

## 승모판막질환에서의 좌심실 장축운동의 기능적 의의\*

충남대학교 의과대학 내과학교실, 흉부외과학교실\*

전은석 · 박기남 · 광병수 · 구대회 · 김백수

최용석 · 박종훈 · 임승평\* · 이 영\*

= Abstract =

### Functional Importance of Left Ventricular Long Axis Movement in Mitral Valvular Heart Disease

Eun Seok Jeon, M.D., Ki Nam Park, M.D., Byung Su Kwak, M.D.,  
Dae Hoe Ku, M.D., Baek Su Kim, M.D., Yong Seok Choi, M.D.,  
Chong Hun Park, M.D., Seung-Pyung Lim, M.D.\*, Young Lee, M.D.\*

*Department of Internal Medicine, Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery\*,  
College of Medicine, Chungnam National University*

**Background :** The effective ventricular function during ejection and filling is likely to depend on the coordinated action of the longitudinally and circumferentially orientated myocardial fibers and the function of these longitudinal fibers has not been extensively studied.

**Methods :** The role of longitudinally and circumferentially orientated fibers in left ventricular wall motion was evaluated by M-mode echocardiograms of the mitral ring(whose motion reflect long axis change) and the standard minor axis(left ventricular posterior wall), simultaneous recordings of phonocardiograms and electrocardiograms on the paper (speed 100mm/sec), in 24 healthy individuals, 17 patients with mitral stenosis, 11 patients with open mitral commissurotomy and 17 mitral valve replaced patients.

**Results :** In the controls long axis shortening significantly preceded minor axis shortening (phase difference between two axes :  $20 \pm 3$  msec, mean  $\pm$  SEM) during early systole, indicating left ventricle become more spherical. This phase difference was also observed in the patients with mitral stenosis and in those with open mitral commissurotomy. In patients with mitral valve replacement(MVR) whose papillary muscles had been sectioned, the onset of long axis shortening was more delayed during early systole than that of short axis ( $-33 \pm 6$  msec) and the end of shortening was also prolonged to early diastole more than that of normal controls ( $54 \pm 3$  msec vs  $90 \pm 8$  msec, mean  $\pm$  SEM,  $p < 0.01$  by t-test).

---

\*본 논문은 1991년도 충남대학교병원 임상연구비 보조를 받은 것임.

**Conclusion :** We observed the time relations between long and short axis motion in normal controls. It can be concluded that the reversed time relation in patient with MVR is one of the important factors which may effect negatively on ventricular function and long-term prognosis, thus the surgical procedures to preserve papillary annular continuity should be considered in patients with mitral valvular disease. And the controlled, prospective, clinical trials with homogenous groups of patients are needed to evaluate the potential benefits of papillary annular continuity in preserving atrio-ventricular interaction in patients undergoing mitral valvular surgery.

**KEY WORDS :** Mitral annulus motion · Mitral valvular disease · Echocardiography.

## 서 론

좌심실의 구조는 longitudinal fiber와 circumferential fiber가 지역에 따라 서로 각도를 달리하면서 구성되어 있고<sup>1,2)</sup>, 좌심실의 효과적인 수축, 이완기능은 이들 섬유의 상호 협동작용(coordination action)에 의해 이루어지며 두 축간의 운동에는 정상적으로 위상차가 존재함은 실험적으로 보고되어 있으나, 임상적으로 양축간의 관계를 서술한 보고는 거의 없다<sup>3-6)</sup>. 이에 저자들은 심초음파도를 이용하여 좌심실 두축사이의 운동을 비교하여 정상인에서의 축간 위상차(phase difference)를 측정하고 승모판막질환에서 수술 방법에 따른 변화

를 비교관찰하여 심근섬유의 구조와 방향의 변화가 장축운동에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

## 연구대상 및 방법

정상대조군은 임상적으로 증상이 없고 심전도 및 흉부 X-선 소견상 병변이 없는 24명으로 하였고, 승모판협착증 17예, 교련절개술을 시행한 환자 11예, 승모판대치술을 시행한 환자 17예를 대상으로 하였으며, 각 군의 성별 및 연령분포는 표 1과 같다.

