

만성 대동맥판 폐쇄부전증 환자에서 대동맥판 치환술후 좌심실 용적 및 심전도 변화*

계명대학교 의과대학 내과학교실

김윤년 · 김기식 · 송영성 · 윤병헌 · 윤덕구 · 김권배

= Abstract =

Changes of Left Ventricular Volume, Mass and Functions after Aortic Valve Replacement

Yoon Nyun Kim, MD; Kee Sik Kim, MD; Young Sung Song, MD;
Byung Hun Yunn, MD; Duk Koo Yoon, MD; Kwon Bae Kim, MD

*Department of Internal Medicine, Keimyung University,
School of Medicine, Taegu, Korea*

Left ventricular(LV) hypertrophy is correlated with left ventricular myocardial mass, which occurs after long-standing LV over-loading. It is expected that surgical correction of chronic aortic regurgitation(AR) changes LV loading and then come changes in the LV function, dimension and myocardial mass

Serial electrocardiographic, echocardiographic LV studies were performed in 25 patients before and after aortic valve replacement(AVR) for chronic AR.

Electrocardiographic voltages were reduced significantly in 3 months after AVR(from 58.13 ± 29.44 to 44.73 ± 13.97 (mm), $P < 0.05$)

Left ventricular systolic dimension was lessened markedly in the first 3 months after operation (from 4.55 ± 1.05 to 3.38 ± 0.04 (cm), $P < 0.05$), but diastolic dimension was changed in the first 7 days(from 6.90 ± 1.18 to 5.34 ± 0.96 (cm), $P < 0.05$)

The thickness of interventricular septum and LV posterior wall increased after operation but they were not significant statistically

Ejection fraction decreased in the first 7 days after AVR(to 48.88 ± 15.67 (%), $P < 0.05$), after then recovered as in the preoperative state. Muscle cross-sectional area was reduced at early post operative period(from 27.38 ± 6.74 to 24.26 ± 5.60 (cm^2), $P < 0.05$) and increased thereafter

Thus, successful AVR for chronic AR results in the normalization of LV function and a decrease in ventricular hypertrophy, while these changes in the LV function and dimension occur in early postop period

Key Words Aortic valve replacement, Left ventricular function

* 이 논문의 요지는 1989년 제41차 내과 추계학술대회에서 구연하였음
* 이 논문은 1989년 계명대학교 동산의료원 특수과제비로 이루어졌음

서 론

심전도의 좌심실 비후소견은 혈관조영술, 심초음파, 또는 부검등의 연구에서 볼때 심근용적의 증가에 비례하는 것¹⁻³⁾으로 알려져 있다 심근의 비후소견은 심실의 과부하에 의해 발생하며, 과부하의 소실시 이들 소견의 감소를 초래한다⁴⁻⁶⁾고 한다 대동맥판 폐쇄부전증에서는 이완기시 대동맥에서 역류하는 혈액으로 좌심실 용적이 증가하고, 이완기 좌심실내압의 증가, 좌심실 심근의 긴장도의 증가 등으로 좌심실 심근의 용적이 증가한다^{7,8)} 그런데 만성 대동맥판 폐쇄부전증에 대동맥판 치환술을 시행하면 임상적으로 증상의 호전과 혈액학적 소견이 좋아지며 좌심실 용적과 심근용적에 변화가 생긴다는 연구들이 있으나⁹⁻¹¹⁾ 심실용적과 심근용적의 변화시기를 구체적으로 관찰한 연구는 많지 않다

이 연구는 좌심실 과부하를 갖는 만성 대동맥판 폐쇄부전증 환자에서 판막 치환술후 좌심실 용적, 심근용적, 심실기능, 및 심전도의 변화를 연속적으로 관찰하여 과부하소실로 인해 일어나는 심실의 기능적 및 형태학적 변화를 연구하여 결과를 보고코자 한다

재료 및 방법

대상은 1980년 1월부터 1988년 12월까지 대동맥판 치환술을 받은 환자중에서 승모판치환술을 같이 시행한 경우나 대동맥판 협착증으로 수술 받은 경우를 제외한 순수 대동맥판 폐쇄부전증 환자에서 술후 연속적으로 추적관찰이 가능한 25예를 대상으로 하였다 이들 환자의 술전 상태는 이완기 혈압이 40 mmHg이하였고 NYHA분류에 의한 심부전증상이 class II 이상이었고 술전 대동맥 혈관 조영술상 grade III와 IV의 대동맥판 역류가 있었다

