

先天性心臟病의 開心術

— 6例手術經驗 —

李聖行 · 李成久 · 韓承世 · 李吉魯 · 金松明 · 李光淑 · 李鍾國

= Abstract =

Open Heart Surgery for Six Cases of the Congenital Heart Disease.

Sung Haing Lee, M.D., Sung Koo Lee, M.D., Sung Sae Han, M.D., Kihl Rho Lee, M.D.
Song Myung Kim, M.D., Kwang Sook Lee, M.D., Chong Kook Lee, M.D.

Six cases of congenital heart disease were operated on by means of cardiopulmonary bypass between December, 1975 and April, 1976.

Two cases of ventricular septal defects (VSD), two cases of VSD, associated with ruptured aneurysm of sinus Valsalva, two cases of atrial septal defects (ASD) and one case of pulmonic atenosis with patent ductus arteriosus were operated.

Sarns roller pumps and Bentley Temptrol oxygenators were used for extracorporeal circulation. Pump oxygenator was primed with Ringer's lactate solution, 5% dextrose in water, mannitol, and ACD blood.

Flow rate ranged from 2.0 to 2.4 L/M²/min. Bicarbonate was added to the oxygenator with estimated amount as 15 mEq/L/hr. Venous catheters were introduced into superior and inferior vena cava, and oxygenated blood was returned to the body through aortic cannula inserted into ascending aorta. Moderate hypothermia (30°C) was induced by core cooling. Aorta was cross clamped for 15 minutes and released for 3 minutes, and repeated clamping when necessary. Atrial and ventricular septal defects were closed by direct sutures. Aneurysms of sinus Valsalva ruptured into the right ventricle were repaired through right ventriculotomy by direct closure with Dacron patch reinforcement.

Cardiopulmonary bypass time varied from 66 to 209 minutes, and aorta cross clamping time ranged from 13 to 56 minutes. Postoperative bleeding was minimal except one case who needed for evacuation of substernal hematoma.

Intra- and postoperative urinary output was satisfactory. Acid-base balance, partial pressure of O₂, electrolytes, and hematological changes during intra- and post-perfusion period remained at the acceptable ranges. No mortality was experienced.

* 慶北大學校 醫科大學 胸外科學教室

Department of Thoracic Surgery, Kyungpook National University Hospital

** 이 연구는 1976年度 慶北大學校 醫科大學 附屬病院 臨床 研究費의 一部 補助에 의한 것임.

緒 論

慶北大學校 의과대학 부속병원 흉부외과는 1958~1959년 日本 橋原型 bubble 형의 人工心肺機를 도입하여 動物實驗을 實施하여 그 成績을 大韓醫學協會 學術大會 席上에 발표하였으며 1960년 2월에 20세 남자의 心房中 隔缺損에 대해 開心術을 시행했으나 心肺機의 未備點으로 失敗한 經驗을 가지고 있다. 15년이 지난 1975년 Sarn 製 人工心肺機를 구입하여 1975년 12월 5일 心室中 隔缺損을 수술하여 성공을 거두었고 이어 5例를 수술하여 좋은 결과를 얻었다.

Gibbon (1954)¹⁾이 體外循環下에서 開心術을 성공시킨 이후 人工心에 해당하는 pump와 人工肺에 해당하는 oxygenator가 改良되었으며²⁻⁸⁾ 體外循環을 效率의 옴기 위해 充塡液(prime fluid)의 새로운 開發이 進行되었으며⁹⁻¹²⁾, 灌流量(flow rate)의 至適水準을 探究하였다^{4, 12, 13)}. 體外循環에 低溫法(hypothermia)를 并用하여 心筋을 보호하려는 方法이 導入이 되었고¹⁴⁻¹⁷⁾ 大動脈遮斷(aortic cross-clamping)으로 인한 心筋障害에 대한 組織學的 및 生化學的인 變化가 규명되고 있으나^{18, 19)} 開心術을 시행할 때 冠灌流(coronary perfusion)을 시키는 것이 좋은지의 與否^{20, 21)}, 局所心筋冷却의 必要性 여부²²⁾, 그의 몇가지 心筋保護方法에 대해서 學者들간에 論難이 계속되고 있다^{23, 24)}.

著者들은 6例의 先天性 심장병 患者를 수술하면서 灌流量을 2.2~2.4L/M²/min으로 하고 大動脈은 15分間의 遮斷후 3分間의 冠灌流를 시키고 30°C의 中等度 低溫法에 局所冷却을 兼하였으며 그리고 Corticosteroid를 판류전 Oxygenator에 注入하였으며 血液稀釋 原則(hemodilution principle)을 適用하였는데 이와같은 方

法으로 體外循環시켰을 때의 生體反應과 手術 後의 臨床經過를 관찰하였으므로 그 成績을 보고저 한다.

患者 症 例

症例 1: 장○미, 9세, 女子. 1975년 11월 27日 運動時 呼吸困難과 發育低下를 主訴로 入院하였다(제 1 표).

過去歷: 어릴때 부터 運動時 呼吸困難과 心悸亢進이 있었고, 發育은 低下된 狀態였으며 쉽게 피로감을 呼訴하였다. 2歲때 처음으로 심잡음이 醫師에 의해 청취되었으므로 先天性心臟疾患이 있을 것이라는 암시를 받았다. 특히 上氣道感染이 屢번했고 心内膜炎이나 류마치스성疾患의 過去歷은 분명하지 않았다. 임신중 母體의 特別한 疾病경력이나 服藥은 없었다.

家族歷: 特記한 事項없음.

理學的 所見: 入院當時 患者의 經부靜脈은 輕度로 怒脹되어 있었고 左側前胸壁이 前方으로 융기되어 있었다. 左側제3~4肋間胸골緣에서 收縮期 thrill이 觸지되었으며 Grade 3~4 (Levine의 1~6) 정도의 收縮期심잡음이 청취되었으며 第2心音은 肺動脈部位에서 強하고 splitting이 있었다. 肝이나 비장은 palp할 수 없었고 四肢末端的 clubbing도 없었다.

檢査所見: 血液所見은 Hb 9.8gm%, Hct 31%, WBC 7,600/cmm 이었고 반복된 尿檢査上 RBC가 持續的으로 3~5출혈하였다. 肝機能檢査에서 alkaline phosphatase (AL-P)가 7.8 Bodan. U.로 上昇된 것과 CO₂ combining power가 다소 低下된 것을 除外하면 다른 特記할만한 所見은 없었다. 胸部 X-線像에는 肺野의 혈관음영이 增加되어 있었고 C-T ratio는 0.68이었다. 心電圖檢査에는 ICRBBB 및 LVH가 있었다. 入院 6個月前에 실시한 心導子法上: 右心房에 비해 右心室에서 O₂

Table 1. Clinical Materials

Case	Sex	Age	Height, cm	Body weight, kg	BSA, M ²	Diagnosis
1	F	9	130	19	0.85	VSD
2	F	10	128	25	0.95	ASD
3	M	21	169	51	1.58	VSD
4	M	20	166	52	1.56	VSD+sinus R.
5	M	12	135	29	1.06	ASD+MI
6	M	5	100	14	0.63	VSD

VSD: ventricular septal defect

ASD: atrial septal defect

Sinus R.: rupture of aneurysm of sinus Valsalva

MI: mitral insufficiency

Table 2.

Preoperative Work-up and Diagnosis

Case	Age	Sex	C.C	CHF	Cardiac murmur	E.K.G	X-ray		Catheterization		Diagnosis	
							C-T ratio	vascula- rity	Qp/Qs	PA pr. mmHg	preop	postop
1	9	F	DOE	—	Gr. IV systolic	ICRBBB LVH	0.68:1	+++	6.6	17	VSD	VSD
2	10	F	DOE	—	Gr. III syst.	normal	0.56:1	++	—	25	ASD	ASD
3	21	M	no	—	Gr. IV syst.	RVH	0.40:1	normal	2.0	15	VSD ASD	VSD
4	20	M	syncope DOE	—	Gr. IV continous machinary	LVH	0.51:1	+	2.4	35	VSD+ sinus R.	VSD+ sinus R.
5	12	M	DOE	—	Gr. II systolic Gr. II musical	RVH, RAE RAD	0.67:1	++	1.3	16	ASD+MI	ASD+MI
6	5	M	DOE	—	Gr. IV systolic	ICRBBB	0.50:1	normal	1.8	16	VSD	VSD

Rupture of Aneurysm of S. Valsalva: aortogram leaked into RV.

Mitral insufficiency: left ventriculogram regurg. into LA

content는 약 2 vol. % 이상의 step-up이 있었고心臟內壓는正常範圍였었다. Serial cardioangiogram上左心室에注入한 dye가右心室 및肺動脈에나타났다.

手術方法 및 所見: 右心室切開를施行하여직경약1.2cm의VSD(kirklin type III)를確認하고4-0Tevdek으로직접봉합하였다. 總體外循環時間은66分,大動脈차단은13.5分,直腸體溫을31°C까지下降시키는데소요된시간은4분이었으며35°C까지加溫에는27분이소요되었다.

重要術後處置 및 성적: 術後患者는weaning criteria에만족할때까지continuous positive pressure breathing(CPPB), intermittent positive pressure breathing(IPPB)그리고3~5 cmH₂O의positive end expiratory pressure(PEEP)로호흡시켰다. 患者는術後약48시간동안oxygen tent하에두어서充分的酸素와 습도를 맞추어 주었으며, 尿量은시간당약30ml로서 좋았고 기타 檢査所見은正常범위였다. 心雜音은청취되지 않았고 術前 functional class(NY-AH) IV가 I로 되었으며 수술 16日만에 건강하게 退院하였다.

症例 2: 윤○호, 10歲, 女子. 約6年前부터中等度の運動時呼吸困難과心悸亢進을主訴로1976年12月11日入院하였다.

過去歷: 4歲때심한기침으로開業醫에게서肺結核藥을복용한경력이있으며 이때비로소心疾患이있음을알았다. 잦은안면부종과心悸亢進이약6年間있었고中等度の呼吸困難이출현하였다.

家族歷: 特記事項없음.

理學的所見: 入院時患者의左側前胸壁은輕度로 음

기되어있었고thrill은촉지되지 않았으며 Grade 3 정도의收縮期心雜音이左側第2肋間의左側胸骨緣에서청취되었고肺動脈部位에서第2心音が增加되어있었다. 그의特別한所見은없었다.

檢査所見: 血液所見은Hb 10.2gm %, Hct 32% WBC 6,200/cmm³. 尿檢査, 腎機能檢査 및 혈청 전해질검사는正常이었고肝機能檢査에서AL-P의上昇이있었다. 胸部單純X-線像에서肺野혈관음영은다소增加되어있었고C-T ratio는0.56이었다. 心電圖은正常이었다. 入院13日전에施行한心導所見은상공정맥과右心房사이에약1.5 vol. %의oxygen step-up이있었고右心房에서輕度の壓力增加를認할수있었다.

