

## 開心術 治驗 10 例 報告

林承平\* · 尹甲辰\* · 李永旭\* · 金賢淳\* · 金鍾豪\*  
李寅聖\* · 張雲夏\* · 金容珍\* · 盧俊亮\*\* · 徐景弼\*\*

- Abstract -

### Clinical Experience of Open Heart Surgery Report of 10 cases

Seung Pyung Lim, M.D.\*, Kap Jin Yoon, M.D.\*, Young Ouk Lee, M.D.\*, Hyun Soon Kim, M.D.\*,  
Jong Ho Kim, M.D.\*, In Sung Lee, M.D.\*, Un Ha Chang, M.D.\*, Yong Jin Kim, M.D.\*,  
Joon Ryang Roh, M.D.\*\* and Kyung Phill Suh, M.D.\*\*

This report is concerned to our experience of 10 cases of open heart surgery under the extracorporeal circulation at the Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Capital Armed Forces General Hospital during the period between May, 1982 and February, 1983.

1. Six cases were male and two cases were female. Age were varied from 21 years to 50 years and mean age was 34 years.
2. The cases included 2 Ventricular Septal Defects, 1 Atrial Septal Defect, 1 Tetralogy of Fallot and 6 acquired valvular heart diseases.
3. The surgical managements were 3 primary repairs for Ventricular Septal Defects and Atrial Septal Defect, 1 total correction for Tetralogy of Fallot and 6 mitral valve replacements with bovine xenograft by Ionescu-Shiley combining 3 Tricuspid annuloplasties ( De Vega method ) and 1 deauricularization of left atrial appendage for acquired valvular heart diseases.
4. The average cardiopulmonary bypass time was 37 minutes for acyanotic congenital heart diseases and 92 minutes for cyanotic heart disease and acquired valvular heart diseases. And the average aortic cross clamping time was 19 minutes for the former and 70 minutes for the latter.
5. Postoperatively, there were 1 hemolytic anemia, 1 congestive heart failure, 1 hemolytic jaundice and 1 thermal burn as complications, but there was no operative mortality.
6. All patients received valve replacement were recommended anticoagulation with Persantin and Aspirin.

### I. 緒 論

1953年 Gibbon의 人工心肺器에 依한 開心術이 心房

中隔缺損症에 適用된 以後 心肺器의 改良, 充墳 및 灌流 方法의 改善을 위한 여러학자들의 꾸준한 노력으로 體 外循環을 利用한 心臟手術의 成功率을 증가시켜 주었으 며 마취학의 發達, 術前後 患者管理의 改善, 低體溫法

\* 國軍首都統合病院 胸部外科

\*Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Capital Armed Forces General Hospital

\*\* 서울大學校 醫科大學 胸部外科學教室

\*\*Department of Thoracic and Cardiorascular Surgery, College of Medicine, Seoul National University

과 心麻痺응액의 開發은 術技의 發展과 더불어 手術結果를 현저히 호전시키고 있다. 1980年代에 이르러 우리나라에서도 國家의 경제적 사회적 여건이 호전됨에 따라 開心術이 보편화하게 되었다.

本 國軍首都統合病院 胸部外科에서는 다소 늦은 감이 있으나 尙尙비현대화계획의 일환으로 心肺器를 導入하여 1982年 4월에 4次에 걸친 動物實驗을 실시하였고 1982年 5月 31日 創軍以來 最初로 開心術을 실시하기에 이르렀으며 以後 1983年 2月 15日까지 9個月間 10例의 開心術을 成功的으로 수행하였으므로 이에 報告하는 바이다.

## II. 症 例

開心術 10例中 先天性 心疾患이 4例, 後天性 心疾患이 6例였다. 先天性 心疾患中 青色症群이 1例, 非青色症群이 3例였고 後天性 心疾患 6例는 모두 瓣膜疾患이었다 (Table 1).

### 1. 先天性 心疾患

先天性 心疾患은 心室中隔缺損症 2例, 心房中隔缺損症 1例, 그리고 활로氏四徵症 1例였다.

術前 심도자검사상, 心房中隔缺損症과 心室中隔缺損症에서는 5~9%의 산소포화도차이를 보였으며 활로氏

四徵症은 심혈관조영술로 폐동맥판막협착 및 우심실 유출로비후 (combined stenosis)를 확인하였다.

