral valve

	Mechanical valve patients(n=22)	Control (n=13)
A ₂ -peak excursion(in mitral anulus)	80± 35*	0± 15
IRT(in Doppler)	110± 30*	75± 10
A ₂ -peak dW/dt	110± 25	100± 15
A ₂ -E (in mechanical valve)	120± 30	
A ₂ -E (in Doppler)	180± 35*	135± 20

IRT : isovolumic relaxation time.

peak dW/dt : peak thinning rate of left ventricular posterior wall.

E : peak opening in mechanical mitral valve or peak mitral flow velocity in Doppler.

*P<0.01 between control vs mechanical MVR patients

Control : Normal control

그러나 수술환자군을 승모판막운동이상의 정도에 따라 즉 delayed contraction 4mm를 기준으로 4mm 이상을 Group 1, 미만을 Group 2로 나누었을때, Group 1에서 심외막운동이 Group 2와 비교하여 유의하게 증가되어 있었으며 심내막과 심외막의 운동진폭비(ratio of Endo/Epi)역시 유의한 감소를 나타내었다(표 2 참조, 각각 P<0.05).

이러한 심외막운동진폭의 증가 및 ratio of Endo/Epi는 정상대조군과 Group 1을 비교하였을때 역시 유의하였다(각각 P<0.01).

이상과 같이 승모판막운동의 delayed contraction이 심한 군에서 심실내벽운동의 진폭은 심근의 thickening에 의하여 일어나는 것보다 심근외막의 운동진폭 증가와 동반되어 있는 것을 관찰할 수 있었다. 기계판막

대치술을 받은 환자에서 각종 시간간격 승모판막운동이 선명하게 기록될 수 있었던 기계판막 치환술을 받은 환자중 22명에서의 각종 시간간격들은 표 3에서 보는 바와같다. A₂에서 승모판막의 peak excursion까지 시간은 80± 35 msec로 정상대조군의 0± 15 msec에 비해 크게 증가되어 있었으며 도플러 승모판혈류속도에서 측정된 등용 이완기(IRT)는 110± 30 msec로 75± 10 msec에 비해 유의하게 증가되어 있었다(각각 P<0.01).

A₂에서 심실후벽의 최고이완율까지의 시간(A₂-peakd W/at)는 정상대조군과 비교하여 큰 차이를 보이지 않았으나 A₂에서 승모판혈류속도(A₂-E)까지는 180± 35 msec로 정상 135± 30 msec에 비해 크게 증가되어 있었다(P<0.01).

또한 정상에서 각 부위의 운동의 시점이 일어나는 순서는 표 3에서 보는 바와 같이 승모판막운의 최고 운동점(PE), 승모판혈류의 시작, 심실후벽의 최고 이완율을 보이는 점(peak/dw/dt), 그리고 승모판혈류의 최고속도(E point in Doppler)로 순서가 분명한 데 반하여 기계판막치환술을 환자들에서 도플러상 승모판혈류의 시작점과 심실후벽의 최고이완율점, 기계판막의 최고운동점등의 순서가 확인하지 않았으며 승모판혈류의 최고속도의 시점은 뒤에서 일어나고 있었다.

또한 승모판혈류의 최고시점(E point in Doppler)이 기계판막의 최고개구점(E point)에 비해 60 ± 30 msec 뒤이어 일어나고 있었으며 좌심실내 혈류가 와류를 형성하는 경우가 많음을 관찰할 수 있었다.