手術方法 및 所見: 右心房切開를통해서3×2cm 크기의Secundum type의ASD를確認하고직접봉합하였다. 大動脈차단은17分間하였고總灌流時間은79分이었다. 32°C까지core cooling에소요된시간은8分이며加溫에는27분이걸렸다.

重要術後處置 및 성적: Endotracheal tube를weaning시킬때까지약10시간동안CPPB, IPPB 및 PEEP을施行하였다. 術後尿排泄量은대개시간당35ml정도로 좋았고, 심잡음은전연청취되지 않았으며 functional class II에서 I으로好轉을보았다. 患者는 합병증없이수술14日後에 건강하게 退院하였다.

症例 3: 손○영, 21세, 男子大學生. 1976年1月5日特記할만한소訴없이約10年前本教室에서先天性心臟病的診斷을받고手術하기위해서入院하였다.

過去歷: 국민학교3학년때本教室에서先天性心臟疾患의診斷을최초로받았으나모든일상생활수행능력은지극히良好했고特別한症狀은없었다. 단지심한運

動을 하면 쉽게 피로감을 느낄 정도이다.

家族歴 : 特記할 事項 없음.

理學的所見 : 左側前胸壁 第3肋間窩에서 輕度の thrill 을 촉지할 수 있었고, grade 3 정도의 收縮期心雜音が 第3肋間窩의 左側胸骨緣에서 쉽게 들을 수 있었다. 肺動脈部位에서 第2心音은 增加되었으나 splitting 은 없었다. 그의 현저한 所見이 없었다.

檢査所見 : 血液所見은 Hb 13.8gm %, Hct 45%, WBC 1,2000/cmm 이고 血液型은 Rh+, A型이었다. 尿檢査, VDRL, 腎 및 肝機能檢査等은 모두 正常이었다. immunoelectrophoresis 에서 β -lipoprotein 의 增加를 볼 수 있었다. 胸部單純 X-線像에서 C-T ratio 및 혈관음영도 正常이었다. 心電圖에서는 右心室肥大症의 所見이 나왔다. 入院 1個月半前에 施行한 心導子法上에 右心室에서 O₂ content 가 약 1.7 vol. % step-up 되어 있었고 右心室壓이 45/0, mean 14mmHg 이고 肺動脈壓은 24/9, mean 15mmHg 로 右心室의 流出路에 폐쇄를 의심할만큼 有意한 壓力의 差異를 보였다.

手術方法 및 所見 : 正中胸骨切開로 胸部를 열고 手術 도중 계속 血液가스를 測定하여 酸鹽基平衡의 變動을 觀察하였다. 測定間隔은 麻酔直後, 灌流前, 完全灌流 시작, 그以後는 대개 15分間隔으로 測定하였고, base excess 의 結果를 參考하여 필요한 bicarbonate 를 추가하여 投與하였다. 순수 100% 酸素만 使用했기 때문에 예측한대로 酸素分壓은 높았으며 낮은 탄산가스分壓의 呼吸性酸血症의 結果를 얻었다. 右心室切開를 통하여 0.4×0.2cm 및 0.8×0.2cm 크기의 Kirklin type II 心室中隔缺損을 발견하였고 直接봉합하여 교정하였다. 灌流時間은 98分, 대동맥차단은 15分씩 2회하였다. 體溫을 32.5°C 까지 下降시키는데 8분이 소요되었고 加溫은 約 55분이 걸렸다.

術後處置 및 성적 : Endotracheal tube 를 통하여 보조호흡시켰으며 血液가스分析成績을 參考하여 酸鹽基平衡을 도모하였다. Weaning 후에는 患者를 계속 酸素 텐트하에 두어서 酸素供給과 습도조절을 적합하도록 유지하였다. 術後 尿排泄은 시간당 약 40ml 로 지속되었고, 혈청전해질은 術前에 비해 변동을 보이지 않았고 正常範圍內에 있었다. 심잡음은 완전히 消失되었고 합병증없이 患者는 수술후 18日만에 退院하였다.

症例 4 : 백○용, 男子, 20세 심한 心悸亢進과 運動時 呼吸困難을 主訴로 1976年 2月 16日 入院하였다.

過去歴 : 患者는 국민학교 4年때 身體檢査에서 心臟病의 診斷을 받았고 그후 점진적으로 運動時 呼吸困難 및 心悸亢進이 出現하였다. 約 15日前에 步行도중 갑작스런 呼吸困難을 呼訴하고 數分間 意識을 잃었다. 그후부

터 上記의 증상등은 급격히 악화하였으며 患者 자신이 左側前胸部에서 thrill 을 촉지할 수 있었다.

家族歴 : 特記할 事項 없음.

理學的所見 : 發育狀態는 비교적 良好했고 頸部靜脈은 약간 확대되어 있었다. 持續的인 thrill 이 左側前胸部 및 suprasternal notch 에서 強하게 촉지되었고 持續的인 機械性心雜音が 주로 제3늑간의 좌측흉골緣에서 청취되었으며 右側胸部 및 좌측액부위로 전파되고 있었다. 四肢의 血壓은 收縮期는 正常이었으나 이완기혈압이 거의 zero 까지 下降하였다. 고동맥부위에서 pistol shot sound 가 청취되었고 瓜床에서 capillary pulsation 은 認知할 수가 없었다.

檢査所見 : Hb 12.0gm %, Hct 38%, WBC 4,200/cmm. 혈당검사, 肝機能檢査, 尿검사, VDRL, 腎機能檢査 및 혈청전해질검사 등의 結果는 全部 正常이었다. immunoelectrophoresis 에서 IgG 의 상승이 있었고 血液培養에서 細菌은 발견되지 않았다. 胸部 X-線像에서 肺野의 혈관음영은 增加되었으며 C-T ratio 는 0.51 이고 EKG 는 左心室肥大의 소견을 보여주었다. 入院 14日前에 실시한 心導子法에서 O₂ content 는 右心室에서 약 1.0 vol. % 의 上昇을 보였으며 右心房壓은 12.5mm Hg 로서 增加된 상태였고 右心室內壓은 收縮期에서 70mmHg 로서 현저한 增加를 볼 수 있었다. 大動脈造影術上에서 大動脈起始部位에서 右心室內로 造影劑의 放出을 認知할 수 있었다.

手術方法 및 所見 : 體外循環時 完全灌流에 들어가서는 심한 left to right shunt 를 생각하여 가급적이면 빨리 대동맥을 차단하려고 노력하였다. 右心室切開를 통하여 右側 Valsalva sinus 가 길이 1.0cm 로 破裂된 것을 發見하였고 이것을 직접봉합하였다. 약 2.0cm 의 Kirklin type II 의 VSD 는 직접봉합한위에 Teflon patch 를 덮어 보완하였다. 灌流時間은 112分間이었고 37分間 大動脈을 차단하였다. 體溫은 32.5°C 까지 하강시켰으며 이에 7분이 소요되었고 加溫은 30分걸렸다.

術後處置 및 성적 : 術後 약 8시간동안 심낭 및 종격동에 위치한 두개의 排液管으로 부터 약 1,200ml 의 출혈이 있었다. fibrinogen 100ml 를 靜脈注射했고, kg 당 100mg 의 EACA 를 投與하였다. 術後 약 48시간만에 排液管을 除去하였고, 胸部 X-線像에서 종격동이 右側으로 확장된 것을 認知할 수 있었다. 術後 6日째 排液管을 拔管한 자리에서 血液의 漏出이 있었고 EKG 상에서 low voltage 의 증거는 없었다. 術後 13日째 再開胸하여 血塊를 종격동에서 除去하였다. 心雜音은 完全히 消失되었다.

症例 5 : 이○형, 11歲, 男兒. 約 1年半前부터 心悸亢

進 및 運動時呼吸困難을 呼訴하여 1976年 3月 2日 入院하였다.

過去歴 : 患者는 約 1年半前에 高熱의 病歷以後부터 점차 運動時 呼吸困難 및 心悸亢進을 呼訴하기 始作했다. 빈번한 上氣道感染症으로 고생하였으나 關節염 등의 病歷은 없었다. 入院 3個月前부터 류마치스性 心筋炎을 의심하여 benzathine penicillin 120萬 單位를 每月 筋肉注射하였다.

家族歴 : 特記할 事項없음.

理學的 所見 : 發育狀態는 中等度이었고 兩側頸部靜脈은 약간 울혈된 狀態이었다. 左側前胸壁이 前方으로 突起되어 있었고 thrill은 촉진할 수 없었다. 第3筋間窩의 左側胸骨緣에서 grade 2 정도의 收縮期心雜音이 청취되었고 심첨부에서 grade 2의 musical한 收縮期心雜音이 아울러 청취되었다. 肺動脈部位의 第2心音은 增加되어 있었고 splitting이 있었다. 血壓은 兩側上肢에서 150/120mmHg, 右下肢에서 160/130mmHg였다.

檢査所見 : Hb: 10.0gm % Hct. 32%, WBC 10200/cmm. 尿檢査에서 RBC가 3~5個 출현하였고 腎 및 肝機能檢査는 正常이었다. 혈청 전해질檢査에서 K⁺이 7.0 mEq/L로 약간 上昇되어 있었고 骨髓檢査에서는 철부족 빈혈의 結果가 나왔다. 胸部單純 X-線 사진上에서 C-T ratio는 0.67, 肺野血管陰影은 中等度로 增加되어 있었다. EKG에서 右心室肥大症과 右心房 확장을 볼 수 있었고 軸은 右側으로 偏位되어 있었다. 入院 3個月前에 施行한 心導子法에서는 上空靜脈에 比해서 右心房에서 O₂ content가 約 1.7vol. % step-up이 있었고 右心房的 收縮期壓은 약간 上昇된 狀態였다. 조작도중 catheter가 쉽게 左心房으로 삽입되었다. 入院 3日後에 左心室造影術을 시행한 結果 造影劑가 左心室에서 左心房으로 流出되고 있는 것을 認知할 수 있었다.

手術方法 및 所見 : 體外循環에 따르는 一切는 前例와 같이 했고 灌流量은 24l/M²/min로 하였다. 右心房切開을 通하여 secundum type의 約 3.0cm 크기의 心房中 隔缺損을 確認하고 직접 봉합하였으며, 僧帽瓣의 major cusp에서 發見한 다발성천공은 pledget를 부착하여 봉합하였다. 134分동안 體外循環을 施行했으며 대동맥 차단 시간은 34分間이었다. 直腸體溫을 34°C까지 下降시키는데 소요된 시간은 17分이었고 그후는 냉각 시키지 않아도 體溫이 28°C까지 drift되었다 따라서 加溫시키는데 105分の 시간이 소요되었다.

術後處置 및 성적 : 血液가스測定値가 만족 할만할 때까지 보조呼吸을 시켰으며 부족한 鹽基를 計算된 量으로 注射하였다. 術後 患者는 輕度の 心悸亢進이 있었고 grade I 정도의 收縮期心雜音이 청취되었다. 患者는

手術後 21日만에 退院하였다.

