

심장질환의 외과적 치료*

계명대학교 의과대학 흉부외과학교실

이 광 속

(지도: 유영선 교수)

= Abstract =

Surgical Treatment of the Heart Diseases

Kwang Sook Lee, M.D.

*Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery
Keimyung University School of Medicine*

(Directed by Prof. Young Sun Yoo)

One hundred eleven patients underwent open heart surgery with the aid of cardiopulmonary bypass from November, 1980 through September, 1982. There were 57 cases of congenital anomaly and 54 cases of acquired disease.

In 57 congenital anomaly 35 patients were men and 22 were women, ranging from 4 to 37 years of age with a mean 13.9 years. The most frequently operated congenital anomaly was tetralogy of Fallot. Hospital mortality rates for 40 acyanotic and 17 cyanotic patients were 2.5% and 41% respectively. Overall mortality rates in 57 congenital anomaly was 14%.

In 54 acquired disease 22 patients were men and 32 were women, ranging from 13 to 53 years with a mean 29.4 years. All acquired lesions, except one left atrial myxoma, were valvular heart disease. Among 54 acquired lesion, three patients died in the hospital and five during the period of late follow-up.

Forty-eight patients underwent valve replacement. There were 41 mitral valve replacement, 5 aortic valve replacement, and 2 double valve replacement. Operative mortality for valve replacement was 5.7%. In valve replacement Carpentier-Edwards Porcine Xenobioprosthesis were routinely used.

서 론

Gibbon¹⁾에 의해 1953년 처음으로 체외순환을 이용한 개심술이 성공한 이래 진단기술의 향상, 심폐기 및 체외순환방법의 개선, 수술수기 및 순환환자 관리기술의 발달과 아울러 최근 심근보호법의 개발로 개심술의 성적은 날로 향상되고 있으며 근래에는 우리나라에서도 연간 1,000례 이상의 개심술이 시행

되고 있다.

본 계명대학교 의과대학 흉부외과학교실에서는 1980년 11월부터 1982년 9월까지 111례의 개심술을 시행하여 좋은 성적을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

심폐기 및 체외순환

본 교실에서 사용한 Pump는 Polystan Verticlude

* 본 논문의 요지는 1982년 10월 제14차 대한흉부외과학회대회에 발표되었음.
본 논문은 1982년도 계명대학교 등산의료원 임상연구 보조비로 이루어졌음.

Blood Pump(5 Head)이고 산화기는 전례에서 Polystan Venotherm Oxygenator를 이용하였다. (표 1)

Table 1. Extracorporeal Circulation

Pump	Polystan Verticlude Blood Pump
Oxygenator	Polystan Venotherm Oxygenator
Hemodilution	25%—30%
Perfusion Flow	2.4 L/min/M ²
Oxygen Flow	Same as Perfusion Flow

체외순환시 동맥관을 삽입해동맥에, 정맥관은 상하동정맥에 2개를 삽입하였으며 파심실 Vent를 이용하였다.

산화기의 용액은 ACD Blood와 Hartmann's Sol.을 거당탄 혼합하여 혈구농도가 25%~30%가 되게 하였으며 그의 Sol. Bicarbonate, Vitamine C, CaCl₂, Glucose 등을 혼합하였다. (표 2)

Table 2. Oxygenator Priming

ACD Blood
Hartmann's Sol.
Calcium Chloride
Sodium Bicarbonate
Vitamine C
50% Glucose

관류량은 2.4 L/min/M²로 하였으며 이때 산화기의 산소 주입량은 관류량과 동일하게 하였다. (표 1)

Heparin은 정맥관 삽입전에 체중 kg당 3mg을 우선방에 주입하였고 그후 매 1시간 마다 반량을 추가로 주입하였다. 체외순환이 끝나고 동맥관 제거후 혈액의 Activated Coagulation Time을 측정하여 적당량의 Protamine으로 Heparin을 중화하였다.