고 안

심장판막 치환술이 성공적으로 시행된지 20년이 넘는 현시점에서 인공판막의 부전은 앞으로 증가될 것으로 보인다. 만성판막질환의 예후는 수술시기 결정에 크게 달려 있으며 수술시기 결정에는 심근의 수축력 및 기능의 평가가 큰 요인의 하나라고 말할 수 있다⁶⁾. 특히 재수술의 경우 심실기능은 수술예후와 관련되는 가장 중요한 요인의 하나라고 할 수 있겠다. 심초음파를 이용하여 좌심실의 기능을 평가하는 방법으로 내경의 변화율이나 최고출혈율의 측정등 여러가지를 들 수 있으나, 심실의 기능은 심실벽의 운동에 의하여 이루어지는 점⁵⁾을 생각할때 심실벽 운동의 직접적 관찰은 힘과 심근수축과의 기본적인 개념을 줄 수 있을 것이다. 심실후벽의 운동은 균일한 구조를 지닌 단순한 기하학적 구조물의 운동이 아니며 부위에 따라 운동의 양상이 다른 특성을 지니고 있다^{7,8)}.

한편 심실후벽의 운동과 심실중격의 운동을 비교하여 보면 심실중격은 좌심실의 수축력이라는 요인 이외에도 우심실의 용적, 압력상태, 심낭 및 호흡에 의한 영향을 심실후벽보다 많이 받는다^{9,10)}. 이에 저자들은 심실후벽의 움직임을 관찰하여 심실의 수축기 기능을 평가하고자 하였다.

심초음파를 검사하는 사람들에게 정상인의 좌심실에서 심장벽의 움직임이나 내경의 변화가 부위에 따라 다르다는 것은 새로운 사실이 아니다. 따라서 심실내경이나 심실후벽의 두께를 측정하는 표준부위를 정하

고 있는 실정이다. 이와같이 정상에서도 부위에 따른 nonuniformity가 존재하고 있다⁹⁾. 본 연구에서는 심장수술후 변화가 심할것으로 예상되는 승모판막운운동을 국소적운동의 예로 삼아 이 부위를 관찰하고 심실후벽운동과 서로 비교함으로써 심근운동의역학적인 면을 살펴보고자 하였다.

정상에서 승모판막운운동은 수축기에 심첨부를 향하고 확장기에는 심기저부를 향하여 운동하며 기저부와 심장의 심첨부를 잇는 축은 비교적 변동이 없다¹¹⁾. 또한 확장성 심근증에서 승모판막운운동은 저하되어 있고 승모판혈류와 폐정맥혈류의 변화가 관찰됨으로써 승모판막운운동이 좌심실출혈이나 수축기 좌심방출혈과 관계있을 밝혀진 바 있다¹²⁾.

심실의 근섬유는 심기저부를 출발하여 나선형으로 심첨부를 돌아 다시 내측으로 들어가 심기저부에 붙는 복잡한 구조를 지니고 있어 정상 심실의 경우라도 각 부위의 운동을 단일화하여 표현하기는 매우 어렵다^{11,13)}. 일반적으로 심실의 운동을 측정하는 방법으로 심실조영촬영에 의한 방법, 동위원소를 이용한 방법, 에코도를 이용한 방법등이 있다. 이중 M-mode 초음파의 장점은 국소적인 점의 운동을 시간에 대해 대해 거의 연속적으로 기록할 수 있는 장점이 있다.

동물실험에서 myocardial reperfusion시 심근 두께의 변화로 관찰되는 post ischemic dysfunction^{14,15)}에서 수술군의 승모판막운 운동이상과 유사한 현상을 관찰할수 있는 점은 흥미를 끈다. 이러한 가역적인 허혈성 변화후 나타나는 소위 심근의 "stunning"은 수축기 기능의 변화 뿐 만아니라 확장기 기능이상을 동반한다¹⁴⁾. 수술환자군에서 심근의 비후율(% thickening)은 감소되어 있었음에도 불구하고 좌심실후벽 운동의 진폭 즉 심내막 운동 진폭은 감소되어 있지 않았고 특히 승모판막운 운동이상이 심한군에 심외막 운동진폭이 증가되어 있음은 수술후 일부환자에서 수축시 심근의 운동이 circumferential 한 방향으로 증가되어 있음을 시사한다. 정상에서 심외막의 내측운동량은 심실의 방실윤으로 부터 심첨부쪽으로 이동할 수록 줄어든다. Papillary muscle level에서 심실 내경의 감소는 거의 심실벽의 비후에 기인하고 있으나 기저부에서는 심실벽의 두꺼워짐이 적은 점이 심외막의 내측운동에 의해 보상되고 있다고 보고된 바 있다⁹⁾.

