

체중 3 kg 이하 소아에서의 개심술

이 참 하* · 전 양 빈* · 이 석 기* · 조 준 용* · 전 홍 주* · 김 수 철*
오 삼 세* · 김 옥 성* · 김 웅 한* · 나 찬 영* · 김 수 진** · 한 미 영**
조 도 준** · 박 인 승** · 이 영 탁* · 김 종 환* · 박 영 관*

Open Heart Surgery in Infants Weighing Less than 3 kg

Chang-Ha Lee, M.D.*, Yang Bin Jeon, M.D.*, Seog Ki Lee, M.D.*, Joon Yong Cho, M.D.*,
Hong Ju Chun, M.D.*, Soo Cheol Kim, M.D.*, Sam Se Oh, M.D.*, Wook Sung Kim, M.D.*,
Woong-Han Kim, M.D.*, Chan Young Na, M.D.*, Soo Jin Kim, M.D.***, Mi Young Han, M.D.***,
Do Jun Cho, M.D.**. In Seung Park, M.D.***, Young Tak Lee, M.D.*,
Jong Hwan Kim, M.D.*, Young-kwan Park, M.D.*

Background: There are well-known problems in the management of low weight neonates or infants with congenital heart defects. In the past, because of a perceived high risk of operations using cardiopulmonary bypass(CPB) in these patients, there was a tendency for staged palliation without the use of CPB. However, the recent trend has been toward early reparative surgery using CPB, with acceptable mortality and good long-term survival. Therefore we reviewed our results of the operations in infants weighing less than 3 kg and considered the technical aspect of conducting the CPB including myocardial protection.

Material and Method: Between Jan. 1995 and Jul. 1998, 28 infants weighing less than 3 kg underwent open heart surgery for many cardiac anomalies with a mean body weight of 2.7 kg(range; 1.9-3.0 kg) and a mean age of 41days(range; 4-110days). Preoperative management in the intensive care unit was needed in 20 infants and preoperative ventilator support therapy in 11. Total correction was performed in 23 infants and the palliative procedure in 5. Total circulatory arrest was needed in 11 infants(39%). **Result:** There were seven hospital deaths(25%) caused by myocardial failure(n=3), surgical failure(n=2), multiorgan failure(n=1), and sudden death(n=1). The median duration of hospital stay and intensive care unit stay were 13days(range; 6-93days) and 6days(range; 2-77days) respectively. The follow-up was achieved in 21 patients and showed three cases of late mortality(15%) and a one-year survival rate of 62%. No neurologic complications such as clinical seizure and intracranial bleeding were noticed immediately after surgery and during follow-up. **Conclusion:** The early and late mortality rate of open heart surgery in our infants weighing less than 3 kg stood

*부천세종병원 흉부외과 세중심장연구소

Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery Sejong General Hospital, Sejong Heart Institute Puchon-shi, Kyonggi-do, Korea

**부천세종병원 흉부외과, 소아과 세중심장연구소

Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery & Pediatrics Sejong General Hospital, Sejong Heart Institute Puchon-shi, Kyonggi-do, Korea

†본 논문은 제30차 대한흉부외과학회 추계학술대회에서 구연되었음

논문접수일 : 2000년 2월 14일 심사통과일 : 2000년 7월 11일

책임저자 : 이참하(422-711) 경기도 부천시 남구 소사동 91-121, 부천세종병원 흉부외과 (Tel) 032-340-1151, (Fax) 032-349-3005

E-mail chhlee63@chollian.net

본 논문의 저작권 및 전자매체의 지적소유권은 대한흉부외과학회에 있다.

relatively high, but the improved outcomes are expected by means of the delicate conduct of cardiopulmonary bypass including myocardial protection as well as the adequate perioperative management. Also, the longer follow-up for the neurologic development and complications are needed in infants undergoing circulatory arrest and continuous low flow CPB.

Korean Thorac Cardiovasc Surg 2000;33:630-7

Key word: 1. Cardiopulmonary bypass
2. Myocardial protection
3. Infant, new born
4. Infant

서 론

최근 선천성 심장 질환에 대한 개심술을 이용한 수술 성적의 전반적인 향상에도 불구하고, 체중이 적은 소아 환자에서 심폐우회술 운용과 관련된 여러 가지 문제점이 지적되고 있다. 특히 신생아 및 영아에서의 여러 기관의 미성숙뿐만 아니라, 심폐우회술 운용과 관련된 보다 넓은 이질표면적 (foreign surface area), 심한 혈액희석, 초저체온법 및 순환정지법 등으로 인한 체온의 급격한 변화 등이 제시되고 있으며¹⁾, 이로 인한 손상을 최소화하기 위하여 많은 노력과 기술의 지속적인 발전이 이루어지고 있다. 이에 선천성 심장 질환으로 본원에서 심폐우회술을 시행 받은 체중 3kg이하의 소아 환자의 수술 성적을 살펴보고, 심근보호법을 포함한 심폐우회술 운용과 관련된 기술적인 측면을 검토하였다.