症例 6 : 남○옥, 5歲, 男兒. 운동시 호흡곤란을 主訴로 1976年 2月 23日 入院하였다.

過去歴 : 患者는 生後 100日경에 小兒科開業醫를 訪問하여 心雜音이 처음으로 發見되었다. 빈번한 上氣道感染症이 있었고 간혹 비출혈도 있었다. 3歲때부터 運動時 呼吸困難이 출현하였다. 태아시 母體의 特別한 疾病경험 및 投藥의 경력은 없었다.

家族歴 : 特記事項없음.

理學的 所見 : 入院當時 患者의 發育狀態는 中等度이었고 第四肋間의 左側胸골緣에서 thrill이 촉진되었다. grade 4의 收縮期心雜音이 第四肋間의 左側胸골緣에서 청취되었고 第2心音은 肺動脈部位에서 더욱 強하게 들었다. 血壓은 정상범위 內이었다.

檢査所見 : Hb 11.4gm %, WBC 8100/cmm, RBC 398萬/cmm, Ht 36%, Rh⁺의 A type, 간기능검사, 신기능검사, 尿檢査, 血糖量, LDH, 血液電解質檢査 및 immunoelectrophoresis 등의 檢査는 全部 正常이었다. 胸部單純 X-線사진에서 肺野에서 혈관陰影은 正常이었고 C-T ratio는 0.5이었다. E.K.G上에서 sinus arrhythmia 및 ICRBBB가 發見되었다. 入院 12日後에 실시한 심도자법 結果에서 右心室에 約 1.3 vol%의 O₂ step up이 있었고 右心室 및 肺動脈의 壓力은 正常범위의 상한치이었다.

手術方法 및 所見 : 右心室切開을 通하여 Kirklin type II의 1.2×0.6cm 크기의 心室中隔缺損을 發見하고 직접 봉합하였다. 體外循環의 總소요시간은 209分, 大動脈 차단은 포함 56分間이었다. 直腸體溫을 32°C까지 下降시키는데 7分이 걸렸고 35°C까지 加溫하는데 65분이 소요되었다.

술후처치 및 성적 : 혈액가스分析에서 만족할만한 結果가 나올때까지 보조호흡을 시켰고 base excess에 따라 bicarbonate를 투여하였다. 術後 심잡음은 완전히 소실되었고 E.K.G.에서 術前에 있던 ICRBBB가 계속 나타나는 것을 제외하고 모든 檢査所見은 正常이었다. 患者는 手術 20日만에 退院하였다.

手術方法

환자는 手術 1주전에 입원시켜 一般검사를 실시하면서 심호흡운동, 인위적인 기침 및 사지운동등의 사전훈련을 시켰다.

마취는 전치로로서 demerol과 atropine을 사용하였으며 pentothal sodium과 anectine으로 유도하여 手術中에는 N₂O와 O₂의 혼합가스마취를 하였으며 mor-

phine 을 靜注하였다²⁵⁾. 完全 관류할 때는 폐를 O₂ 로 팽창케 한후 환기시키지는 않았다(제5표).

開胸前 左側肋骨동맥을 플라스틱管으로 천자하여 Ty-cos manometer 와 Hewlett-packard 社의 Two-channel recorder 로 동맥압을 測定하였으며 ECG 를 관찰기록하였다. 동시에 ECG monitor 를 연결하여 관찰하였다.

中心靜脈壓(central venous pressure, 이하 CVP)는 우측 外頸靜脈을 경유하여 上空靜脈가까이 까지 送入한 플라스틱管을 水柱 manometer 에 연결하여 측정하였다.

人工心肺機는 Sarns 의 model 2000의 roller pump 3 個와 Bentley (temptrol) oxygenator Q 100, Q 110을 사용하였다. Cardiotomy reservoir 를 심장 sucker 와 vent 에 연결하였고 동맥線에 濾過裝置를 附着하지는 않

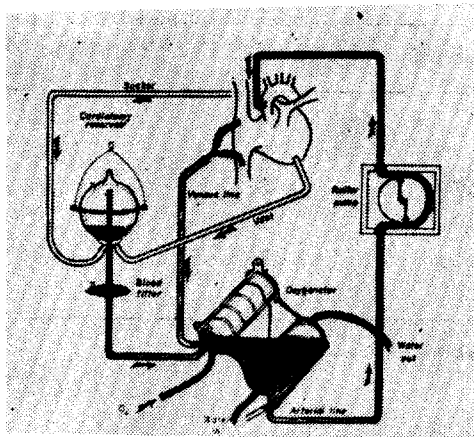


Fig. 1. Diagram of cardiopulmonary bypass circuit. Venous blood is drained by gravity to an Bentley oxygenator and then returned to the arterial circulation by roller pump via aortic arch. Left ventricle is vented.

Table 3. Extracorporeal Circulation

Heart-lung machine: Sarns-Model 2,000, Roller pump.
Oxygenator: Bentley Temptrol bubble type Q-100, Q-110
Hemodilution: 25-30% with Hartmann sol. and 5% D/W
Cannulation: arterial.....aorta venous.....SVC and IVC vent.....LV thru apex
Pure O ₂ into oxygenator, 2-3 times of flow rate
CO ₂ in the operative field, 2L/min.
Anoxic arrest with moderate hypothermia (28-32°C)
(core cooling, and heart surface cooling)

었다(제1도, 제3표).

充填液(prime fluid)는 환자의 Hct. 算出한 血液量(체중의 8%) 그리고 Temptrol Q 100 (2000ml) 및 Q 110 (1600ml)의 容量에서 計算하였으며 ACD 혈액의 Hct 은 38로 정하였다.

著者들은 充填液 총량의 45%는 Hartmann's solution, 40%는 5% 포도당액, 15%는 mannitol 로서 充당하였으며 30% 정도의 血液稀釋(hemodilution)이 되도록 하였다(제4표).

Heparin, bicarbonate, ACD 혈액 1파인트당 CaCl₂ 0.6gm, 體重 kg 당 1mg 의 dexamethasone 을 充진액에 혼합하였고 抗生劑(Keflin 2.0gm) vitamin B complex 및 C 를 첨가하였다.

Heparin 은 體重 1kg 당 3mg 를 사용하였으며 그 1/3 량은 oxygenator 속에 注入하고 2/3양을 동맥 cannula 삽입직전 右心房내에 注射하였다. Heparin 은 매시간당

Table 4. Prime Fluids and Hemodilution

Case	Body Wt kg	Calculated blood vol. ml	Prime fluids, ml						Calculated hemodilution, %
			Hartmann sol.	5% D/W	15% mannitol	ACD blood	NaHCO ³	Total	
1	19	1520	242	157	85	838	80	1400	25
2	25	2000	275	245	92	688	100	1400	25
3	51	4800	723	643	241	133	160	1900	30
4	52	4160	756	672	252	190	130	2000	30
5	29	2350	447	398	149	509	87	1600	30
6	14	1160	243	217	81	615	44	1200	30

Table 5.

Anesthesia and Perfusion

Case	Dx	B. Wt. kg	Flow rate/min		Perfusion duration, min				Aorta cross clamp, min.	Anesthesia duration, hr.
			L/M	cc/kg	partial bypass		total bypass	perfusion time		
				before	after					
1	VSD	19	2.5	130	8	9	49	66	13.5	8.5
2	ASD	25	2.5	100	5	42	32	79	17.5	8
3	VSD	51	2.0	40	5	12	81	98	30	7.5
4	VSD+sinus R.	52	2.0	40	25	9	78	112	37	7
5	ASD+MI	29	2.4	80	6	18	110	134	34	9
6	VSD	14	2.4	170	37	9	163	209	56	7.2

General anesthesia, using thiopental with anectin, O₂, N₂O, morphine and mioblock.

Table 6.

Duration of Aorta Cross Clamp

Case	Diagnosis	Total aorta cross clamp, min.	Rectal temp. °C	Cooling time down to 32°C, min.	Rewarming time up to 35°C, min.
1	VSD	13.5	31	4	27
2	ASD	17.5	32	8	29
3	VSD	30	32.5	8	55
4	VSD+ sinus R.	37	32.5	7	30
5	ASD+MI	34	31(28)	17	105
6	VSD	56	32	7	65

Aorta clamped for 15 min., then released for 3 min.

Repeated when necessary

Table 7.

Intracardiac Defects and Repair by Open Heart Surgery

Case	Age	Cardiotomy	Operative findings	Procedures
1	9	Rt. ventriculotomy	VSD Kirklin type III, 1.2cm	direct closure
2	10	Rt. atriotomy	ASD secundum, 3x2cm	direct closure
3	21	Rt. ventriculotomy	VSD Kirklin type II, 0.4x0.2 and 0.8x0.2cm	direct closure
4	20	Rt. ventriculotomy	Sinus rupture, 1.0cm, VSD Kirklin type II, 2.0cm	direct closure Teflon patch reinforcement
5	12	Rt. atriotomy	ASD secundum, 3.0cm MI, major cusp: multiple perforation	direct closure pledget closure
6	5	Rt. ventriculotomy	VSD Kirklin type II, 1.2x0.6cm	direct closure

그効力이半減하는것으로계산하여매30분마다0.75mg/kg를oxygenator에注入하였다.

bicarbonate은Astrup formula²⁶⁾ 즉代謝性酸症을교정하기위한base의量計算式base deficit×0.3×kg

에의해산출했으며관류기간동안에는첫1시간동안에base deficit이15mEq/L있는것으로Neville의¹²⁾推定하였으며첫1시간의baccarbonate필요양의40%를oxygenator에,매20분마다20%씩을注入하는것을

원칙으로 삼았다.

oxygenator 로 보내는 O₂ 의 양은 관류개시전에는 2l/min 으로, 그리고 관류 첫 10분간은 3l/flow/min, 그 이후는 2l/flow/min 으로 계속하였으며 CO₂ 가스는 혼합하지 않았다. O₂ 는 여과기를 통과시켰다.

開胸은 全例에 있어서 正中 胸骨切開術을 시행하였으며 심낭은 수직으로 切開하였다.

動脈 cannula 는 上行 大動脈에 삽입하였으며 靜脈 cannula 는 右心房을 통하여 上·下空靜脈에 삽입하였고 完全 灌流때는 空靜脈에 臍帶테이프를 돌려서 靜脈血의 流出을 막았다. oxygenator 는 右心房으로 부터 約 50~60cm 下方에 位置케 하였으며 距離는 필요에 따라 조절하였다.

관류를 시작함과 동시에 oxygenator 內에 存在하는 熱交換器에 冷水를 순환시켜 core cooling 을 시작하여 直腸溫이 32°C 정도 될때 冷却을 中止하였는데 이 때 體溫은 계속 drift 되어 30°C 정도에 머물게 되었다. 加溫은 35°C 때 中止하였다.