승모판막운이상이 심한군에서 관찰된 심외막의 내

측운동 증가는 심실 내경의 변화에 보상적 기능을 하고 있는 것으로 생각되었으며 확장기 기능과 관련된 임상적 의의는 앞으로 관심을 가지고 살펴보아야 할 과제로 생각된다.

심근의 thickening 및 thinning rate의 국소적 변화는 심근섬유의 방향이 다른 결과에 의한 것과 섬유자체의 국소적 기질적 변화에 의한것 2가지로 나누어 생각하고자 하였다. 전자의 예로는 판막과 chordae를 통해 연결되어 있던 longitudinal fiber가 판막치환술로 인해 판막윤과 연계를 상실함으로써 장축상에 일어날 수 있는 변화이고 후자의 예로는 수술전 또는 수술시 일어날 수 있는 허혈성 또는 기타의 손상으로 인한 심근의 섬유화에 따른 근육자체의 변화를 들 수 있다. 바꾸어 말하자면 수술후 심내막·심외막의 운동비가 낮아짐은 심근수축에 장애가 있음을 나타내고 심근섬유의 insertion 부위인 심기저부의 변화로 인하여 longitudinal fiber가 약해지고 circumferential fiber와 협력에 장애가 있는 것으로 해석하였다.

기계판막에서 승모판막 최고개구시점과 pulsed wave Doppler로 측정된 승모판 혈류의 최고시점과는 평균에서 약 75msec의 지연을 보였는데 pulsed wave Doppler의 기계적 지연에 따른 10~15 msec를 계산하더라도 최소한 50msec 이상의 지연을 뜻한다. 이는 sample volume의 위치에 따라 혈류의 최고속도에 이르는데 시간차이가 있을 수 있는점 즉 승모판막 입구에서부터 혈류가 가속되어 최고 속도를 나타내고 깨끗한 Doppler envelope를 나타내는 부위까지는 승모판막입구로 부터 얼마간의 거리가 있음을 시사한다. 근간에 발표된 color flow mapping study¹⁶⁾를 보면 인공판막의 심실강내 혈류방향은 정상혈류와 다르고 판막의 종류에 따라 다르다. 본 연구에서도 tilting disc valve의 경우 sample volume을 판막개구부에서 혈류방향의 중앙에 놓고 도플러 측정시 와류가 관찰되어 최고 승모판혈류속도 점을 측정하기 어려운 경우가 많았다.

판막의 움직임을 관찰할 수 있었던 기계판막치환 환자에서 승모판혈류의 시작점, 판막의 움직임 및 심실후벽의 최고이완율점(point of peak thinning rate)의 순서가 정상과는 달리 확연히 구별되지 않았다. 이점은 정상에서 좌심실 후벽의 운동이 복원력(restoring forces)으로 작용하여 급속충혈기에서 승모판혈류에 영

향을 미치고 있는데 반하여¹⁷⁾ 판막치환술을 받은 환자에서는 판막의 움직임이나 좌심실 후벽의 운동이 거의 동시에 승모판혈류에 의해 수동적운동을 하고 있는 것으로 해석하였다.

결 론

승모판치환술을 받은 환자 40예에서 승모판혈류를 관찰한 바를 요약하면 승모판막운 운동에서는 동물실험에서 관찰된 소위 "Stunned" myocardium과 유사한 delayed contraction을 관찰할 수 있었고 이러한 변화가 심한군에서 심실내막 운동의 진폭은 심실벽의 thickening에 의해 이루어지기 보다는 Epicardium의 운동이 증가하여 sphincter같은 운동으로 보상되고 있었다. 각 부위운동의 시간간격을 살펴보았을때 심실후벽의 최대 thinning rate와 기계판막의 최대개구점이 거의 동시에 일어나고 있어 정상에서 작용하고 있는 위상차가 발견되지 않았으며 이는 급속충혈기 심실운동이 혈류에 의해 수동적으로 움직이는 것으로 해석되었다.