방법은 표준 12 유도 심전도와 M형 심초음파를 술전, 수술직후(술후 초기), 술후 3내지 6개월(술후 중기), 그리고 술후 12개월(술후 후기)에 각각 시행하였고, 심전도에서는 V1에서 S파, V5에서 R파, V1의 S파와 V5의 R파의 합을 산출하여 심전도의 심실비후소견을 비교하였다 심초음파에서는 The committee on M-mode standardization of American society of echocardiography의 추천¹²⁾에 따라 수축기와 이완기 좌심실내경, 심실 중격, 심실후벽을 측정하였다 이완기 좌심실 내경은 동시에 시행한 심전도의 R파

정점에서 심실중격과 심실후벽의 심내막까지 거리로 측정하였고, 수축기 심실내경은 심실중격과 심실후벽의 거리가 가장 짧아질때의 거리로 측정하였다 심실중격과 심실후벽은 좌심실 이완기 내경과 같은 시점에서 측정하였다 심근용적은 Gaasch등¹³⁾이 사용한 심근 단면적을 계산하여 대치 비교하였는데 그 공식은 다음과 같다

$$CSA = 3.14((EDD/2) + PWT)^2 - 3.14(EDD/2)^2$$

EDD end-diastolic dimension
PWT posterior wall thickness
CSA cross sectional area

심기능은 구혈계수로 대치 비교하였는데 구혈계수는 다음과 같은 공식으로 산출하였다

$$EF = (EDD^3 - ESD^3) / EDD^3$$

EDD end-diastolic dimension
ESD end-systolic dimension

통계방법은 SPSS(Statistical package for the social sciences)를 이용하여 ANOVA(analysis of covariance)와 paired T-test로 술전 술후 상태를 비교하였다

결 과

대상들의 성별분포는 남자가 18명, 여자가 7명이었고, 연령분포는 10대가 5명, 20대가 8명, 30대가 9명, 40대가 3명이었고 평균연령은 28.76±9.01세였고, 최소연령자는 17세였고 최고령자는 48세였다(표 1)

Table 1 Age And Sex Distribution

Age(Yr)	Sex		Number
	M	F	
15-19	5		5
20-29	6	2	8
30-39	6	3	9
40-49	1	2	3
Total	18	7	25

Mean Age(Yr) 28.76±9.01(17-48)

사용한 인공판막의 종류는 Carpentier-Edward가 15개로 가장 많았으며, Deuromedics가 4개, St Jude가 3개, Ionescu-Shiley가 2개, Hancock가 1개였다 판막크기에 따른 분포는 21mm가 2개, 23mm가 5개, 25mm가 10개, 27mm가 4개, 29mm가 4개였고 평균크기는 25.24mm였다(표 2)

Table 2 Artificial Valve And Size

	21	23	25	27	29	Total
Carpentier-Edward	1	2	6	3	3	15
Duromedics		2	1		1	4
Hancock				1		1
Ionescue-Shiley	1		1			2
Saint-Jude		1	2			3
Total	2	5	10	4	4	25

심전도의 변화는 SV₁이 술전상태에서는 27.00±16.67(mm), 술후 초기에는 21.50±8.73, 술후 중기에는 18.06±9.19, 술후후기에는 17.20±6.32로 술후 중기 이후 부터 통계학적으로 유의하게 감소하였다(p<0.05) RV₅는 술전이 31.13±15.18(mm), 술후초기에는 32.25±15.67, 술후중기에는 26.67±8.75, 술후 후기에는 26.20±8.80으로 술후 중기이후부터 통계학적

으로 유의하게 감소하였다(p<0.05) SV₁+RV₅는 술전이 58.13±29.44(mm)에서 술후 초기에는 53.76±21.77, 술후 중기에는 44.73±13.97, 술후 후기에는 43.40±12.61로 술후 중기부터 유의하게 감소하였다(p<0.05)(표 3, 도1)

