

St. Jude Medical Valve의 임상적 고찰

김 종 원*

-Abstract-

Clinical Experiences of St. Jude Medical Cardiac Valve Replacement

J.W. Kim, M.D.*

50 months experience with St-Jude Medical Cardiac Valve Prostheses

The St. Jude Medical valve has become our mechanical valvular prosthesis of choice because of favorable hemodynamic results that associated with marked clinical improvement and low incidence of thromboembolism.

The data for this study was collected from April 1986 to May 1990, four years period. There were total of 110 patients(female 53, male 58) in this series with 22 isolated aortic valve, 66 isolated mitral valve, 20 double valve, 2 tricuspid valve replacement.

The mean follow up time was 23 months.

Postoperatively, 77% of cases were in New York Heart Association(NYHA) functional class I, and mild and moderate symptoms(NYHA II) were present in 20% and there were very few patients remaining in higher functional classifications. In postoperative echocardiographic study showed marked improved cardiac function.

The overall early mortality was 5.4% and was higher after double(13.3%) and mitral valve replacement(5.6%) and the late mortality was one case after mitral valve replacement due to endocarditis.

The cause of death in early mortality was attributed to heart failure, acute renal failure, sepsis, etc.

서 론

1977년 10월부터 St. Jude Medical Cardiac Prosthetic Valve가 임상적으로 사용된 이후 low-profile, bileaflet, central flow, and pyrolytic carbon prosthesis등의 여러 매력적 특성 때문에 뛰어난 hemodynamic performance와 low thrombogenicity로 세계의 여러병원에서 사용되어왔다. 부산대학교 의과대

학 흉부외과학 교실에서는 1986년 4월에 처음 St. Jude Medical cardiac prosthetic valve를 임상에 사용한 이후 1990년 5월까지 모두 110명의 심장판막질환 환자에서 St. Jude Medical 기계판막을 이식하여 그 성과를 추적분석하여 그 결과를 문헌고찰과 함께 보고하고자 한다.

관찰대상 및 방법

1986년 4월부터 1990년 5월까지 50개월동안 110명의 환자에서 130개의 St. Jude medical cardiac prosthetic valve 치환술을 시행한 환자를 대상으로 하였

*부산대학교병원 흉부외과학교실

*Department of Thoracic & Cardiovascular Surgery,
Pusan National University Hospital

으며, 대상환자들의 연령 및 성별분포, 진단 및 원인, 생존여부, 술전 술후의 변화 및 술후 합병증 및 사망율을 조사하였으며 또한 생존기간을 추적 비교하였다.

결 과

환자의 연령 분포는 17세에서부터 57세까지이며 평균 연령은 38세였다. 이중 남자는 총 58명으로 승모판 치환술이 37례, 대동맥판 치환술이 12례, 중복 판막 치환술이 9례였으며 삼첨판 치환술은 없었다. 반면에 여자는 총 52명으로 이중에서 승모판 치환술을 한 경우가 29례로 가장 많았으며 다음이 중복 판막 치환술을 받은 경우가 11례였고 삼첨판 치환술을 받은 경우도 2례가 있었다.

특히 좌심방 혈전을 동반한 예가 12례에서 있었다. 추적조사기간은 6개월에서 50개월까지였으며 평균 기간은 23개월이었다(Table 1).

술전 심장판막 상태는 승모판인 경우 협착과 폐쇄부전이 함께 있는 경우가 66례로 대부분이었으며 단순 협착 소견이 폐쇄부전 소견보다 많았다. 대동맥판막은 폐쇄부전의 소견이 48례로 가장 많았으며 삼첨판막은 협착이 37례로 대부분이었다(Table 2).

심장판막 질환의 원인으로는 류머티스성이 98례로 전체의 89%를 차지하여 가장 많았고, 다음이 세균성 심내막염 4례, 판막 변성과 치환판막 부진이 각각 3례 등이었다(Table 3).

