

동맥전환술: 관상동맥이식 수기변형과 수술사망의 위험인자

성시찬* · 이형두** · 김시호*** · 조광조*** · 우종수*** · 이영석****

Arterial Switch Operation: The Technical Modification of Coronary Reimplantation and Risk Factors for Operative Death

Si Chan Sung, M.D.*; Hyung Doo Lee, M.D.**; Siho Kim, M.D.***, Gwang-Jo Cho, M.D.***
Jong Soo Woo, M.D.***, Young Seok Lee, M.D.****

Background: Anatomic correction of the transposition of the great arteries (TGA) or Taussig-Bing anomaly by means of the arterial switch operation is now accepted as the therapeutic method of choice. This retrospective study was conducted to evaluate the risk factors for operative deaths and the efficacy of technical modification of the coronary transfer. **Material and Method:** 85 arterial switch operations for TGA or Taussig-Bing anomaly which were performed by one surgeon from 1994 to July 2002 at Dong-A university hospital were included in this retrospective study. Multivariate analysis of perioperative variables for operative mortality including technical modification of the coronary transfer was performed. **Result:** Overall postoperative hospital mortality was 20.0% (17/85). The mortality before 1998 was 31.0% (13/42), but reduced to 9.3% (4/43) from 1998. The mortality in the patients with arch anomaly was 61.5% (8/13), but 12.5% (9/72) in those without arch anomaly. In patients who underwent an open coronary reimplantation technique, the operative mortality was 28.1% (18/64), but 4.8% (1/21) in patients undergoing a technique of reimplantation coronary buttons after neoarotic reconstruction. Risk factors for operative death from multivariate analysis were cardiopulmonary bypass time (≥ 250 minutes), aortic cross-clamping time (≥ 150 minutes), aortic arch anomaly, preoperative event, and open coronary reimplantation technique. **Conclusion:** Operative mortality has been reduced with time. Aortic arch anomaly and preoperative events were important risk factors for postoperative mortality. However atypical coronary artery patterns did not work as risk factors. We think that the technical modification of coronary artery transfer played an important role in reducing the postoperative mortality of arterial switch operation.

(Korean J Thorac Cardiovasc Surg 2004;37:235-244)

*부산대학교 의과대학 흉부외과학교실

Department of Thoracic & Cardiovascular Surgery, College of Medicine, Pusan National University

**부산대학교 의과대학 소아과학교실

Department of Pediatrics, College of Medicine, Pusan National University

***동아대학교 의과대학 흉부외과학교실

Department of Thoracic & Cardiovascular Surgery, College of Medicine, Dong-A University

****동아대학교 의과대학 소아과학교실

Department of Pediatrics, College of Medicine, Dong-A University

†본 논문은 2003년도 부산대학교병원 임상연구비 지원에 의해 이루어졌음.

논문접수일 : 2003년 10월 2일, 심사통과일 : 2003년 11월 17일

책임저자 : 성시찬 (602-739) 부산시광역시 서구 아미동 1가 10번지, 부산대학교병원 흉부외과

(Tel) 051-240-7268, (Fax) 051-243-9389, E-mail: scsung@pusan.ac.kr

본 논문의 저작권 및 전자매체의 지적소유권은 대한흉부외과학회에 있다.

Key words: 1. Arterial switch operation
2. Risk analysis
3. Mortality
4. Surgery method
5. Transposition of the great arteries

서 론

대혈관전위증에 대한 외과적 치료는 80년대 초반까지는 대부분의 심장센터에서 해부학적 교정보다는 심방수준에서의 혈액학적 교정, 즉 Mustard operation이나 Senning operation이 주된 외과적 치료방법이었다. 그러나 이 방법은 술 후 상심실성부정맥의 빈도가 높고 우심실이 전신순환을 담당하게 됨으로써 만기추적 결과 우심부전(right ventricular failure)의 빈도가 높아지는 단점이 있어 현재는 거의 시행되지 않고 있다.

1975년 Jatene 등[1]이 심실중격결손을 동반한 대혈관전위증에 대하여 동맥전환술 즉 해부학적 교정을 처음으로 성공적으로 시행하였다. 그러나 첫 성공에 발표 이후 상당 기간 동안 동맥전환술은 높은 수술사망률로 인해 주된 수술방법으로 확립되지 못하였으나 80년대 후반에서부터 특히 신생아기에 동맥전환술의 좋은 성적이 발표되면서 동맥전환술이 대혈관전위증의 주된 수술방법으로 정착되었다.

저자들은 비교적 최근에 시행된 동맥전환술의 임상성적을 검토하여 수술사망에 미치는 위험인자들을 파악하고 아울러 최근 시행하고 있는 관상동맥 이식술 시기변형이 수술사망에 미치는 영향을 조사하여 향후 보다 좋은 수술 결과를 기대하는 데 도움을 얻고자 본 연구를 시행하였다.

대상 및 방법

1) 대상

1994년 1월부터 2002년 7월까지 8년 7개월 동안 한 명의 외과이에 의해 동맥전환술이 시행된 대혈관전위증과 양대혈관 우심실기시증 환자 85명을 대상으로 하였다. 환자의 성별은 남아가 65명, 여아가 20명으로 약 3.25 : 1로 남아가 많았으며, 연령분포는 생후 3일에서 생후 143일까지

Table 1. Patient profile

1994. 1~2002. 7 85 patients
M : F=65 : 20
Median Age; 12 days (3~143 days)
Mean body weight; 3.55±0.65 kg (2.08~6.3 kg)

M=Male; F=Female.

Table 2. Diagnosis and operative mortality

Diagnosis	Mortality
TGA/IVS	5/45 (11.1%)
TGA/VSD or TB anomaly	4/27 (14.8%)
TGA or TB anomaly/Arch anomaly	8/13 (61.5%)
Total	17/85 (20.0%)

TGA=Transposition of the great artery; IVS=Intact ventricular septum; VSD=Ventricular septal defect; TB anomaly=Taussig-Bing anomaly.

지(중심연령; 12일)였고 환자의 체중은 2.08 kg에서 6.3 kg (평균 3.55±0.65 kg)이었다(Table 1).