手術方法은 心室中隔缺損症과 心房中隔缺損症에서 모두 단순봉합술을 실시하였고 활로氏四徵症은 心室中隔缺損의 patch 교정 및 비후된 우심실유출부의 절제 및 폐동맥판막절개를 실시하였으며 우심실유출로 재건술은 시행하지 않았다.

### 2. 後天性 心疾患

後天性 心疾患은 6例 모두 僧帽瓣膜疾患으로 3例에서는 三尖瓣膜閉鎖不全症을 동반하고 있었으며 1例에서는 左心房血栓이 발견되었다. 患者의 性別은 男子 4例, 女子 2例였고 平均연령은 32세로 최고령은 50세였다. 術前檢査를 보면 單純胸部사진상 症例 2, 症例 4, 그리고 症例 9에서는 심한 心肥大 (心胸比 72%)를 보였으며 다른 症例에서도 60%정도의 중등도 심비대를 보였다 (Fig. 1). 또한 임상적으로도 上記 3例에서는 NYHA functional class III~IV의 기능장애를 나타내는 울혈성 심부전을 나타냈다. 심전도상 全例에서 左心室肥大를 보였고 심혈관조영술이 가능하였던 症例 2와 症例 4에서는 Grade III~IV의 승모판쇄부전을 확인할 수 있었으며 나머지 症例에서는 心에코 檢査로 심한 승모판막협착 (EF slope 15~20 mm/sec)을 확인하였다. 手術方法은 6例 모두 Ionescu-Shiley 생체판막으로 승모판막대치술

Table 1. Case Analysis

Case	Age	Sex	Diagnosis	Treatment	Remark
1	23	M	MSI	MVR (31mm)	-
2	50	F	MI + TI	MVR (31mm) + TAP (De Vega)	-
3	21	M	TOF	Total Correction	CRF
4	26	F	MI + TI	MVR (29mm) + TAP (De Vega)	-
5	22	M	VSD	Primary Repair	-
6	23	M	VSD	Primary repair	-
7	23	M	ASD	Primary repair	-
8	40	M	MSI	MVR (31mm)	-
9	33	M	MS + TI	MVR (29mm) + TAP (De Vega)	LA thrombosis
10	23	M	MSI	MVR (29mm)	-

\* MVR : mitral valve replacement with Ionescu-Shiley bioprosthesis

\* TAP : tricuspid annuloplasty using De Vega method

\* CRF : chronic renal failure

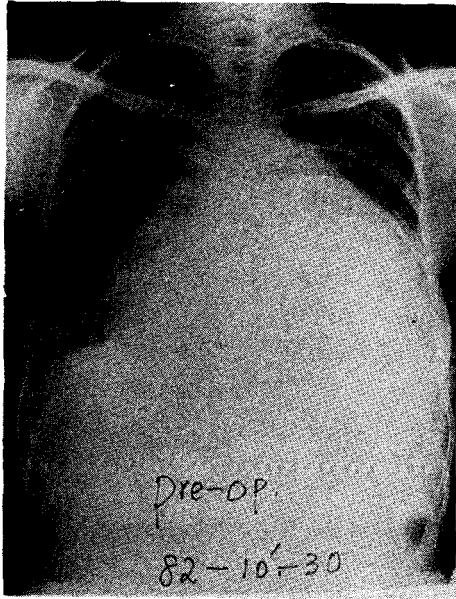


Fig. 1. Chest PA of Case 4.

을 시행하였으며 3 예에서는 De Vega 氏式 三尖瓣膜輪 성형술을 병행하였다. 또한 左心房血栓이 동반된 症例에서는 혈전을 제거한 후 deauricularization 을 실시하였다. 항응고치료는 全例에서 흉관제거후 Persantin 과 Aspirin 으로 시작하였다.

### 3. 心肺器 및 體外循環方法

人工心肺器로는 AO 5-head roller pump 를 使用하였고 산화기로는 Shiley 製 氣泡形 산화기를 使用하였다. 體外循環은 上行大動脈에 動脈管을 삽입하였고, 右心房을 통하여 上下空靜脈에 各各 靜脈管을 삽입하였으며 左心室 Vent 를 利用하였다. 酸化器의 充填은 Table 2 와 같이 血液을 利用한 血液稀釋方法을 적용하였다.