수술방법은 56례가 승모판막 치환술로 대부분을 차

지하였고, 대동맥 판막 치환이 20례 다음이 승모판과 대동맥 판막 치환술 18례이며 승모판 치환술과 삼첨판 성형술을 동시에 한 경우가 9례 등이고 영구적인 인공 심박동기를 삽입한 경우가 1례 있었다(Table 4).

판막 치환술에 사용된 판막의 크기는 대동맥판막은 19mm부터 25mm까지이고 승모판막 치환에는 25mm

Table 2. Preoperative valvular state

| Valve site | Valve state | Total |
|-----------------|------------------------------|-------|
| Mitral valve | Mitral stenosis | 18 |
| | Mitral regurgitation | 13 |
| | Mitral stenoregurgitation | 66 |
| Aortic valve | Aortic stenosis | 5 |
| | Aortic regurgitation | 48 |
| | Aortic stenoregurgitation | 13 |
| Tricuspid valve | Tricuspid stenosis | 37 |
| | Tricuspid regurgitation | 31 |
| | Tricuspid stenoregurgitation | 7 |

Table 3. Causes of valvular heart disease

| Causes | No. of patient | rate(%) |
|--|----------------|---------|
| Rheumatic | 98 | 89 |
| Bacterial endocarditis | 4 | 3 |
| Degenerative | 3 | 2.7 |
| Prosthetic valve dysfunction (biological) | 3 | 2.7 |
| Bicuspid aortic valve | 2 | 1.8 |
| Others | 2 | 1.8 |

Table 4. Operation procedures

| Operation | Total |
|---------------------------------------|-------|
| MVR | 56 |
| AVR | 20 |
| MVR+AVR | 18 |
| MVR+TVP | 9 |
| MVR+AVR+TVP | 2 |
| AVR+aortic graft(Bentall's operation) | 2 |
| MVR+TVR | 1 |
| TVR | 1 |
| MVR+permanent pacemaker implantation | 1 |
| Total | 110 |

Table 1. Preoperative clinical data

| Variable | Total | Types of the replaced valve | | | |
|--|---------------|-----------------------------|---------------|---------------|---------------|
| | | MVR | AVR | DVR | TVR |
| 1) AGE(mean,Yr) (range) | 38 (17-57) | 37 (17-57) | 40 (21-56) | 37 (19-57) | 29 (21-37) |
| 2) SEX | | | | | |
| Male | 58 | 37 | 12 | 9 | 0 |
| Female | 52 | 29 | 10 | 11 | 2 |
| 3) Left atrial thrombus | 12 | 10 | 0 | 2 | 0 |
| 4) Mean follow-up periods : 23 months(range : 6-50 months) | | | | | |

#MVR : Mitral Valve Replacement.

AVR : Aortic Valve Replacement.

DVR : Double Valve Replacement.

TVR : Tricuspid Valve Replacement.

MVR : Mitral Valve Replacement

AVR : Aortic Valve Replacement

DVR : Double Valve Replacement

TVR : Tricuspid Valve Repair

부터 33mm까지를 사용하였다. 삼첨판막 치환에는 27mm와 33mm가 각각 사용되었고 대부분의 경우 대동맥 판막은 21mm, 승모판막은 27mm를 사용하였다 (Table 5).

대부분의 경우 술전 뉴욕심장협회의 기능적 분류가

Table 5. Replaced prosthetic valve sizes

| Replaced valve | Sizes(mm) | | | | | | | |
|----------------|-----------|----|----|----|----|----|----|----|
| | 19 | 21 | 23 | 25 | 27 | 29 | 31 | 33 |
| AVR | 12 | 18 | 10 | 2 | | | | |
| MVR | | | 8 | 41 | 21 | 13 | 3 | |
| TVR | | | | 1 | | 1 | | |

AVR : Aortic Valve Replacement.

MVR : Mitral Valve Replacement.

TVR : Tricuspid Valve Replacement.