진단별로는 온전한 심실중격을 갖고 있는 완전대혈관전위증(TGA/IVS)이 45예(53.0%)였고, Taussig-Bing 기형을 포함하여 심실중격결손증을 동반한 경우가 27예(31.8%), 대동맥궁기형을 동반한 경우가 13예(15.3%)였다. 대동맥궁기형은 대동맥축착증이 9예, 대동맥궁차단증이 4예였다(Table 2).

술 전 증상으로 61예(72%)에서 청색증이 주소였고, 24예(28%)에서는 심부전이 주 증상이었다. 모두 12예(14.1%)에서 술 전 사건(event)이 있었다. 이 중 4예에서 동맥전환술 전 고식적 수술을 하였는데, 2예는 대동맥 축착으로 광범위 단단문합술(extended end-to-end anastomosis)을 동맥전환술 전 30일, 8일에 각각 시행하였고, 나머지 2예에서

Table 3. Preoperative events

Event	Number
Preoperative palliative surgery	4
CPR before operation	3
DIC	1
Hypovolemic shock	1
NO inhalation	1
ARF due to congenital CAVB	1
Use of surfactant	1
Total	12

CPR=Cardiopulmonary resuscitation; DIC=Disseminated intravascular coagulopathy; ARF=Acute renal failure; CAVB=Complete atrioventricular block.

는 단계적 동맥전환술을 위하여 폐동맥교약술과 함께 폐동맥단락술을 시행한 경우였다. 3예는 술 전 혹은 심폐기가동 전 심폐소생술이 필요하였으며, 범발성 혈관내응고장애(desseminated intravascular coagulopathy), 술 전 쇄골하정맥 천자 시 쇄골하동맥 손상으로 인한 저혈량성 쇼크 상태, 술 전 산화질소의 흡입(NO gas inhalation), 선천성 완전방실차단에 의한 급성신부전, 계면활성제(surfactant)의 사용이 각각 1예씩 있었다(Table 3). 61예(71.8%)에서는 술 전에 PGE₁을 사용하였으며, 33예(38.8%)에서는 인공호흡이 필요하였고, 45예(52.9%)에서는 술 전에 심방중격 풍선절개술을 시행하였다. 환자의 관상동맥 형태를 보면 대혈관전위증의 전형적인 형태인 1LCx-2R이 56예(65.9%)로 가장 많았고 1L-2CxR이 9예(10.6%), 1R-2LCx가 6예(7.1%), 2LCxR의 벽내 좌관상동맥(intramural left coronary artery)이 5예(5.9%), 1RL-2Cx가 3예, 2RLCx가 2예였으며, 1Cx-2RL, 1conal-2LCxR, 1LCxR, 1RLCx가 각각 1예씩 관찰되었다(Table 4). 양대혈관이 좌우정렬형태(side-by-side position)인 경우가 13예(15.3%)였다.

2) 수술방법

정중 흉골 절개를 하고 환자의 심낭을 신폐동맥(neopulmonary artery)의 재건을 위해 네모 모양으로 절제한다. 관상동맥의 분포형태와 대동맥과 폐동맥의 상관관계를 관찰한 후 관상동맥을 옮길 부위를 주폐동맥 부위에 가는 봉합사를 이용해 표시하고 대동맥과 폐동맥 박리를 시행하였다. 폐동맥은 Lecompte 조작(manuever)을 위해 양측 폐동맥의 분지부가 나타날 때까지 충분히 박리하였다. 때

Table 4. Coronary artery patterns and operative mortality

Patterns	Number	Mortality
1LCx-2R	56	11 (19.6%)
1Cx-2RL	1	
<i>retropulmonary left CA</i>		
1L-2CxR	9	2 (22.2%)
1R-2LCx	5	1 (16.7%)
1RL-2Cx	3	2 (66.7%)
1conal-2LCxR	1	
<i>single sinus CA</i>		
2LCxR (intramural)	5	1 (20.0%)
2RLCx	2	
1LCxR	1	
Total	85	17 (20.0%)

CA=Coronary artery.

에 따라 환자의 혈액학이 불안정하면 먼저 동맥도관(arterial cannula)과 정맥도관(venous cannula)을 삽관하고 심폐기를 가동한 다음 폐동맥을 박리하였다. 동맥도관을 무명동맥 근처의 상행대동맥에 삽관하고 정맥도관은 심실중격결손증을 동반하지 않은 경우는 직각모양의 정맥도관을 우심이에 하나 삽관하며, 심실중격결손증을 폐쇄시켜야 할 경우는 두 개의 정맥도관을 우심방을 통해 상공정맥과 하공정맥에 삽관하였다. 심폐기 가동 직후에 박리된 동맥관을 분리하고 심실중격결손증을 폐쇄시켜야 할 경우는 좌심이(left atrial appendage)를 통해 좌심방에 벤트(vent)도관을 삽관하였다. 1 : 1 냉혈 심정지액을 약 30분 간격으로 전향적으로 주입하여 심근을 보호하였다. 체외순환 중 최저온도는 직장 체온을 21°C에서 23°C로 유지하였고 관류량은 보통 150 mL/kg/min에서 200 mL/kg/min로 유지하였으나 수술시야를 고려하여 때때로 이보다 낮은 관류량을 한시적으로 유지하기도 하였다. 완전순환정지는 심방중격결손을 폐쇄시킬 때 짧은 순간만 이용하였다. 동맥전환술은 대동맥관 교련의 부착부에서 5~7 mm 정도 원위부에서 상행대동맥을 절단하면서 시작하였다. 대동맥을 절단한 후 관상동맥을 U자 모양 혹은 물방울 모양으로 대동맥동벽과 함께 단추모양으로 떼어 내어, 주폐동맥을 분지부 1, 2 mm 직근위부에서 절단한 후 관상동맥이 이식될 부위에 수직절개나 L 혹은 J자 모양으로 절개(trap-door technique)하여 이 곳에 관상동맥을 polypropylene 8-0 봉합사를 이용해 이식하였다(개방 관상동맥 이식술, open