심근보호

대동맥차단으로 인한 심근손상을 방지하기 위해 본 교실에서는 대동맥차단 즉시 ACD Blood 1 pint와 Hartmann's Sol. 400 ml, Heparin 5,000 unit를 혼합한 4°C의 용액을 대동맥관부에 주입하고 다음에 Cold Bretschneider's Sol.을 주입하여 심근온도를 하강시키고 동시에 심박동을 정지시켰다. 이때 Cold Saline을 심장포면에 흘려서 심근의 국소냉각을 도모하였으며 동시에 중등도의 저체온법도 병행하여 실시하였다. (표 3) 심정지액은 1회 주입을 원칙으로 하였으나 대동맥 차단시간이 길어져

Table 3. Myocardial Protection

1. ACD Blood 400 ml
Hartmann's Sol. 400 ml
Heparin 5,000 unit
2. Bretschneider's Sol.
3. Mild Systemic Hypothermia
4. Topical Cooling with Cold Saline

수술도중에 심박동이 돌아오면 Cold Bretschneider's Sol.을 추가로 주입하여 심박동으로 인한 심근의 에너지 고갈을 방지하였다.

총 례

개심술 111례중 선천성 심장환이 57례 후천성 심장환이 54례였고 남녀비는 57대 54였다. 선천성 심장환 57례중 비칭색증군이 40례이고 칭색증군이 17례였다. 후천성 심장환은 1례의 파심방정맥종을 제외한 53례에서 전부가 관막질환이었다. 연령분포는 4세에서 53세 사이였으며 평균연령은 21.4세였다. (표 4)

Table 4. Age and Sex Distribution

Age	CHD		AHD		Total
	M	F	M	F	
0—5	2	1			3
6—10	13	7			20
11—20	16	9	4	7	36
21—30	4	4	8	12	28
31—40			7	9	17
41—50			2	3	5
51—60			1	1	2
Total	35	22	22	32	111

Legend: CHD, Congenital heart disease
AHD, Acquired heart disease
M, Male, F, Female.

1. 선천성 심장환

선천성 심장환 57례중 남자가 35례 여자가 22례였고 최연소자는 4세, 최고령자는 37세로 평균연령은 13.9세였다. 질병별빈도는 활루우씨 4중후군이 16례로 가장 많았고 다음이 심실중격결손 15례, 심방중격결손이 11례, 폐동맥협착이 4례 등의 순이었으며 희귀하고 복잡심기형인 대동맥전위증을 동반한 삼첨판폐쇄증 1례도 경험하였다. (표 5)

수술방법은 활루우씨 4중후군 16례에서 모두 근

Table 5. Clinical Materials(CHD)

	Male	Female	Total
Acyanotic	23	17	40
VSD	11	4	15
ASD	6	5	11
PS	2	2	4
AVSD	1	1	2
AS+PDA	—	2	2
VSD+AI+PS	2	—	2
VSD+AI	—	1	1
VSD+PS	—	1	1
ASD+PS	1	—	1
Sinus Valsalva Rupture	—	1	1
Cyanotic	12	5	17
TOF	12	4	16
TA	—	1	1
Total	35	22	57

Legend: VSD, Ventricular septal defect.
 ASD, Atrial septal defect.
 PS, Pulmonic stenosis.
 AVSD, Atrioventricular septal defect.
 AI, Aortic insufficiency.
 TOF, Tetralogy of Fallot.
 TA, Tricuspid atresia.
 PDA, Patent ductus arteriosus.

치수술을 하였고 이들중 7례에서 우심실유출로재건술을 시행하였다. 심실중격결손중 15례중 11례는 단순봉합하고 4례에서는 patch 봉합하였으며 심방중격결손중 11례중 부분적 폐동맥환류이상을 동반한 1례에서 Patch 봉합하고 나머지 10례에서는 단순봉합하였다. 폐동맥협착 4례에서는 Valvotomy 3례, Infundibulectomy 1례를 실시하였다. 삼첨판폐쇄중 1례에서는 우심방-폐동맥 bypass 수술을 하였고 대동맥협착과 개존동맥관이 합병한 1례에서는 대동맥판대치술을 시행하였다. (표 6)

원질성 심질환의 수술사망률을 보면 비정색증군에서는 40례중 1명이 사망하여 2.5%의 사망율을 보이나 형색증군에서는 17례중 7례가 사망하여 41%의 높은 사망율을 나타낸다. 전체사망율은 14%이다. (표 6) 원질성 심질환자중 수술후만기사망률은 없었다.

2. 후질성 심질환

후질성 심질환은 51례로 남자가 22례 여자가 32례였고 연령분포는 13세에서 53세 사이로 평균연령은 29.4세였다.