이상과 같은 국소적운동 이상은 판막 수술을 받은 환자들의 심장움직임을 관찰시 고려해야할 요소로 생각되었고 승모판혈류와 관련하여 확장기 기능과의 관계를 앞으로 관심을 가지고 주시할 과제로 생각되었다.

References

- 1) McLung JA, Stein JA, Ambrose JA, Herman MV, Reed GE : *Prosthetic heart valves : a review. Prog Cardiovasc Dis* 26 : 237, 1983
- 2) Ionescu MI, Tandon AP, Chidambaram M, Yakirevich VS, Silvertown NP : *Durability of pericardial valve. Eur Heart J* 5(Suppl D) : 101, 1984
- 3) Gibson DG, Brown DJ : *Measurement of instantaneous left ventricular dimension and filling rate in man, using echocardiography. Br Heart J* 35 : 1141, 1973
- 4) St John Sutton MG, Trail TA, Ghafour AS : *Echocardiographic assessment of left ventricular filling after mitral valve surgery. Br Heart J* 39 : 1283, 1977
- 5) Upton MT, Gibson DG : *The study of left ventricular function from digitized echocardiograms. Prog Cardiovasc Dis* 20 : 359, 1978

- 6) 박종훈 · 이영우 : 만성판막질환에서 좌심실 수축력에 관한 연구. 순환기 14 : 215, 1984
- 7) Gibson DG, Brown DJ : Continuous assessment of left ventricular shape in man. *Br Heart J* 37 : 904, 1975
- 8) Dumesnil JG, Shoucri RM, Laurenceau JL, Turcot J : A methmetical model of the dynamic geometry of the intact ventricle and its application to clinical data. *Circulation* 59 : 1024, 1979
- 9) Shapiro E, Marier DL, St John Sutton MG, Gibson DG : Regional non uniformity of wall dynamics in normal left ventricle. *Br Heart J* 45 : 264, 1981
- 10) Hui WKK, Gibson DG : The dynamics of rapid left ventricular filling. *Adv Cardiol* 32 : 7, 1985
- 11) Little RC : Physical characteristics and functional significance of cardiac structure in *Physiology of the heart circulation* 3rd ed. Chicago, Year Book Medical publishers Inc., p19, 1985
- 12) Keren G, Sonnenblick EH, LeJemtel TH : Mitral anulus motion : Relation to pulmonary venous and transmitral flows in normal subjects and in patients with dilated cardiomyopathy. *Circulation* 78 : 621, 1988
- 13) Greenbaum RA, Ho SY, Gibson DG, Becker AE, Anderson RH : Left ventricular fibre architecture in man. *Br Heart J* 45 : 248, 1981
- 14) Braunwald E, Kloner RA : The stunned myocardium : Prolonged, postischemic ventricular dysfunction. *Circulation* 66 : 146, 1982
- 15) Charlat ML, O'neil PG, Hartley CJ, Roberts R, Bolli R : Prolonged abnormalities of left ventricular diastolic wall thinning in the "Stunned" myocardium in conscious dogs : Time course and relation to systolic function. *JACC* 13 : 185, 1989
- 16) Jones M, Eidbo EE : Doppler color flow evaluation of prosthetic mitral valves : Experimental epicardial studies. *JACC* 13 : 234, 1989
- 17) Park CH, Chow WH, Gibson DG : Phase differences between left ventricular wall motion and transmitral flow in man : evidence for involvement of ventricular restoring forces in normal rapid filling. *Int J Cardiol* 24 : 347, 1989