大動脈 根部의 차단은 15分間하고 3분간 해제하여 冠灌流를 시켰고 필요할 때는 이와같은 방법의 차단을 반복하였다(제6표). 대동맥을 차단했을 때 anoxic arrest 가 발생하였다. 0~4°C 의 食鹽水를 심장표면에 흘려서 局所冷却을 첨가하였다.

灌流量(flow rate)은 2.2~2.4l/M²/min 이 되도록 노력하였으며 관류개시 직후 一過性인 低血壓에 대해서는 아무런 처치도 하지 않았다. 手術野에는 CO₂ 가스를 매 분당 2 Liter 를 흘려서 空氣栓塞을 防止하려고 노력하였으며 左心室 尖部를 통하여 vent 管을 左心室內에 삽입하여 心室의 過膨脹을 막았다.

心室中隔缺損 및 Valsalva sinus 의 동맥류의 파열은 右心室縱切開를 통하여 직접 봉합하였으며 後者에 대해서는 Dacron patch 를 봉합하였다. 心房中隔缺損은 右心房 縱切開를 통하여 二重연속봉합하였다. 心臟切開創은 二重연속봉합 하였다.

心內手術이 끝난 후 加溫을 시작하면 心室細動이 自然的으로 消失하는 경우도 있으나 그렇지 않을 때는 電氣 shock 를 加하여 除細動하였으며 1회로서 모두 除細動되었다. 除細動後에 CaCl₂ 0.6gm 을 oxygenator 에 注入하여 Ca 부족으로 인한 心筋收縮 低下를 豫防하였다(제7표).

左側심장에는 空氣가 들어가지 않게 노력하였으며 完全관류 때는 환자는 무호흡이 되게 筋이완제를 사용하였는데 深吸氣 때는 공기가 좌심방내로 들어가기 쉽다. 들어간 공기는 심장 내강을 액체로써 충만시켜서, vent 로 통해 공기를 제거함으로써, 그리고 左心室尖部를 늘

이 들어서 切開部를 통하여 공기가 제거되게 심장을 輕打하거나 압박하였다. 그리고 대동맥 根部에 16 gauze 注射針으로서 穿刺하여 공기를 제거하였다.

動脈血의 가스分析은 橈骨동맥에서 採血하여 Astrup²⁷⁾法에 의하여 PO₂ pH, FCO₂ 를 測定하고 Siggaard-Andersen²⁸⁾의 alignment and curved nomogram 에 의해 actual bicarbonate, standard bicarbonate, base excess 및 total buffer base 를 算出하였다. Radiometer 社의 GMAI, BMS₃, MK₂ 및 pH M72 MK₂ 를 사용하였다.

術中 尿量을 관찰하기 위하여 導尿管테타를 방광내 삽입 고정하였다.

術後 endotracheal tube 을 拔管하지 않고 수술실에 있으면서 呼吸운동이 好轉할 것을 기다려서 회복실로 옮겼다. 여기서 마취기를 연결하여 continuous positive pressure breathing (CPPB), intermittent positive pressure breathing (IPPB) 시켰으며 마취기의 manometer 로써 positive end expiratory breathing (PEEP) 시켰는데 5~10cm H₂O 壓으로 하였다(제14표).

呼吸운동이 활발해지고 동맥혈의 PO₂ 는 95 torr 이상 PCO₂ 40 torr 이하 및 호흡수가 1분간 35회 이하가 되면 보조호흡을 중지하고 endotracheal tube 내로 순산소를 5~6 l/min 공급하였으며 그후 拔管하고 O₂ tent 속에 둠으로 O₂ 와 습기를 공급하였다.

수술후 3~7시간에 physiological shunt 를

$$\frac{(PAO_2 - PaO_2) \times 0.0031}{6 + (PAO_2 - PaO_2) \times 0.0031} \times 100$$

의 공식을 사용해서 측정하였다(제15표).

術後 액체공급은 800~1000ml/M² 로 제한했으며 尿排泄量 100ml 에 대해 4mEq 의 K⁺를 注射하였다(제10표).

觀 察 成 績

麻酔소요시간은 平均 7.2(7~9)시간이었으며 完全관류전에 시행한 部分관류시간은 平均 14.3分(5~37分)이었고 完全관류시간은 平均 85.5分(32~163分), 그후의 部分관류시간은 平均 16.5分(9~42分)이었다(제5표). 대동맥 차단시간은 平均 31.3분(13.5~56분)이었는데 56분이 소요된 心室中隔缺損은 缺損部를 patch 로 봉합할 것을 시도하였으나 手技上 難점이 있어서 이를 除去하고 직접 봉합하였기 때문이다. 部分관류시작 후 동맥압은 순간적으로 下降하였으며(제2도) 제5에에서는 관류전 110에서 30mmHg까지 격심한 감소로 보였다. 관

Table 8.

Acid-base Balance and O₂ Tension

Parameters	Measured	Cases				
		3	4	5	6	mean
PO ₂ , Torr	pre	150.4	168.5	148.0	178.6	161.4
	during 15'	183.5	335.8	203.1	241.5	275.6
	30'	208.6	209.0	385.5	437.1	286.3
	post	324.4	337.4	362.3	121.1	
pH	pre	7.36	7.45	7.37	7.45	7.41
	during 15'	7.40	7.40	7.37	7.39	7.41
	30'	7.47	7.46	7.33	7.41	7.38
	post	7.34	7.37	7.44	7.38	
PCO ₂ , Torr	pre	42.1	25.9	36.0	19.2	30.8
	during 15'	34.3	22.3	34.2	22.8	31.2
	30'	30.8	24.5	36.2	44.1	34.5
	post	39.7	33.8	38.4	26.1	
Base excess mEq/L	pre	-2.0	-4.7	-3.7	-8.7	-4.8
	during 15'	-1.5	-9.5	-4.9	-9.7	-4.1
	30'	-0.5	-5.0	-6.2	+4.6	-3.9
	post	-4.0	-5.0	+1.9	-8.6	
Standard HCO ₃ , mmol/L	pre	23.0	20.6	21.3	17.6	20.6
	during 15'	22.5	16.9	20.5	16.7	21.1
	30'	23.5	20.0	19.2	29.0	21.3
	post	21.1	20.0	26.3	17.7	
Actual HCO ₃ , mmol/L	pre	23.5	17.9	20.0	13.2	18.7
	during 15'	21.3	14.0	19.5	13.8	19.4
	30'	22.5	17.3	18.7	27.6	20.4
	post	21.0	19.1	26.0	15.3	
Buffer base mmol/L	pre	57.5	39.0	40.5	37.9	43.7
	during 15'	44.0	37.0	41.0	34.4	37.5
	30'	30.5	39.5	38.5	34.8	42.0
	post	46.1	39.7	46.7	35.4	
Total CO ₂ content	pre	24.6	21.7	18.7	13.7	19.7
	during 15'	21.2	20.4	18.6	14.5	20.5
	30'	23.2	19.7	18.0	29.0	21.4
	post	22.3	27.0	20.2	16.1	

Radiometer Co. PHM 72 MK2 digital acid-base analyzer
 Siggaard-Andersen alignment and curve nomogram

류가 계속되면 동맥압도 상승하여 70~80mmHg 이상을 유지하였다. CVP는 2예에서 관류직후 감소하였을 뿐이며 대체로 유지되었다(제3도).

관류개시전 pH는 평균이 7.407(7.36~7.45)로 정상이었으며 관류개시 15분후에는 평균 7.39이었고 관류 30분후에는 평균 7.42이었으며 큰 변동을 보이지 않았

고 관류후에는 평균 7.38로서 경한 감소를 보여 주었다. 관류전 PCO₂는 평균 30.8 torr(19.2~42.1)이었으나 개체에 따라 변화가 많았으며 관류 15분후에는 평균 28.4 torr(22.3~34.2), 30분후에는 평균 33.9 torr(24.5~44.1)로서 일단감소하였다가 증가하는 경향을 보였으며 관류후에는 34.5 torr(26.1~39.7)로 계속 상승하였

Table 9. Changes of Electrolytes during Pre-and Postperfusion (within 36 hours)

Case	Perfusion time, min.	Na, mEq/L		K, mEq/L		Ca, mEq/L		Cl, mEq/L		CO ₂ comb. power, mEq/L	
		pre	post	pre	post	pre	post	pre	post	pre	post
1	66	138.0	148.0	5.1	4.3	11.2	9.6	105.0	90.0	20.0	—
2	79	147.0	147.0	7.1	4.4	11.6	11.8	106.6	101.0	28.0	30.0
3	98	143.0	145.0	6.7	6.8	10.8	11.2	108.0	106.0	19.0	31.0
4	112	152.0	140.0	3.9	5.9	11.4	11.4	113.0	95.0	30.0	33.0
5	134	151.0	146.0	7.0	5.0	—	—	108.0	98.0	31.0	30.0
6	209	150.0	146.0	6.9	5.0	11.0	11.9	108.0	109.0	29.0	28.0
Mean	116	146.8	145.3	6.1	5.2	11.2	11.2	108.1	99.8	26.2	30.4

Table 10. Postoperative urinary output

Case	Age	Diagnosis	perfusion time, min	Blood pH	Urinary output		Serum K mEq/L	BUN mg%
					cc/24hrs	ml/M ² /hr		
1	9	VSD	66	—	680	33.3	4.3	—
2	10	ASD	79	—	800	35.1	4.4	—
3	21	VSD	98	7.44	950	25.1	6.8	—
4	20	VSD+Sinus R.	112	7.38	1250	33.4	5.9	15
5	12	ASD+MI	134	7.42	1140	44.8	5.0	—
6	5	VSD	209	7.47	390	25.8	5.0	—
Mean			116	7.40	870	32.9	5.2	

Table 11. Pre-and Postoperative Changes of Blood Picture

Case	Perfusion time, min.	Hb gm %		Hct %		RBC 10 ⁴ /cmm		WBC/cmm		platelet 10 ⁴ /cmm	
		pre	post	pre	post	pre	post	pre	post	pre	post
1	66	12.0	9.2	38	29	415	320	4800	10200	16	—
2	79	10.2	9.6	32	30	358	335	620	11900	—	—
3	98	13.8	10.7	45	33	502	368	12000	22600	10	15
4	112	12.0	12.2	38	—	535	423	4200	10400	20	10
5	134	12.5	10.2	40	32	443	355	9800	13200	—	—
6	209	11.4	10.2	36	32	398	354	8100	14800	10	—
Mean	116	12.0	10.4	38	31	442	359	7500	13850		

Table 12.

Pre-and Postoperative Blood Coagulation

Case	Blood type		Bleeding time		Clotting time		Prothrombin time	
	ABO	Rh	pre	post	pre	post	pre	post
1	O	+	3'05"	—	4'35"	—	15'85%	—
2	B	+	—	—	—	7'30"	—	15'85%
3	A	+	2'55"	6'30"	5'30"	6'12"	17'67%	—
4	AB	+	2'50"	4'03"	5'55"	3'37"	16'76%	18'59%
5	O	+	5'50"	—	2'45"	—	17'67%	—
6	A	+	3'15"	3'18"	3'02"	5'10"	13'85%	15'85%

Table 13.