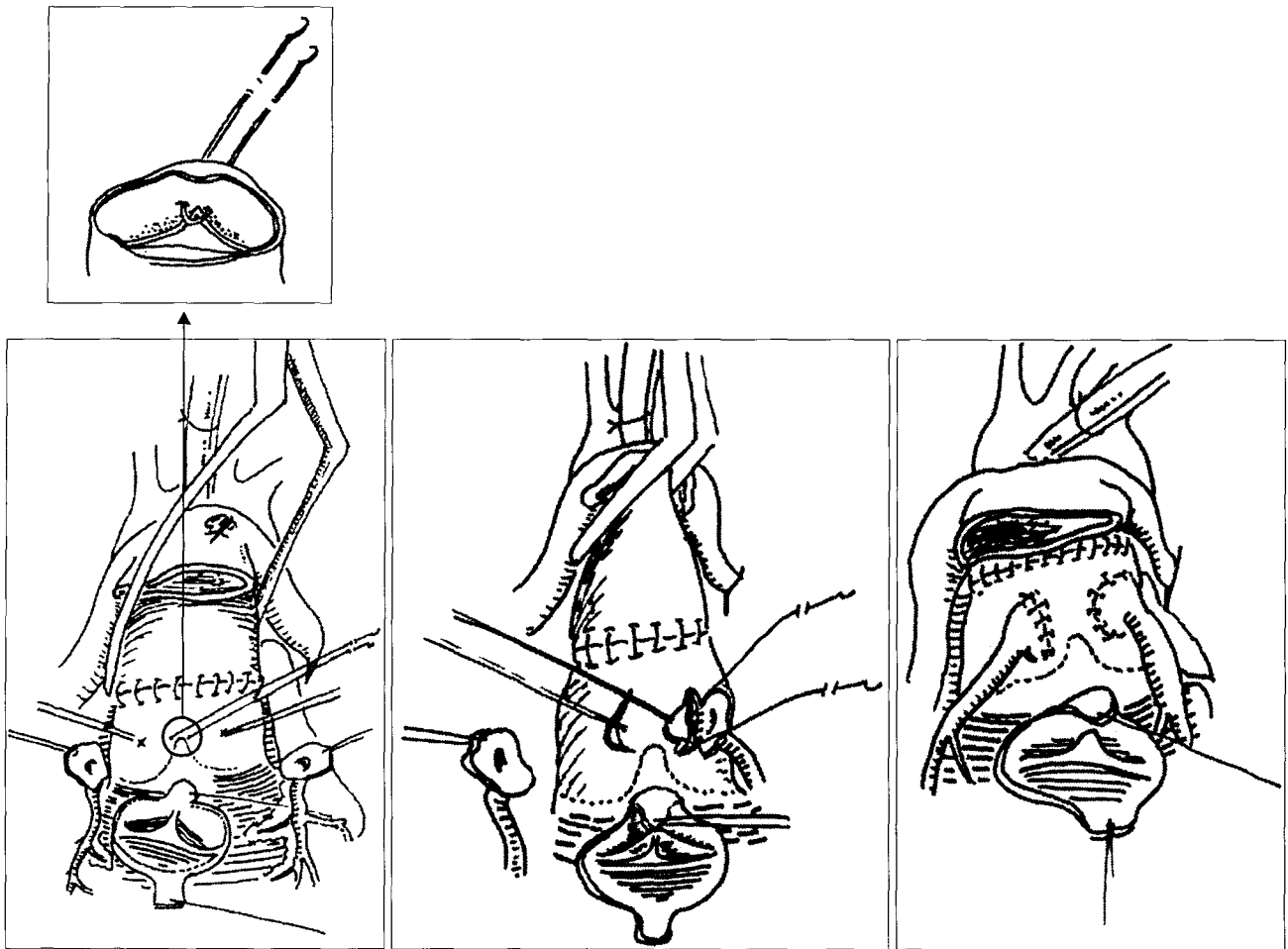


Fig. 1. Modified coronary artery transfer technique; reimplantation of coronary artery buttons after neo-aortic reconstruction.

coronary reimplantation technique). 관상동맥 이식 후 원위부 대동맥을 폐동맥분지 뒤쪽으로 위치하도록 한 후(Lecompte 조작) 새로운 근위부 대동맥과 원위부 대동맥을 polypropylene 8-0 봉합사로 문합하여 새로운 대동맥을 형성하였다. 그러나 2000년 9월부터 관상동맥 이식수기를 변경하였다. 관상동맥을 이식하기 전 먼저 Lecompte 조작을 하고 신대동맥을 조성하고 난 후 대동맥경자를 풀어 신대동맥을 일시 부풀리고 관상동맥 단추(coronary artery button)를 신대동맥에 갖다대어 정확한 위치를 파악하여 봉합사로 표시하고(stay stitch) 다시 대동맥을 혈관경자로 잡은 다음, 이 부위에 L 혹은 C 형태의 작은 절개부를 만들고 여기에 관상동맥 단추를 이식하였다(신대동맥 형성 후 관상동맥 이식술, reimplantation of coronary buttons after neo-aortic reconstruction). 이 때 신대동맥(주폐동맥)의 대응 교련(facing commissure)에 손상을 입힐 수가 있으므로 Fig.

1과 같이 신대동맥을 조성하기 전에 주폐동맥을 안쪽에서 보면서 대응 교련 양쪽으로 polypropylene 8-0 봉합사를 이용해 안쪽에서 바깥쪽으로 봉합사를 찢어내어 신대동맥을 형성한 후 외부에서 대응 교련의 위치를 쉽게 파악할 수 있도록 하여 관상동맥 이식을 위한 신대동맥 절개 시 신대동맥의 판막손상을 피할 수 있도록 하였다(Fig. 1). 벽내 좌관상동맥 5예에서는 3예는 aortocoronary flap technique을 사용하였고 1예는 좌관상동맥에 좌측쇄골하동맥을 자유이식편(free graft)으로 이용하여 우회술을 시행하였고 나머지 1예는 두 개의 관상동맥 단추로 분리하여 변형된 이식수기로 관상동맥을 이식하였다. 신대동맥(neo-aorta)이 완성되면 심정지상태에서 대동맥동의 결손부 깊은 곳의 일부에 신선 자가심낭편(fresh autologous pericardium)을 문합하였고 심방중격결손을 폐쇄하여야 할 경우는 완전순환정지 혹은 저관류 sucker bypass를 실시하면서 심방