Table 2. Composition of Priming Solution

Whole Blood	800ml
Hartmann's solution	15ml/Kg
15% Mannitol	6ml/Kg
NaHCO <sub>3</sub>	1.2mEq/Kg
KCl	1.1mEq/Kg
Antibiotics (Na-P)	500,000u/Kg
Ipsilon	125mg/Kg
Dexamethasone	1mg/Kg

Amount of KCl is variable according to Pt's K<sup>+</sup> level

Hematocrit 値는 25~30% 로 하였으며 灌流量은 2.2~2.4 L/min/M<sup>2</sup> 로 하였다. 이때 酸化器의 酸素注入量은 灌流量과 同一하게 하였다. Heparin 은 動脈管掩入直前に 體重當 3 mg 을 右心房을 통하여 注入하였으며 動脈管除去後 투여된 Heparin 量의 1.5~1.7 배의 Protamine Sulfate 로 中和하였다. 또한 대동맥차단으로 인한 심근손상을 방지하기 위하여 著者들은 4°C 로 냉각된 심마비용액을 大動脈根部에 體重當 10cc 注入하였고 28~32°C 中等度 低體溫法을 並行하였다 (Table 3).

Table 3. Composition of Cardioplegic Solution

Each 1000ml contains;	
NaCl	4.7995g
KCl	2.237g
Glucose	5.0g
Mannitol	10.0g
NaHCO <sub>3</sub>	2.247g

心肺器加動 및 大動脈遮斷時間은 瓣膜疾患과 활로氏四徵症에서는 各各 平均 92 분과 70 분이였으며 非青色症 先天性 心疾患群에서는 各各 37 분과 19 분이였다. 그리고 心肺器加動中 平均動脈血壓은 50~80 mmHg 로 比較的 高르게 유지되었으며 또한 體外循環後 尿量은 300~900ml 이었고 육안적으로 血尿는 보이지 않았다 (Table 4).

또한 手術後 10 日까지 iso Enzyme (CPK 와 LDH) 을 계속 檢査한 結果 全體量은 最高值의 平均이 CPK 는 536±107 i.u./L., LDH 는 481±108 i.u./L 이었으며 전 기영동 (electrophoresis) 결과 CPK 에서는 MB 부분은 나타나지 않고 오직 MM 부분만 보였으며, LDH 는 手術後 4 日째부터 6 日째까지 LDH<sub>1</sub> 부분이 각각 146 i.u./L., 182 i.u./L. 51 i.u./L 로 LDH<sub>2</sub> 보다 다소 높은 것으로 나타났다.

### 4. 手術後 經過 및 合併症

症例 3 에서는 術前부터 만성신부전증을 동반하고 있었으나 術後 數日間 高血壓 및 용혈성 빈혈 (hemolytic anemia) 를 보인 것 이외에는 別다른 合併症없이 良好한 경과를 보였으며 나머지 症例에서의 合併症으로는 溶혈성 심부전, 용혈성 황달 (hemolytic jaundice), 그리고 화상이 各各 1 例씩 있었을 뿐 死亡例없이 全例 모두 경쾌하였다.

Table 4. Physiologic Status during Cardiopulmonary Bypass

	Case Bypass (min.)	Aortic Clamp (min.)	Mean Art. Pressure (mmhg)	Urine Amount (ml)
1	75	65	60-90	600
2	91	69	65-94	700
3	99	62	70-89	400
4	97	71	54-84	300
5	37	17	40-60	800
6	37	20	40-60	400
7	36	20	44-54	300
8	86	59	54-90	600
9	104	86	60-84	300
10	92	74	45-75	900