Drugs used for Blood Coagulation

Case	Body weight kg	post-op bleeding ml/24 hrs.	Vit. K mg	Transamine amp.	Adona amp	Epsilon amp	Dicynone amp	Coagulan-T amp	Fibrinog-en ml
1	19	700	50	18	6	4	12	—	—
2	25	120	—	10	6	10	5	3	—
3	51	540	50	27	6	4	5	—	—
4	52	1810	40	38	—	20	25	—	100
5	29	90	40	5	6	6	12	—	—
6	14	120	20	9	—	6	—	—	—

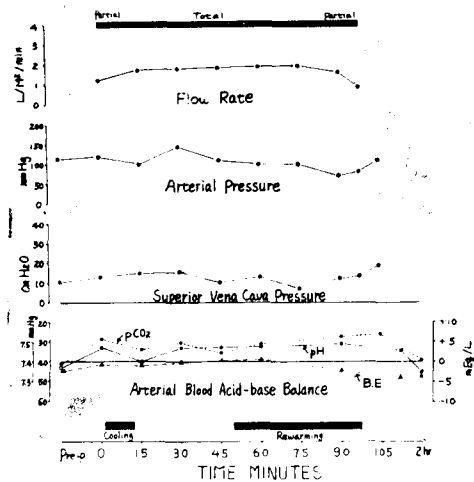


Fig. 2. Flow rate, arterial mean pressure central venous pressure and acid-base balance of Case 3 were presented. Acid-base status remained at the acceptable range.

다. 관류 그 자체로 인한 PCO₂의 변동에는 일정한 경향을 볼 수 없었다.

Base excess는 관류전에 평균 2.3mEq/L(-2.0~-8.7)이었으며 관류 15분후에는 평균 -6.3mEq/L(-1.5

Table 14. Postoperative Respiratory care

Assisted ventilation (CPPB, IPPB or PEEP of 5-10 cmH₂O) for 5-30 hours

Repeated blood gas determinations

Weaning criteria: respiratory excursion

respiratory rate-below 35

PO₂-above 95 Torr

PCO₂-below 40 Torr

Oxygen tent with cool mist

Endotracheal suction carefully

Fluid I.V 800-1,000ml/M2

K 4mEq/100ml of urine output

~-9.7), 30분후에는 평균 -1.8mEq/L(-0.5~+4.6)으로서 관류후 일단 감소하였다. 다시 회복하는 경향을 보여 주었고 관류후에는 -5.2mEq/L(-4~+1.9)로 다시 base의 감소를 나타냈다. base excess의 정상범위는 ±2.5이고開心術을 위한 체외순환 때는 ±5.0까지를 許容범위로 잡는다면 base excess는 허용범위를 크게 벗어나지는 않았다(제8표, 제4도).

Standard bicarbonate와 actual bicarbonate을 보

Table 15. Physiologic Shunt 3-7 Hours after Cardiopulmonary Bypass

Case	PO ₂ Torr	PCO ₂ Torr	Rectal temp. °C	Immediate postop. hr.	After bypass hr	Calculated shunt, %
3	324.4	39.7	37.2	1	3	15
4	337.4	33.8	37.1	1	5	15
5	393.3	39.8	37.2	5	7	13
6	347.8	35.6	34.5	1	3	15

Bendixen						
	Aortic valve replacement					15
	Open mitral valve surgery					14

After 100% O₂ ventilation for 30 min., sampling of radial arterial blood.

$$\frac{(PAO_2 - PaO_2) \times 0.0031}{6 + (PAO_2 - PaO_2) \times 0.0031} \times 100 = \text{shunt (\%)}$$

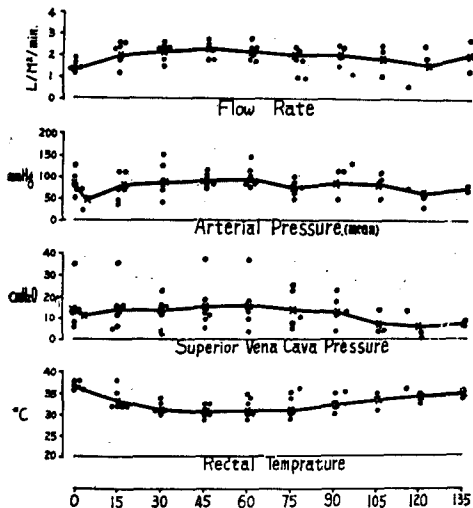


Fig. 3. Flow rate, arterial mean Pressure, central venous pressure and rectal temperature were illustrated. Transient arterial hypotension followed by the onset of the cardiopulmonary bypass.

있을 때 관류전, 중 및 후에 있어서 대체적으로 후자가 低下値를 보이는 呼吸性鹽基症을 나타냈다.

관류전후의 血中電解質의 변동은 제 9 표에서 보는 바와 같다. 즉 Na⁺, Ca⁺⁺, 는 큰 변화가 없으나 Cl⁻ 와 K⁺는 관류후에 뚜렷한 감소가 있었다(제 9 표).

術後 尿排泄量은 제 10 표에서 보는 바와같이 관류기간에는 상관없이 평균 32.9ml/M²/hr 의 양을 배설하였다(제 10 표).

血球成分의 관류전후의 변동은 제 11 표에서 보는 바와 같다. 혈액색소, 적혈구 및 Hct 値는 관류후 감소하였으나 백혈구수는 증가하였으며 血小板은 예 수가 적어서

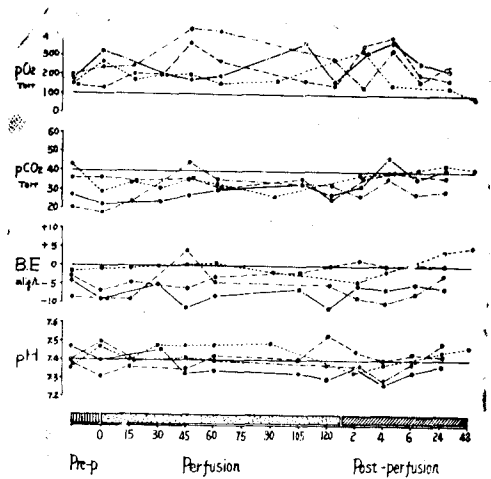


Fig. 4. Graphic presentation of the changes in arterial blood pH, pCO₂ and base excess pre-, intra-, and post-perfusion period.

Table 16. Mortality and Complications

Mortality	none
Complication	
neurological	none
hematoma	1

논하기 어렵다(제 11 표).

血液凝固에 대한 것을 보면 出血시간 및 응고시간은 대체로 연장되었으며 prothrombin time 은 예 수가 너무 적어서 논하기 어렵다(제 12 표).

술후 출혈량은 제 13 표에서 보는 바와 같으며 제 4 예에서 출혈이 많았다. 이 환자는 흉골하 血塊를 제거해야

Table 17.

Postoperative Follow-up

Case	Diagnosis	Symptoms	Cardiac murmur	E. K. G.	X-ray	Functional class (NYHA)	
						pre-op	post-op
1	VSD	disappeared	no	ICRBBB LVH	0.54 : 1 WNL	III	I
2	ASD	disappeared	no	WNL	0.49 : 1 reduction of vasclarity	II	I
3	VSD	disappeared	no	RVH	0.4 : 1 WNL	I	I
4	VSD+sinus R.	disappeared	no	LVH	0.53 : 1 reduction of vascurality	III	I
5	ASD+MI	mild palpitation	Gr. I syst. m.	RVH	0.6 : 1 cardiomegaly	II	I
6	VSD	disappeared	no	ICRBBB	0.56 : 1 WNL	II	I

WNL: within normal limit

했다. 止血의 목적으로 Vitamin-K, Transamine, Adona, Ipsilon, Dicynone, 및 Fibrinogen 을 사용하였다(제13표).

수술환자는 1예에 있어서 흉골하혈괴를 제거해야 했으며 그외는 합병증이 없었으며 全例 모두 生存하였고 死亡例는 없었다(제16표).

6例중 5예에서는 심잡음이 소실하였고 心房中隔缺損과 僧帽瓣閉鎖不全이 있었던 환자에서 心尖部 수축기 심잡음이 계속 청취되었으나 술전에 비해 강도가 감소하였다(제17표). 全例는 술후 Class I 에 분류할 수 있었다.

관류후 3~7시간에 측정한 physiological shunt 는 제1예는 13%, 제3예는 15%이었다(제15표).

總 括

過去 20여년 동안 人工心肺機를 사용한 先天性 심장병의 수술은 크게 발전하여 수술 적응증의 확립, 수술 수기의 표준화 및 사망율의 감소를 가져 왔다.

著者들이 여기 보고한 6예의 심장질환은 선천성 심장병 중에서도 左右短絡(left to right shunt)이 있는 질환이며 대동맥洞 동맥류의 파열을 제외하면 임상에서 흔히 보는 질환이고 수술에도 많이 보고된 것이다.

人工心肺機가 아모리 발달하여도 이것은 어디까지나 人間이 만든 기계장치이며 이장치가 심장과 폐장의 다양한 기능을 代行하기에는 未洽한 點이 많고 心內手術을 위해서 冠灌流를 中斷할 수 밖에 없는 制約性은 心筋에 不利한 조건을 안겨다 준다. 그러기 때문에 人工心肺機의 기계구조를 改善해나가는 作業은 계속되고 있고 心筋보호를 위한 有效한 처치가 개발되고 있다.

著者들은 少數例의 수술경험을 통하여 관찰된 몇가지

所見에 대해 고찰해 보고져 한다.

部分관류를 시작한 직후에 一過性인 動脈壓의 減少를 全例에서 보았으나 完全관류후 점차 壓은 上昇하였다. 充臍液에 血液을 사용하면 cross match 를 세심하게 했을 때라도 白血球나 血少板에 대한 不適合性은 불가피하며 血漿蛋白에 대한 過敏性反應으로 oxygenator 의 액체가 순환하기 시작하면 動脈壓의 下降을 볼 수 있다²⁰⁾.