Table 5. Year of operation and operative mortality

Year	Mortality
1994 ~ 1997	13/42 (31.0%)
1997 ~ 02.7	4/43 (9.3%)

p < 0.05

중격결손을 폐쇄하였다. 이후 심장이 박동하는 상태에서 가온하면서 나머지 신폐동맥재건을 완성하였다. 대동맥과 폐동맥이 좌우정렬형태(side-by-side position)인 경우도 가능하면 Lecompte 조작을 하고 나중에 신폐동맥재건술(neo-pulmonary artery reconstruction)시 우폐동맥쪽으로 절개를 하여 이 절개부와 신주폐동맥과 문합하였다. 대동맥궁 기형을 동반한 경우 13예 중 2예는 동맥전환술 각각 8일, 30일 전에 좌측 개흉술로 광범위 단단문합술을 시행하였고 1예는 좌측 개흉술로 광범위 단단문합술을 시행하고 바로 정중흉골절개술로 동맥전환술을 시행하였다. 나머지는 모두 정중흉골절개술로 대동맥궁 재건술과 함께 동맥전환술을 시행하였다. 직장온도 16~18도에서 완전 순환 정지를 시키거나 무명동맥에 3.5 mm 골텍스도관(Gore-Tex graft)을 연결하여 뇌순환을 계속하면서 하행대동맥을 상행대동맥 혹은 근위부 대동맥궁에 직접 문합하여 대동맥궁 재건을 한 다음 동맥전환술을 시행하였다. 동맥전환술을 마치고 직장체온이 36°C가 되면 체외순환을 중단하였다. 삽관을 제거하기 전 변형 미세여과법(modified ultrafiltration)을 시행하여 수분제거를 하였다. 그러나 최근에는 재가온 시 미세여과요법(conventional ultrafiltration)을 시행하고 있다. 흉골을 닫으면서 의미있는 SpO₂의 하강이나 혈압의 하강이 있으면 흉골을 닫지 않고 1 mm 두께의 골텍스 연부조직포(Gore-Tex soft tissue patch)를 이용해 수술창을 덮고 술 후 혈액학이 안정되고 전신부종이 감소되면 흉골봉합을 하였는데 대부분 술 후 3일째 봉합하였다. 최근에는 수술장에서 흉골을 열어 놓은 모든 환자는 심중환자실에서 지연 흉골봉합을 하고 있다.

술 후 관리는 모든 환아에서 5 µg/kg/min 정도의 도파민(dopamine)을 주입하였으며 환아의 심장 상태에 따라 dobutamine, isoproterenol, epinephrine, amrinone 등의 강심제를 사용하였고 후부하 감소를 위해 nitroprusside 등을 필요에 따라 사용하였다. 좌심방압을 5~8 mmHg으로 유지하기 위해 적당한 혈장증량제(volume expander)를 투여하였다. 술 후 폐동맥 고혈압 발작증(pulmonary hypertensive crisis)을

Table 6. Aortic arch anomaly and operative mortality

	Mortality
Arch anomaly (+)	8/13 (61.5%)
Arch anomaly (-)	9/72 (12.5%)

p < 0.05

예방하기 위해 최소한 술 후 24시간은 완전 진정상태(full sedation)로 두었다. 소변 양이 부적절하거나 전신부종 혹은 폐울혈의 징조가 보이면 즉각 복막투석을 시행하였다.

3) 결과 분석

환아의 나이, 체중, 수술 시기(98년 이전, 이후), 대동맥 차단시간, 심폐기가동 시간, 술 전 인공호흡여부, 술 전 사건 여부, 대동맥궁기형의 동반유무, 관상동맥의 형태학적 이상, 대혈관의 위치 관계, 심실중격결손의 유무, 관상동맥 이식수기 변형의 유무 등을 다변량 회귀분석을 통해 수술사망에 미치는 위험인자를 파악하였다. 평균값을 구하는 모든 자료는 평균±표준편차로 표시하였고 빈도와 평균치 비교는 카이제곱 검정법(chi-square test) 또는 Fisher exact test 그리고 Student-t test를 변수형태에 따라 적용하였다. 유의수준은 0.05 이하일 때 통계학적 의의를 인정하였고 통계처리는 SPSS 소프트웨어 패키지(SPSS Inc. Release 9.0.0. Chicago, Ill)를 이용하였다.

수술 사망에 대한 요인 분석은 다음과 같다. 변수들의 단변량 분석에 있어서 비척도를 나타내는 연속형 변수(continuous variable)들은 단순 로지스틱 회귀 분석법(Simple linear regression method)을, 여타 명목 변수(nominal variable)들은 교차 분석을 이용한 카이제곱 검정법(Chi-square test)을 적용하였다. 단변량 분석을 시행 후 p value가 0.05 이하를 보이는 변수들에 한해서 다변량 분석을 시도하였고 로지스틱 회귀 분석법의 포워드 스텝와이즈(Foward stepwise) 기법을 이용하였다.

결 과

술 후 전체 병원사망(hospital mortality)은 17명으로 20%였고 이를 시기적으로 나누어 보면 1998년 이전에는 42예 중 13예(31.0%), 1998년 이후에는 43예 중 4예(9.3%)로 사망률이 많이 감소하였음을 보여주었다(Table 5). 진단별로는 온전한 심실중격을 갖고 있는 완전대혈관전위증(TGA/

Table 7. Operative mortality in the patents with usual and unusual coronary artery patterns

Patterns	Number	Mortality
Usual (LCx-2R)	56	11 (19.6%)
Unusual	29	6 (20.7%)

p > 0.0

Table 8. Preoperative event and operative mortality

	Mortality
Preoperative event (+)	9/12 (75.0%)
Preoperative event (-)	8/73 (11/0%)

p < 0.05

IVS) 45예 중 5명(11.1%)이 사망하였고 Taussig-Bing 기형을 포함한 심실중격결손증을 동반한 경우 27예 중 4예(14.8%)가 사망하여 큰 차이는 없었으나 대동맥궁 기형을 동반한 경우 13예 중 8예(61.5%) 사망하여 높은 사망률을 보였다. 전체 사망 17예 중 8예에서 대동맥궁 기형을 동반한 경우였다. 대동맥궁 기형을 동반하지 않은 경우는 72예 중 9예(12.5%) 사망하였다(Table 2, 6).