질병별 분포는 승모판협착이 19례로 가장 많았고 다음이 승모판폐쇄부전이 15례 승모판협착과 폐쇄부전이 합병한 경우가 10례 중부판막질환이 5례 대

Table 6. Surgical Procedure and Deaths (CHD)

Dx	Procedure	No. of Cases	No. of Death
VSD	Direct Suture Closure	11	
	Patch Closure	4	
ASD	Direct Suture Closure	10	1
	Patch Closure	1	
PS	Valvotomy	3	
	Infundibulectomy	1	
AVSD	Direct Suture Closure	2	
AS+PDA	Valvotomy and Division of PDA	1	
	AVR and Ligation of PDA	1	
VSD+AI+PS	Patch Closure, Infundibulectomy and AV Plasty	2	
VSD+AI	Direct Suture Closure and AV Plasty	1	
VSD+PS	Patch Closure and Infundibulectomy	1	
ASD+PS	Direct Suture Closure and Valvotomy	1	
Sinus Valsalva Rupture	Direct Suture Closure	1	
TOF	Total Correction	9	3
	Total Correction+RVOTR	7	3
TA	RA-PA Bypass	1	1
Total		57	8(14%)

Legend: RVOTR, Right ventricular outflow tract reconstruction. For other abbreviations see Table 5.

동맥관질환이 4례 좌심방점액종이 1례 있었다.(표 7)
수술방법은 승모판협착증 19례중 5례에서 개방성 승모판교련절개술을 하였고 나머지 14례에서는 승모판대치술을 시행하였다. 승모판폐쇄부전증 15례에서는 모두 승모판대치술을 하였고 승모판협착과 폐쇄부전이 동반된 10례에서 1례는 승모판교련절개술과

였다. 승모판질환과 삼첨관질환이 합병한 경우가 3례였는데 이들중 2례는 승모판대치술과 삼첨판윤성형술을 시행하였고 1례에서는 중복관막치환술을 하였다. 대동맥폐쇄부전 2례에서는 대동맥판대치술을 하였고 대동맥협착과 폐쇄부전이 동반된 2례에서도 대동맥판대치술을 하였다. 승모판질환과 대동맥판질환이 합병한 2례에서 1례는 승모판대치술과 대동맥판성형술을 1례에서는 중복관막대치술을 하였다. 좌심방점액종 1례에서는 좌심방을 통하여 종양을 절제하였다.(표 8)

Table 7. Clinical Materials (AHD)

	Male	Female	Total
MS	7	12	19
MI	7	8	15
MSI	3	7	10
MI+TI	1	2	3
AI	—	2	2
ASI	1	1	2
MSI+ASI	2	—	2
LA Myxoma	1	—	1
Total	22	32	54

Legend: MS, Mitral stenosis.
MI, Mitral insufficiency.
MSI, Mitral stenoin insufficiency.
AI, Aortic insufficiency.
ASI, Aortic stenoin insufficiency.
TI, Tricuspid insufficiency.
LA, Left atrium.

관막성형술을 하였고 9명에서는 승모판대치술을 하

였다. 수술사망례는 승모판대치술을 시행한 환자에서 2명 중복관막대치술을 시행한 1례에서 사망하여 5.6%의 수술사망율을 보였다.(표 8)

술후 단기사망례를 보면 승모판대치술을 시행한 4례와 승모판교련절개술을 시행한 1례에서 술후 48일부터 1년사이에 사망하였으며 원인은 세균성 심내막염이 2례, 진균성 폐염이 1례, 뇌혈관관색증이 1례, 급성절경성간염으로 1례가 사망하였다.(표 9)

수술사망례와 단기사망례를 제외한 45례의 판막질환자의 수술전후의 증상의 정도를 New York Heart Association의 분류법에 따라 분류하였든바 수술전에 Class III가 24례, Class IV가 21례던 것이 술후 Class I이 35례로 77.8%였고, Class II가 9명 Class III가 1례로 증상의 호전이 뚜렷하였다.(표 10)

Table 8. Surgical Procedures and Deaths (AHD)

Dx	Procedures	No. of Cases	No. of Death
MS	OMC	5	
	MVR	14	1
MI	MVR	15	1
MSI	OMC+VaIvuloplasty	1	
	MVR	9	
MI+TI	MVR+TV Annuloplasty	2	
	MVR+TVR	1	1
AI	AVR	2	
ASI	AVR	2	
ASI+MSI	MVR+AV Plasty	1	
	MVR+AVR	1	
LA Myxoma	Tumor Excision	1	
Total		54	3(5.6%)

Legend: OMC, Open mitral commissurotomy.
MVR, Mitral valve replacement.
TVR, Tricuspid valve replacement.
AV, Aortic valve.
For other abbreviations see Table 7.