人工심폐기를 이용한 개심술의 초창기부터 얼마의 灌流量이면 生體組織을 充分하게 灌流할 수 있을 것인가에 대해 關心을 가져왔으며 實驗結果의 報告도 많은 것이다. 50ml/kg/min 의 量으로 관류시켰을 때는 70ml/kg/min 으로 시켰을 때 보다 代謝性 酸症이 현저하다는 것이 동물실험에서 밝혀졌으며¹⁹⁾ 25~50ml/kg/min 으로 관류시키면 血中 乳酸는 증가하고 pH는 減少하며 bicarbonate 로 감소하나 70~80ml/kg/min 으로 관류시키면 이와같은 變化는 경미해지는데 低灌流流量은 조직의 산소부족을 초래하여 代謝性酸症을 초래한 것으로 해석하였다^{21, 22)}. 이와같이 灌流量의 適正值를 알아내기 위해서는 代謝性酸症의 程度가 하나의 標의이되었던 것이다. Neville¹²⁾은 동물실험을 토대로 2.2~2.4L/M²/min (57~62ml/kg/min)의 灌流量이면 組織灌流가 만족스럽게 이루어질 것이라고 報告한 후 이 基準을 採擇하고 있는 곳이 많으며 著者들도 이에 準하였다.

血中 bicarbonate 의 변동과 灌流量의 相關性은 규명되어 있다. 즉 灌流量과 bicarbonate 不足量은 反比例하며 0.8L/M²/min 으로 灌流하면 base deficit 이 11.74mEq/L 이 되고 2.0L/M²/min 으로 관류하면 4.25mEq/L 로 줄어든다는 것을 보고하였다²³⁾. 이 줄어든 수치는 麻醉 開胸때의 4.92mEq/L 보다 오히려 良好한 狀態이므로 事實上 2.0L/M²/min 은 充分한 관류량으로

분 수 있고 나아가서 base deficit 5mEq/L는 체외순환 때 허용할 수 있는 범위로 채택할 수 있을 것이다. 著者들의 base excess 성적은 開胸하여 관류직전에 이더 平均 -4.8mEq/L 이었던 것이 관류기간 동안에도 平均 -4.1mEq 로 다소 好轉하였는데 이때 관류량이 $2.0 \sim 2.4\text{L/M}^2/\text{Lin}$ 이었다는 것을 미루어 본다면 당연한 結果라고 말할 수 있다.

酸·鹽基變動에 따라 心筋수축력의 差가 있으며 心筋은 呼吸性鹽基症일 때 收縮력이 증가하고 pCO_2 가 20 torr일 때 最強이나 代謝性 鹽基症으로 pH가 7.8에 이르면 心室細動이 發生할 수 있다³⁰⁾.

여기 患者의 酸·鹽基狀態를 보면 pH는 거의 正常범위에 머물렀고 pCO_2 는 多少 低值를 보였다. 이러한 pCO_2 의 저하는 心筋收縮力을 增加할 수 있었을 것이다. 그러나 pCO_2 가 過度하게 下降하면 腦細血管은 收縮하여 腦의 血液循環장애를 초래한다³¹⁾는 사실에 주의해야 할 것이다.

充塡液으로서 全血을 使用한 初創期의 經驗에서 Homologous blood syndrome, serum hepatitis 등 不利한 結果를 관찰하기 시작하고 부터는 各種 液體로서 血液을 희석시켜 관류하기 시작하여 이 方法의 優位性이 認定되었다.

혈액희석법을 적용했을 때 血中 전해질의 변동은 하나의 關心거리가 된다.

血液稀釋으로 K^+ 의 농도는 변하지 않는다³²⁾. 單純開胸術을 했을 때와 1500ml의 Ringer's lactate 液을 포함한 2000ml의 充塡液으로서 血液稀釋하여 灌流했을 때 兩群사이에 K^+ 의 變動에 有意한 差는 없다.

本手術例 ACD에 있어서 血液을 使用할 때 1 pint 당 0.6gm의 CaCl_2 를 첨가하고 마취사가 주는 輸血에도 이와같이 하는 것을 원칙으로 하여 Citrate를 中和시켰다. ACD 血液을 수혈하면 Calcium ion은 減少하며 Killen³³⁾은 혈액 1 pint 당 0.8~1.0gm의 CaCl_2 를 첨가할 것을 권장하였다. ACD 血液과 Ringer's lactate 液 混合용액으로 心肺機를 충전하여 體外灌流시킬 때 혈액 1 pint 당 CaCl_2 0.5gm를 첨가하면 灌流기간중 Calcium 代謝는 安定하나 관류직후에는 Calcium ion은 減少하면서 副甲狀腺 hormone은 증가한다³⁷⁾.

著者들은 灌流종료 직전에 除細動術(defibrillation)을 할 경우 그전후에 각각 0.6gm의 CaCl_2 를 注射하여 Calcium 감소에 의한 心筋收縮能의 감소를 없애 주었다.

Calcium ion의 至適濃度는 心機能을 유지하는데 필요 불가결한 것은 Ringer³⁸⁾에 의해 立證되었으며 그후 심장소생술에 있어서 calcium의 inotropic effect는 언

제나 重要視되었다.

體外순환하 개심술을 시행할 때 無血手術野를 얻기 위해서는 大動脈을 차단할 수 밖에 없다. 이 차단으로 心筋으로의 血流과 O_2 공급이 中斷된다. 心筋의 O_2 결핍으로 인한 損傷을 輕減시키기 위해 本교실에서는 30°C 정도의 低溫法을 兼用하고 또한 心臟表面을 $0 \sim 4^\circ\text{C}$ 의 生理食鹽水로써 冷却시켰으며 Corticosteroid를 充塡液에 첨가 하였다.

體溫은 30°C 까지 冷却시키면 身體의 酸素消費量이 約 50%까지 減少한다는 사실은 本교실의 李의 실험성적에서 밝혀졌으며³⁹⁾ 따라서 大動脈 차단시간을 平溫에 비해 延長할 수 있을 것이다.

大動脈 차단을 間歇的으로 시행하면서 짧은 시간동안 冠灌流를 시행하는 것은 心筋을 보호하기 위해 必要한 것이다. 果然 열마동안 차단하고 열마동안 冠灌流를 시키는 것이 心筋保護에 좋은 것인지 아직도 定說은 없는 것 같다. Benzing 등⁴⁰⁾은 개를 사용하여 15분차단과 5분 冠灌流를 3회 반복(45分間 대동맥차단)한 群과 15분 차단과 45秒 冠灌流를 3회 반복(45分間 차단)한 群의 성적을 左心室心筋機能을 比較했을 때 前者에 있어서는 83.7%, 後者に 있어서는 51.7%로 低下된 것을 觀察할 수 있었다. 그리고 그들은 冠灌流없이 45分間 계속적으로 大動脈을 차단했을 때는 左心室心筋機能이 33.6%까지 低下하였으며 機能이 40% 이하가 되면 死亡率이 높다는 意見を 引用 報告하였다.

大動脈을 차단하여 심장의 anoxic arrest를 誘發시켰을 때 心機能의 低下는 心內膜下 出血 및 壞死에 기인한다는 學者들이 많다.

Iyengar 등¹⁸⁾은 개實驗에서 심장의 anoxic arrest를 60~75분시켰을 때 1~2mm幅의 心內膜下 出血을 보았고 만일 左心室肥厚가 있는 개를 같은 기간 arrest시켰을 때는 心筋壁의 1/2~1/3이 內側에서 부터 壞死를 이르켰다고 하였다. 그리고 Cooley⁴¹⁾가 말하고 있는 stone heart은 anoxic arrest로 인해 발생한 心筋의 損傷에 기인한 것이라고 說明하였다.

심장표면과 심실 내강을 $0 \sim 4^\circ\text{C}$ 의 식염수로 계속 냉각하면 이것만으로 체온은 32°C 까지, 心筋온도는 $15 \sim 20^\circ\text{C}$ 까지 下降할 수 있으며 이 때 90분간의 대동맥 차단도 安守하다⁴²⁾. 식염수 대신 심장표면에 얼음조각을 채워 냉각시켰을 때 冠灌流보다 効果的이었다고 Robicsek⁴³⁾는 말하고 있으나 대동맥 차단 시간은 45~55분이 무난할 것이라고 하였다. 심장국소냉각이 30°C 정도의 低溫法보다 心內膜下 出血(subendocardial hemorrhage)를 적게 이르킨다는 보고도 있다.

Anoxic arrest 때 心筋을 보호하기 위해 lysosomal membrane 을 安定化시키고 lysosomal enzyme 인 Beta glucuronidase 의 放出을 豫防하는 corticosteroids 를 體外循環 직전에 患者에게 投與하는 方法이 報告되고 있다. Busuttill 등⁴²⁾ 은 methylprednisolone 을 投與했을때 平溫下 30分間의 大動脈 차단 후 血力學變化와 心室收縮力은 對照群에 비하여 良好하였으며 beta glucuronidase 活性은 적었으며 이로 인하여 虛血性 心停止로 부터 機能的 回復이 順調로 왔다고 結論지었다.

Hydrocortisone 을 대동맥차단전에 또는 대동맥차단 해제직후에 투여 했을 때 左心室의 diastolic volume-pressure curve(compliance)의 감소를 輕減시켜 줄수 있었다고 Toyama 등⁴³⁾ 은 報告하였다.

著者들도 oxygenator 에 dexamethazone 1mg/kg 를 미리 注入하여 관류하였으며 이로써 관류 및 대동맥차단으로 인한 心筋障害를 豫防하려고 하였다.

최근 中等度 低溫法과 beta-adrenergic blockade 인 propranolol 을 併用했을 때 anoxic arrest 에 속박하는 左心室의 虛血性 收縮(ischemic contracture)에 대한 效果가 學論되기 시작하였다.

Mac Gregor 등⁴⁴⁾ 은 28°C의 低溫法과 propranolol (Inderal) 投與가 虛血性 心室攣縮(ischemic ventricular contracture)을 豫防해 줄것인가를 動物實驗했는데 平溫동물 또는 平溫下 propranolol 0.5mg~1.0mg/kg 注射동물에서 anoxic arrest 후 stone heart 가 많이 發生했으나 28°C의 低體溫동물에서는 ischemic contracture 의 發生이 없었다고 하였다.

左側 胸腔 內腔이 完全히 또 不完全하게 大氣에 노출하면 空氣栓塞의 위험이 많아진다. Anoxic arrest 나 左心室의 vent 는 공기전색을 豫防하기 위한 手段이다.

手術野에 CO₂ 가스를 흘리면 이 가스는 공기의 1.53 배의 比重이므로 手術野의 공기를 驅出하고 CO₂ 가스로써 充滿해진다. 萬一 CO₂ 가스의 栓塞이 일어났을때는 쉽게 完全 吸取되므로 身體障害를 남기지 않으며 이 가스의 栓塞豫防 效果는 인정을 받고 있으며^{45, 46)} 우리들도 이 方法을 채택하였다.

血小板은 灌流를 매우 減少하는데 血液을 稀釋한 程度 그 以上으로 減少한다. 血小板은 人工心肺機의 管壁에 附着하여, 그리고 관류기간 동안 肝에 많이 集結하였다가 관류가 끝나면 다시 血流內로 移動한다⁴⁷⁾. 이와 같은 血小板의 減少를 輕減시키기 위한 藥物投與 實驗에서 pyrimidazole 이 血中 血小板의 減少를 有意하게 輕減시켜 준다는 事實이 밝혀졌다⁴⁸⁾.

