

우심방 및 폐동맥 절개를 통한 활로 4증 교정술

백 완 기* · 노 준 량

- Abstract -

Transatrial-Transpulmonary Repair of Tetralogy of Fallot

Wan Ki Baek, M.D., Joon Ryang Rho, M.D.*

Tetralogy of Fallot was repaired by a transatrial-transpulmonary approach in 91 of 250 patients treated surgically (including redo operations) between April 1986 and December 1989. Their age ranged from 6 months to 14 years (mean 39.7 months).

Associated cardiovascular anomalies were right aortic arch (n=22), ASD (n=12), PDA (n=5), persistent left SVC (n=5), and others (n=6). PA index was measured pre-operatively since 1987 to estimate pulmonary artery size and safe total correction (mean $289 \pm 110 \text{mm}^2 / \text{BSA}$). Eight patients received previous shunt take down procedure concomitantly.

Pulmonary arteriotomy was extended through small pulmonary annulus to a minimal distance upon the right ventricular infundibulum and transannular patch was applied in 38 patients (41.3%), in 31 of them monocusped patch was utilized.

P RV/LV was measured at operation room in 77 patients (mean 0.58 ± 0.36). Operative mortality was 6.6% (6/91). The causes of death were low cardiac output (n=5), arrhythmia (n=1) and respiratory failure (n=1). At follow-up between 12 months and 57 months (mean 30.8 months) most patients were in New York Heart Association class I without cardiac medication. There was no late death, but reoperations were required in 3 patients to relieve residual right ventricular outflow obstruction.

Thus successful repair of tetralogy of Fallot can be accomplished in most patients including infants by transatrial-transpulmonary approach and the better result can be anticipated with respect to postoperative right ventricular function and arrhythmia than the conventional transventricular approach.

서 론

근래 활로4징증의 전 교정술 성적은 괄목할만한 향

*서울대학교 의과대학 흉부외과학교실

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

*이 논문은 1987년도 서울대학교병원 특진연구비 보조로 이루어진 것임.

1990년 12월 5일 접수

상을 보여왔으며 좀더 많은 관심이 소위 성공적인 전 교정술 이후 원격추적조사시에 볼수 있는 잔존기형 (residua) 및 속발증 (sequale)에 모아지고 있는 추세이다.

Hudspeth¹⁾과 Edmunds²⁾이 각각 1963년과 1976년에 우심실절개를 동반하지 않는 활로 4징증의 전교정 방법을 고안한 이래 활로4징증의 경심방 교정술 (Transatrial repair of tetralogy of Fallot)의 효율

성 및 안전성은 Kawashima등³⁾ 과 Pacifico등⁴⁾에 의해 입증되어 왔다.

서울대학교 의과대학 흉부외과학교실에서는 1986년 4월부터 1989년 12월까지 우심실절개를 통하지 않고 우심방 및 폐동맥 절개만을 통하여 누두절개술 및 심실중격결손의 봉합을 시행하는 소위 경심방 경폐동맥 교정술을 시행받은 활로4징증 환자를 대상으로 임상 분석을 시행하였다.

연구대상 및 방법

서울대학교 소아병원 흉부외과에서 1986년 4월부터 1989년 12월까지 전교정을 시행한 활로4징증 환자 250례 중 심실절개를 통하지 않고 우심방 및 폐동맥을 통하여 누두절개술과 심실중격결손의 봉합을 시행하는 경심방 경폐동맥 교정술(transatrial-transpulmonary repair)을 시행한 환자 92례를 대상으로 하였다. 연례(annual case) 및 전체 수술례에 대한 비는 도 1과 같다.

환자의 분포를 보면 남아 51례(55%), 여아 40례(45%)였고 연령은 6개월에서 13.5세 까지로 평균 3.3 ± 2.8세였다. 평균 체중은 13.6 ± 7.4kg, 평균 체표면적은 0.57 ± 0.21m² 이었고, 술전 평균 혈색소치는 15.7 ± 2.9gm/dl, 평균 헤마토크리트는 48.0 ± 7.4%, 평균 동맥혈 산소포화도는 87.3 ± 14.3% 였다(표 1). 환자 중 8례에서 술전 고식적 단락술을 시행받았는데 Gor-

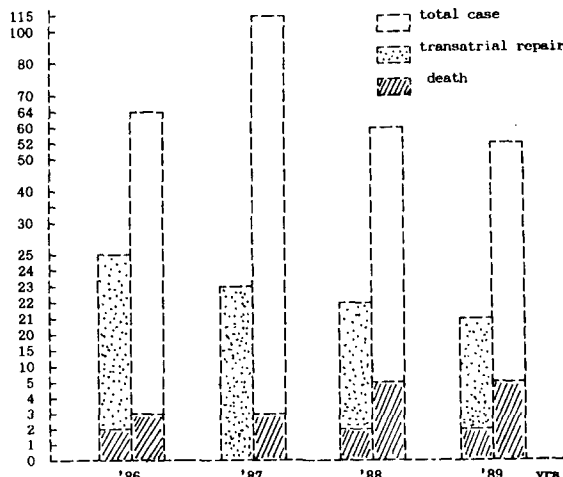


Fig. 1. Annual Case and Mortality of tetralogy of Fallot in SNUCH (Apr. '86~Dec. '89)

Table 1. Preoperative Variables of the Patients (n=91)

	Mean ± SD	Range
Age(yrs)	3.3 ± 2.8	0.5-13.5
B. Wt(Kg)	13.6 ± 7.4	5.4-55.5
BSA(m ²)	0.57 ± 0.21	0.27-1.05
Hb(gm/dl)	15.7 ± 2.9	11.9-22.7
Hct(%)	48.0 ± 7.4	37.5-68.6
SaO ₂ (%)	78.3 ± 14.3	60.9-97.4
PA Index	289 ± 105	97-435

Table 2. Previous Palliative Procedure (n=8/91 8%)

Lt. modified BT shunt	NO. of Patients
Rt. modified BT shunt	7*
Rt. classic BT shunt	7
	1

*One case preceded by Rt. classic BT shunt

e-TeX 도관을 이용한 변형 Blalock-Taussig 단락술이 각각 좌측, 7례, 우측 1례였으며 Classic Blalock-Taussig 단락술도 1례 있었다(표 2).