Table 9. Late Death

Dx	Procedure	Cause of Death
MS	OMC	Fungal Pneumonia
MS	MVR	Bacteria Endocarditis
MSI	MVR	Cerebral Embolism
MI	MVR	Bacteria Endocarditis
MS	MVR	Acute Fulminating Hepatitis

For legend see Table 7 and Table 8.

Table 10. Pre and Postoperative Functional Class (NYHA)

NYHA Class	Preoperative		Postoperative	
	No. of Cases	%	No. of Cases	%
I	—	—	35	77.8
II	—	—	9	20.0
III	24	53.3	1	2.2
IV	21	46.7	—	—

Legend: NYHA, New York Heart Association.

용하였고 수술 3일째부터 항응고 치료를 시작하였다. 사용한 약제는 Coumadin 과 Persantine 을 이용하였고 치료기간은 심실세동이 없는 승모판대치술 환자는 1개월, 심실세동이 있는 경우는 3개월, 대동맥판대치술의 경우는 1개월간 치료하였다. 이때 약용량을 적절한 요절하여 Prothrombin Time 을 30~40%에 맞추려고 노력하였다. (표 11)

Table 11. Anticoagulation Regimens

Coumadin	
Persantine	
Prothrombin Time: 30—40%	
Duration	MVR \bar{s} AF : 1 month
	MVR c AF : 3 months
	AVR : 1 month

Legend: AF, Atrial fibrillation.

고 찰

결술한 바와 같이 1953년에 Gibben¹⁾에 의해 처음으로 인공심폐기를 이용한 개심술이 성공한 이래 1960년대 초반에는 Harken²⁾과 Starr³⁾ 등에 의해 인공판대치술이 실시되었고 1960년대 말기에는 관상동맥회로수술이 가능하게 되었으며 4,5,6) 최근에는 인공심장이식술의 성공률이 지상에 발표되기까지 결코 심장외과의 발전은 눈부시다 하겠다.

1970년대 말부터 활기를 띠기 시작한 우리나라의 심장외과도 연간 1,000례 이상의 개심술이 좋은 성

적으로 행하여지고 있으며, 영유아기의 개심술과 관상동맥질환의 수술에 이르기까지 점차 그 영역을 확대하고 있다.

이렇게 개심술의 성적이 향상된데에는 여러 요인이 있었으나 그중 심근보호법의 개선이 큰 비중을 차지한다 하겠다.

심근보호란 개심술시 대동맥 차단으로 야기되는 Anoxia로부터 심근을 보호하여 수술 심기능의 회복을 증대하려는데 목적이 있다.

심근보호법의 이론은 요약하면 첫째, 관관류의 차단으로 인한 Anoxia 동안 심근이 요구하는 충분한 에너지를 공급하고 둘째, 심근의 에너지 요구량을 감소하자는데 있다. 이러한 목적으로 현재 널리 이용되는 심근보호법으로는 저온법(국소적 및 전신적)과 심정지액의 사용이라 하겠다.

저온법은 유지하는 바와같이 심근의 온도를 저하시켜 심근의 산소 소모량을 저하시켜 Anoxia로부터 심근을 보호하자는 것이며 Buckberg⁷⁾ 등은 28°C에서 산소요구량이 50% 감소하고 22°C에서는 75% 감소한다고 하였다.

심정지액은 심근의 국소냉각효과와 아울러 심근에 에너지를 공급하며 심박동을 정지시켜 심근의 에너지요구를 감소시켜 심근을 보호하자는 것이다.