開心術에 수반하는 大量出血은 危險한 것이다. 血小

板 감소, fibrinolysis, 凝固因자의 變調 및 heparin 의 中和가 不充分한 경우 등이 體外순환후출혈의 要因으로 認定하고 있다.

出血量에 영향을 미치는 條件은 여러가지 있으나 灌流時間, 心臟切開部位, 手術種類 및 cyanosis 의 유무에 따라 차이가 있으며 灌流時間이 90分以上이면⁴⁹⁾ 出血이 많으며 心房中隔缺損보다 Tetralogy of Fallot 는 약 3배의 出血을 한다⁵⁰⁾. epsilonaminocaproic acid (EACA) 의 oxygenator 內 灌流前投入은 效果가 인정되어 있지 않으며⁴⁹⁾ 3%의 환자에 있어서는 止血을 위해 再手術을할 정도의 出血을 볼 수 있다⁵⁰⁾.

Gourin 등⁵¹⁾ 은 10mg/kg 의 protamine 을 관류중의 oxygenator 에 注入하고 다시 30分後에 第2回의 protamine 을 注入한 實驗에 있어서 1) 心筋收縮力은 折制되지 않았으며 2) 一過性으로 收縮力이 增加하였고 coronary sinus 의 血液還流가 增加하고 股動脈壓이 增加하는 現象을 관찰하였다.

Gourin 등⁵²⁾ 은 계속적인 實驗에서 protamine 으로 인한 低血壓은 充分한 輸液으로 防止 할 수 있다고 하였다. 여기 報告한 우리들의 例에 있어서는 總 heparin 量의 1.5배의 protamine 을 約 10分 동안 靜注하여 低血壓 등은 관찰 할 수 없었다.

體外순환이 腎기능에 미치는 영향은 creatinine clearance 와 N⁺, K⁺의 排泄을 測定함으로써 알 수 있다. Ringer's lactate 액으로 혈액 희석시켰을 때는 관류후 creatine clearance 는 亢進하고 N⁺排泄은 甚히 감소하며 K⁺排泄은 크게 增加함으로 術後 K⁺를 充分하게 供給해야 한다^{53, 54)}. 그래서 著者들은 術中 및 術後 尿量을 測定하여 尿 100ml 當 K⁺ 4mEq/L 를 수시로 注射하였다.

開心術후 患者의 呼吸관리는 매우 중요하다. 6~8시간의 長時間의 麻醉와 開胸術은 큰 負擔이 아닐 수 없고 灌流 그 自體가 肺에 損傷을 주기 때문에 중요성은 倍加해진다. ACD 혈액 또는 Ringer's lactate 액으로 血液을 희석시킨후 각각 灌流했을 때 肺에 血管의 울혈, 無氣肺, alveolar septa 의 비후, 폐포와 모세기간지내의 출혈과 水腫등이 있으며 血小板과 섬유소의 栓塞도 있을 수 있으며 이러한 變化를 post-perfusion lung 이라고 부르고 있다⁵⁵⁾.

Post-perfusion lung 의 발생기전은 아직 불명한 점이 많이 있다. 同種血液으로 充塡시켜 灌流시켰을 때 4~12日전에 체혈한 自家血液이나 血液없는 充塡液으로 灌流했을 때에 비해 肺의 損傷 및 病變이 激甚하게 나타나는 것은 이미 立證되었다⁵⁶⁾. 自家血液을 6시간동안

oxygenator 만을 통과시켜도 白血球나 淋巴球의 구조적 變化를 초래하지 않으나 數人에게서 採血한 同種血液을 oxygenator 에 통과 시켰을 때는 小淋巴球는 大淋巴球로 移行하며 이의 一部는 직각적으로 mitosis 를 이르는 homologous reaction 을 나타내며 이것이 肺의 淋巴球反應의 要因인 것이다.

15~30mg/kg 의 methylprednisolone 을 관류개시전에 투여하면 post-perfusion lung 때 보는 肺의 病變을 完全 또는 部分的으로 防止할 수 있다⁵⁷⁾는 것은 興味있는 業績이며 우리들이 dexamethazone 1mg/kg 를 총 3회 2시간에 주입한 것은 이러한 效果를 기대해서 였다.

開心術을 시행한 환자는 수술 후 12~24시간 동안은 intermittent positive pressure breathing (IPPB)를 시킬 필요가 있으며 최근에 와서는 positive end-expiratory pressure (PEEP)를 권장하고 있다. 正常人에 있어서 직경 2mm 以下の 모세기관지는 呼氣時에 폐쇄하는 경향이 있고⁵⁸⁾ (이때의 lung volume 을 closing volume 이라 함). 灌流후에는 肺間質水腫으로 이 closing volume 이 증가하기 때문에 PEEP 는 functional residual capacity 를 closing volume 보다 크게 유지시켜줌으로서 無氣肺를 豫妨하고 이를 消失시켜주며 나아가서 physiological shunt 를 감소시켜주는 利點을 지니고 있다⁵⁹⁾. 著者들은 5~10cmH₂O 의 壓으로 PEEP 를 하였으며 이 壓으로 폐의 가스교환은 好轉하고 PO₂ 는 上昇하며 肺血流에는 阻害를 주지 않는다⁶⁰⁾. PEEP 의 壓을 15cmH₂O 以上으로 올리지 않게 주의하였는데 이때는 肺毛細血管은 압박당하여 肺血流이 靜止되므로 위험을 초래한다.

PEEP 으로서 교정하기 어려운 肺손상은 Ratif 가 말한바와 같이 中性多핵혈구로 인한 肺혈관의 閉鎖인데 이로써 換氣灌流比가 不均等해진다.

肺의 Surfactant 는 血液로써 充填시켰을 때가 Ringer's lactate 액으로 血液회석시켰을 때 그 減少가 현저하여 無氣肺를 초래한다⁵⁷⁾. 著者의 수술예에 있어서 혈액회석과 PEEP 를 시행했기 때문인지 무기폐나 post-perfusion lung syndrome 같은 合併症은 없었다.

著者들의 6例의 開心術의 經驗은 아직 환자의 數에 있어서 너무나 적다. 그러나 充分한 灌流量으로 體外循環시키고 中等度 低溫法과 局所 冷却을 兼用하면서 15분이라는 短時間의 大動脈 차단에 이어 3분간의 冠灌流, CO₂ 가스로 灌注시킨 空氣栓塞의 豫妨, dexamethazone 의 使用으로 心筋 및 肺臟의 保護 그리고 忍耐力으로 遂行한 術後 補助呼吸등은 수술중과 후의 患者 生命 管理에 適切한 條件들이었다는 確信을 가지며 앞

으로도 上記 手術基準을 지켜나갈 생각이다.

要 約

경북대학교 의과대학 흉부외과에서는 1975년 12월 5일부터 1976년 4월까지 선천성 심장병 6예를 Sarns roller pump 와 Bentley 의 Temptrol 을 사용하고 中等度 低溫法(30°C), 心臟局所 냉각법, 2.0~2.4L/M²/min 의 灌流量, 血液稀釋法, 間혈의 대동맥차단(15분차단에 3분간 해제) 및 dexamethazone 의 관류전 投與등의 體外循環 原則으로 開心術을 시행하였다.

動脈壓, CVP, 酸·鹽基平衡, O₂ 分壓, 腎機能 및 灌流後 心機能등은 許容범위내의 變動을 관찰 할 수 있었으며 全例가 건강을 회복하였고 1例의 死亡도 없었다.

REFERENCES

- Gibbon, J. H.: *Application of a mechanical heart and lung apparatus to cardiac surgery.* *Minn. Med.* 37:171, 1954.
- Giannelli, S. Jr., Molthan, M. F., Best, R. J., Dull, J. A., and Kirby, C. K.: *The Effects Produced by Various Types of Pump-Oxygenators During Two-Hour Partial Infusions in Dogs.* *J. Thorac. Surg.* 34:563, 1957.
- Dennis, D., Spreng, D. S., Nelson, G. E., Karlaons, G. E., Karlaons, K. E., Nelson, B. M., Thomas, J. V., Eder, W. P., and Varco, R. L.: *Development of a Pump-Oxygenators or to Replace the Heart and Lungs: An Apparatus Applicable to Human Patients, and Application to One Case.* *J. Thorac. Surg.* 32:59, 1956.
- Paneth, M., Sellers, R., Gott, V. L., Weirich, W. L., Allen, P., Read, R. C., and Lillehei, C. W.: *Physiologic Studies upon prolonged Cardiopulmonary Bypass with the Pump-Oxygenator with particular Reference to (1) Acid-Base Balance, (2) Siphon Caval Drainage.* *J. Thorac. Surg.* 34:570, 1957.
- Jones, R. E., Donald, D. E., Swan, H. J. C., Harsbarger, H. G., Kirklin, J. W., and Wood, E. H.: *Apparatus of the Gibbon Type for Mechanical Bypass of the Heart and Lungs, Proc.*