심초음파도 소견의 변화는 이완기 좌심실 내경이 술전에는 6.90±1.18(cm)였고, 술후초기에는 5.34±0.96 술후중기에는 4.94±0.54, 술후 후기에는 5.10±0.65로 술후초기부터 유의하게 감소하였다. 수축기 좌심실 내경은 술전이 4.55±1.05(cm)였고 술후 초기에는 4.25±1.26, 술후 중기에는 3.38±0.40, 술후후기에는 3.33±0.80으로 술후중기부터 유의하게 감소하였다(p<0.05) 심실중격은 술전이 1.06±0.24(cm)였고, 술후 초기는 1.18±0.16, 술후중기는 1.14±0.19, 술후 후기 1.18±0.21로 술후 초기부터 증가하였으나 유의한 변화는 아니었다. 심실후벽은 술전이 1.11±0.17(cm)였고 술후초기는 1.18±0.22, 술후 중기는 1.13

Table 3 Changes of Electrocardiography after Aortic Valve Replacement

(mm)	Preop	Early	Middle	Late
SV ₁	27.00±16.67	21.50±8.73	18.06±9.19*	17.20±6.32*
RV ₅	31.13±15.18	32.25±15.67	26.67±8.75*	26.20±8.80*
SV ₁ +RV ₅	58.13±29.44	53.76±21.77	44.73±13.97*	43.40±12.61*

SV₁ S wave in V₁ leads, RV₅ R wave in V₅ leads

* p<0.05

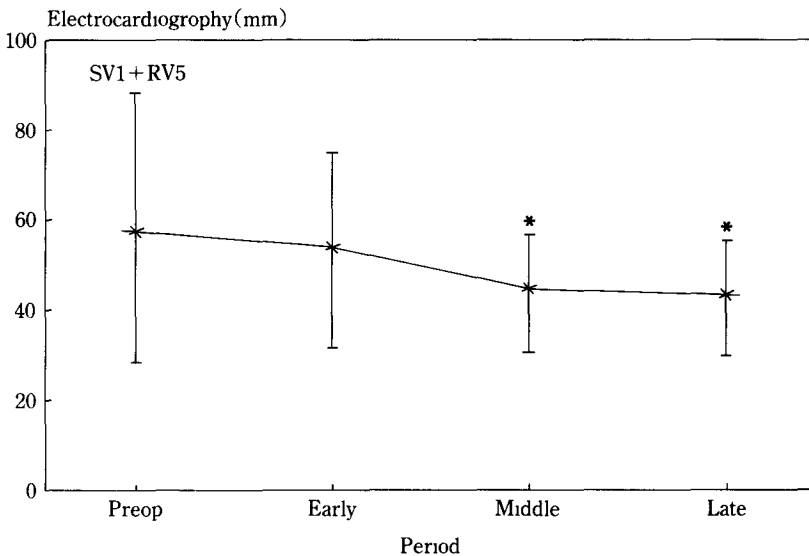


Fig 1 Changes of Electrocardiography after Aortic Valve Replacement

± 0.14, 술후 후기는 124±0.20으로 각각 증가하였으나 유의한 변화는 아니었다(표 4, 도 2)

심근 단면적은 술전이 27.38±6.74(cm²)였고, 술후 초기는 24.26±5.60, 술후 중기는 21.81±3.80로 유의한 감소를 보이다가(p<0.05), 술후 후기에 증가하는

경향을 보였다(표 5, 도 3)

구혈계수는 술전이 71.04±8.97(%)이었고 술후 초기는 48.88±15.67, 술후 중기는 66.30±13.09, 술후 후기는 70.54±11.85로 술후 초기에 유의하게 감소하였다(p<0.05) 술후 중기부터 술전상태로 회복되었다(표 5, 도 3)

Table 4 Changes of Echocardiography after Aortic Valve Replacement

(mm)	Preop	Early	Middle	Late
LVDD	6.90±1.18	5.34±0.96*	4.94±0.54*	5.10±0.65*
LVSD	4.55±1.05	4.25±1.26	3.38±0.40*	3.33±0.80*
IVS	1.06±0.24	1.18±0.16	1.14±0.19	1.18±0.21
LVPW	1.11±0.17	1.18±0.22	1.13±0.14	1.24±0.20

LVDD Left ventricular diastolic dimension
LVSD Left ventricular systolic dimension
IVS Interventricular septum
LVPW Left ventricular posterior wall