Table 6. Preoperative versus postoperative NYHA functional classification.

| Preoperative | Postoperative(3–6 Mo) |
|--------------|-----------------------|
| | I |
| II (52) | II |
| III (38) | III |
| IV (14) | |

NYHA : New York Heart Association.

대부분 class II, III, IV였으나 술후 class I이 89%, class II가 23%로 바뀌었으며 2례에서는 여전히 class III로 남아 있었다(Table 6).

술전 및 술후 심전도 소견을 비교해보면 술전 심방세동을 보인 42례의 승모판 치환환자중 5례가 술후 정상 소견으로 바뀌었으며 대동맥판막 치환 환자중에서는 2례에서 술후에도 계속 심방세동이 남아 있었으며 중복판막 치환 환자는 술전 12례에서 보였던 심방세동이 술후 4례에서 정상 소견으로 전환되었다(Table 7).

술전 심장 초음파검사상 LAD, LVED, 와 LVES는 술후 모두 감소하였으며 CO와 EF은 술후 1개월까지는 모든 예에서 약간 감소하였으나 그 이후에는 점차 증가하는 소견을 보였다(Table 8-1,2).

판막 치환술후 생긴 합병증으로는 항응고제 복용으로 인한 출혈이 3례, 혈전색전증이 2례, 치환판막 주위로의 유출이 1례, 그리고 치환판막에 의한 혈전으로 1례에서 합병증이 발생하였다(Table 9).

판막 치환술후 사망률은 대동맥판막 치환술후는 없었고 승모판막 치환술인 경우 3례, 중복판막 치환술인 경우 3례로 총 6례에서 사망하여 5.4%의 사망률을 보였으며 이후에 승모판막 치환술을 받은 환자 1례에서 더 사망하였다(Table 10-1,2).

판막 치환술후 사망 원인을 보면 심장과 관련된 원

Table 7. Preoperative versus Postoperative EKG

| | MVR | | AVR | | DVR | | TVR | |
|-----|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|
| | preop. | postop. | preop. | postop. | preop. | postop. | preop. | postop. |
| NSR | 21 | 26 | 20 | 20 | 5 | 9 | 2 | 2 |
| AF | 42 | 37 | 2 | 2 | 12 | 8 | 0 | 0 |

MVR : Mitral Valve Replacement.

AVR : Aortic Valve Replacement.

DVR : Mitral & Aortic Valve Replacement.

TVR : Tricuspid Valve Replacement.

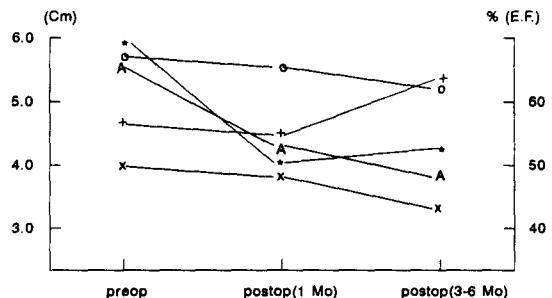
NSR : Normal Sinus Rhythm

AF : Atrial Fibrillation

Table 8-1. Paraoperative cardiac function in echocardiogram

| Variable | Preoperative | Postoperative(1 Mo) | Postoperative(3 Mo) |
|-----------|--------------|---------------------|---------------------|
| LAD(cm) | 5.45 | 4.40 | 4.00 |
| ESD(cm) | 4.02 | 3.96 | 3.60 |
| EDD(cm) | 5.64 | 5.50 | 5.41 |
| CO(L/min) | 5.83 | 4.18 | 4.29 |
| EF(%) | 56 | 54 | 69 |

Table 8-2. Paraoperative cardiac function in echocardiogram



A-A : LAD x-x : ESD +-+ : EF
 O-O : EDD *-* : CO
 # LAD : Left Atrial Dimension
 ESD : Left Ventricular End-Systolic Dimension
 EDD : Left Ventricular End-Diastolic Dimension
 CO : Cardiac Output
 EF : Ejection Fraction