- Mayo Clinic.* 30:105-115, 1955.
6. Lillehi, C.W., and Dewall, R.A.: *Design and clinical Applical Application of the Helix Reservoir Pump-Oxygenator System for Extracorporeal Circulation, Psot grad. Med. May.* 2958.
 7. Kay, E.B., Galajda, J.E., Lux, A. and Cross, F.S.: *The use of convoluted discs in the rotating disc oxygenator, J. Thorac. S.* 36:268-273, Aug. 1958.
 8. Eiffler, D.B., Kolff, W.J., Groves, L.W., and Soner, F.M., Jr.: *Disposable membrane oxygenator (heart-lung machine) and its use in experimental Surgery. J. Thorac. S.* 32:620, Nov. 1959.
 9. Hong, D.W., Lee, S.S., Hong, S.N., and Kim, S.W.: *Extracorporeal Circulation Combined with Hypothermia and Hemodilution Technique. Yonsei Med. J.* 4:58, 1963.
 10. Nahas, G.G., Malm, J.R., Manger, W.M., Verosky, M., and Sullivan, S.F.: *Control of Acidosis and the use of Titrated ACD Blood in Open-Heart Surgery. Ann. Surg.* 160:1049, 1964.
 11. Dewall, R.A., Lillehi, R.C., and Sellers, R.D.: *Hemodilution Perfusions for Open-Heart Surgery. New Eng. J. Med.* 266:1078, 1962.
 12. Neville, W.E., Colby, C., Peacock, H., and Kronkowski, T.C.: *Superiorty of buffered Ringer's lactate over heparinized blood as total prime of the large volume disc oxygenator, Ann. Surg.* 165:206, 1967.
 13. Diesh, G., Flynn, P.J., Marsble, S.A., Mulder, P.G., Schmutzer, K.J., Longmire, W.P., and Maloey, J.V.: *Comparison of Low (Azygos) Flow and High Flow Principles of Extracorporeal Circulation Employing An Bubble Oxygenator, Surg.* 42:67, 1957.
 14. Brown, J.W., Smith, W.W., Young, W.G., and Sealy, W.C.: *Experimental and clinical studies of controlled hypothermia rapidly produced and corrected by a blood heatexchanger during extracorporeal circulation, J. Thorac. Surg.* 36:497-505, 1959.
 15. Bernhard, W.F., Carroll, S.E., Schwerz, H.F., and Gross, R.E.: *Metabolic Alterations Associated with Profound Hypothermia and Extracorporeal Circulation in the Dog and Man. J. Thorac. Cardio. Surg.* 42:793, 1961.
 16. Brody, W.R., Reitz, B.A., Andrews, M.J., Roberts, W.C., and Michaelis, L.L.: *Long-term morphologic and hemodynamic evaluation of the left ventricle after cardiopulmonary bypass: A comparison of normothermic anoxic arrest, coronary artery perfusion, and profound topical cardiac hypothermia. J. Thoeac. Cardio. Surg.* 70:1073, 1975.
 17. Griep, R.B., Stinson, E.B., and Shumway, N.E.: *Profound local hypothermia for myocardial protection during open heart surgery. J. Thorac. Cardio. Surg.* 66:731, 1973.
 18. Iyengar, S.R.K., Ramchand, S., Charrette, E.J.P., Iyengar, C.K.S., and Lynn, R.B.: *Anoxic cardiac arrest: An experimental and clinical study of its effects. part I., J. Thorac. Cardio. Surg.* 66:722, 1973.
 19. Stemmer E.A., McCart, P., Stanton, W.W., Thibault, W., Dearden, L.S., and Connelley, J.E.: *Functional and Structural alterations in the myocardium during aortic cross-clamping. J. Thorac. Cardio. Surg.* 66:754, 1973.
 20. Spencer, F.: *Patterns of myocardial metabolism during cardiopulmonary bypass and coronary perfusion. J. Thorac. Cardio. Surg.* 66:705, 1973.
 21. Buckberg, G.C., Olinger, G.N., Mulder, D.G., and Maloney, J.V.: *Depressed postoperative cardiac performance: Prevention by adequate myocardial Protection during cardiopulmonary bypass. J. Thorac. Cardio. Surg.* 70:974, 1975.
 22. Maloney, J.V., and Nelson, R.L.: *Myocardial preservation during cardiopulmonary bypass: An overview. J. Thorac. Cardio. Surg.* 70:1040, 1975.
 23. Poirier, R.A., Guyton, R.A., and McImtosh, C.L.: *Drip retrograde coronary sinus perfusion for myocardial protection during aortic cross-clamping. J. Thorac. Cardio. Surg.* 70:966,

- 1975.
24. Buaaril, W. W., George, W. J., and Hewitt, R. L.: *Protective effect of methylprednisolone on the heart during ischemic arrest. J. Thorac. Cardio. Surg.* 70:955, 1975.
 25. Morrison, J. D., Moffitt, E. A., Danielson, G. K., and Pluth, H. R.: *Circulatory effects of morphine early after open-heart surgery. J. Thorac. Cardio. Surg.* 63:890, 1972.
 26. Mellemgaard, K., and Astrup, P.: *Quantitative Determination of Surplus Amounts of Acid or Base in the Human Body. Scand. J. Clin. and Lab. Invest.* 12:172, 1960.
 27. Astrup, P., Jorgensen, K., Siggaard-Andersen, O., and Kngel, K.: *The acid-base balance metabolism: A new approach, Lancet.* 1:1035, 1960.
 28. Siggaard-Andersen, O., Engel, K.: *A New Acid-Base Nomogram. Scandinav. J. Clin. and Lab. Invest.* 12:186, 1960.
 29. Pontoppidan, H., Geffin, B., and Lowenstein, E.: *Acute Respiratory Failure in the Adult. Boston, Little, Brown and Co.* 1973.
 30. Gadboys, H. T., Slonin, R., and Litwak, R. S.: *Homologous blood syndrome, I. Preliminary observations on its relationship to clinical cardiopulmonary bypass. Ann. Surg.* 156:793, 1962.
 31. Litwin, M. S., Panico, F. G., Rubini, C., Harken, D. E., and Moore, F. D.: *Acidosis and Lacticacidemia in Extracorporeal Circulation, the Significance of Perfusion Flow Rate and Relation to preperfusion Respiratory Alkalosis. Ann. Surg.* 149:188, 1959.
 32. Dobell, A. R. C., Gutelius, J. R., and Murphy, D. R.: *Acidosis Following Respiratory Alkalosis in Thoracic Operations with an without Heart-Lung Bypass. J. Thorac. Cardio. Surg.* 39:312, 1959.
 33. Streisand, R. L., Gourin, A., and Stuckey, J. H.: *Respiratory and metabolic alkalosis and myocardial contractility. J. Thorac. Cardio. Surg.* 62:431, 1971.
 34. Malette, W. G., and Eisemen, B.: *Cerebral anoxia resolution from hyperventilation. J. Aviation Med.* 29:611, 1958.
 35. Clark, R. E., Beasley, W. E., Sode, J., and Mills, M.: *The lack of influence of hemodilution perfusion on alterations in total body potassium. J. Thorac. Cardio. Surg.* 112:65, 1973.
 36. Killen, D. A., Grogan, E. L., Gower, R. E., Collins, I. S., and Collin, H. A.: *Effect of ACD Blood Prime on plasma Calcium and magnesium. Ann. Thorac. Surg.* 13:371, 1972.
 37. Moffitt, E. A., Tarhan, S., Goldsmith, R. S., Pluth, J. R., and McGoon, D. C.: *Patterns of total and ionized calcium and other electrolytes in plasma during and after cardiac Surgery. J. Thorac. Cardio. Surg.* 65:751, 1973.
 38. Kinger, S.: *A further Contribution Regarding the Influence of Different Constituents of Blood on the Contraction of the Heart. J. Physiol.* 4:29, 1883.
 39. 李聖行: 低温法에 관한 연구 第1編. 低温法時의 生理的 諸變化에 관한 實驗的 研究. 大韓外科學會雜誌, 3:259, 1961.
 40. Benzing, G. III., Stockert, J., Nave, E., and Kaplan, S.: *Intermittent myocardial ischemia during cardiopulmonary bypass. J. Thorac. Cardio. Surg.* 65:108, 1973.
 41. Cooley, D. A., Reul, G. J., and Wukasch, D. C.: *Ischemic Contracture of the Heart: Stone Heart. Am. J. Cardiol.*, 29:575, 1972.
 42. Busuttl, R. W., George, W. J., and Hewitt, R. L.: *Protective effect of methylprednisolone on the heart during ischemic arrest. J. Thorac. Cardio. Surg.* 70:955, 1975.
 43. Toyama, M., and Reis, R.: *Effects of myocardial Ischemia on Ventricular compliance Protective role of hydrocortisone, J. Thorac. Cardio. Surg.* 70:458, 1975.
 44. MacGregor, D. C., Wilson, G. J., Tanaka, S., Holness, D. E., Lixfeld, W., Silver, M. D., Rubis, L. J., Goldstein, W., and Gunstensen, J.: *Ischemic contracture of the left ventricle: Production and Prevention. J. Thorac. Cardio. Surg.* 70:945, 1975.
 45. Kunkler, A., and King, M.: *Comparison of*

- Air, Oxygen and Carbon Dioxide Embolization.*
Ann. Surg. 149:95, 1959.
46. Burbank, A., Ferguson, T.B., and Burford, T.H.: *Carbon Dioxide Flooding of the Chest in Open Heart Surgery.* *J. Thorac. Cardio. Surg.* 50:691, 1965.
 47. Mielke, C.H., Leval, M., Hill, J.D., Macur, M.F., and Gerbode, F.: *Durg influence on platelet loss during extracorporeal circulation.* *J. Thorac. Cardio. Surg.* 66:845, 1973.
 48. Nuutinen, L.S., and Mononen, P.: *Dipyridamole and Thrombocyte count in open-heart surgery.* *J. Thorac. Cardio. Surg.* 70:707, 1975.
 49. Garcia, J.B., Pakrashi, B.C., Mary, D.A., Tandon, R.K., and Lonescu, M.I.: *Postoperative blood loss after extracorporeal circulation for heart valve surgery.* *J. Thorac. Cardio. Surg.* 65:487, 1973.
 50. Gomes, M.M.R., and McCoon, D.C.: *Bleeding patterns after open-heart surgery.* *J. Thorac. Cardio. Surg.* 60:87, 1970.
 51. Gourin, A., Streisand, R.L., and Strekey, J.H.: *Total cardiopulmonary bypass, myocardial contractility, and the administration of protamine of protamine sulfate.* *J. Thorac. Cardio. Surg.* 61:160, 1971.
 52. Gourin, A., Streisand, R.L., Greineder, J.K., and Stuckey, J.H.: *Protamine sulfate administration and the cardiovascular system.* *J. Thorac. Cardio. Surg.* 62:192, 1971.
 53. Cohn, L.H., Angell, W.W., and Shumway, M.E.: *Body fluids shifts after cardiopulmonary bypass.* *J. Thorac. Cardio. Surg.* 62:423, 1971.
 54. 손광현 · 양기민 · 채범석 · 김종환 · 서경필 · 고광욱 · 이영균: *혈액회석 체외순환법에 관한 임상적 관찰,* *大韓胸部外科學會雜誌,* 3:73, 1970.
 55. Hepps, S.A., Roe, B., Wright, R., and Gardner, R.E.: *Amelioration of the pulmonary post-perfusion syndrome with hemodilution and low molecular weight dextran,* *Surgery.* 54:232, 1963.
 56. Cooper, T., Jelline, M., Willman, W.L., Schweiss, J.F., and Hanlon, C.R.: *Plasma histamine during cardiopulmonary bypass in man,* *Arch. Surg.* 86:138, 1963.
 57. Wilson, J.W.: *Treatment or prevention of Pulmonary cellular damage with pharmacologic doses of corticosteroid,* *Surg.ynec. Obstet.* 134:675, 1972.
 58. Comroe, J.H.: *Physiology of Respiration, year Book Med. Publishers, Chicago.* 1974. P. 136.
 59. Ellison, L.T., Yeh, T.J., Moretz, W.H., and Ellion, R.G.: *Pulmonary diffusion studies in patients undergoing nonthoracic and cardiopulmonary bypass procedures,* *Ann. Surg.* 157:327, 1963.
 60. Powers, S.R.: *The use of Positive End-Expiratory Pressure (PEEP) for Respiratory Support.* *Surg. Clinic N. Amer.* 54:1125, 1974.
 61. Comishion, R.C., Fraimow, W., Kelsey, D.M., ToKunaga, K., Davise, A.L., Josh, P., Cathcart, R.T., Pierucci, L.: *Effect of Partial and Total Cardiopulmonary Bypass with whole Blood or Hemodilution Priming on Pulmonary Surfactant Activity,* *J.S. Res.* 8:1, 1968.