### Ⅲ. 考 索

人工心肺器를 이용한 體外循環은 1953年 Gibbon<sup>4)</sup> 에 의해서 임상도입에 成功한 以來 開心術을 위한 절대불가결의 수단이 되었다. 이에 따라 心肺器도 人體의 生理에 가깝도록 많이 改善되고 있다. Galletti<sup>28)</sup> 는 理想의 心肺器가 갖추어야 할 조건으로 첫째 灌流는 Circuit 內에서 壓力에 관계없이 分當 5ℓ 까지 박출할 수 있어야 하고 둘째 박동에 따른 박출량을 즉각적이고 쉽게 알 수 있는 장치가 되어야 하며 셋째 Pumping 으로 인한 血液의 손상을 최소로 줄여야 하며 넷째 일상사용시 자동 작동되며 사고로 인한 전원차단시 수동적으로도 작동이 可能하여야 한다고 하였다. 初期에는 Sigma-motor 가 많이 使用되었으나 血液의 손상이 심하여 現在는 거의 使用되지 않으며 그 외에도 여러가지 종류의 心肺器가 고안되었으나 기계의 복잡함과 소독의 어려움 그리고 조작과정에서 무균적상황이 어려운 관계로 사용에 많은 문제점이 있었다. 그러나 DeBakey에 의해 고안된 roller pump는 형태가 간소하고 견고하여 血液損傷도 比較的 덜하여 널리 使用되고 있다. 著者들도 AO社 제품인 5-head roller pump를 使用하고 있다. 그리고 酸化器에 있어서도 著者들은 動物實驗에서 Harrison型 rotating disc oxygenator를 使用하였는데 이는 生理적으로 양호하고 경제적이나 手術前 消毒 및 조작과정에서 많은 問題點을 갖고 있기 때문에 실제로 임상에서는 Shiley제 氣泡型 酸化器를 使用하였다.

體外循環의 임상응용에 있어서 初期에는 人工心肺器에 全血을 充塡하는 全血充塡體外循環을 하였으나 血液

의 질감과 대량수혈의 부작용인 출혈성향<sup>12,14)</sup> 혈청감염 동중혈증후군<sup>1,8)</sup>의 合併症이 지적되어 이에 對한 해결책으로 1959年부터 人工心肺器에 血液以外的 液體를 充塡하는 無血充塡<sup>10,16)</sup> 과 血液에 회석액을 첨가하여 充塡하는 血液회석체외순환방법<sup>9)</sup>이 고안되었다. 血液회석체외순환방법은 동물실험 및 임상에서 未硝循環의 改善, 溶血의 경감<sup>9,11,17)</sup>의 利點이 확인됨에 따라 現在 널리 活用되고 있으며 회석액으로는 Ringer's lactate<sup>6,7,13)</sup>, 5%포도당액<sup>2,16)</sup>, 생리적식염수<sup>10)</sup>, low molecular weight dextran<sup>5,9)</sup>, plasma 등의 여러종류가 利用되고 있고 용혈의 防止 및 신부전의 예방으로 mannitol을 充塡液에 추가하기도 한다. 그러나 English等<sup>3)</sup>, Webber等<sup>15)</sup>은 各各 Hematocrit 值를 30%와 20%로 회석하여 體外循環을 시행한 결과 교질삼투압의 저하와 이에 따른 수분의 혈관외로의 이동을 보았으며 또한 血液회석에 의한 장애의 하나로 산염기의 불균형이 나타나서 그 대책으로 회석액을 검토하여 pH의 교정이 필요하다고 강조하였다<sup>11,17)</sup>. 著者들도 Table 2와 같이 血液회석방법을 이용하였다.

體外循環時 不充分的 灌流는 조직에 산소공급을 원활히 할 수 없고 그로 인해 대사성산증(metabolic acidosis)을 초래하며 말초 순환의 저하로 인한 뇌신경계 및 신기능의 장애를 일으킨다. 조직의 산소소비량은 이미 밝혀진 바와같이 체온에 비례하여 감소하며 중등도 저체온법을 병행한 체외순환시에는 상온에서의 50%정도로 감소된다. 실험적연구결과 體溫이 37°C일때 산소소비량은 관류량에 비례하여 상승하여 2~2.5 ℓ/min/m<sup>2</sup>에서 최고에 달하며 그 이상의 灌流量에 대해서는 산소소비량이

더 이상 증가하지 않는다<sup>34)</sup>. 실제로 灌流량의 決定은 學者에 따라 다소 차이가 있으나 Kirklin等<sup>33)</sup>은 경도(30°C以上) 혹은 중등도(32~28°C)의 低體溫法을 실시할 경우 관류량을 2~2.5 l/min/m<sup>2</sup>로 하고 있으며 Zuhdi等<sup>16)</sup>은 體重 3.1 kg의 유아에서 부터 103 kg의 성인에 이르기까지 체중에 관계없이 中等度低體溫法을 적용하였고 灌流량은 20ml/kg/min로 하여 1959年以來 좋은 성적을 얻었다고 하였다. DeWall等<sup>22)</sup>은 산소결핍으로 인한 조직의 손상을 막고 만족할 만한 신기능을 유지하기 위해서는 최저관류량을 35ml/kg/min 이상되어야 한다고 하였다. 著者들은 體溫, 中心靜脈壓 그리고 動脈血壓의 變化에 따라 2.0~2.4 l/min/m<sup>2</sup>로 유지하였다. 體外循環中 血壓는 灌流量, 혈액의 점도 및 말초저항에 따라 좌우되며 신체 주요장기의 機能을 유지하기 위해서는 적정 血壓를 유지하여야 한다. Stockard<sup>43)</sup> Javid 등<sup>31)</sup>은 관류중 平均血壓이 55mmHg 이하로 떨어지면 뇌신경계의 합병증이 빈발하고 배뇨현상이 중단된다고 하였다.