고 찰

심전도상의 좌심실의 비후소견은 혈관조영, 심초음파, 및 부검등에 의해 조사된 심근의 증가와 밀접한 관계가 있으며, 대동맥판 폐쇄부전증에서는 심실의 확장과 심근의 비대가 초래된다는 사실은 잘 알려져 있다. 대동맥판 폐쇄 부전증에서 대동맥판 치환술후 심실의 내경은 감소하고 심근비대가 소실된다는 연구는 많지만, 심실내경이나 심근의 변화시기나 정도

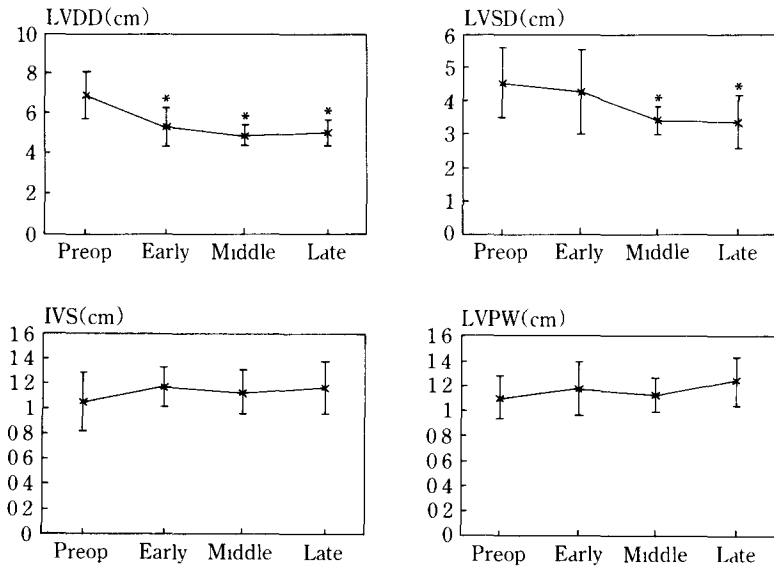


Fig 2 Changes of Echocardiography after Aortic Valve Replacement

Table 5 Changes of CSA and EF after Aortic Valve Replacement

(mm)	Preop	Early	Middle	Late
CSA(cm ²)	27.38±6.74	24.26±5.60*	21.81±3.80*	25.12±5.55
EF(%)	71.04±8.97	48.88±15.67*	66.30±13.09	70.54±11.85

CSA Cross section area
EF Ejection fraction
* p<0.05

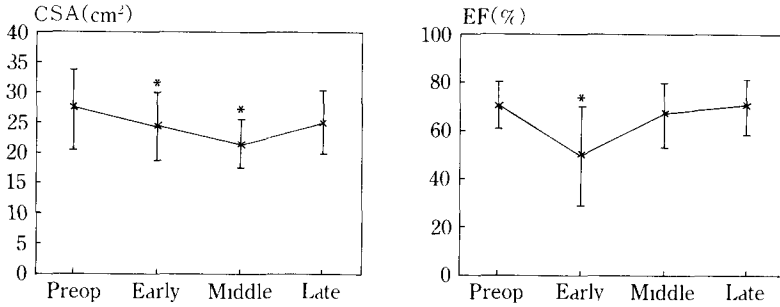


Fig 3 Changes CSA and EF after Aortic Valve Replacement

에 대해서는 아직까지 논란의 대상이 되고 있다

심근의 감소는 표준심전도의 흉부유도의 전위를 관찰함으로써 평가할 수 있으나 심전도를 이용하여 심근의 변화를 관찰한 연구는 많지 않다 Carroll등¹⁴⁾은 21명의 대동맥판 폐쇄부전환자에서 술후 15명에서 심전도의 전위 감소를 관찰하였으며, 이들 중 7명은 완전히 정상으로, 8명에서는 술전보다 술후에 현저히 감소함을 관찰하였다고 하였으며 이들은 동시에 시행한 심초음파상에서도 심근의 감소를 관찰하였다고 한다 그러나 6명에서는 심전도의 전위가 감소하지 않았다 또한 심전도의 전위 감소는 술후 6개월경부터 관찰되었다고 한다 저자들의 경우도 술후 심전도의 전위는 감소하여 술후 3개월경부터 유의하게 감소하였으며, 동시에 시행한 심초음파에서도 같은 변화를 보였다 술후 예후나 심근감소를 보이는 시기에 대해서는 논란이 많으며, 이는 술전의 환자의 나이, 술전에 증상의 발현기간, 수술받을 당시의 좌심실기능 및 좌심실 내경등에 따라 술후에 증상이나 혈액학적조건 및 심실내경과 심근의 감소에 차이를 보이며, 술후에 인공판막의 이상이나, 허혈성 심질환, 고혈압, 또는 술후 심한 체중의 증가등이 있을 경우에 심근은 감소하지 않을 수 있다¹⁵⁻²⁰⁾ 저자들의 경우와 Carroll등의 감소시기의 차이는 앞에 열거한 여러인자에 의한 영향등으로 생각되며 이에 대한 좀더 철저한 연구가 필요한 것 같다