심정지액은 1955년 Melrose⁸⁾ 등에 의해 처음 시도되었으나 이용액의 사용으로 심근의 구조적 변화가 초래된다는 보고⁹⁾에 따라 약 20년간 사용하지 않다가 Bretschneider¹⁰⁾, Kirsh¹¹⁾, Hearse¹²⁾, Gay¹³⁾

등의 의해 많은 연구가 이루어져 1970년대 중반부터 새로운 사용하게 되었다.

Tyers¹³⁾ 등은 Melrose액의 사용으로 인한 심근의 손상을 그 용액의 부적절한 성분보다도 부적당한 농도에문이라고 하였다. 최근 여러 종류의 심정지액이 개발되어 사용되고 있으나 현재로서는 어떤 심정지액이 가장 우수한 심근보호 효과를 갖고 있는지에 대해서는 단정하기가 어렵다. 그러나 이상적인 심정지액에 대해서 Buckberg¹⁴⁾ 등은 어떻게 요약하고 있다.

1. 즉각적인 심정지를 유발하여 에너지 요구를 감소시키고 심박동으로 인한 에너지 소비를 줄이며
2. 심근온도를 낮추어 에너지 요구를 감소시키고 심박동의 재발을 방지한다.
3. 된기성 및 호기성 에너지 생산을 위한 Substrate의 제공
4. 혐기성 산증을 교정하여 저온하에서도 계속적인 대사가 이루어질 수 있게 할 것
5. 저온과 Anoxia로 인한 부종의 방지
6. Membrane Stabilization의 효과가 있어야 한다.

이러한 이상적인 심정지액이라도 1회주입후 시간이 경과함에 따라 Noncoronary Collateral Flow에 의해 심정지액이 씻겨나가고 심근온도가 상승하므로 심정지액의 효과는 감소한다 하겠다.¹⁵⁾

이런 이유에서 Nelson¹⁶⁾ 등은 Single Dose Cardioplegia보다 Multidose Cardioplegia가 심근보호 효과가 우수하다고 하였다.

근래에는 Ischemia 시 야기되는 심근손상의 대부분이 Reperfusion 시에 발생한다고 하며^{17,18,19)} 이러한 Reperfusion Injury를 방지하기 위해 Secondary Cardioplegia를 이용하여 좋은 성적을 보고하고 있다.^{20,21,22)}

Reperfusion Injury란 개심술시 일시적으로 관관류를 중지한후 다시 관관류를 시작할 때 발생하는 심근의 손상으로 이는 1. 세포내 칼슘의 축적(Stone Heart) 2. 심근세포의 부종 3. 심근의 산소이용 능력의 감소등으로 특징지워진다.^{23,24)}

이외에도 Ischemia 시 칼슘이온이 세포내로 이동하여 심근손상을 초래한다는 보고^{25,26)}에 따라 Calcium Antagonist를 심정지액에 이용하기도 한다.^{27,28,29,30)}

1960년대 초탄에 Harken²⁾과 Starr³⁾ 등에 의해 인공판막대치술이 시작된 이래 여러 종류의 인공판막이 제작되어 사용되어 왔다. 이상적인 인공판막으로 갖추어야 할 요건은 1. Hydraulic Performance

가 우수하고 2. 내구성이 좋으며 3. 항응고제의 치료없이도 혈전생성이 없으며 4. 혈구파괴나 거부반응이 없고 5. 대치가 쉬워야 하며 6. 판막작동소음이 없어야 한다. 이런 조건들을 완벽하게 구비한 인공판막은 현재 불가능 하지만 점차 인공판막의 구조가 개선되어 임상에서 좋은 성적을 올리고 있다. 현재 세계적으로 널리 이용되고 있는 인공판막은 크게 Mechanical Valve(Prosthetic Valve)와 Biologic Valve(Tissue Valve)로 나눌 수 있으며 Mechanical Valve에는 Caged Ball Valve와 Cageless Tilting Disc Valve가 있다. 이들은 지속적인 항응고치료를 요하는 단점이 있으나 내구성면에서 거의 영구적이란 장점때문에 어린이와 항응고치료가 가능한 여러 환자에서 많이 사용되고 있다.