M-mode 심초음파도는 환자가 좌측으로 비스듬이 누운 상태에서 Aloka 880-CW기계로 2.5MHz 또는 3.5MHz 탐촉자를 사용하여 심전도 및 심음

Table 1. Echocardiographic variables of the patients

	Controls (n=24)	MS (n=17)	OMC (n=11)	MVR (n=17)	p-value
Age	34±3	40±3	41±2	46±7	NS
Sex(M/F)	11/13	5/12	1/10	6/11	NS*
No.of Af	0	6	2	16	<0.01*
HR(bpm)	75±2	77±3	77±3	74±3	NS
LVSD(mm)	35±1	34±2	36±2	38±2	NS
LVDD(mm)	51±1	50±2	51±2	50±2	NS
FS(%)	32±3	31±3	29±2	25±3	<0.01
LA(mm)	34±1	53±3	46±2	57±3	<0.01
Ao(mm)	31±1	31±1	32±1	30±1	NS

Mean±SEM

p-value obtained by ANOVA \*p-value obtained by chi-square

MS : patients with mitral stenosis      FS : fractional shortening  
 OMC : patients after open mitral commissurotomy      M : male  
 MVR : patients after mitral valve replacement      F : female  
 No. of Af : number of atrial fibrillation      HR : heart rate  
 LVSD : left ventricular end-systolic dimension      LA : left atrial dimension  
 LVDD : left ventricular end-diastolic dimension      Ao : aorta dimension

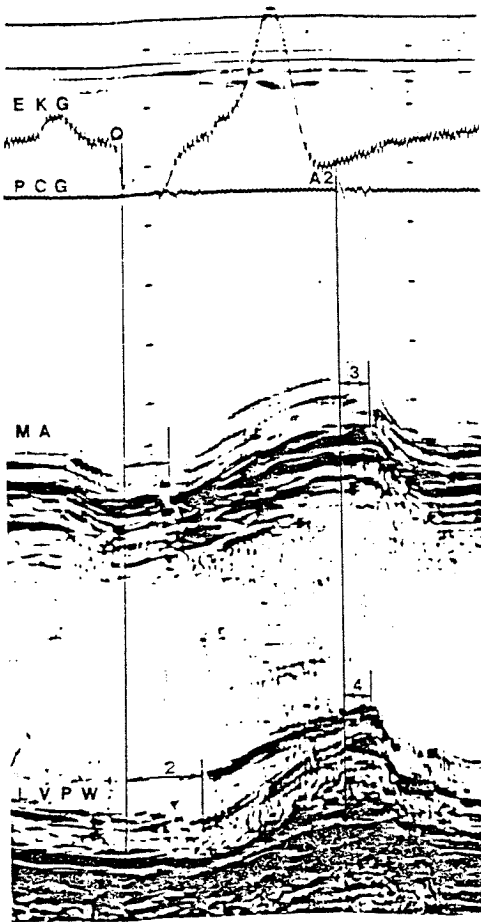


Fig. 1. Normal phase difference between short and long axis. (Q-onset of shortening in (1) long axis(MA: mitral annulus), (2) short axis (LVPW: left ventricular posterior wall). A<sub>2</sub>-end of shortening in (3) long axis, (4) short axis: The onset of shortening in long axis precede that of short axis and there is no phase difference in end of shortening between long and short axis)

도를 종속속도 100mm/sec로 동시에 기록하였다. 좌심실의 단축운동은 흉골연 단축단면상에서 2면성 심초음파도로 승모판막 바로 아래의 위치를 확인하여 좌심실 후벽을, 장축운동은 심첨 4방 단면도에서 M-mode cursor를 승모판막과 직선상태에 위치시킨 후 그 운동을 100mm/sec의 속도로 심전도, 심음도와 동시에 기록하였다. 장축과 단축운동을 기록한 초음파도 중 정상동조율 또는 심방세동의 심전도 상 R-R 간격이 100msec이상