瓣膜手術이나 복잡기형등 心內手術造作時 必要에 따라서 대동맥을 차단하게 되며 이때 산소결핍으로 인한 心筋의 손상을 防止하기 위한 여러가지 方法이 고안되고 있다. 독립된 관상동맥의 관류가 가장 이상적이라 하겠으나 실제로 그 사용에 많은 위험이 따르며 삼관으로 인한 각종 합병증들이 보고되어 있다. 身體冷却法, 또는 심장국소冷却法等으로 心筋의 대사를 감소시켜 산소 소비를 억제함으로써 대동맥 차단시간을 연장시킬 수 있다. Ebert<sup>24)</sup>는 心筋의 온도가 17°C에서 1시간의 대동맥 차단이 허용된다고 하였고 Bonnabeau 등<sup>18)</sup>은 心筋을 균일하게 冷却시키기 위하여 冷却시킨 동맥혈을 관상관류시키는 方法을 보고하였다.

1955年 Melrose等<sup>20)</sup>에 의하여 심마비용액이 고안, 사용된 이후 여러가지 종류의 심마비용액이 고안 사용되고 있으며 현재 널리 使用되는 심근보호방법은 冷却된 심마비용액의 주입, 심장의 국소냉각 및 전신저온법을 병용함으로써 上記各方法의 단독사용시 발생할 수 있는 결점을 상호 보완하고 있다. 著者들은 심마비용액으로 modified MGH formula(Table 3)를 주로 사용하였으며 집도의에 따라 Bretschneider's solution, St. Thomas solution 등도 사용하였다. 그리고 중등도 저체온법과 국소냉각법을 병행하였다. 그리하여 術後 10日間 연속 측정된 血清酵素值(CPK와 LDH)의 變化에서 보는바와 같이 우수한 심근보호를 이루었다. 開心術後 心筋보호를 평가하는 방법으로는 術後 회복기 과정

의 임상적 관찰, 혈청효소치의 변화측정, 심전도의 관찰, 심근세포의 미세구조관찰, 심근의 ATP 측정등 여러가지 방법이 있다<sup>26,32,39)</sup>. 그러나 이들 중에서 가장 早期에 심근손상을 반영하는 검사법으로는 술후회복정도에 대한 임상적 관찰로서 평가할 수 있는 심근의 기능측정과 심근세포의 괴사에 따른 세포성분의 유출을 반영하는 혈청효소치의 변화를 측정하는 방법이다<sup>26)</sup>.

著者는 心筋機能의 임상적 관찰의 판정기준으로 Pyle 등<sup>23)</sup>이 심근손상의 지표로 삼은 5가지 기준 즉 수술후 회복기과정의 임상적관찰, 혈청효소치의 변화측정, 심전도의 관찰, 심근의 ATP 측정 및 심근세포의 미세구조 변화관찰을 이용하였다. 血清酵素值의 測定은 주로 SGOT, LDH, CPK 등을 測定하여 비정상적인 상승치로 판정기준을 삼았다<sup>35,36,40)</sup>. LDH의 경우 일반적으로 900 i.u/L 이상을 心筋損傷의 지표로 삼고 있으며<sup>19,40,42)</sup> Wagner 등은<sup>29)</sup> 용혈이 의심되지 않는 경우에 LDH<sub>1</sub>:LDH<sub>2</sub> > 1 이상 즉 정상적인 LDH<sub>1</sub>과 LDH<sub>2</sub>의 비가 바뀔때 심근손상의 Specific한 지표로 삼았다고 한다.