대상 및 방법

1. 대상

95년 1월부터 98년 6월까지 수술시 몸무게가 3kg 이하의 선천성 심장질환을 가진 28명의 환자에서 개심술이 시행되었다. 28명의 환자의 연령은 생후 4일에서 110일(평균 41±31일)이었고, 몸무게는 1.9kg에서 3.0kg(평균 2.7±0.4kg)이었다. 28명의 환자 중에서 14명이 신생아였으며, 저체중 출생 환자(출생 시 몸무게가 2500g 이하)는 11명, 미숙아(제태 기간 37주 이하)는 5명이었다. 수술전 진단은 완전 대혈관전위증 7예, 총폐정맥환류이상증 5예, 심부전을 동반한 심실중격결손증 5예(이중 1예에서는 폐동맥 슬링이 동반됨), 좌심실저형성증 3예, 심실중격결손을 동반한 대동맥축작증, 양대동맥 우심실 기시증, 그리고 총동맥간이 각각 2예, 완전 방실중격결손증 1예, Ebstein기형과 온전심실중격을 동반한 폐동맥 폐쇄증 1예였다(Table 1). 28명의 환자 중 20명의 환자에서 수술 전 중환자실 치료가 필요하였고, 11명의 환자에서 수술 전 인공호흡기 치료가 필요하였다 또한 15명의 환자에

서 정맥 주입 강심제가, 그리고 10명의 환아에서 프로스타글란딘으로 동맥관의 유지가 필요하였다. 23명의 환아에서 완전교정술이 시행되었으며, 5명의 환아에서 고식적 수술이 시행되었다. 2명을 제외한 모든 환아에서 심폐우회술 및 대동맥차단을 시행하여 수술을 시행하였다. 심정지를 시행하지 않은 2명의 환아는 양대동맥 우심실 기시증과 폐동맥 폐쇄, 그리고 좌심실 저형성을 동반한 승모판막 협착증 환자(patient 21)에서 체-폐동맥 단락술과 심방중격 절제술을 시행한 예와 온전심실중격 폐동맥 폐쇄증 환자(patient 25)에서 우심실 유출로 형성술 및 체-폐동맥 단락술을 시행한 예이다. 11명(39%)의 환아에서 5분에서 114분의 완전 순환정지가 필요하였다.

2. 심폐우회술의 운용

현재 본원의 심근보호법을 포함한 심폐우회술의 운용은 다음과 같다.

먼저 심폐기 회로 준비는 Polystan[®] 롤러 펌프와 Polystan micro-safe 산화기를 사용하고 있으며, 동맥 라인, 심장절개 흡인 라인 및 좌심실 벤트 라인은 3/16인치, 정맥 라인은 1/4 인치로 구성된다. 캐놀라의 경우 동맥 캐놀라는 8-10 Fr, 단일 혹은 상행 및 하행 대정맥 각각의 정맥 캐놀라는 12-16 Fr, 벤트 캐놀라는 10 Fr, 그리고 18 게이지의 심정지액 캐놀라를 사용한다. 동맥 라인 필터는 사용하지 않는다. 심폐기의 충전은 혈액 성분으로 헤파린이 포함된 신선 전혈 혹은 신선 농축혈을 준비하고 정질액으로 플라즈마솔루션(Plasma-solution A)을 준비하여 충전하며, 15% 만니톨(0.5 g/kg), NaHCO₃(1 mEq/kg), 헤파린(100 u/100 cc of priming solution)이 포함된다. 심폐기 운용은 체외순환동안 관류 속도는 15~18℃의 체온에서 1.4 L/min/m² 으로 하며, 체온을 올리는 동안 2.5~3.0 L/min/m² 으로 다소 고속관류를 시행한다. 체외순환 동안 환아의 적혈구용적률은 25% 이상으로 유지하였다. 완전 순환정지가 필요한 경우, 심폐기 가동 후 환아의 직장 체온이 15℃ 이하가 될 때, 심정지를 시킨 후 완전 순환정지를 시행하였다. 수술실내의 온도 하강뿐만 아니라 환아의 머리

Table 1. Patient Profiles

Patients	Age	Weight	Diagnosis	Operation	Survival
1	67	2.8	Truncus arteriosus	total repair(RV-PA conduit 13mm)	N(early)
2	56	2.9	VSD pulmonary artery sling	VSD closure, LPA transfer, trachea resection & E-E anastomosis	N(early)
3	10	2.8	d-TGA with IVS	ASO	Y
4	89	2.6	VSD+PDA	VSD closure & PDA ligation	Y
5	29	3.0	HKHS	Norwood operation	N(late)
6	9	2.8	d-TGA with IVS	ASO with RIMA to RCA	N(late)
7	52	3.0	TB+COA+PDA	ASO, coarctoplasty, VSD closure	N(early)
8	54	2.9	Truncus arteriosus	total repair(RV-PA homograft 12mm)	Y
9	27	2.0	TAPVR, PDA	TAPVR repair, PDA ligation	N(early)
10	50	3.0	TAPVR	total repair	Y
11	36	2.8	VSD+COA	one-stage total repair, LVOT muscle resection	N(early)
12	110	2.3	C-AVSD	total repair	Y
13	81	3.0	VSD+PDA	VSD closure PDA division	Y
14	49	2.9	VSD	VSD closure	Y
15	59	3.0	DORV, PDA	total repair	Y
16	14	3.0	d-TGA with VSD	ASO	N(early)
17	43	2.9	d-TGA with VSD	ASO	Y
18	10	2.8	d-TGA with VSD	ASO	Y
19	22	2.2	d-TGA with IVS	ASO	Y
20	96	2.0	VSD+PDA	VSD closure, PDA division	Y
21	28	2.1	DORV+PA+MS(small LV)	RMBT+atrial septectomy-PDA division	Y
22	18	3.0	HLHS	Morwood operation	Y
23	12	2.3	d-TGA with IVS	ASO	Y
24	4	2.7	TAPVR, PDA	TAPVR repair, PDA division	Y
25	26	2.7	PA-IVS, Ebstein's anomaly	RVOT reconstruction, RMBT, PDA division	N(late)
26	5	2.7	HLHS	Norwood, atrial septectomy	Y
27	95	2.5	VSD+PDA	VSD closure, PDA division	Y
28	5	2.8	TAPVR	TAPVR repair	N(early)

* Patients of No. 19-28 underwent cardiopulmonary bypass after Jan. 1997.