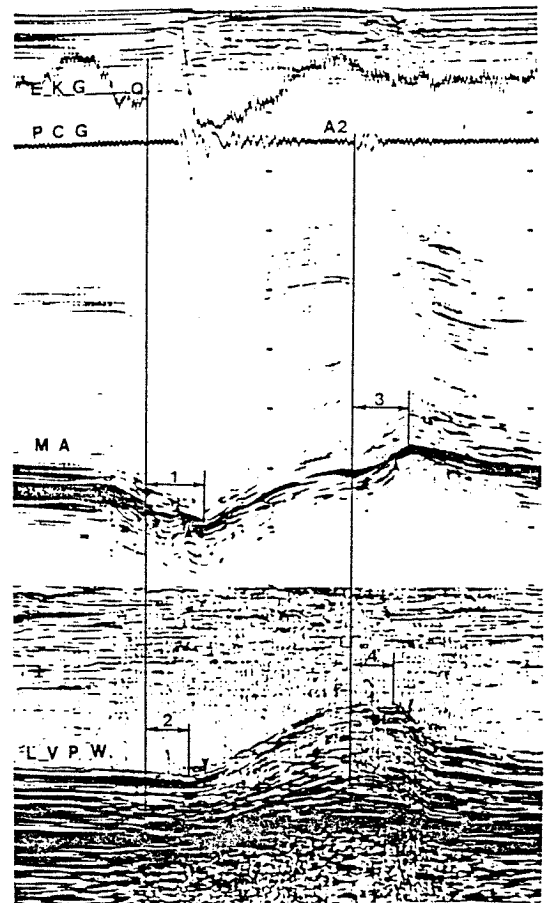


Fig. 2. Phase difference in MVR patient. (Q-onset of shortening in (1) long axis, (2) short axis. A<sub>2</sub>-end of shortening in (3) long axis, (4) short axis: The phase difference is reversed, onset of shortening in long axis was later than that of short axis, and there is also delayed end of shortening in long axis)

차이가 나지 않는 심박주기를 골라 3개이상 측정하여 그 평균치를 서로 비교 분석하였다.

본 연구에서 사용한 장단축 운동의 척도들은 다음과 같다(Fig. 1).

1) 좌심실 수축기 및 확장기내경, 단축율(fractional shortening), 좌심방 내경.

2) 심전도 Q파에서 장단축의 수축시작점까지의 시간간격(Q-onset of shortening).

3) 심음도의 A<sub>2</sub>로부터 장단축의 최저내경까지의 시간간격(A<sub>2</sub>-end of shortening).

4) 장단축사이의 Q-onset of shortening의 위치상

(phase difference).

모든 자료는 평균±표준오차로 표시하였고 각 군사이의 통계처리는 ANOVA 또는 student's t-test로, 분율자료는 chi-square test로 하였으며 p값이 0.01이하인 경우 통계적 유의성을 인정하였다.

## 결 과

정상대조군과 환자군 사이의 좌심실 수축기 및 이완기 내경의 차이는 없었으나 단축율은 승모판 대치술 환자에서 감소되었고(Table 1,  $32\pm 3\%$  vs  $25\pm 3\%$ ,  $p<0.01$  by t-test), 좌심실 내경 및 심방

세동의 빈도는 환자군에서 증가되어 있었다(Table 1).