Galen 등<sup>38)</sup>은 이 경우 Flipped LDH라는 용어를 사용하였으며 심근손상의 여부를 다음 4가지로 결정지을 수 있다고 하였다. 즉 CPK isoenzyme(MB fraction)의 측정, Flipped LDH(LDH<sub>1</sub> > LDH<sub>2</sub>), 심전도의 심근손상 소견 그리고 임상증세의 관찰등이다. CPK의 경우 평활근의 손상, Chlorpromazine의 근육주사, 근이완제에 의한 muscle fasciculation, 전기소작의 사용, DC Cardioversion의 영향등으로 상당한 量이 증가되므로 false positive의 가능성이 많다고 지적되고 있다. 그러므로 total CPK의 양이 800 i.u/L까지 증가되는 경우는 보통 있으며 1200 i.u/L 이상 증가된 경우에 심근손상의 지표로 삼을 수 있다고 하였다<sup>36)</sup>. Larse 등<sup>27)</sup>에 의하면 이 효소치의 증가에 따라 1500 i.u./L 이하는 경한 손상을 1500~3000 i.u/L의 경우는 중등도 손상을 300 i.u/L 이상인 경우는 심한 심근손상을 나타낸다고 보고하고 있다. 앞서 언급한 false positive의 가능성때문에 total CPK의 측정은 큰 의의를 가지지 못하여 최근에는 심근세포에만 존재하는 CPK- isoenzyme인 MB fraction의 specificity를 주장하고 있다<sup>21,25,38)</sup>. 따라서 血清酵素值의 測定에서는 SGOT를 제외한 CPK, LDH의 경우 isoenzyme인 LDH<sub>1</sub>과 CPK-MB를 측정함으로써 심근손상의 지표로 삼는데 더 큰 의의가 있을 것으로 생각된다. 저자들이 전기영동으로 측정한 LDH<sub>1</sub>과 CPK-MB를 보면 LDH<sub>1</sub>은 術後 4일부터 6일까지 LDH<sub>2</sub>보다 다소 높았다가 정상화되었

으며 CPK의 경우 MB fraction이 전혀 나타나지 않았다. 또한 전체량에 있어서도 위에서 언급한 지표에 훨씬 못 미치는 수치 (LDH:  $481 \pm 108$  i.u/L, CPK:  $536 \pm 107$  i.u/L)을 나타냄으로써 심근보호가 잘 되었다고 생각된다.

#### IV. 結 論

國軍首都統合病院 胸部外科에서는 1982年 5월부터 1983年 2월까지 9個月間 10例의開心術을 體驗하였다.

1. 성별분포는 남자 8例, 여자 2例였고 연령은 21세부터 50세까지로 平均연령은 34세였다.
2. 증례는 선천성 심장질환으로 심실중격결손증 2례, 심방중격결손증 1례, 그리고 활로씨 4징증 1례였으며 후천성 심장질환으로는 6례 모두 승모판막질환이었고 이에 삼첨판막폐쇄부전증이 3례에서 합병하였다.
3. 수술은 심방중격결손 및 심실중격결손을 단순봉합하였으며 활로씨 4징증은 완전교정하였다. 그리고 판막질환은 6례 모두 Bovine xenograft (Ionescu-Shiley)로 승모판막대치술을 시행하였고 3례에서는 삼첨판막륜성형술을 병행하였다. 또한 좌심방혈전을 동반한 증례에서는 혈전제거후 좌심방의 deauricularization을 겸하였다.
4. 체외순환시간은 비청색증선천성심장질환에서 平均 37분, 판막질환 및 활로씨 4징증례에서는 平均 92분이었고, 대동맥차단시간은 전자의 경우 평균 19분, 후자의 경우 평균 70분이었다.
5. 술후 합병증으로는 용혈성 빈혈, 울혈성 심부전, 용혈성황달 및 화상등이 있었으나 수술사망례는 없었다.
6. 판막대치후 6례 모두 Persantin과 Aspirin으로 항응고치료를 시작하였다.