* Y; survivor, N; non-survivor, early; early mortality, late; later mortality

* RV-PA; right ventricle-pulmonary artery, VSD; ventricular septal defect, LPA, left pulmonary artery, E-E; end-to-end, d-TGA; complete transposition of the great arteries, IVS; intact ventricular septum, ASO; arterial switch operation, PDA, patent ductus arteriosus, HLHS; hypoplastic left heart syndrome, RIMA; right internal mammary artery, RCA; right coronary artery, TB; Taussig-Bing anomaly, COA; coarctation of aorta, TAPVR; total anomalous pulmonary venous return, LVOT; left ventricular outflow tract, C-AVSD; complete atrioventricular septal defect, DORV; double outlet of right ventricle, PA; pulmonary atresia, MS; mitral stenosis. RMBT; right modified Blalock-Taussig shunt, PA-IVS; pulmonary atresia with intact ventricular septum, RVOT; right ventricular outflow tract.

주위로 얼음주머니를 미리 위치시켜 뇌의 국소적 저체온을 유지하였다. 이때 심폐우회술의 산-염기 조절은 체온을 내리는 동안 심폐기의 흡인 공기에 이산화탄소를 첨가하는 pH-stat 방법을 취한다²⁾. 대동맥 교차점자를 제거하고 심장의 재관류 시 일정 시간동안 대동맥 압력을 낮게 유지하여 관상동맥의 내피손상을 최소화하였다³⁾. 심근보호는 수술실 내 온도를 14℃로 유지하고, 필요시 차가운 생리식염수로 심근의 저체온을 유지하며, 심정지가 필요한 경우 심정지액에 의한 심근보호도 같이 시행한다. 심정지액의 성분은 적혈구용적률

이 5%이내로 희석된 냉 혈액성 심정지액(del Nido custom mix, Table 2)을 대동맥근으로 전방 주입하며, 최초의 용량은 체표면적 600 cc로, 대동맥근의 주입 압력은 30~40 mmHg 정도로 2분 가량 주입한다. 심정지액의 주입은 가능한 single-dose로 하고 필요시 40분 간격으로 최초 용량의 절반으로 심정지액을 주입한다. 필요시 체외순환 중 그리고 체외순환 이탈 후, 용적 과부하 및 염증성 인자의 제거를 위하여 적극적으로 혈액초여과를 시행한다.

이러한 심근보호법을 포함한 심폐우회술 운용의 변화는

Table 2. Cardioplegia (del Nido custom mix)

Added in 1000ml bag of Normosol-R
3 cc KCl(2mEq/ml)
13 cc 25% Mannitol
13 cc Bivon(1mEq/ml)
13 cc 1% Lidocaine(10mg/ml)
4 cc MgSO ₄ (0.5g/ml)

97년 1월부터 시도되었으며, 심폐기 충전 시, 충전액에 칼슘의 농도를 최소로 하였으며, 심폐기 회로의 개선으로 이전의 충전액 총량을 평균 805±169 ml에서 평균 444±105 ml로 줄일 수 있었다.

3. 수술 후 중환자실 관리

수술장에서 좌심방 및 우심실 혹은 폐동맥 압력 관찰을 위한 도관 삽입 및 필요시 복막투석을 위한 도관을 설치하여, 좌심방압 및 우심실압 등을 모니터하고, 적극적인 복막투석을 통한 환자의 체액을 엄격하게 조절하였다. 혈류역학적 안정을 위한 진정(sedation)은 Fentanyl[®]과 Norcuron[®]의 지속적인 정맥 주입으로 하게 되며, 중환자실에서 심초음파 검사를 자주 시행하여 혈류역학적인 평가를 하였다. 또한 수술 직후부터 심장 소아과의 적극적인 참여로 영양분 공급, 감염 조절 등의 일반적인 보조 관리가 이루어졌다.

4. 통계 적용

통계 분석은 SPSS for window 8.0을 이용하였으며, 수술 생존군과 사망군 간의 수술 전후의 여러 인자를 Mann-Whitney 비모수적 방법으로 비교하였으며, 수술 후 생존은 Kaplan-Meier법으로 분석하였다. 통계적 유의성은 p<0.05를 기준으로 삼았다. 연속변수는 평균 표준편차로 표시하였다.

결 과

수술환자의 심폐기 가동시간은 평균 170±95분(범위 54~547분), 대동맥 차단시간은 평균 65±29분(범위 28~131분)이었다. 조기 사망예를 제외한 환자의 중환자실 체류 기간 및 수술 후 입원 기간은 중간값이 각각 6일(범위 2~77일)과 13일(범위 6~93일)이었다. 20명의 환자에서 수술 후 체액 조절을 위하여 복막투석을 시행하였다.