전형적인 관상동맥(ILCx-2R)과 비전형적 관상동맥을 갖고 있는 경우에서 사망률이 각각 19.6%와 20.7%로 차이가 없었으며(Table 7), IRL-2Cx인 경우 3명 중 2명(66.7%)이 사망하여 가장 높은 사망률을 보인 관상동맥 형태였으나 통계학적인 의미는 없었다. 2LCxR의 벽내 좌관상동맥(intramural left coronary artery) 5명 중 1명이 사망하여 높은 사망률은 보이지 않았다. 그리고 폐동맥 후방을 지나가는 좌관상동맥(retropulmonary left coronary artery)과 하나의 관상동에서 기시하는 관상동맥형태(single sinus coronary artery)를 갖고 있는 환자들에서 각각 26.3% (5/19), 11.1% (1/9)의 수술사망을 보여 전형적인 관상동맥의 형태의 사망률 19.6% (11/56)와 차이가 없었다(p > 0.05).

다음으로 동맥전환술 전 고식적 수술, 술 전 혹은 심폐기가동 전 심폐소생술, 범발성 혈관내응고장애(desseminated intravascular coagulopathy), 술 전 쇄골하동맥 손상으로 인한 저혈량성 쇼크 상태, 술 전 산화질소의 흡입(NO gas inhalation), 선천성 완전방실차단에 의한 급성신부전, 계면활성제(surfactant)의 사용 등 술 전 사건이 있었던 경우 75% (9/12)의 수술사망을 보여 술 전 사건이 없었던 환

Table 9. CPB time, ACC time and operative mortality

Time	Mortality
CPB < 250 minutes	4/57 (7.0%)
CPB ≥ 250 minutes	13/28 (46.4%)
p < 0.05	
ACC < 150 minutes	9/65 (13.8%)
ACC ≥ 150 minutes	8/20 (40.0%)
p < 0.05	

CPB=Cardiopulmonary bypass; ACC=Aortic cross-clamping.

Table 10. Technical modification of coronary artery transfer and operative mortality

	Mortality
Modification (+)	16/64 (25.0%)
Modification (-)	1/21 (4.8%)

p < 0.05

아들의 11.0% (8/73)에 비하면 매우 높은 수술사망을 보였다. 술 전 환자의 상태가 수술사망과 관련이 있음을 보여주었다(Table 8).

평균 체외순환 시간과 대동맥 차단시간은 각각 239 ± 63분(범위; 123~484분)과 129 ± 35분(범위; 57~220분)이었다. 체외순환 시간이 250분 미만인 경우 7% (4/57)의 수술사망률을 보인 반면 250분 이상인 경우 46.6% (13/28)의 높은 사망률을 보였다. 대동맥 차단시간 역시 150분 미만인 경우 13.8% (9/65), 이상인 경우 40.0% (8/20)로 많은 차이를 보였다(Table 9).

관상동맥 이식수기변형을 하지 않은 경우 즉 개방 관상동맥 이식술(open coronary reimplantation technique)을 사용한 경우 25% (16/64)의 수술사망을 모인 반면, 신대동맥재건 후 관상동맥 이식술로 수기변형을 한 경우 4.8% (1/21)의 사망률을 보였다(Table 10). 특히 대동맥궁 기형을 동반한 경우, 관상동맥 이식수기변형을 하지 않은 경우는 수술생존율이 12.5% (1/8)에 지나지 않았으나 수기변형을 한 경우는 80% (4/5)의 생존율을 보여 관상동맥 이식수기 변형이 수술사망을 낮추는 데 기여하였음을 보여주었다. 비전형적 관상동맥의 형태를 갖고 있는 경우 수기변형을 하지 않은 경우와 수기변형을 한 경우 각각 수술사망률이 25% (1/20), 11.1% (1/9)를 보였으나 통계학적인 유의성은

Table 11. Univariate and multivariate analysis

Factors	p-value (UA)	p-value (MA)
Age >28 days	0.750	
Body weight <3 kg	0.738	
Year of operation before 98	0.013	0.009
Aortic cross-clamping time ≥150 min	0.022	0.011
Cardiopulmonary bypass time ≥250 min	0.000	0.011
Preoperative mechanical ventilation	0.014	
Preoperative event	0.000	0.000
Aortic arch anomaly	0.000	0.004
Unusual coronary artery pattern	0.909	
Side-by-side relationship of great arteries	0.718	
Ventricular septal defect	0.720	
Technical modification of CA transfer	0.058	0.009

UA=Univariate analysis; MA=Multivariate analysis; CA=Coronary artery.

없었다.

환아의 나이(생후 28일 이상), 체중(3 kg 이하), 수술연도(1998년 이전), 대동맥 차단시간(150분 이상), 체외순환 시간(250분 이상), 술 전 인공호흡, 술 전 사건(event), 대동맥궁 기형의 동반, 비전형적 관상동맥, 좌우정렬형태의 양대혈관, 심실중격결손, 개방 관상동맥 이식술 등을 단변량 및 다변량 분석의 결과를 Table 11에 표시하였다. 다변량 회기분석에서 1998년 이전수술, 150분 이상의 대동맥 차단시간, 250분 이상의 체외순환 시간, 술 전 사건, 대동맥궁 기형의 동반, 개방 관상동맥 이식술이 수술사망의 위험인자로 나타났다(Table 11).

술 후 병원사망의 원인은 술 후 급성심근부전이 10예로 가장 많았는데 이 중 3예는 심폐기 이탈이 불가능하여 사망하였다. 우심부전이 3예였고 그 외 사망원인으로 급성신부전, 급성 폐동맥고혈압 발작, 패혈증, 뇌출혈이 각각 1예씩이었다(Table 12). 수술당일 사망이 5예, 술 후 3일 이내가 7예, 술 후 4일에서 30일 이내가 2예, 술 후 30일 이후에 사망한 경우가 3예였다.

술 후 만기사망은 모두 4예(5.9%)였다. 2예는 수술 후 각각 3개월, 6개월 후 알 수 없는 원인으로 사망하였으며, 1예는 수술 후 심한 삼첨판 폐쇄부전증이 있었던 환자로 수술 4개월만에 사망하였는데 사망원인으로 우심부전의 의심이 되었다. 나머지 1예는 수술 3.5개월 후 만성폐질환(chronic lung disease)으로 사망하였다.