정상대조군에서 좌심실의 장축운동은 단축운동보다 20msec정도 먼저 시작되었고(Fig. 1). 승모판협착증과 교련절개술은 받은 환자군에서는 장축운동의 위상차는 존재하였으나, 승모판대치술 환자군에서는 장축이 단축보다 33msec 늦게 시작되어 축간의 운동위상차가 역전되었고(Table 2, Fig. 2,  $20\pm 3\text{msec}$  vs  $-33\pm 8\text{msec}$ ,  $p<0.001$  by t-test), 승모판협착증군에서 단축과 장축의 운동은 정상대조군에 비해 늦게 시작 되었으나(Table 2, Fig. 3,  $105\pm 5\text{msec}$  vs  $119\pm 5\text{msec}$ ,  $86\pm 3\text{msec}$  vs  $103\pm 5\text{msec}$ ,  $p<0.01$  by t-test respectively), 교련

Table 2. Comparison of time intervals between long and short axis

	Controls	MS	OMC	MVR	p-value*
Q-onset of shortening(msec)					
short axis	$105\pm 5$	$119\pm 5$	$100\pm 7$	$80\pm 5$	$<0.01$
long axis	$86\pm 3$	$103\pm 5$	$85\pm 7$	$114\pm 6$	$<0.01$
phase difference	$20\pm 3$	$16\pm 6$	$15\pm 3$	$-33\pm 8$	$<0.01$
A2-end of shortening(msec)					
short axis	$45\pm 3$	$49\pm 5$	$58\pm 4$	$61\pm 6$	$<0.01$
long axis	$54\pm 3$	$63\pm 4$	$74\pm 7$	$90\pm 8$	$<0.01$

Mean±SEM \*p-value obtained by ANOVA

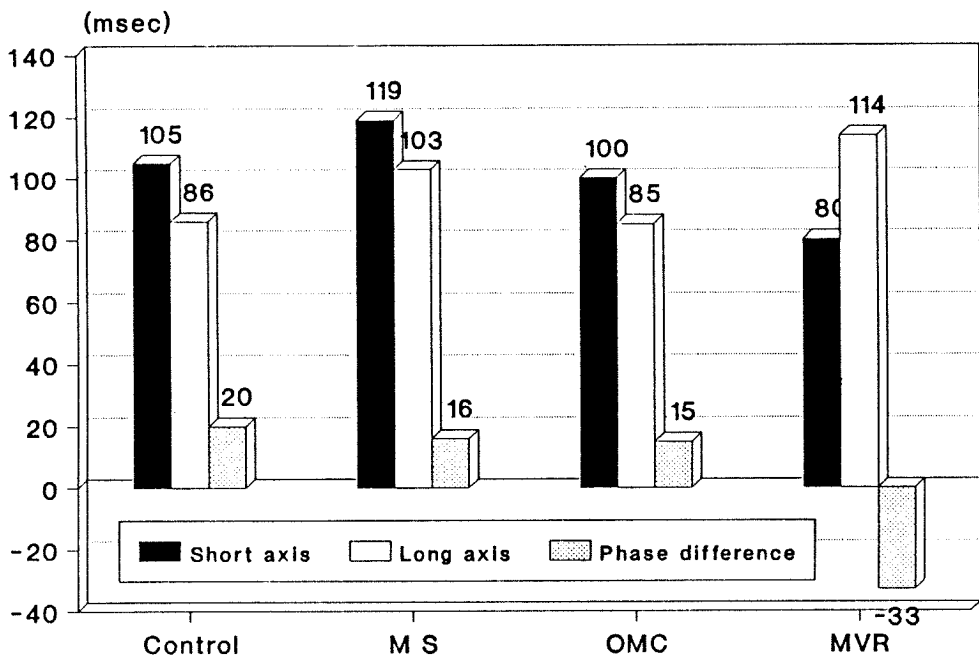


Fig. 3. Comparison of Q-onset of shortening between groups.

절개술 환자군은 대조군과 차이가 없었다(Table 2, Fig. 3).

정상대조군에서 A<sub>2</sub>-end of shortening의 시간간격은 양축간의 의미있는 차이를 보이지 않았으나 (Table 2, Fig. 1, Fig. 4, 45±3msec, 54±3msec), 승모판 대치술 환자군에서는 대조군에 비해 단축 61±6msec, 장축 90±8msec로 의미있는 지연이 관찰 되었다(Table 2, Fig. 2, Fig. 4, p<0.01 by t-test).