Table 9. Complication of the valve replacement

| | |
|----------------------------------|---|
| Anticoagulant related hemorrhage | 3 |
| Thromboembolism | 2 |
| Paravalvular leakage | 1 |
| Valve thrombus | 1 |
| Total | 7 |

One case of endocarditis : died

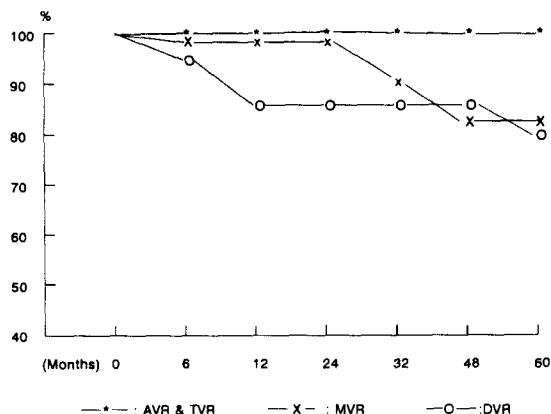
Table 10-1. Hospital mortality

| Valve replacement | Death (rate%) |
|-------------------|---------------|
| Early postop. | |
| AVR | 0 (0) |
| MVR | 3 (4.5) |
| DVR | 3 (4.5) |
| TVR | 0 (0) |
| Total | 6 (5.4) |
| Late postop. | |
| MVR | 1 (1.6) |
| Overall | 7 (6.4) |

인으로 저심박출 증후군 2례, 좌심방 파열 2례 그리고 급성 신부전 1례였으며 심장과는 관련없이 패혈증으로 한명이 사망하였다(Table 11).

1986년부터 1990년까지 판막 치환술시 사용한 St. Jude Valve의 갯수는 1986년에는 8개, 1987년에는 20

Table 10-2. Overall Actuarial Survival Curve



AVR : Aortic Valve Replacement
 MVR : Mitral Valve Replacement
 DVR : Aortic and Mitral Valve Replacement
 TVR : Tricuspid Valve Replacement

Late postoperative mortality : one cases at 1 year after mitral valve replacement.

Table 11. Causes of Hospital mortality

| Causes | No. of patients |
|-----------------------------|-----------------|
| 1) Cardiac related | |
| Low cardiac output syndrome | 2 |
| Rupture of left ventricle | 2 |
| Acute renal failure | 1 |
| 2) Non-cardiac related | |
| Sepsis | 1 |
| Total | 6 |

Late death : one case for endocarditis

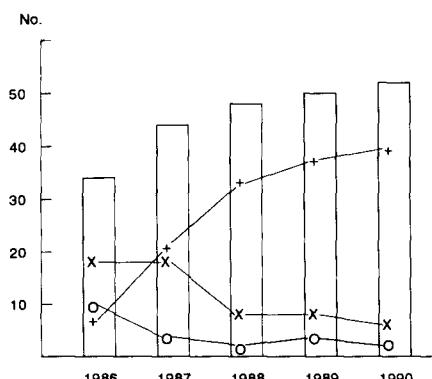
Table 12-1. No. of used St. Jude Medical Valve of PNUH(1986-1990)

| Year | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 |
|-------|------|------|------|------|-------|
| No. : | 8 | 20 | 35 | 37 | 20+21 |

개, 1988년에는 37개로 증가하였으며 1990년에는 41개의 St. Jude Valve를 사용하였다(Table 12-1,2).

판막 치환술후 항응고요법으로 대부분의 경우 Warfarin을 사용했으며 ASA, Dipyridamole의 병용요법과 Ticlopidine HCl을 각각 3례에서 사용하였다(Table 13).