Table 12. Causes of operative deaths

Causes	Number
Bypass weaning failure	3
Low cardiac output syndrome	7
Right heart failure	3
Acute renal failure (hyperkalemia)	1
Pulmonary hypertensive crisis	1
Sepsis	1
Intracranial hemorrhage	1
Total	17

1예에서 좌폐동맥협착으로 재수술이 필요하였으며, 5예에서 폐동맥협착으로 인한 풍선 확장술이 시행되었다. 평균 39.0±30.0개월(범위; 1.7~100.3개월)의 추적기간 후 2-D 심초음파에 의한 추적조사에서 만기 혈역학상태는 양호하였는데 경도 이상의 대동맥판 역류가 2예(2.4%)에서 발견되었고, 이 중 1예는 중등도의 역류를 보이고 있으나 NYHA class I로 잘 지내고 있다. 압력차 30 mmHg 이상의 폐동맥 협착을 보이는 경우가 7예(8.2%)였고 이 중 2예는 압력차가 50 mmHg 이상이였다.

고 찰

동맥전환술은 이미 완전대혈관전위증 및 대혈관전위를 동반한 일부 원추-간(conotruncal) 심혈관기형에 대한 주된 수술방법으로 확립되었다. 이는 심방수준에서의 전환술이 중, 장기 추적조사에서 상심실성부정맥, 삼첨판폐쇄부전, 우심실부전, 체정맥 혹은 폐정맥협착 등의 합병증을 보이고 좌심실이 체순환을 담당하기에 보다 적절한 심실이라는 사실에 기인한다.

대혈관전위증에 대한 동맥전환술은 관상동맥 이식의 어려움으로, 실험적 혹은 임상적 수술술기의 변형 등의 시도가 있었으나 많은 실패를 거듭하다 1975년 Jatene 등 [1]이 심실중격결손증을 동반한 대혈관전위증에서 처음으로 성공적으로 시술하여 보고되었다. 그러나 동맥전환술은 수술수기의 어려움으로 인해 많은 보고[2-5]에서 보여 주듯이 수술의 경험이 축적되어 감에 따라 그 결과가 좋아지는 전형적인 learning curve가 필요한 수술법으로 인식되고 있다. 저자들의 경험도 1998년 이전과 1998년 이후 전체적인 수술 사망률이 31.0%에서 9.3%로 낮아졌다. 저

자들은, 이렇게 수술사망이 낮아지는 이유로 술자의 경험 축적을 가장 중요한 원인으로 생각하나 세 가지 요인이 많은 영향을 미쳤으리라고 생각한다. 첫째 환아의 술 전 관리의 향상이라고 생각한다. 1998년 전에는 여러 술 전 사건이 있었던 경우가 모두 42예 중 9예로 1998년 이후 43예 중 3예보다 훨씬 빈도가 높았으며 술 전 사건이 있었을 경우 수술 사망률이 75%에 이르렀음을 감안하면 나쁜 술 전 상태들이 1998년 이전의 좋지 못한 결과의 한 원인으로 생각된다. 두 번째 1998년 이후 성적 향상의 원인으로, 98년 이후 대동맥궁 기형 동반 예에서의 성적 향상으로 생각할 수 있다. 98년 이전 대동맥궁을 동반한 5예 모두 사망하였으나 1998년 이후는 8예 중 5예가 생존하여 그 생존율이 많이 향상되었기 때문으로 생각되었다. 그러나 1998년 이후의 수술 사망 4예 중 3예가 대동맥궁 기형을 동반하였던 경우로서 대동맥 기형 동반 예를 제외한다면 동맥전환술의 수술사망이 2.9% (1/35)에 지나지 않음을 알 수 있다. 그러므로 1998년 이후에도 대동맥궁 기형의 동반이 수술 사망의 요인으로 생각된다.

대동맥궁 기형의 동반이 동맥전환술의 위험 인자로 작용하느냐는 보고자에 따라 조금씩 다르다. Comas 등[6], Wetter 등[7], Castaneda 등[8], Daebritz 등[9]은 대동맥궁 기형이 동맥전환술의 위험인자가 되지 않는다고 한 반면, Wernovsky 등[10]은 대동맥궁의 확장이 위험 인자가 된다고 하였다. 또 Blume 등[11]은 동맥전환술 전 1차 수술로 대동맥궁재건을 한 경우 동맥전환술의 위험인자가 된다고 하였다. 본 저자들의 증례들에서는 대동맥 기형의 동반이 매우 중요한 위험인자로 작용하였다.

동맥전환술의 성적향상의 세 번째 요인으로 생각되는 것은 관상동맥 이식수기변형이다. 이는 전체적인 수술사망의 감소와 관련되어 있는 것으로 생각되고 특히 대동맥궁 동반 예에서 생존율의 향상에 영향을 미쳤다고 생각된다. 많은 보고들[8,12]에서 술 후 조기사망의 주요 원인으로 불완전한 관상동맥의 이식에 의한 급성 심근부전을 지적하고 있다. 저자들의 경우에서도 전체 수술사망 17예 중 10예에서 술 후 저박출증으로 사망하였는데 부적절한 심근보호도 한 원인이 되겠으나 이 중 상당수가 부적절한 관상동맥 이식수기 때문일 것으로 생각한다. 관상동맥 이식수기를 바꾼 이후로는 21예 중 단지 1예만이 사망하였는데 이 21예 중 5예가 대동맥궁 기형을 동반하고 있었다. 사망 1예는 대동맥궁 기형을 동반하였던 경우로 술 후 34일 만에 우심부전에 의한 지속적인 늑막삼출과 신부전으로 사망하였다. 이 환아의 우심부전은 양대혈관이 좌우정

렬형태로서 Lecompte 조작을 하지 않고 수술한 결과 좌폐동맥이 큰 신대동맥에 의한 압박으로 심하게 좁아져 발생한 것으로 술 후 심도자검사로 확인되었고 관상동맥협착에 기인한 것은 아니었다. 이 환아의 경험 이후 저자들은 양대혈관이 좌우정렬형태인 경우 가능하면 Lecompte 조작을 하고 있다.