수술 사망은 모두 7예(25%)였으며, 11예의 저체중 출생 아 중에서 2예(18%), 14예의 신생아 환자 중에서 3예(21%)에서 초기 사망예가 관찰되었다(Table 3). 불충분한 해부학적인 교정으로 수술장에서 2예(patient 7,9) 사망하였으며, 심근 기

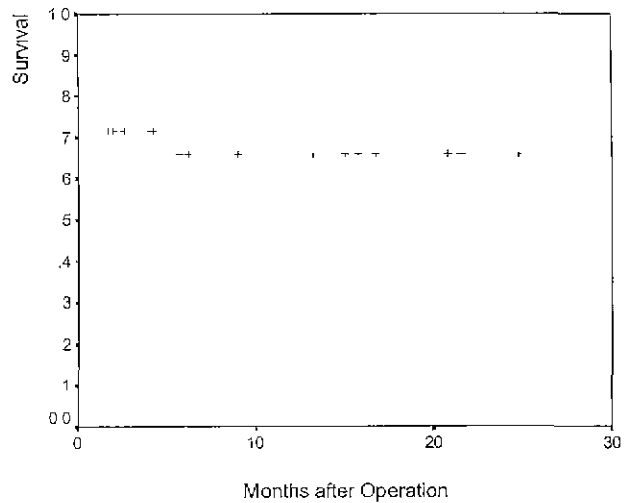


Fig. 1. Postoperative survival of patients weighing less than 3kg undergoing open heart surgery.

능 저하에 의하여 수술 후 1일째 2예(patient 1,11), 수술 후 11일째 1예(patient 16)가 사망하였고, 폐동맥 슬링을 동반한 심실중격결손증 환자(patient 2)에서 수술 후 21일째 병실에서 돌연사하였다. 또한 총폐정맥환류이상증 환자에서 완전교정술 후 저형성 좌심방 및 좌심실에 의한 저심박출증과 다발성 장기부전으로 수술 후 14일째 사망하였다(patient 14). 97년 1월 이후 시행된 10명의 환자에서 상기 마지막 사망예만 있었다. 수술 직후 임상적인 간질 등의 신경학적 합병증의 예는 없었다. 수술의 생존군과 사망군사이의 수술 전 환자 분포(재태 기간, 출생시 체중, 수술 당시 연령 및 체중)와 수술 전 상태(수술 전 정맥 주사용 강심제의 사용 여부, 중환자실 처치 및 인공 호흡기 보조 여부)는 차이가 없었으나 (p>0.05), 사망군에 비해 생존군에서 수술 전 프로스타글란딘 E1의 사용이 빈번하였다(p=0.04).

수술 사망예를 제외한 21명의 환자를 평균 10 ± 8개월 (범위 44일~25개월) 동안 추적 관찰하였다. 수술 사망예를 포함하여 수술 후 1년 생존율이 66±9%이었다(Fig. 1). 만기 사망예는 3예(14%)였다. 좌심실 형성부전증후군 환자(patient 5)에서 Norwood 술식 후 126일에 양측성 대정맥-폐동맥 단락술 후 높은 폐혈관저항으로 인한 만성 저산소증으로 수술 후 135일째 사망하였다. 또한 단일 관상동맥의 완전 대혈관전위증 환자(patient 6)에서 대혈관치환술 후 심폐기 이탈이 되지 않아 우측 내유동맥을 이용한 관상동맥 우회술을 시행 받은 환아로서 내유동맥과 관상동맥의 문합부 협착으로 인한 심근부전으로 수술 후 44일째 사망하였다. 마지막으로 Ebstein 기형을 동반한 온전심실중격 폐동맥폐색증 환자(patient 25)에서 동맥관 분리 및 체-폐동맥 단락술, 우심실유출로 성형

Table 3. Early mortality cases

Patients	Diagnosis	Operation	DOE(days)	Cause of Death
1	Truncus arteriosus	VSD baffle, RV-PA 13mm conduit	POD 1	Right ventricular failure
2	VSD, pulmonary artery sling	VSD closure, LPA transfer resection & end-to-end anastomosis of the trachea	POD 21	Sudden death at the general ward
7	Taussig-Bing, COA, PDA	ASO, coarctoplasty, VSD closure	POD 0	Severe aortic regurgitation
9	TAPVR, PDA	TAPVR repair, PDA ligation	POD 0	Residual pulmonary venous obstruction
11	VSD,COA, subaortic stenosis	One-stage total repair LVOT muscle resection	POD 1	Ventricular failure
16	d-TGA with VSD	ASO	POD 11	Low cardiac output Multiorgan failure
28	TAPVR(supracardiac)	TAPVR repair	POD 14	Small left ventricle Low cardiac output & scpsis

* DOE; date of death, POD; postoperative date

술을 시행 받은 후 심한 폐동맥판막 폐쇄부전과 삼첨판막 폐쇄부전으로 수술 후 79일에 사망하였다(이 증례는 우심실 유출로 성형술 대신 폰탄수술로의 삼첨판막 폐쇄술이 시행 되었어야 했었다). 만기 사망 3예를 제외한 18명 중에서 1예의 환아에서 재수술이 시행되었는데, 완전 대혈관전위증으로 대혈관치환술을 시행 받은 환아(patient 17)에서 폐동맥 협착으로 폐동맥 성형술이 시행되었다. 또한 좌심실형성부전증후군 환아(patient 22)와 좌심실 저형성을 동반한 승모판막 협착증 및 양대동맥 우심실 기시증 환아(patient 21)에서 단계적 폰탄수술(staging toward Fontan operation)로 상행 대정맥-폐동맥 단락술이 시행되었다. 추적 관찰 기간동안 완전 순환정지를 시행 받았던 예를 포함한 모든 환아에서 신경학적 합병증은 관찰되지 않았다.