## 고 안

좌심실을 구성하고 있는 장축방향의 심근섬유는 심내막 하부에서 trabecula와 유두근을 형성하고 있으며 심실의 지역에 따른 심근섬유의 분포가 심실 부위에 따라 비균일하고 이에 따라 심실의 curvature도 달라지며<sup>1)</sup>, 좌심실의 수축기 초기에 장축방향의 유두근이 가장 먼저 수축하여 심실의 모양이 타원형에서 보다 원형으로 되어<sup>3,5)</sup> 심실 중앙부가 늘어나 전체 심실의 용적은 증가하며<sup>7)</sup>, 장축에 따라 수축기 동안 심장의 기저부에서 심

침부로 갈수록 심근의 단축율(fractional shortening)<sup>8)</sup>과 심근의 두께가 증가하는<sup>9)</sup> 심근수축의 비균일성(nonuniformity)이 실험적으로 알려져 있으나, 임상적으로 두축의 상관관계에 대한 연구는 거의 없다<sup>6,10)</sup>. 본 연구에서 내측승모판윤과 심침부를 잇는 선을 장축운동을 나타내는 축으로 가정하였는데 심침부는 수축과 이완시에 거의 고정되어 있어 장단축의 운동을 심초음파도로 비교적 쉽게 얻을 수 있었고, 수축기 초기 장축의 운동 시작점이 단축의 시작점보다 정상인에서 20msec 정도 먼저 시작되었고, 이는 실험적으로 유두근 부위가 가장 먼저 수축한다는 보고<sup>3)</sup>와 장축의 수축이 단축보다 25msec정도 선행한다는 Jones 등<sup>6)</sup>의 연구와 일치하였다.

Jones 등은<sup>6)</sup> 승모판협착환자군에서도 장단축의 운동이 역전된다고 보고하였으나, 본 연구에서는 정상군과 차이가 없었고, 승모판 교련절개술 환자군 역시 장단축운동의 역전은 관찰되지 않았다. Pitrays 등은<sup>11)</sup> 승모판협착증 환자에서 수술 후 유두근부위의 국소적 벽운동이 수술 전 보다 좋아진 예를 보고하였는데 이는 승모판 하부 조직의

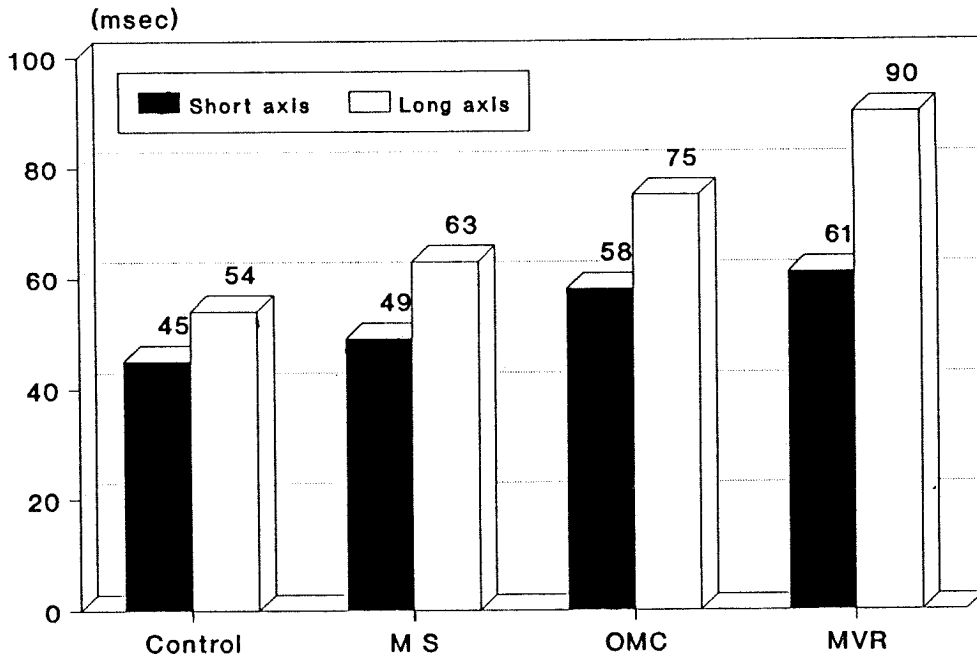


Fig. 4. Comparison of A<sub>2</sub>-end of shortening between groups.