Biologic Valve에는 Porcine Valvular Bioprosthesis와 Bovine Pericardial Bioprosthesis가 주로 이용되며 이들은 항응고치료 없이도 혈전발생빈도가 낮아 항응고치료가 불가능한 환자(출혈성 괴양환자, 인신을 원하는 젊은 여성)와 고령자에 많이 사용한다. 그러나 내구성문제는 현재 사용기간이 길지 않아 계속적인 관찰이 요구된다. Oyer³¹⁾ 등은 Porcine Bioprosthesis(Hancock Valve)로 인공판막대치술을 시행한 1,407명에 대한 원격추적 조사에서 대동맥판막대치술은 5년후 99%, 승모판막대치술은 6년후 94%에서 인공판막의 기능이 정상이었다고 하였다. Cohn³²⁾ 등은 같은 Hancock Valve를 사용해서 관찰하였든바 8년후 인공판막의 기능이 90%에서 정상이었다고 한다.

선천성 심질환도 진단기술의 발달과 아울러 수술수기의 표준화 등으로 그 수술성적이 향상되었다. 특히 Axial Angiography^{33,34)}와 Two-dimensional Echocardiography³⁵⁾의 개발로 수술전에 정확한 심장해부학적 구조를 인지하므로써 복잡한 심장기형의 수술에 많은 도움을 주고 있다.

팔로우시 4분후관(ToF)의 영유아기에서의 수술방법에 대해서는 이견이 많다.

개심술초기에는 영유아의 수술사망율이 높아 Two-Stage Operation, 즉 일차적으로 대동맥과 폐동맥 사이에 Shunt 수술을 시행후 얼마기간후 근치수술을 시행하였으나 Barratt-Boyes³⁶⁾ 등은 영유아의 환자에서 처음부터 근치수술을 시행하여 Two-Stage Operation보다 좋은 결과를 보고한 이래 Rces³⁷⁾, Starr²⁸⁾, Daily³⁹⁾, Castaneda⁴⁰⁾ 등이 영유아기에 근치수술을 하여 좋은 성적을 발표했다. ToF에서 처음부터 근치수술을 할것인지 아니면 Two-Stage Operation을 할것인가의 결정은 환자의

인령이 문제가 아니고 폐동맥의 발육경도에 따라 결정해야 한다고 한다.^{38,41)} 근래에는 병원마다 기준을 정해두고 경우에 따라 근치수술 혹은 Two-Stage 수술을 시행하여 좋은 성적을 내고 있다.^{42,43,44)}

결 론

계명대학교 의과대학 흉부외과학교실에서는 1980년 11월부터 1982년 9월까지 111례의 개심술을 치험하여 문헌고찰과 아울러 관찰성적을 보고하였다. 이를 요약하면

1. 개심술 111례중 선천성 심질환이 57례 후천성 심질환이 54례였으며 남자가 57례 여자가 54례이고 평균연령은 21.4세(4세~53세)였다.

2. 선천성 심질환 57례중 비칭색증이 40례, 칭색증이 17였으며, 가장 빈도가 높은 질환은 활모태 4중후군이었다. 수술사망율은 14%였다.

3. 후천성 심질환 54례중 1례의 좌심방검역종을 제외한 53례가 관막질환이었다. 가장 빈도가 많은 질환은 승모판협착증이었으며 수술사망율은 5.6%였다.

4. 인공판막 대치술은 48례에서 시행하였으며 이 중 2례에서는 중복판막대치술을 하였다. 수술사망율은 5.6%였다.

5. 후천성 심질환에서 5례의 판기사망례가 있었다.

6. 인공판막대치술후 일정기간 Coumadin 과 Persantine 으로 항응고치료를 하였다.

7. 절제에서 산화기는 Polystan Venotherm Oxygenator 를 사용하였고 인공판막은 Carpentier-Edwards Porcine Xenobioprosthesis 를 이용하였다.

참 고 문 헌

1. Gibbon, J.H. Jr.: Application of a mechanical heart and lung apparatus to cardiac surgery, in *Recent Advances in Cardiovascular Physiology and Surgery*. University of Minnesota, Minneapolis, 1953, pp 107-113
2. Harken, D.E., Soroff, H.S., Taylor, W. J., et al.: Partial and complete prostheses in aortic insufficiency. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 40 : 744, 1960
3. Starr, A., Edwards, M.L.: Mitral replacement: Clinical experience with a ball-valve prosthesis. *Ann. Surg.*, 154 : 726, 1961
4. Favaloro, R.G.: Saphenous vein autograft