고 찰

체중이 적은 선천성 심장 질환 환아에서 체외순환을 통한 심장수술의 조기 시행의 필요성은 여러 저자들에 의해서 보고되고 있다⁴⁻¹³⁾. 완전 교정술이 가능한 경우뿐만 아니라 고식적 수술이 필요한 경우라도, 조기에 수술을 시행함으로써 지속적인 저산소증의 노출 및 압력이나 용적 과부하로 인한 심실 기능의 감소 등으로 인한 심장, 폐, 뇌 등 여러 장기의 손상을 최소화하려는 경향이다. 그러나 체중이 적은 영아 및 신생아의 경우, 체외순환을 통한 심장수술 시 넓은 이질 표면적(foreign surface area), 심한 혈액 희석, 초저체온 및 순환정지법과 관련된 체온의 급격한 변화 등의 위험성은 피할 수 없으며, 이러한 손상을 최소로 하기 위하여 많은 노력과

기술의 지속적인 발전이 이루어지고 있다¹⁾.

Castaneda등⁵⁾은 304명의 선천성 심장질환을 가진 신생아에서 완전교정수술을 시행하여 11.8%의 수술 사망률을 보고하여 복잡성 선천성 심장질환을 가진 신생아의 교정수술의 가능성을 제시하였고, Pawade등¹⁰⁾은 체중 2500g 이하의 소아에서 체외순환을 통한 심장수술의 조기 및 만기 사망률이 각각 16.5%와 13.3%로 보고하였으며, 초기 사망률의 위험인자로서 술전 대사성 산증, 단심실 고식수술, 체외순환시간, 수술 후 저심박출증 등을 제시하였다. Reddy등¹³⁾도 체중 2500g 이하의 환아에서 체외순환을 통한 심장수술의 초기 사망률을 10%로 보고하였으나, 이러한 사망률이 체외순환시간이나 대동맥 차단시간 자체에 의한 것보다는 체외순환을 오랫동안 해야 하는 복잡한 심장 기형에 의해 결정된다고 하였다. 특히 체중이 적은 환아에서 체중 증가를 기대하며 수술적 치료를 미루는 접근방법에 대해서 Chang등¹¹⁾은 선천성 심장질환을 가진 저체중 출생 환아 100명에서 내과적 치료로 수술이나 심도자 중재술을 지연시킨 군과 진단 후 즉시 이러한 중재술을 시행한 군을 비교하였다. 중재술을 지연시킨 군에서 보다 높은 초기 사망률을 보고하였으며(각각 31%와 19%), 체중 증가를 위해 수술이나 심도자 중재술을 지연시키는 것이 저체중 환아에서 생존율의 향상을 기대하기 힘들다고 하였으며, Reddy등¹³⁾도 이러한 접근 방법이 인공호흡기에 의존, 성장 지체, 폐혈증, 만성 폐질환, 피사성 장염, 급성신부전 등의 여러 합병증을 유발할 수 있다고 하였다. 또한 Weintraub등¹⁴⁾은 선천성 심장질환에 대해서 교정을 미루는 것보다 조기 교정이 체중 증가와 같은 환아의 성장에 더 도움이 된다고 보고하면서, 미숙아이면서 저체중 출

생 환아에서 심장 질환의 조기 교정으로 체중 증가가 두드러져 심장질환이 없었던 대조군과 비슷한 성장을 보였다.