Table 12-2. Various Valves Used for Replacement at PNUH (1986-1990)



++ : St. Jude × - × : Other mechanical
0-0 : Tissue valve

Table 13. Anticoagulation

| Used drug | No. of patient |
|------------------|----------------|
| Warfarin | 98 |
| ASA+Dipyridamole | 3 |
| Ticlopidine HCl | 3 |

고 안

1950년 Hufnagel이 처음 대동맥 판막 부전증 환자에서 하행흉부대동맥에 Caged ball valve를 삽입한 이래 인공 심폐기의 도입과 더불어 본격적으로 판막 절제와 치환이 가능하게 되었다. 이후 많은 인공판막이 개발되었으나 여러 문제점이 드러났다. 즉, 1) hemodynamic performance 2) safety /durability 3) thromboembolic phenomena 4) prosthesis-induced hemolysis 5) prosthetic endocarditis 등이다¹⁾. 현재 기계적 판막은 Caged ball valve와 Tilting disc valve로 크게 나눌 수 있는데 Caged ball valve는 blood flow가 periphery로 가며 혈역학적 특성은 좋으나 혈전형성의 가능성이 높아 지속적인 항응고제가 필요하며 이용도 제한적이다. 하지만 Tilting disc valve는 1967년 처음 소개되었는데, semicentral flow이며 minimal gradient를 가지고 있으며 용혈은 무시해도 좋을 정도이다. Tilting disc valve의 하나인 St. Jude Medical cardiac valve prosthesis는 1977년 10월에 처음으로 판막 대치술에 사용된 이래 현재 전세계적으로

로 널리 이용되고 있다. 이것의 특징은 구조상 hinged, bileaflet, low profile로서 양 판첨이 30-35도로 닫히고 85도로 열리며, 혈역학적으로 우수한 central laminar flow를 가지며 판막 전후 압력차가 적고^{2,3)} 봉합륜을 제외한 모든 몸체 판첨이 혈전발생을 최소화한 pyrolytic carbon으로 구성되어 있다. 봉합륜은 이중의 Dacron으로 싸여져서 조직증식 및 내피형성 능력이 뛰어나 감염에 대한 위험이 낮다. 이러한 SJM valve의 장점 때문에 본원에서도 1986년 4월부터 대부분의 심장 판막 치환술이 필요한 환자에서 사용하여 1990년 말까지는 총 141개의 SJM valve를 사용하게 되었다.

SJM valve의 이식시 위치⁴⁾는 몇 가지 방법이 소개되고 있으나 대동맥 판막의 경우 septum에 대해 직각으로 하는 것이 특히 중격이 비후된 경우에 혈역학적으로 좋으며 와류형성을 방지할 수 있고 승모판막은 antianatomical orientation이 free and symmetric inflow area를 제공할 수 있어 좋다. 삼첨판막의 위치는 septal leaflet에 대해 직각으로 하는 것이 optimal symmetrical inflow area를 유지할 수 있다. 본원에서도 역시 이러한 원칙하에 판막 치환술을 하고 있다.

심장판막치환후 생길 수 있는 합병증으로는 혈전 전색이나 항응고제에 의한 출혈소인이 가장 중요하다. 일반적으로 caged ball valve에서 혈전전색의 발생빈도가 많은 것으로 보고되고 있으며⁵⁻¹¹⁾ 항상된 혈역학적 양상이나 항혈전성을 갖고 있는 열분해 탄소로 만들어진 새로운 혈전전색의 발생율을 점차적으로 낮게 하고 있으며 항응고제에 의한 출혈소인은 항혈전제인 Ticlopidine이나 Aspirin 등을 사용하여 항혈전 효과와 더불어 출혈예방효과를 얻을 수 있다. 다음으로 생길 수 있는 합병증이 심내막염의 발생이다. 인공 판막 이식 후 올 수 있는 심내막염의 발생율은 3-3.5%로 알려져 있으며 승모판보다 대동맥판에서 더 높은 것으로 되어 있다¹²⁾. 일반적으로 생체판이 기계판보다 심내막염 유발율이 낮은 것으로 이미 알려져 있으나 몇몇 보고에 의하면 생체판의 유발율이 기계판의 것과 큰 차이가 없음을 나타내고 있다^{13,14)}. SJM 기계판은 판막 봉합륜이 혈류와 직접 맞닿은 면이 작고 이중으로 Dacron이 되어 있어 내피 형성이 쉬워 세균이 증식할 장소를 주지 않으므로 심내막염의 유발율이 더 낮은 것으로 생각된다. 본원에서 주로 이용한 항응고 요법은 대부분의 환자에서 Warfarin을 복용시켰고 3명은 ASA+Dipyridamole 병용 요법을, 3명은 Ticlopidine