대동맥판 치환술후 좌심실 내경의 변화에 대한 연구는 많은데 Henry등²¹⁾은 50명의 순수 대동맥판 폐쇄부전증 환자에서 술후 6개월경에 심실의 이완기 내경이 술전 73.7mm에서 58.7mm로 유의하게 감소하였다고 하였다 이러한 감소는 술후 8-22일경부터 나타난다고 하였고 그 이후에는 이러한 현저한 변화는 나타나지 않는다고 하였다 Gaasch등¹³⁾도 이완기 좌심실 내경이 술후 7일에서 10일경부터 현저히

감소한다고 하였다 저자들의 경우에서도 수술직후 7일에서 15일사이에 이완기 내경은 현저히 감소하여 다른 보고자들과 같은 결과를 얻었다 수축기 좌심실 내경의 변화에 대한 언급은 많지 않는데, Carroll등¹⁵⁾이 술후 7일 내지 10일경에 좌심실의 구혈계수가 현저히 감소한다고 한것에서 유추해 볼때 수축기 내경의 변화는 술후 초기에 일어나는 것보다는 상당한 시간이 경과한후에 나타남을 알 수 있다 이러한 변화는 Schuler등²²⁾의 연구에서도 수술직후 좌심실의 구혈계수가 현저히 감소해 있는 것을 볼때 수축기 좌심실 내경의 감소는 수술 직후에 바로 감소하는 것이 아님을 알 수 있다 저자들의 경우에는 수축기 좌심실 내경은 술후 3내지 6개월 경부터 감소하였고 다른 연구자들과 같은 결과를 보였다 그러나 술후 대부분의 환자에서 심초음파상에 심실중격의 운동장애가 보인다고 하는데, 이러한 심실 운동의 장애로 인하여 좌심실 내경의 변화가 늦게 나타나는 이유^{23,24)}가 아닐까 생각된다

수술후 심근용적의 변화를 Gaasch등¹³⁾, Schuler등⁵⁾은 심초음파를 이용하여 비교하였는데, 술후 6개월이 경과한 후 심근용적의 감소가 있음을 강조하였다 이들은 판막대치술이 성공적으로 시행된 예에서는 시간이 경과함에 따라 심근의 용적은 감소한다고 하였다 그러나 Henry등²¹⁾은 술후 8-22일 경부터 심근용적의 감소가 생긴다고 하여 연구자들 사이에 심근의 감소시기에 차이가 있음을 알 수 있다 저자들의 경우는 수술직후부터 심근 용적이 감소하였다가 술후 12개월경에는 심근용적은 술전보다는 감소하였으나 증가하는 경향을 보였다 이처럼 저자들의 경우가 다른보고와 차이를 보이는 이유로서는 다른 연구자들은 심근용적을 체표면적의 비로 비교하였으나 저자들의 경우는 심근용적을 그대로 비교하였다 저자들의 경우 술후 12개월에 심근용적의 증가는 술후

환자들의 체중 증가로 인하여 심근의 감소가 현저하지 않으며, 심근용적과 체표면적의 비로 비교한다면 저자들의 경우도 심근의 감소를 볼 수 있다

심실 중격과 심실 후벽의 두께 변화는 술후 증가하였으나 실제 심실 내경의 현저한 감소로 심실 중격과 심실 후벽의 두께 증가가 심근 용적의 증가를 의미하는 것은 아니다 그러므로 심근 용적의 변화는 심실벽의 변화로만 평가하는 것 보다는 심근용적이나 심실 단면적으로 비교하는 것이 더 정확할 것으로 본다