- replacement of severe segmental coronary artery occlusion-operative technique. *Ann. Thorac. Surg.*, 5 : 334, 1968
5. Green, G.E., Stertz, S.H., Reppert, E. H.: Coronary arterial bypass grafts. *Ann. Thorac. Surg.*, 5 : 443, 1968
6. Johnson, W.D., Flemma, R.J., Lepley, D. Jr., Ellison, E.H.: Extended treatment of severe coronary artery disease: a total surgical approach. *Ann. Surg.*, 170 : 460, 1969
7. Buckberg, G.D., Brazier, J.R., Nelaon R.L., Goldstein, S.M., McConnell, D.H., Cooper, N.: Studies of the effects of hypothermia on regional myocardial blood flow and metabolism during cardiopulmonary bypass. 1. The adequately perfused beating, fibrillating and arrested heart. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 73 : 84, 1977
8. Melrose, D.G., Dreyer, B., Bentall, H.H., Baker, J.B.E.: Elective cardiac arrest. *Lancet*, II : 21, 1955
9. Helmsworth, J.A., Kaolan, S., Clark, L.C., McAdams, A.J., Mathews, E.C., Edwards, F.K.: Myocardial injury associated with asystole induced with potassium citrate. *Ann. Surg.*, 149 : 200, 1959
10. Bretschneider, J.H., Hubner, G., Knoll, D., Lohr, B., Nordbeck, H., Spieckermann P.G.: Myocardial resistance and tolerance to ischemia. *Physiological and biochemical basis. J. Cardiovasc. Surg.*, 16 : 241, 1975
11. Kirsh, U., Rodewald, G., Kalmar, P.: Induced ischemic arrest. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 63 : 121, 1972
12. Hearse, D.J., Stewart, D.A., Braimbridge, M.V., et al.: Cellular protection during myocardial ischemia. *Circulation*, 54 : 193, 1976
13. Gay, W.A. Jr., Ebert, P.A.: Functional, metabolic, and morphologic effects of potassium-induced cardioplegia. *Surgery*, 74 : 284, 1973
14. Buckberg, G.D.: A proposed solution to the cardioplegic controversy. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 77 : 803, 1979