동맥전환술에서 관상동맥 이식은 핵심수기이다. 관상동맥 이식을 위한 다양한 수기가 알려져 있지만 크게 나누어 신대동맥을 재건하기 전 열린 주폐동맥에 관상동맥을 이식하는 방법 즉 개방 관상동맥 이식술(open "trap door" technique)과 신대동맥재건 후 관상동맥 이식술(reimplantation of coronary buttons after neoaortic reconstruction)로 크게 나눌 수 있다. 개방 관상동맥 이식술은 Jacoub 등[13]과 Planche 등[14]이 소개하였으며 현재 널리 쓰이는 방법 중 하나이다. 이 방법의 장점은 관상동맥 이식 시 신대동맥판의 손상을 피할 수 있으며 이식 관상동맥의 회전각도를 최대한 줄일 수 있다는 것이다. 신대동맥 재건 후 이식하는 방법은 Bove [15]가 소개하였으며 이 방법은 관상동맥의 형태에 관계없이 정확한 자리에 관상동맥을 이식할 수 있다는 것이 큰 장점이나 관상동맥 이식 시 신대동맥판의 손상을 초래할 수 있다. 보통 두 개의 관상동맥을 갖고 있는 경우, 개방 관상동맥 이식술에서는 두 개의 관상동맥이 각각의 대응교련 양측의 폐동맥동(facing sinus)에 이식되는 경우가 많아 각각의 대응 폐동맥동에 trap door incision을 만들게 되는데 이 때 주의를 요하게 된다. 왜냐하면 상당한 수에서 대동맥과 폐동맥의 교련 부조화(commisural mismatch)가 있다고 하며[16], 관상동맥의 기시점이 관상동맥동의 상하 좌우 관계에서도 다양한 형태를 갖고 있기 때문이다[17]. 특히 저자들의 경험으로 대동맥궁 기형을 동반한 경우 관상동맥 이식수기 변형의 효과가 뚜렷하였는데 종전의 개방 관상동맥 이식술을 사용한 경우 8예 중 1예만이 생존한 반면, 신대동맥재건 후 관상동맥 이식술로 이식수기를 바꾼 후 5예 중 4예가 생존한 결과를 보여주었다. 저자들의 생각으로는 대동맥궁 기형의 동반 시 대부분의 경우 상행대동맥이 매우 작아 대동맥과 폐동맥의 사이의 직경의 심한 불균형을 갖고 있다. 이 때 관상동맥이 각각의 대응동맥동(facing sinus)에 이식되지 못할 가능성이 커지고 관상동맥이 이식된 후에도 신대동맥 조성 단계에서 큰 근위부 신대동맥(주폐동맥)과 크기가 작은 원위부 대동맥과의 문합 시 신대동맥의 뒤틀림에 의해 이식된 관상동맥도 뒤틀릴 가능성이 크다. 그러나 이런 문제는 경험이 많은 외과의에게는 잘 해결될

수 있겠지만 경험이 적은 외과의에게 극복하기가 어려운 문제일 수 있다. 그러나 신대동맥 조성 후 관상동맥이식 수기는 이러한 문제들을 극복하는 데 큰 도움이 될 수 있을 것으로 생각되며 좀 더 정확한 관상동맥 이식이 가능할 수 있을 것으로 생각된다. 실제로 저자들은 두 개의 관상동맥이 하나의 폐동맥동에 이식되는 경우를 여러 번 경험하였다. 그러나 이 수기는 신대동맥 조성 후 관상동맥을 이식하게 되므로 관상동맥 이식을 위한 신대동맥 절개나 구멍을 만들 때 신대동맥 판막의 손상을 초래할 수 있다. 이 문제를 극복하기 위해 저자들은 신대동맥을 조성하기 전에 주폐동맥을 안쪽에서 보면서 대응교련 양쪽에 안쪽에서 바깥쪽으로 봉합사를 찢어내어 외부에서 대응교련의 위치를 쉽게 파악할 수 있는 방법을 사용함으로써 신대동맥판의 손상을 피할 수 있었다(Fig. 1). Brown 등 [12]은 저자들과 비슷한 경험을 보고하였는데 관상동맥 이식수기 변형을 한 후는 수술 사망률이 27.6%에서 6.4%로 낮아졌다고 하며 수기변형이 특히 비전형 관상동맥의 형태를 갖고 있는 환아에서 수술사망률을 낮추어 관상동맥의 형태에 따른 위험을 줄일 수가 있었다고 하였다. 저자들의 경우에는 비전형 관상동맥을 갖고 있었던 29예 중 종전의 개방 관상동맥 이식술을 사용한 경우는 25% (5/20)의 사망률을 보인 반면 수기변형 후는 11% (1/9)의 사망률을 보였으나 통계학적 의의는 없었다.

어떤 특정한 관상동맥의 형태가 수술사망과 연관이 있다는 보고[9,18,19]와 없다는 보고[11] 등이 혼재하는 것은 통계학적 한계(limited statistical power)와 술자나 병원의 능력에 따른 차이 때문일 것으로 생각된다. 그러나 최근 수술 경험의 축적으로 인해 많은 병원에서는 어떤 특정한 관상동맥의 형태가 의미있는 위험인자로 작용하지 않는 추세이다. 저자들의 경험에서는 위험인자로 거론되는, 폐동맥후방 주행 좌관상동맥(retropulmonary left coronary artery), 단일 관상동 기시 관상동맥(single sinus coronary artery), 벽속관상동맥에서 각각 26.35% (5/19), 11.1% (1/9), 20% (1/5)로 전형적인 관상동맥의 수술사망률(19.6%, 11/56)과 차이가 없었다.