심실 기능의 변화는 Schuler등⁵⁾에 의하면 술후 1주일경에 감소하였다가 그후 술전상태로 증가한다고 하였다 저자들의 경우에서도 수술 직후 감소하였다가 술후 3개월경부터 술전 상태로 회복되었다 수술후 심 기능의 호전이나 구혈계수가 증가하는 이유로 Kawachi등²⁵⁾은 대동맥판역류 환자에서 대동맥환치환술 후 좌심실의 기능이 회복되는 경우, 술후 이완기 혈압의 상승으로 인해 coronary blood flow 상승을 관찰하고 심근 혈류량의 증가가 심근 기능의 회복을 초래하며 심실기능이 호전됨을 강조하였다 그러나 술후 심기능의 회복이 떨어지거나 호전되지 않는 경우도 많이 관찰할 수 있는데, 이런 경우는 술전상태의 심근에서 심근의 섬유화정도에 따라 달라진다⁴⁾ 즉 심근의 퇴행성 변화가 많으면 술후 심기능의 회복이 없거나 심기능의 악화가 있다 그러므로 수술후 심기능의 변화는 여러가지 인자에 의해 결정된다고 하겠다

요 약

심전도상 심근비대소견은 심근 용적에 비례한다고 하며 과부하가 있을 때 발생한다고 한다 또한 역으로 과부하가 소실될때 좌심실 용적과 심근용적의 감소를 초래한다고 한다 대동맥판폐쇄부전증에서 대동맥판치환술을 시행하면 좌심실의 과부하에 변화가 생기며, 이로 인하여 좌심기능, 좌심실 용적 및 심근용적에 변화가 있을 것으로 예상되어 본연자는 만성대동맥판폐쇄부전증환자중에서 대동맥판치환술을 받은 25명에서 심전도, 심초음파도를 술전, 술후 7일, 3개월에서 6개월, 12개월에 각각 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻어 보고하는 바이다

관찰대상의 평균연령은 28.76세였고 남녀의 비는 18 : 7이었다 사용된 인공판막 크기는 21mm에서 29mm였으며 평균크기는 25.24mm였다

심전도상 좌심비대 소견은 술후 3개월부터 현저하게 감소하였다($p < 0.05$)

좌심실 수축기 내경은 3개월경부터 유의하게 감소하였고, 좌심실 이완기 내경은 술후 7일부터 현저히 감소하였다($p < 0.05$)

심실중격과 좌심후벽은 술후 증가하였으나 유의한 변화는 아니었다

좌심구혈계수는 술후 7일경에 현저히 감소하였으나($p < 0.05$), 3개월 이후부터 수술전상태와 비슷하였다

심근용적은 수술직후 감소하였다가($p < 0.01$) 증가하는 경향을 보였다

이상을 종합하면 대동맥판 폐쇄부전환자에 대동맥판 치환술은 좌심기능을 호전시키고 좌심비대소견을 감소시키며, 과부하의 감소로 인한 좌심기능 및 좌심용적의 변화는 빠른 시간내에 일어남을 알 수 있다

참 고 문 헌

- 1 Romhilt DW, Estes EH A point score system for the ECG diagnosis of left ventricular hypertrophy *Am Heart J* 1968, 75 752-758
- 2 Baxley WA, Dodge HT, Sander H A quantitative angiographic study of left ventricular hypertrophy and the electrocardiogram *Circulation* 1968, 37 509-517
- 3 Benett DH, Evans DW Correlation of left ventricular mass determined by echocardiography with vectorcardiographic and electrocardiographic voltage measurements *Br Hear J* 1974, 36 981-987
- 4 Hess OM, Ritter M, Schneider J, et al Diastolic stiffness and myocardial structure in aortic valve disease before and after valve replacement *Circulation* 1984, 69 855-865
- 5 Schuler G, Peterson KL, Johnson AD, et al Serial noninvasive assessment of left ventricular hypertrophy and function after surgical correction of aortic regurgitation *Am J Cardiol* 1978, 44 585-594
- 6 Pantely G, Morton M, Rahimtoola SH Effects of successful, uncomplicated valve replacement on ventricular hypertrophy, volume, and performance in aortic stenosis and in aortic incompetence *J Thoracic and Cardiovasc Surg* 1978, 75 383
- 7 Kumpris AG, Quinones MA, Waggoner AD, et al Importance of preoperative hypertrophy, wall