HCl을 복용시켰다. 이후 발생한 합병증으로는 항응고제와 관련된 합병증이 3례, 혈전 전색 2례, 그리고 판막주위 누출과 판막성 혈전이 각각 1례 있었다.

승모판막 치환술의 수술 중 혹은 수술 이후의 사망률 등의 제반 위험 인자는 심실기능에 의해 좌우된다^{15~19)}. 그러나 수술전후에 심실기능을 정확하게 측정하기란 대단히 어렵다. 19세기말 Frank²⁰⁾와 Starling²¹⁾은 심근의 수축력과 심박출량 사이의 밀접한 관계를 밝혀내고 1953년 Sarnoff²²⁾는 심박출계수 혹은 심박출력 지수와 좌심실 총전압(filling pressure)의 비로서 심박출량이 측정될 수 있다는 것을 밝혔다. Sarnoff의 심근작능(performance)곡선은 어떤 기계적 장치를 한 환자에 있어서 심실기능을 측정하는데 표준기술로서 사용되고 있다²³⁾. 심실의 총만기압과 심박출량은 대체적인 심실 기능을 나타낸다고 하여 심실용적의 측정은 이완기 및 수축기의 심기능을 측정하는데 꼭 필요하다. 심실조영술로서 이러한 심실용적을 대략 측정해왔으나^{24,25)} 비정상적인 심실의 형태를 가진 환자라든지 일부분의 심실벽 운동이상이 있으면 부정확하다. 또한 조영제 그 자체도 심실수축능에 영향을 줄 수 있어 수축기 혹은 이완기의 심기능을 변화시킬 수 있다. 심초음파는 여러 심질환에 있어서 비침습적인 진단으로 광범위하게 이용되고 있다^{26~32)}. 특히 사용하기 편리하고, 연속적으로 측정해서 심실기능의 변화를 알 수 있다^{33~36)}. 본원 환자의 대부분은 술전 뉴욕심장협회의 기능적 분류상 대부분 Class II, III, IV 였으나 술후 Class I 이 89%, Class II 가 23%로 바뀌었으며 2례에서는 여전히 Class III로 남아 있었다. 또한 술전 심장 초음파검사상 LAD, LVED와 LVES는 술후 모두 감소하였으며 CO와 EF은 술후 1개월까지는 모든 예에서 약간 감소하였으나 그 이후에는 점차 증가하는 소견을 보였다.

이상에서 SJM기계판은 생체판에 비해 내구성이 뛰어남은 물론 다른 기계판에 비해 혈전이나 심내막염 유발이 적으며 항응고제 및 항혈전제의 적절한 사용으로 출혈을 예방할 수 있는 우수한 기계판으로 인정이 되고 있고 본 연구의 결과로도 입증이 되었다.

결 론

부산대학교 의과대학 흉부외과학 교실에서는 1986년 4월부터 1990년 5월까지 50개월동안 110명의 환자

에서 130개의 St. Jude Medical Cardiac Prosthetic Valve 치환술을 시행하여 아래와 같은 결과를 얻었다.