결 론

85예의 동맥전환술을 대상으로 수술(병원)사망에 관여한다고 생각하는 여러 인자들을 다변량 회귀분석을 통해 수술사망에 미치는 위험인자들을 파악한 결과, 98년 이전 수술, 대동맥궁 기형의 동반, 심폐기가동시간(≥ 250 분), 대

동맥차단시간(≥ 150 분), 수술 전 사건(event)이 있었던 경우, 개방 관상동맥 이식술 등이 수술 사망의 위험인자로 나타났다. 비전형적 관상동맥 형태는 수술사망의 위험요소가 아니었으며 관상동맥 이식의 수기변형이 수술사망을 낮추는 데 매우 유효하였던 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Jatene AD, Fontes VF, Paulista PP, et al. *Successful anatomic correction of transposition of the great vessels.* J Thorac Cardiovasc Surg 1976;72:364-70.
2. DiDonato RM, Wernovsky G, Walsh EP, et al. *Results of the arterial switch operation for transposition of the great arteries with ventricular septal defect. Surgical considerations and midterm follow-up data.* Circulation 1989;80:1689-705.
3. Norwood W, Dobell A, Freed M, Kirklin J, Blackstone E. *Intermediate results of the arterial switch repair. A 20-institution study.* J Thorac Cardiovasc Surg 1988;96:854-63.
4. Kirklin J, Blackstone E, Tchervenkov C, Castaneda A. *Clinical outcomes after the arterial switch operation for transposition: patient support procedural and institutional risk factors.* Circulation 1992;86:1501-15.
5. Wernovsky G, Mayer JE, Jonas RA, et al. *Factors influencing early and late outcome of arterial switch operation for transposition of the great arteries.* J Thorac Cardiovasc Surg 1995;109:289-302.
6. Comas JV, Mignosa C, Cochrane AD, Wilkinson JL, Karl TR. *Taussig-Bing anomaly and arterial switch: aortic arch obstruction does not influence outcome.* Eur J Cardiothorac Surg 1996;10:1114-9.
7. Wetter J, Belli E, Sinzobahamvya E, Blaschok HC, Brecher AM, Urban AE. *Transposition of the great arteries associated with ventricular septal defect: surgical results and long-term outcome.* Eur J Cardiothorac Surg 2002;20:816-23.
8. Castaneda AR, Jonas AR, Mayer Jr JE, Hanley FL. *Cardiac surgery of the neonate and infant.* Philadelphia: W.B. Saunders Company. p409-38, 1994.
9. Daebritz SH, Nollert G, Sachweh JS, Engelhardt W, von Bernuth G, Messmer BJ. *Anatomical risk factors for mortality and cardiac morbidity after arterial switch operation.* Ann Thorac Surg 2000;69:1880-6.
10. Wernovsky G, Mayer JE, Jonas RA, et al. *Factors influencing early and late outcome of arterial switch operation for transposition of the great arteries.* J Thorac Cardiovasc Surg 1995;109:289-302.
11. Blume ED, Altmann K, Mayer JE, Colan SD, Gauvreau K, Geva T. *Evolution of risk factors influencing early mortality of the arterial switch operation.* J Am Coll Cardiol 1999;33:1702-9.

12. Brown JW, Park HJ, Turrentine MW. *Arterial switch operation: factors impacting survival in the current era.* Ann Thorac Surg 2001;71:1978-84.
13. Yacoub MH, Radley-Smith R. *Anatomy of the coronary arteries in transposition of the great arteries and methods of their transfer in anatomical correction.* Thorax 1978;33:418-24.
14. Planche C, Bruniaux J, Lacour-Gayet F, et al. *Switch operation for transposition of the great arteries in neonates. A study of 120 patients.* J Thorac Cardiovasc Surg 1988;96:354-63.
15. Bove EL. *Current techniques of the arterial switch procedure for transposition of the great arteries.* J Cardiac Surg 1989;4:193-9.
16. Massoudy P, Baltalarli A, de Leval MR, et al. *Anatomic variability in coronary arterial distribution with regard to the arterial switch operation.* Circulation 2002;106:1980-4.
17. Li J, Tulloh RMR, Cook A, Schneider M, Ho SY, Anderson RH. *Coronary arterial origins in transposition of the great arteries: factors that affect outcome. A morphological and clinical study.* Heart 2000;83:320-5.
18. Pasquali SK, Hasselblad V, Li JS, Kong DF, Sander SP. *Coronary artery pattern and outcome of arterial switch operation for transposition of the great arteries: A meta-analysis.* Circulation 2002;106:2575-80.
19. Wernovsky G, Mayer JE Jr, Jonas RA, et al. *Factors influencing early and late outcome of the arterial switch operation for transposition of the great arteries.* J Thorac Cardiovasc Surg 1995;109:289-301.

=국문 초록=

배경: 동맥전환술은 대혈관전위증이나 Taussig-Bing 기형의 가장 보편적인 수술법으로 인정되고 있다. 동맥전환술 후 수술사망에 영향을 미치는 위험인자와 함께 관상동맥 이식 시기변형의 유효성을 알아보려고 하였다. 대상 및 방법: 1994년부터 2002년 7월까지 동맥전환술을 동아대학교 병원에서 한 명의 외과외에 의하여 시행된 85예의 대혈관전위증과 양대혈관 우심실기시증 환아를 대상으로 후향적 조사를 하였다. 관상동맥이식 시기변형 등 수술(병원)사망에 관여한다고 생각하는 여러 인자들을 다변량 회귀분석을 통해 수술사망에 미치는 위험인자들을 파악하였다. 결과: 전체 수술사망(병원사망)은 모두 17예(20%)였으며 수술사망률이 98년 이전은 31.0% (13/42), 98년 이후는 9.3% (4/43)로 감소하였다. 대동맥궁 기형을 동반하지 않은 경우는 전체 사망률이 12.5% (9/72)였으나 동반된 경우는 61.5% (8/13)로 높은 사망률을 보였다. 관상동맥이식 시기변형을 하지 않은 경우 사망률은 28.1% (18/64)를 보인 반면 관상동맥이식 시기변형을 한 경우는 4.8% (1/21)로 많은 사망률의 감소가 관찰되었다. 다변량 회귀분석에서 심폐기가동시간(≥ 250 분), 대동맥차단시간(≥ 150 분), 대동맥궁기형이 동반된 경우, 수술 전 사건(event)이 있었던 경우, 개방 관상동맥 이식술(open coronary reimplantation technique)이 수술사망의 위험인자로 파악되었다. 결론: 동맥전환술의 수술사망률은 수술시기가 경과함에 따라 감소하였으며, 대동맥궁 기형의 동반과 술 전 사건(event)이 수술사망의 중요 위험인자였다. 비전형적 관상동맥 형태는 수술사망의 위험요소가 아니었으며 관상동맥 이식의 시기변형이 수술사망을 낮추는 데 매우 유효하였던 것으로 생각된다.

- 중심 단어 : 1. 동맥전환술
2. 위험인자 분석
3. 사망
4. 수술방법
5. 대혈관 전위