rheumatic involvement 정도가 그 부위의 벽운동에 관여하기 때문이라 추정하였다. 본 연구결과와 Jones 등의 결과<sup>6)</sup>와의 차이는 승모판 하부조직의 병변 여부 및 환자 구성의 차이에 기인한 것으로 생각되며 이는 하부구조의 병변정도를 좀 더 세분하여 보다 많은 환자를 대상으로 연구되어야 할 것으로 생각된다.

유두근 절제를 동반하는 승모판 대치술후 좌심실의 기능부전에 관한 실험적 또는 임상적 보고<sup>11-19)</sup>에 의하면 mitral valve apparatus는 심실 전체 또는 국소부위의 contractile function에 기여하며, 판막성형술 등의 유두근을 절제하지 않는 경우에 비해 승모판대치술 후 환자의 단기 또는 장기예후에 관여하는 중요한 인자로 보고되고 있다<sup>11,19-22)</sup>. 실험적으로 건삭(chordae tendinae)을 제거하면 좌심실의 maximal elastance가 감소하여 좌심실의 intrinsic contractile function이 저하되며 유두근 절제 후 isovolumetric contraction 시기에 유두근 절제 부위가 bulging 되어 좌심실의 전체 geometry가 변화하고<sup>16-18)</sup>, 국소적으로 유두근 절제 부위의 좌심실 volume elastance 감소가 전체 좌심실의 수축 기능부전의 원인이 되며<sup>23)</sup>, 유두근 절제를 시행한 승모판 대치술 후 midventricular rupture가 이러한 이유에서 발생한다고 설명되고 있다<sup>24)</sup>. 본 연구에서도 승모판 대치술 환자군에서 정상대조군과는 반대로 수축기 초기에 장축운동이 단축운동 보다 지연됨이 관찰 되었고 이는 Jones 등의 보고<sup>6)</sup>와 일치하며 수축기 초기의 지연된 장축운동은 확장기 초기까지 지속되고 있어 장축섬유의 일부인 유두근 절제가 그 원인이 됨을 간접적으로 알 수 있었다.

수술 후 유두근 절제등에 의한 국소적 수축기능부전은 일반적으로 좌심실의 다른 부위에 의한 보상으로 전체 좌심실의 수축기능(global contractile function)은 유지되기도 하지만 Pitrays 등은<sup>11)</sup> 수술 후 10년 지난 환자에서도 국소적 좌심기전이 존재함을 관찰하여 유두근 절제는 장기적 또는 영구적인 국소기능 부전을 초래한다고 하였고, Goldman 등은<sup>19)</sup> 국소적 또는 전체적 좌심기능이 유두근 절제시 수술 직후에 발생함을 심초음파로 증명하여 승모판 또는 교련성형술이 판막대치술 보다 효과적임을 주장하였으며, Panageorge 등은

<sup>25)</sup> 판막성형술 후 심내막염, 혈전색전증, 출혈등의 대치술 후의 합병증의 빈도가 현저히 떨어짐을 보고하여 판막성형술의 시술이 보다 효과적, 경제적인 방법이라고 보고하였다.