1. 전체 환자의 평균 연령은 38세였으며, 남여 성비는 1.12 : 1로 남자가 많았다.
2. 110례 중 승모판 치환이 66례, 대동맥판 치환이 22례, 중복판막 치환이 20례, 삼첨판 치환이 2례였다.
3. 술전 심장판막 상태는 승모판막 경우 협착과 폐쇄부전이 함께 있는 경우가 66례로 가장 많았고, 대동맥판막은 폐쇄부전이 삼첨판막은 협착이 가장 많았다.
4. 심장판막 질환이 원인으로는 류마티스성이 98례로 가장 많았으며, 다음이 세균성 심내막염이었다.
5. 술전 심장 초음파 검사상 LAD, LVED, 와 LVE-S는 술후 모두 감소하였으며 CO와 EF은 술후 1개월 이후부터 점차 증가하였다.
6. 판막 치환술후 사망 원인은 심장과 관련된 원인으로 저심박출 증후군 2례, 좌심방 파열 2례, 심장과 관련없이 폐혈증으로 한 명이 사망하였다.
7. 항응고제 사용은 대부분의 경우 Warfarin을 사용했으며, 항응고제 복용으로 인한 출혈은 3례에 불과하였다.
8. 이상으로 SJM기계판은 생체판에 비해 내구성이 뛰어남은 물론 심내막염 유발이나 혈전 형성이 적은 우수한 기계판으로 인정이 되고 있고 본 연구의 결과로도 입증이 되었다.

REFERENCES

1. Nicoloff DM, et al : Clinical and hemodynamic results with the St. Jude Medical cardiac valve prosthesis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 82 : 674~683, 1981
2. Emery RW, Anderson RW, Nicoloff DM : Clinical and hemodynamic results with the St. Jude Medical aortic valve prosthesis. *Surg Forum* 30 : 235~238, 1979
3. Hoback J, Wanah Y, Lindsay WG : St. Jude aortic valve prosthesis. Postoperative hemodynamic evaluation at rest and exercise. *Am J Cardiol.* 45 : 486, 1980
4. Aurelio C, Richard JG, Hector S : An appreciation of the new St. Jude valvular prosthesis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 81 : 202~211, 1981
5. Nicoloff DM, Emery RW, Lindsay WG : Clin-