- stress and end-systolic dimension as echocardiographic predictor of normalization of left ventricular dilatation after valve replacement in chronic aortic insufficiency *Am J Cardiol* 1982, 49 1091-1100
- 8 Mirsky I, Henschke C, Hess OM, et al Prediction of postoperative performance in aortic valve disease *Am J Cardiol* 1981, 48 295-303
 - 9 Kennedy JW, Doces J, Stewart DK Left ventricular function before and following aortic valve replacement *Circulation* 1977, 56 944-950
 - 10 Bisset GS, Meyer RA, Hirschfeld SS, et al Aortic valve replacement in childhood Evaluation of left ventricular function by electrocardiography, echocardiography and graded exercise testing *Am J Cardiol* 1983, 52 568-572
 - 11 Schwarz F, Flameng W, Langebartels F, et al Impaired left ventricular function in chronic aortic valve disease Survival and function after replacement by Bjork-Shiley prosthesis *Circulation* 1979, 60 48-58
 - 12 Sahn DJ, Demaria A, Kisslo J, et al Recommendations regarding quantitation in M-mode echocardiography, Results of a survey of echocardiographic measurement *Circulation* 1978, 58 1072-1083
 - 13 Gaasch WH, Andrias W, Levine HJ Chronic aortic regurgitation the effect of aortic valve replacement on left ventricular volume, mass and function *Circulation* 1978, 58 825-836
 - 14 Carroll JD, Gaasch WH, Naimi S, et al Regression of myocardial hypertrophy Electrocardiographic-echocardiographic correlations after aortic valve replacement in patients with chronic aortic regurgitation *Circulation* 1982, 65 980-987
 - 15 Carroll JD, Gaasch WH, Zile MR, et al Serial changes in left ventricular function after correction of chronic aortic regurgitation Dependence on early changes in preload and subsequent regression of hypertrophy *Am J Cardiol* 1983, 51 476-482
 - 16 Bonow RO, Dodd JT, Maron BJ, et al Long term serial changes in left ventricular function and reversal of ventricular dilatation after valve replacement for chronic aortic regurgitation *Circulation* 1988, 78 1108-1120
 - 17 Gonzalez-Lavin L, Gonzalez-Lavin J, McGrath LB, et al: Factor determining in-hospital or late survival after aortic valve replacement *Chest* 1989, 95 38-42
 - 18 Clark DG, McAnulty JH, Rahimtoola SH Valve replacement in aortic insufficiency with left ventricular dysfunction *Circulation* 1980, 61 411-420
 - 19 Forman R, Firth BG, Barnard MS Prognostic significance of preoperative left ventricular ejection fraction and valve lesion in patients with aortic valve replacement *Am J Cardiol* 1980, 45 1120-1125
 - 20 Henry WL, Bonow RO, Rosing DR, et al Observations on the optimum time for operative intervention for aortic regurgitation II serial echocardiographic evaluation of asymptomatic patients *Circulation* 1980, 61 484-492
 - 21 Henry WL, Bonow RO, Borer JS, et al Observations on the optimum time for operative intervention for aortic regurgitation I Evaluation of the results of aortic valve replacement in symptomatic patients *Circulation* 1980, 61 471-483
 - 22 Schuler G, Righetti A, Hardarson T, et al Serial studies on ventricular function following valve replacement for volume overload *Circulation* 1976, 53-54 II-104
 - 23 Burggraf GW, Craige E Echocardiographic studies of left ventricular wall motion and dimensions after valvular heart surgery *Am J Cardiol* 1975, 35 473-480
 - 24 Righetti A, Crawford MH, O'Rourke RA, et al Interventricular septal motion and left ventricular function after coronary bypass surgery Evaluation with echocardiography and radionuclide angiography *Am J Cardiol* 1977, 39 372-377
 - 25 Kawachi K, Kitamura S, Oyama C, et al Relations of preoperative hemodynamics and coronary blood flow to improved left ventricular function after valve replacement for aortic regurgitation *J Am Coll Cardiol* 1988, 11 925-929