본원에서도 선천성 심장질환에 대한 심폐우회술을 통한 수술이 필요한 경우 체중이 적은 환아에서도 보다 적극적으로 수술을 시행하고 있다. 이를 위해 최근 심폐우회술의 운용의 변화가 있었으며, 보다 세부적인 기술적 측면을 살펴보면 다음과 같다. 충전액의 총량을 최소로 하기 위하여 산화기를 교체하였고, 동맥 라인, 심장절개 흡인 라인 및 벤트 라인을 1/4 인치에서 3/16 인치로 라인의 직경을 줄였고, 길이도 최소로 하여 이전의 회로에 비해 충전액의 총량을 반으로 줄일 수 있었고, 최근 3 kg 이하의 환아에서 심폐기 초기 충전액의 양이 300 cc 정도 되도록 하여 혈액희석을 최소화하였다. 충전액 성분도 충전액의 칼슘 양을 최소화하기 위하여, 정질액 성분으로 이전의 하트만 용액에서 칼슘이 포함되지 않은 플라즈마솔루션 에이(Plasma-solution A)로 바꾸었다. 또한, 과거에는 혈액 성분으로 전혈을 사용하였으며, 이에 포함되어있는 항응고제인 싸이트레이트(citrate)에 의한 저칼슘혈증을 교정하기 위하여 전혈 1 단위 당 300 mg의 칼슘을 투여하였으나, 현재는 가능하면 헤파린이 포함된 신선 전혈 혹은 농축혈을 사용하고 충전액에 칼슘을 보충하지 않는다. 이전의 충전액으로 체외순환시 체온을 낮추고 대동맥 교차점자 후 심정지액 주입 시 심장이 돌덩이처럼 딱딱해지는 cold contraction 현상^{15,16)}이 종종 관찰되었으나, 현재의 저칼슘 충전액의 사용으로 이러한 현상은 관찰되지 않았다. 심근보호는 심정지가 필요한 경우 냉 혈액성 심정지액의 주입 및 국소 심근보호를 같이 시행하고 있다. 심정지액에 적혈구 용적률이 5% 이하가 되도록 체외순환 회로의 일부 혈액을 첨가하며, 심정지액의 온도를 4°C 정도 유지되도록 체외순환 회로와 분리된 별도의 회로로 계순환시키면서 필요시 심정지액을 주입한다. 심정지액에 혈액의 추가는 심근의 산소 공급을 위한 것보다는 심정지액의 삼투압 조절 및 미세순환(microcirculation)의 개선을 위한 목적이 더 크다. 심정지액의 주입 시 압력은 높지 않게 유지하며, 현재 단일 주입(single-dose) 혹은 40분 간격으로 주입하고 있다. 소아, 특히 신생아의 경우 여러 번 심정지액의 주입(multi-dose infusion)보다는 한번의 심정지액 주입만으로도 심근 보호가 충분하고, 오히려 이러한 방법이 심근보호에 더 효과적이라는 보고가 있는데¹⁷⁻¹⁹⁾ 이렇게 함으로써 수술의 과정이 중단 없이 진행될 수 있으며, 완전 대혈관전위증이나 상행 대동맥의 크기가 극히 작은 좌심실 저형성증 환아에서의 Norwood술시식 관상동맥이나 작은 대동맥을 통한 심정지액의 직접 주입시 발생할 수 있는 관상동맥의 손상 등의 가능성을 줄일 수 있을 것으로 생각된다. 마지막으로 체중이 적은 환아에서 심폐우회술과 관련된 체액의 증가로 인한 심장 및 폐 등의 여러 장기의

부종 및 여러 염증성 인자들의 제거를 위하여 이전의 전형적인 방법에서 변형 초여과법으로 바꾸었다.

체외순환 중에 시행하는 전형적인 초여과법이 수술시간의 단축, 안정된 혈류역학적인 측면 등이 강조되고 있지만, 본원의 경우, 경험의 축적으로 변형 초여과 시행 시 혈압 등의 혈류역학적 인자가 비교적 안정적으로 유지되며, 심폐기 이탈 후 10~15분 이내에 초여과를 시행할 수 있다. 최근 동물 실험에서 변형 초여과법이 종래의 전형적인 초여과법에 비해 총 체중증가의 억제, 심근부종의 감소, 평균 동맥압의 상승, 좌심실 수축력의 향상 등과 같은 효과가 보고되고 있다²⁰⁾.

현재 발달된 체외순환법을 통해서 선천성 심장질환을 가진 신생아 및 영아에서의 수술 성적의 향상에도 불구하고, 체중이 적은 환아의 경우 기형의 복잡성뿐만 아니라 적은 체중으로 인하여 불가피하게 완전 순환정지나 지속적 저관류 체외순환을 시행하여야 하며, 이로 인한 신경학적 합병증 및 신경-정신 발달에 관심이 모아지고 있다. 본원의 경우 신경학적 합병증을 최소화하기 위하여 수술실내의 온도를 14°C로 유지하고 완전 순환정지가 필요한 경우 미리 환아의 머리 주위에 얼음을 위치시켜 뇌의 균형적인 저체온을 유지시키고, 심폐우회 시작 후 체온을 내리는 동안 산화기에 이산화탄소를 첨가하는 pH-stat 방식의 산-염기 조절을 택하고 있다²¹⁾. 또한 가능하면 완전 순환정지를 피하고 지속적 저관류 체외순환으로 수술을 진행하며, 불가피한 경우 순환정지 시간을 최소화하려고 한다. 그러나 완전 순환정지법에 비해 지속적 저관류 체외순환시 폐 기능의 장애가 두드러져 인공 호흡기 및 체액 조절에 더욱 주의가 필요하다는 보고가 있다²¹⁾. 환아의 체온을 올리는 동안 체외순환의 관류 양을 보다 많이 유지하여 뇌 혈류량을 높이려고 한다. 완전 순환정지나 지속적 저관류 체외순환으로 심장수술을 받은 환아에서 취학 전 신경학적 발달 장애에 관한 보고가 있는데, Hovels-Gurich 등²²⁾은 신생아기에 완전 순환정지나 지속적 저관류 체외순환으로 완전 대혈관전위증을 수술 받은 환아에서 수술을 받지 않은 대조군과 비교해서 지능지수와 같은 인식능력에는 차이가 없지만, 신경학적인 장애나 운동 장애는 두드러졌다고 보고하였으며, 완전 순환정지 시간이 길수록 지능지수는 의미 있게 감소하였고, 이는 저체온의 정도나 체외순환시간과는 상관이 없었다. 또한 Boston Circulatory Arrest Study Group의 전향적 연구²³⁾에서도 완전 순환정지 군에서 운동조절의 장애와 언어 발표의 장애가 지속적 저관류 체외순환 군에 비해 의미 있게 심했으며, 두 군 모두에서 수술을 시행 받지 않은 대조군에 비해 지능지수, 언어 발표 능력, 시각-운동 조절, 운동 기능, 구강-운동 조절 기능의 저하를 보고하였다. 또한 수술 직후에 관찰되었던 임상적 혹은

뇌파 검사상의 발작이 있었던 환자의 경우 취학 전에 지능 지수가 낮았고, 신경학적 장애가 발생할 가능성이 높았다고 보고하였다. 이러한 연구들의 보다 장기적인 추적관찰이 필요하며, 선천성 심장질환을 가진 체중이 적은 환아에서 심장 수술의 초기 사망률이나 유병률뿐만 아니라 보다 장기적인 신경-정신학적 발달에도 보다 많은 관심이 필요할 것으로 생각된다.