#### REFERENCES

1. Allen, G.H., Dawson, D., Soyman, W.A., Humphreys, E.M., Benham, R.S. and Havens, I. : *Blood transfusions and serum hepatitis; Use of monochloroacetate as antibacterial agent in plasma.* *Ann. Surg.*, 150: 455, 1959
2. Cooley, D.A., Baell, A.C.Jr. and Grodin, P. : *Open heart operations with disposable oxygenators, 5% dextrose prime and normothermia.* *Surgery*, 52: 713, 1963
3. English, T.A.H., Stan Degerness, B.A. and Kirklin, J.W. : *Change in colloid osmotic pressure during and shortly after open intracardiac operation.* *J. Thorac. Cardiovas. Surg.*, 61:338, 1971
4. Gibbon, J.H.Jr. : *Application of a mechanical heart and lung apparatus to cardiac surgery.* *Minnesota Med.*, 37:171, 1954
5. Drake, C.T., Macalad, F. and Lewis, F.J. : *The effect of low molecular weight dextran upon the blood flow during extracorporeal circulation.* *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 42:735, 1961
6. Gollan, F. Blos, P. and Schuman, H. : *Studies on hypothermia by means of a pump oxygenator.* *Ann. J. Physiol.*, 171:331, 1952
7. Hood, R.M., Dooley, B.N., Cambell, D.C., Nichols, R.J.Jr. and Kaveney, R.E. : *Hemodilution disc oxygenator perfusion.* *Ann. Thorac. Surgery*, 370, 1965
8. Litwak, R.S., Wisoff, R. and Gadboys, H.L.: *Homologous blood syndrome during extracorporeal circulation in man.* *New Engl. J. Med.*, 268:1377, 1963
9. Long, D.M.Jr., Sanchez, L., Varco, R.L. and Lillehei, C.W. : *The use of low molecular weight dextran and serum albumin as plasma expander in extracorporeal circulation.* *Surgery*, 50:12, 1961
10. Neptune, S.B., Bougas, J.A. and Panice, F.G. *Open heart surgery without the need for donor-blood priming in the pump oxygenator.* *New Engl. J. Med.*, 263:111, 1960
11. Neville, W.E., Faber, L.P. and Peacock, H.: *Total prime of the disc oxygenator with Ringer's lactate solution for cardiopulmonary bypass.* *Dis. Chest*, 45: 320, 1964
12. Perkins, H.A., Osborn, J.J. and Gerbode, F. *The management of abnormal bleeding following extracorporeal circulation.* *Ann. Int. Med.*, 51: 658, 1959
13. Roe, B.B., Hutchinson, J.C. and Swenson, E.E. *High flow body perfusion with calculated hemodilution.* *Ann. Thorac. Surg.*, 1:581, 1965
14. Von Kaula, K.N. and Swan, H. : *Clotting deviation in man during cardiac bypass. ; Fibrinolysis and circulating anticoagulant.* *J. Thorac. Surg.*, 36: 519, 1958
15. Webber, C.E. and Garnett, E.S. : *The relationship between colloid osmotic pressure and plasma pro-*