이상의 결과에서 장단축운동의 위상차는 흔히 좌심실의 전체 기능을 반영하는 단축운동의 지표보다 국소 벽운동의 이상을 잘 반영하는 지표로 사용될 수 있고, mitral apparatus의 기능 역시 전체 좌심기능유지와 수술 후 장단기 예후를 결정하는 중요한 인자로 판막성형술 등의 수술방법을 시행하여 mitral apparatus의 integrity를 유지하려는 노력이 필요할 것으로 생각된다. 또 효과적인 좌심실의 기능을 유지하기 위하여 심근을 구성하는 각 층의 심근섬유들의 상호작용이 중요함에도 불구하고 서로 다른 orientation을 가진 심근섬유들이 심근 수축기능에 기여하는 정도에 관한 임상적 연구는 거의 없고, 심초음파도를 이용한 비관혈적 방법으로 규명되는 양축 심근섬유의 운동이 실질적으로 혈류순환에 미치는 영향은 증명되지 않아 더 많은 환자를 대상으로 판막조직의 integrity가 유지되는 시술이 심실 수축기능에 기여하는 정도를 규명할 수 있는 controlled, prospective study가 필요할 것으로 생각된다.

## 요 약

연구배경: 좌심실의 구조는 longitudinal fiber와 circumferential fiber가 지역에 따라 서로 각도를 달리하면서 구성되어 있고, 이들 섬유의 상호 협동작용(coordinated action)에 의해 효과적인 심실 기능이 유지되나 이들 상호관계에 대한 연구는 많지 않아 심초음파도를 이용, 좌심실 두 축사이의 운동을 비교하여 정상인에서의 축간 위상차를 측정하고 승모판막질환에서 수술 방법에 따른 변화를 비교관찰하여 심근섬유의 구조와 방향의 변화가 장축운동에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

연구방법: 심초음파를 이용하여 좌심실의 단축운동은 좌흉골연 단축 단면도에서 좌심실후벽을, 장축운동은 심첨 4방단면도에서 승모판윤운동을 심전도와 심음도를 동시에 100mm/sec의 속도로 기록하여 양 축의 운동을 비교 분석하였다.

결과: 정상대조군에서 장축은 단축보다 20

msec정도 먼저 수축이 시작되나 유두근이 제거된 승모판대치술 환자군에서는 장축의 수축이 단축보다 33msec정도 늦게 시작되었고, 심음도 A<sub>2</sub> 이후 end of shortening 까지의 시간 역시 승모판막 대치술 환자군에서 정상 54msec보다 지연된 90 msec로 delayed contraction함을 알 수 있었다.

결론 : 이상의 결과에서 정상적으로 심실 두 축간의 위상차가 존재하고 장축섬유의 일부인 유두근이 제거된 승모판대치술 후 환자에서 관찰된 위상차의 역전은 수술 후 좌심실 수축기능 저하 및 장기예후에 영향을 주는 한 요인으로 생각되어 수술 시 mitral apparatus의 integrity를 유지하려는 노력이 필요할 것으로 생각되었다.