본 연구의 제한점 본원에서 심폐우회술 운용의 변화가 있었던 1997년 1월을 경계로 이전의 18예 중 6예(33%)에서 그리고 이후 10예 중 1예(10%)에서 초기 사망이 발생하였다. 이러한 향상된 결과는 수술 전의 정확한 진단 및 적절한 치료, 수술 직후 잔존 해부학적 이상의 조기 진단 및 교정, 중환자실 집중치료의 향상 등이 고려되어야 하기 때문에 단순히 심근보호법을 포함한 심폐우회술 운용의 변화만으로 설명하기에는 무리가 있다. 또한 환자군이 이질적이고, 환자의 수도 적어 수술 생존군과 사망군사이의 여러 인자들을 비교하여 위험 인자의 추론 및 통계학적 의미 부여는 무리가 따르리라 생각된다.

결론

본원에서 지금까지 선천성 심장질환을 가진 3 kg이하의 신생아 및 영아에서 심폐우회술을 이용한 완전 교정술 및 고식적 수술의 결과, 25%의 높은 수술 사망률과 14%의 만기 사망률을 보였으나, 최근 체외순환을 포함한 여러 가지 방법의 변형으로 10%의 초기 사망을 관찰할 수 있었다. 수술 전 보다 정확한 진단 및 적절한 치료, 수술 직후의 정확한 해부학적 평가, 수술 후 보다 적극적인 중환자실 치료와 더불어 최근 심근보호법을 포함한 체외순환 운용의 변화로, 비록 체중이 적은 환아에서도 개심술과 관련된 수술성적의 향상을 기대할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 완전 순환정지나 지속적 저관류 체외순환이 불가피했던 환아에서 장기적인 신경학적 합병증의 발생 여부 및 신경학적 발달의 면밀한 관찰이 필요할 것으로 생각된다.

참고 문헌

1. Groom RC, Akl BF, Albus R, Lefrak EA. *Pediatric cardiopulmonary bypass: a review of current practice.* Int Anesthesiol Clin 1996;34:141-63.
2. du Plessis AJ, Jonas RA, Wypij D, et al. *Perioperative effects of alpha-stat versus pH-stat strategies for deep hypothermic cardiopulmonary bypass in infants.* J Thorac Cardiovasc Surg 1997;114:991-1000.
3. Kronon M, Bolling KS, Allen BS, Halldorsson AO, Wang T, Rahman S. *The importance of cardioplegic infusion*

- pressure in neonatal myocardial protection.* Ann Thorac Surg 1998;66:1358-64.
4. Kirklin JK, Blackstone EH, Kirklin IW, McKay R, Pacifico AD, Barger LM, Jr. *Intracardiac surgery in infants under age 3 months: predictors of postoperative in-hospital cardiac death.* Am J Cardiol 1981;48:507-12.
5. Castaneda AR, Mayer JE, Jr, Jonas RA, Lock JE, Wessel DL, Hickey PR. *The neonate with critical congenital heart disease: repair--a surgical challenge.* J Thorac Cardiovasc Surg 1989;98:869-75.
6. Esposito G, Keeton BR, Sutherland GR, Monro JL, Manners JM. *Open heart surgery in the first 24 hours of life.* Pediatr Cardiol 1989;10:33-6.
7. Di Donato RM, Jonas RA, Lang P, Rome JJ, Mayer JE, Jr, Castaneda AR. *Neonatal repair of tetralogy of Fallot with and without pulmonary atresia.* J Thorac Cardiovasc Surg 1991;101:126-37.
8. Drinkwater DC, Laks H. *Pediatric cardioplegic techniques.* Semin Thorac Cardiovasc Surg 1993;5:168-75.
9. Groom R, Hill A, Akl B, Hangsue R. *Neonatal cardiopulmonary bypass--a review of current practice in North America.* Cardiol Young 1993;3:353-69.
10. Pawade A, Waterson K, Laussen P, Karl TR, Mee RB. *Cardiopulmonary bypass in neonates weighing less than 25 kg: analysis of the risk factors for early and late mortality.* J Card Surg 1993;8:1-8.
11. Chang AC, Hanley FL, Lock JE, Castaneda AR, Wessel DL. *Management and outcome of low birth weight neonates with congenital heart disease.* J Pediatr 1994; 124:461-6
12. Rossi AF, Seiden HS, Sadeghi AM, et al. *The outcome of cardiac operations in infants weighing two kilograms or less.* J Thorac Cardiovasc Surg 1998;116:28-35.
13. Reddy VM, McElhinney DB, Sagrado T, Papp AJ, Teitel DF, Hanley FL. *Results of 102 cases of complete repair of congenital heart defects in patients weighing 700 to 2500 grams.* J Thorac Cardiovasc Surg 1999;117:324-31.
14. Weintraub RG, McNamee S. *Growth and congenital heart disease.* J Paediatr Child Health 1993;29:95-8.
15. Rebecky IM, Hanan SA, Borges MR, et al. *Rapid cooling contracture of the myocardium. The adverse effect of prearrest cardiac hypothermia.* J Thorac Cardiovasc Surg 1990;100:240-9.
16. Lahorra JA, Torchiana DF, Tolis G, Jr., et al. *Rapid cooling contracture with cold cardioplegia.* Ann Thorac Surg 1997;63:1353-60.
17. DeLeon SY, Idriss FS, Ilbawi MN, Duffy CE, Benson DW, Jr., Backer CL. *Comparison of single versus multidose blood cardioplegia in arterial switch procedures.* Ann Thorac Surg 1988;45:548-53
18. Sawa Y, Matsuda H, Shimazaki Y, et al. *Comparison of single dose versus multiple dose crystalloid cardioplegia in neonate. Experimental study with neonatal rabbits from birth to 2 days of age.* J Thorac Cardiovasc Surg 1989;97:229-34.