- teins during and after cardiopulmonary bypass. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 65:234, 1973
16. Zuhdi, N., McCollough, B., Carey, J. and Greer, A. : Double helical reservoir heart lung machine. *Arch. Surg.*, 82:320, 1961
  17. Zuhdi, N., Carey, J., Sheldon, W. and Greer, A. : Comparative merits and results of primes of blood, 5% dextrose in water for heart-lung machines; Analysis of 250 patients. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 47:66, 1964
  18. Bonnabeau, R.C.Jr., Sterns, L.P., Bilgutay, A., Takahashi, U. and Lillehei, C.W. : Cardiac temperature gradients with various type of cardioplegia during cardiopulmonary bypass. *Surg. Gynec. Obst.*, 116:569, 1963
  19. Kansal, S., Roitman, D., Kouchoukos, N. and Sheffield, L.T. : Ischemic myocardial injury following aorto-coronary bypass surgery. *Chest* 67:20, 1975
  20. Melrose, D.G., Dryer, B. and Bental, J. : Elective cardiac arrest. *Lancet* 2:21, 1955
  21. Knottinen, A. and Somer, H. : Determination of serum creatine kinase isoenzymes in myocardial infarction. *Am. J. Cardiol.*, 29:817, 1972
  22. DeWall, R.A. and Levy, M.J. : Direct cannulation of the ascending aorta for open heart surgery, *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 45:496, 1963
  23. Pyle, R.B., Blomberg, D.J., Burke, M.D., Lindsay, W.G. and Nicoloff, D.M. : CPK-MB isoenzyme; Use in diagnosis of acute myocardial infarction in the early postoperative period. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 71:884, 1976
  24. Ebert, P.A., Greefield, L.J., Austen, W.G. and Morrow, A.G. : Experimental comparison of methods for protecting the heart during aortic occlusion. *Ann. Surg.*, 155:25, 1962
  25. Roberts, R., Gowda, K.S., Ludbrook, P.A. and Sobel, B.E. : Specificity of elevated serum CPK\* MB activity in the diagnosis of acute myocardial infarction. *Am. J. Cardiol.*, 36:433, 1975
  26. Feuvray, D. and Braimbridge, M.V. : Protection of the ischemic myocardium; ultrastructural, enzymatic and functional assessment of the efficacy of venous cardioplegic infusates. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 76:2, 1978
  27. Van der Laarse, A., Davis, H.A., Hollaar, L., Van der Valk, E.J.M., Witteveen, S.A.G. J. and Hermans, W. TH. : Recognition and quantification of myocardial injury by means of plasma enzyme and isoenzyme activities after cardiac surgery. *Br. Heart J.* 41:660, 1979
  28. Galletti, P.M. : *The mechanics of cardiopulmonary bypass.* Cardiac Surgery Appleton Crofts, N.Y.P., P116, 1972
  29. Wagner, G.S., Roe, C.R., Limbard, L.E., Rosati, R.A. and Wallace, A.G. : The importance of identification of the myocardial specific enzyme of CPK (MB form) in the diagnosis of acute myocardial infarction. *Circulation*, 47:263, 1973
  30. Iijima, K., Salerno, R.A. : Factors influencing hemolysis in model perfusion system. *Ann. Surg.*, 161:148, 1965
  31. Javid, H., Tufo, H.M., Najafi, H., Dye, W.S., Hanter, J.A. and Julian, O.C. : Neurologic abnormalities following open heart surgery. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 58:502, 1969
  32. Adappa, M.G., Jacobson, L.B., Hetzer, R. and Kerth, W.J. : Cold hyperkalemic cardiac arrest versus intermittent aortic cross clamping and topical hypothermia for coronary bypass surgery. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 75:171, 1978
  33. Kirklin, J.W., Pacifico, A.D., Hannah, H. and Allarde Allarde, R.R. : Primary definitive intracardiac operations in infants. N.Y., Grune & Stratton, 1:85, 1973
  34. Kirklin, J.W., Applebaum, A. : *Cardiopulmonary bypass for cardiac surgery*, Dis. Chest, edited by Sabiston & Spencer, Saunders, P850, 1976
  35. Alderman, E.L., Matolf, H.J., Shumway, N.E. and Harrison, D.C. : Evaluation of enzyme testing for the detection of myocardial infarction following direct coronary surgery. *Circulation.*, 48:135, 1973
  36. Bolooki, H., Sommer, L., Faraldo, A., Ghahramai, A., Salvin, D. and Kaiser, G.A. : The significance of serum enzyme studies in patients undergoing direct coronary artery surgery. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 65:863, 1973
  37. D. Cailar, C., Malle, J.G., Jones, W., Solymoss, B. C., Chabot, M., Goulet, C., delva, E. and Grodin, C. M. : MB Creatine kinase and the elevation of myocardial injury following aortocoronary bypass

- operation. *Ann. Thorac. Surg.* 29:8, 1980
38. Galen, R.S., Reiffel, J.A. and Gambino, R.S. : *Diagnosis of acute myocardial infarction* *JAMA.* 232:145, 1976
39. Hearse, D.J., Stewart, D.A. and Braimbridge, M.V. : *Myocardial protection during ischemic cardiac arrest.* *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 77:16, 1978
40. Hultgren, H.N., Shettigar, U.R., Preifer, J.F. and Angell, W.W. : *Acute myocardial infarction and ischemic injury during surgery for coronary artery disease.* *Am. Heart J.* 94:146, 1977
41. Nunn, D.B., Barila, T.G., Forsee, J.H. and Woodward, K.E. : *A new artificial heart pump controlled by a fluid amplification system.* *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 45:585, 1963
42. Hultgren, H.N., Miyagawa, M., Buch, W. and Angella, W.W. : *Ischemic myocardial injury during cardiopulmonary bypass surgery.* *Am. Heart J.* 85:167, 1973
43. Stockard, J.J., Bickford, R.G. and Schauble, J.E. : *Pressure dependent cerebral ischemia during cardiopulmonary bypass.* *Neurology*, 23:521, 1973
-