15. Brazier, J., Hottenrott, C., Buckberg, G.D.: Noncoronary collateral myocardial blood flow. *Ann. Thorac. Surg.*, 19 : 426, 1975
16. Nelson, R., Fey, K., Follette, D.M., et al.: The critical importance of intermittent infusion of cardioplegic solution during aortic cross-clamping. *Surg. Forum*, 27 : 241, 1976
17. Shen, A.C., Jennings, R.B.: Kinetics of calcium accumulation in acute myocardial ischemic injury. *Am. J. Pathol.*, 67 : 121, 1972
18. Jennings, R.B., Sommers, H.M., Smyth, G.A., et al.: Myocardial necrosis induced by temporary occlusion of a coronary artery in dog. *Arch. Pathol.*, 70 : 68, 1960
19. Kloner, R.A., Ganote, C.E., Whalen, D.A. Jr., et al.: Effect of a transient period of ischemia on myocardial cells. *Am. J. Pathol.*, 74 : 399, 1974
20. Lazar, H.L., Buckberg, G.D., Manganaro, A.J., et al.: Reversal of ischemia damage with secondary blood cardioplegia. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 78 : 688, 1979
21. Follette, D.M., Fey, K.H., Steed, D.L., et al.: Reducing reperfusion injury with hypocalcemia, hyperkalemic, alkalotic blood during reoxygenation. *Surg. Forum*, 29 : 284, 1978
22. Lazar, H.L., Buckberg, G.D., Manganaro, A.M., et al.: Myocardial energy replenishment and reversal of ischemic damage by substrate enhancement of secondary blood cardioplegia with amino acids during reperfusion. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 80 : 350, 1980.
23. Kane, J.J., Murphy, M.L., Bissett, J.K., deSoyza, N., Doherty, J.E., Straub, K.D.: Mitochondrial function, oxygen extraction, epicardial S-T segment changes and tritiated digoxin distribution after reperfusion of ischaemic myocardium. *Am. J. Cardiol.*, 36 : 218, 1975
24. Lazar, H.L., Foglia, R.P., Manganaro, A.J., Buckberg, G.D.: Detrimental effects of premature use of inotropic drugs to discontinue cardiopulmonary bypass. *Surg. Forum*, 29 : 276, 1978
25. Fleckenstein, A.: Drug-induced changes in cardiac energy. *Adv. Cardiol.*, 12 : 183, 1974
26. Naylor, W.G., Poole-Wilson, P.A., Williams, A.: Hypoxia and calcium. *J. Mol. Cell Cardiol.*, 11 : 683, 1979
27. Clark, R.E., Ferguson, B.A., West, P.N., Shuchleib, R.C., Henry, P.D.: Pharmacologic preservation of the ischemic heart. *Ann. Thorac. Surg.*, 24 : 307, 1977
28. Lowe, J.E., Kleinman, L.H., Reimer, K.A., Jennings, R.B., Wechsler, A.S.: Effects of cardioplegia produced by calcium flux inhibition. *Surg. Forum*, 1977, p. 279
29. Magee, P.G., Flaherty, J.T., Bixler, T.J., Glower, D., Gardner, T.J., Bulkley, B.H., Gott, V.L.: Comparison of myocardial protection with nifedipine and potassium. *Circulation*, 60(Suppl) : 151, 1979
30. Vouhe, P.R., Helias, J., Grondin, C.M.: Myocardial protection through cold cardioplegia using diltiazem, a calcium channel blocker. *Ann. Thorac. Surg.*, 30 : 342, 1980
31. Dyer, P.E., Stinson, E.B., Reitz, B.A., Millwe, D.C., Rossiter, S.J., Shumway, N.E.: Long-term evaluation of the porcine exnograft bioprosthesis. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 78 : 343, 1979
32. Cohn, L.H., Mudge, G.H., Pratter, F., Collins, J.J. Jr.: Five to eight-year follow-up of patients undergoing porcine heart-valve replacement. *New Engl. J. Med.*, 304 : 258, 1981
33. Barger, L.M., Elliott, L.P., Soto, B., et al.: Axial cineangiography in congenital heart disease. Section I. Concept, technical and anatomic considerations. *Circulation*, 56 : 1075, 1977
34. Elliott, L.P., Barger, L.M., Bream, P.R., et al.: Axial cineangiography in congenital heart disease. Section II. Specific lesions. *Circulation*, 56 : 1084, 1977

35. Tajik, A.J., Seward, J.B., Hagler, D.J., 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
36. Barratt-Boyes, B.G., Neutze, J.M.: Primary repair of tetralogy of Fallot in infancy using profound hypothermia with circulatory arrest and limited cardiopulmonary bypass: a comparison with conventional two-stage management. *Ann. Surg.*, 178 : 406, 1973
37. Rees, G.M., Starr, A.: Total correction of Fallot's tetralogy in patients aged less than 1 year. *Brit. Heart J.*, 35 : 898, 1973
38. Starr, A., Bonchek, L.I., Sunderland, C.D.: Total correction of tetralogy of Fallot in infancy. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 65 : 45, 1973
39. Daily, P.O., Stinson, E.B., Shumway, N.E.: Tetralogy of Fallot. Choice of surgical procedure. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 75 : 333, 1978
40. Castaneda, A.R., Freed, M.D., Williams, R.G., Norwood, W.I.: Repair of tetralogy of Fallot in infancy. Early and late results. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 74 : 372, 1977
41. Oku, H., Shirotani, H., Yokoyama, T., Tolota, Y., Kawai, J., Mori, A., Kanzaki, Y., Makino, S., Ando, F., Setsuie, N.: Postoperative size of the right ventricular outflow tract and optimal age in complete repair of tetralogy of Fallot. *Ann. Thorac. Surg.*, 25 : 322, 1978
42. Dobell, A.R.C., Charrettee, E.P., Chugh-tal, M.S.: Correction of tetralogy of Fallot in the young child. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 55 : 70, 1968
43. Woodson, R.D., Burnell, R.H., Herr, R.H., et al.: Surgical management of tetralogy of Fallot in children under age four. *Ann. Surg.*, 169 : 257, 1969
44. Bender, H.W. Jr., Fisher, R.D., Conkle, D.M., et al.: Selective operative treatment for tetralogy of Fallot: rationale and results. *Ann. Surg.*, 183 : 685, 1976