19. Kohman LJ, Veit LJ. *Single-dose versus multidose cardioplegia in neonatal hearts.* J Thorac Cardiovasc Surg 1994;107:1512-8.
20. Dagggett CW, Lodge AI, Scarborough JE, Chai PJ, Jagers J, Ungerleider RM. *Modified ultrafiltration versus conventional ultrafiltration: a randomized prospective study in neonatal piglets.* J Thorac Cardiovasc Surg 1998;115:336-41.
21. Wernovsky G, Wypij D, Jonas RA, et al. *Postoperative course and hemodynamic profile after the arterial switch operation in neonates and infants. A comparison of low-flow cardiopulmonary bypass and circulatory arrest.* Circulation 1995;92:2226-35.
22. Hovels-Gurich HH, Seghaye MC, Dabritz S, Messmer BJ, von Bernuth G. *Cognitive and motor development in preschool and school-aged children after neonatal arterial switch operation.* J Thorac Cardiovasc Surg 1997;114:578-85.
23. Bellinger DC, Wypij D, Kuban KC, et al. *Developmental and neurological status of children at 4 years of age after heart surgery with hypothermic circulatory arrest or low-flow cardiopulmonary bypass.* Circulation 1999;100:526-32.

=국문초록=

배경: 최근 선천성 심장 질환에 대한 개심술을 이용한 수술 성적의 전반적인 향상에도 불구하고, 체중이 적은 소아 환자는 여러 장기의 미성숙 및 심폐우회술 운용과 관련된 여러 난점으로 양호한 결과를 내기가 어렵다. 이에 선천성 심장 질환으로 본원에서 심폐우회술을 시행 받은 체중 3 kg 이하의 소아 환자의 수술 성적을 살펴보고, 심근보호법을 포함한 심폐우회술 운용과 관련된 기술적인 측면을 검토하였다. **대상 및 방법:** 95년 1월부터 98년 6월까지 수술 당시 몸무게가 3 kg 이하의 선천성 심장질환을 가진 28명의 환자에서 개심술이 시행되었다. 28명의 환자의 연령은 생후 4일에서 110일(평균 41±31일)이었고, 몸무게는 1.9 kg에서 3.0 kg(평균 2.7±0.4 kg)이었다. 28명의 환자 중 20명의 환자에서 수술 전 중환자실 치료가 필요하였고, 11명의 환자에서 수술 전 인공호흡기 치료가 필요하였다. 23명의 환자에서 완전교정술이 시행되었으며, 5명의 환자에서 고식적 수술이 시행되었다. 11명(39%)의 환자에서 5분에서 114분의 완전 순환정지가 필요하였다. **결과:** 수술 사망은 모두 7예(25%)로 심근 부전 3례, 해부학적 교정이 불충분한 경우 2례, 다장기 부전 및 돌연사의 경우가 각각 1례씩이었다. 조기 사망예를 제외한 환자의 중환자실 체류 기간 및 수술 후 입원 기간은 중간값이 각각 6일(범위 2~77일) 과 13일(범위 6~93일)이었다. 수술 직후 임상적인 간질 등의 신경학적 합병증의 예는 없었다. 수술 사망예를 제외한 21명의 환자를 10 ± 8개월(44일~25개월)동안 추적 관찰하였다. 수술 사망예를 포함하여 수술 후 1년 생존율이 66 ± 9%이었다. 만기 사망예는 3예(14%)였다. 만기 사망 3예를 제외한 18명의 환자 중에서 1명의 환자가 재수술을 받았다. 추적관찰 기간동안 완전 순환정지를 시행 받았던 예 를 포함한 모든 환자에서 신경학적 합병증은 관찰되지 않았다. **결론:** 선천성 심장질환을 가진 3 kg 이하의 환 아에서 심폐우회술을 이용한 수술 결과 비교적 높은 수술 사망률과 만기 사망률을 보였으나, 수술 전, 후의 정확한 진단 및 중환자실 치료와 더불어 심근보호법을 포함한 체외순환 운용의 변화로, 비록 체중이 적은 환아에서도 개심술과 관련된 수술수술성적의 향상을 기대할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 완전 순환정지 나 지속적 저관류 체외순환이 불가피했던 환아에서 장기적인 신경학적 합병증의 발생 여부 및 신경학적 발달의 편밀한 관찰이 필요할 것으로 생각된다.

- 중심단어.** 1. 개심술
2. 심근보호법
3. 신생아