- cal and hemodynamic results with the St. Jude Medical cardiac valve prosthesis. J Thorac Cardiovasc Surg 82: 674-683, 1981*
6. Barnhorst DA, Oxman HA, Connolly DC, McGoon DC : *Long-term follow-up of isolated replacement of the aortic or mitral valve with Starr Edwards prosthesis. Am J Cardiol 35: 228-233, 1975*
 7. Macmanus Q, Grunkemeier G, Starr A : *Year of operation as a risk factor in the late results of valve replacement. J Thorac Cardiovasc Surg 80: 834-841, 1980*
 8. Miller DC, Oyer PE, Mitchell RS, Shumway NE : *Performance characteristics of the Starr-Edwards Model 1260 aortic valve prosthesis beyond ten years. J Thorac Cardiovasc Surg 88: 193-207, 1984*
 9. Tepley JF, Grunkemeier GL, Sutherland HD, Johnson VA : *The ultimate prognosis after valve replacement. An assessment at twenty years. Ann Thorac Surg 32: 111-119, 1981*
 10. Macmanus Q, Housman L, and Lambert LE : *Early results with composite strutcaged ball prostheses. Am J Cardiol 46: 566-569, 1980*
 11. Miller DC, Reitz BA, and Shumway NE : *Ten to fifteen year reassessment of the performance characteristics of the Starr-Edwards Model 6120 mitral valve prosthesis. J Thorac Cardiovasc Surg 85: 1-20, 1983*
 12. Weinstein L : *Infective endocarditis, The heart : A textbook of Cardiovascular Medicine, edl, Braunwald E, ed, Philadelphia, 1980, W.B. Saunders Company, p1178*
 13. Mithan AS, Matisson RE, Cheler E : *Clinical experience with the Lillehei Kaster cardiac valve prosthesis. J Thorac & Cardio Surg 72: 401-407, 1976*
 14. Oyer PE, Stinson EB, Shumway NE : *Valve replacement with the Starr-Edwards and Hancock prostheses. Comparative analysis of late mortality and morbidity. Ann Surg. 186: 301-309, 1977*
 15. Salomon NW, Stinson EB, Griep RB, et al : *Patient related risk factors as predictors of results following isolated mitral valve replacement. Ann Thorac Surg 24: 519, 1977*
 16. Phillips HR, Levine FH, Carter JE, et al : *Mitral valve replacement for isolated mitral regurgitation : Analysis of clinical course and late postoperative left ventricular ejection fraction. Am J Cardiol 48: 647, 1981*
 17. Hammermeister KE, Fisher L, Kennedy JW, et al : *Predictors of late survival in patients with mitral valve disease from clinical, hemodynamic, and quantitative angiographic variables. Circulation 57: 341, 1978*
 18. Chaffin JS, and Daggett WM : *Mitral valve replacement : A nine-year follow-up risks and survivals. Ann Thorac Surg 27: 312, 1979*
 19. Takahashi S, Kawana M, Hirosawa K : *Surgery in severe rheumatic valve disease-recognition of severity and risk factors. Japan Circulation 28: 1061, 1963*
 20. Frank O : *Zur dynamik des hermuskeles. Z Biol Munchen, Leipzig 14: 370-437, 1895*
 21. Starling EH : *Line Acre Lecture on the Law of the Heart. Longman's Green and Co, Cambridge, New York, 1918*
 22. Sarnoff SJ : *Hyocardial contractility as described by ventricular function curves : Observation on Starling's law of the heart. Physiol Rev 35: 107-122, 1955*
 23. Weisel RD, Lipton IH, Lyall RN, et al : *Cardiac metabolism and performance following cold potassium cardioplegia. Circulation 58(suppl, I): 1-217, 1978*
 24. Dodge TD, Sandler H, Ballew DW, et al : *Use of biplane angiography for the measurement of left ventricular volume in man. Am Heart J 60: 762, 1960*
 25. Sandler A, Dodge JD : *The use of single plane angiograms for the circulation of left ventricular volume in man. Am Heart J 73: 325-334, 1960*
 26. Feigenbaum H : *Echocardiography. 3ed, p.47.57. 550, Lea & Febiger, Philadelphia, 1981*
 27. Weyman AE : *Cross sectional echocardiography. Lea & Febiger, Philadelphia, 1982*
 28. Tajik AJ, Seward JB, Hagler DJ, et al : *Two dimensional real time ultrasonic imaging of the heart and great vessels. Technique, image orientation, structure, identification and validation. Mayo Clin Proc 53: 271, 1978*
 29. Saperni R, Shaver JA : *Update on echocardiography. Year book medical, Chicago, vol. 29, Jan.*

1983

30. Wells PNT : *History, handbook of clinical ultrasound*. Edited by M de Vlieger, Holmes, J.H. Kazner, E. et al. p3-13, N.Y. John Wiley & Son Co. 1978
31. Johnson ML, Siegel W, Feinler JM : *Echocardiography in the heart* edited by Hurst, J.W. 4th ed., p.1773., McGraw-Hill, N.Y., 1978
32. Shine KI, Perloff JK, Child JS, et al : *Non-invasive assessment of myocardial function*. Ann Int Med 92:78, 1980
33. Popp RL : *M-mode echocardiographic assessment of left ventricular function*. Am J Cardiol 49 : 1312, 1982
34. Henry WL : *Evaluation of ventricular function using two dimensional echocardiography*. Am J Cardiol 49 : 1319, 1982
35. Fortein NJ, Hood WP, Carge E : *Evaluation of left ventricular function by echocardiography*. Circulation 43 : 480, 1971
36. Teichholz LE, Kreulen T, Herman MV, et al : *Problems in echocardiographic volume determinations : Echocardiographic-angiographic correlations in the presence or absence of asynergy*. Am J Cardiol 37 : 7, 1976