## References

- 1) Greenbaum RA, Ho SY, Becker AE, Anderson RH : *Left ventricular fibre architecture in man. Br Heart J* 45 : 248, 1981
- 2) Streeter DD, Spotnitz HM, Patel DP, Ross J Jr., Sonnenblick EH : *Fibre in the canine left ventricle during diastole and systole. Circ Res* 24 : 339, 1964
- 3) Rushmer RF : *The initial phase of ventricular systole : asynchronous contraction. Am J Physiol* 184 : 188, 1956
- 4) Lankin JS, McHale PA, Arentzen CE, Ling D, Greenfield JC, Anderson RW : *The three-dimensional geometry of the left ventricle in the conscious dog. Circ Res* 39 : 304, 1976
- 5) Dumesnil JG, Shoucri RM, Laurenceau JL, Turcot J : *A mathematical model of the dynamic geometry of the intact left ventricle and its application to clinical data. Circulation* 59 : 1024, 1979
- 6) Jones CJH, Raposo L, Gibson DG : *Functional importance of the long axis dynamics of the human left ventricle. Br Heart J* 63 : 215, 1990
- 7) David TE, Straus HD, Mesher E, Anderson MJ, MacDonald IL, Buda AJ : *Is it importance to preserve the chordae tendinae and papillary muscles during mitral valve replacement? Can J Surg* 24 : 2136, 1981
- 8) Haendchen RV, Wyatt HL, Maurer G : *Quantitation of regional cardiac function by two-dimensional echocardiography. Circulation* 67 : 1234, 1983
- 9) Nieminen M, Parisi AF, O'Boyle FE, Folland ED, Khuri S, Kloner PA : *Serial evaluation of myocardial thickening and thinning in acute experimental infarction : identification and quantification using two-dimensional echocardiography. Circulation* 66 : 174, 1982
- 10) 박종훈 · 전은석 · 구대회 : 좌심실 장축 운동의 기능적 의의(I). *충남의대잡지* 17 : 703, 1990
- 11) Pitrays II CJ, Forman MB, Panayiotou H, Hansen DE : *Long-term effects of excision of the mitral apparatus on global and regional ventricular function in humans. J Am Coll Cardiol* 15 : 557, 1990
- 12) Lillehei CW, Levy MJ, Bonnabeau RC : *Mitral valve replacement with preservation of papillary muscles and chordae tendinae. J Thorac Cardiovasc Surg* 47 : 532, 1964
- 13) Boucher CA, Bingham JB, Osbakken MD : *Early changes in left ventricular size and function after correction of left ventricular overload. Am J Cardiol* 47 : 991, 1981
- 14) Phillips HR, Levin FH, Carter JE : *Mitral valve replacement for isolated mitral regurgitation : analysis clinical course and late postoperative left ventricular ejection fraction. Am J Cardiol* 48 : 647, 1981
- 15) Peter CA, Austin Eh, Jones RH : *Effect of valve replacement for chronic mitral insufficiency on left ventricular function during rest and exercise. J Thorac Cardiovasc Surg* 82 : 127, 1981
- 16) Hansen DE, Cahill PD, DeCampli WM : *Valvular-ventricular interaction : importance of the mitral apparatus in canine left ventricular performance. Circulation* 73 : 1310, 1986
- 17) Hansen DE, Cahill PD, Derby GC, Miller DC : *Relative contributions of the anterior and posterior mitral chordae tendinae to canine global left ventricular systolic function. J Thorac Cardiovasc Surg* 93 : 45, 1987
- 18) Sarris GE, Cahill PD, Hansen DE, Miller DC : *Restoration of left ventricular systolic performance after reattachment of mitral chordae tendinae : the importance of valvular-ventricular interaction. J Thorac Cardiovasc Surg* 95 : 969, 1988
- 19) Goldman ME, Mora F, Guarino T, Fuster V, Mindich BP : *Mitral valvuloplasty is superior to valve replacement for preservation of left ventricular function : an intraoperative two-dimensional echocardiographic study. J Am Coll Cardiol* 10 : 568, 1987

- 20) Duran CG, Polmar JL, Revuelta JM : *Conservative operation for mitral insufficiency : critical analysis supported by postoperative hemodynamic studies in 72 patients. J Thorac Cardiovasc Surg* 79 : 326, 1980
- 21) Oliveira DBG, Dawkins KD, Day PH, Paneth M : *Chordal rupture. II. Comparison between repair and replacement. Br Heart J* 50 : 318, 1983
- 22) Perier P, Deloche A, Chauvaud S : *Comparative evaluation of mitral valve repair and replacement with Starr, Bjork, and porcine valve prostheses. Circulation* 70(suppl 1) : I-187, 1984
- 23) Hansen DE, Sarris GE, Niczyporuk MA, Derby GC, Cahill PO, Miller DC : *Physiologic role of the mitral apparatus in left ventricular regional mechanics, contraction synergy, and global systolic performance. J Thorac Cardiovasc Surg* 97 : 521, 1989
- 24) Cobbs BW Jr, Hatcher CR Jr, Craver JM, Jones EL, Sewell CW : *Transverse mid-ventricular disruption after mitral valve replacement. Am Heart J* 99 : 33, 1980
- 25) Panageorge BM, Schweizer SO : *A cost-effectiveness comparison of surgical treatments for mitral valvular disease. Int J Tech Assess Health Care* 4 : 447, 1988