심기형의 부분별 분류로 심실중격결손은 9례에서 total conal defect의 형태를 보였으며 나머지는 활로4징증의 특징적인 malalignment type의 막형 심실중격주위형이었다.

동반 심혈관기형으로 우측대동맥궁이 22례, 심방중격결손증 12례, 좌측상대정맥 5례, 동맥관개존증 4례 순으로 47.3%의 심혈관 기형동반율을 보였으며(표 3), Down 증후군이 3례에서 합병되어 있었다.

1987년 이후부터 술전 PA index¹¹⁾를 측정하여(평균 289 ± 105, 97-437 mm²/BSA) 폐동맥 발육상태 및 전교정술 가능여부의 평가에 이용하였다(표 1).

수술 방법

수술은 정중흉골절개를 통해 심장에 도달한 후 체외순환하에서(Shiley-störkert roller pump, Cobe®membrane oxygenator) 시행하였다.

동맥관개존증의 결찰이나 단락결찰과 같이 심장의 술식(extracardiac procedure)이 필요한 경우에는 체외순환하에서 대동맥차단에 앞서서 먼저 시행하였다. 수술방법은 먼저 우심방절개를 하고 삼첨판을 통하여 심

Table 3. Associated Cardiovascular Anomalis (n=43/91, 47.3%)

Rt aortic arch	No of Patients	% of 91
RSD	22	24.2
PDA	11	12.1
Persistent Lt SVC	4	4.4
TOF with absent PV	5	5.5
Others	1	1.1
	6	6.6
Total	29	

Table 4. Methods of RVOT Reconstruction

	No	% of 91
Non-transannular	53	58.7
Infundibulectomy alone	7	
Infundibulectomy+Valvotomy	39	
RVOT patch	7(3)	
Transannular	38	41.3
with monocusp	31	
without monocusp	*7(2)	
Total	91	100.0

* VSD fenestration in one case.

() : secondary cases

실중격결손의 위치 및 누두부 협착정도를 확인 후 폐동맥절개를 판막윤 직상부까지 시행하고 각각 우심방과 폐동맥을 통하여 누두부절개술을 시행하였다. 심실중격결손은 우심방을 통하여 삼첨판을 짓힌 후 모두 Dacron 침포로 봉합하였으며 체외순환 이탈후 계속 우심실압이 높게 유지되어 침포에 천공을 만들어 주어야 했던 경우가 1례 있었다. 우심실 유출로 재건술은 누두부 절제술만을 시행한 군이 7례, 판막절개술을 같이 시행한 군이 39례, 우심실 유출로 침포 확장술을 시행한 군이 7례, 경판막윤 침포확장술을 시행한 군이 38례로 이중 31례는 단첨판(Monocusp)을 만들어 주었다(표 4). 경판막윤 침포확장술시 필요한 우심실절개는 폐동맥절개의 연장선상에 우심실 장축의 20%를 넘지 않는 범위내에서 가능한한 최소 절개(minimumventriculotomy)를 시행하여 심실기능을 보존할수 있도록 노력하였다.

1989년 이후 폐동맥판막이 이첨판이고 양쪽교련이 모두 용합되어 있으며 경판막윤 침포확장술이 필요한 경우에서 경판막윤절개를 전방교련이 포함되게 넣고

후방교련은 폐동맥 내벽으로부터 분리하여 단첨판화(Monocuspidalization) 시킨후 Monocusped patch를 대는 소위 Two cusp plasty⁹⁾시행하였다. 심폐기이탈 후 계속 우심실압이 높아재건술을 다시 시행하였던 경우는 모두 7례였다.

폐동맥 침포 확장술은 경판막윤 교정술을 시행하지 않은 군에서 주폐동맥만의 침포확장술만을 시행한례가 21례였고, 경판막윤침포를 좌폐동맥 근위부까지 연장한 경우가 5례, 경판막윤침포에 따른 우폐동맥 근위부에 침포확장술을 시행한 례가 1례였다(표 5).

폐동맥 침포의 소재로는 자가심낭편 및 우심낭편이 가장 많이 이용되었으며 우심실 유출로 침포는 Gore-Tex가, 경판막윤 침포의 소재로는 상품화 되어 있는 MVOP(Mono Valved Outflow Patch)가 각각 가장 많이 이용되었다.

체외순환시간은 최저 56분에서 최고 211분까지 평균 126.7±35.8분 이었고 대동맥 차단시간은 42분에서 129분까지로 평균 80.6±21.4분이었다. 6례의 환자에서 전 순환정지(Total circulatory arrest)를 사용하였는데 23분에서 52분사이로 평균 53.5±10.4분이었다.

Table 5. Pulmonary Patch Angioplasty

	No of Patients
MPA Patch alone	12
Transannular patch to LPA	5
Transannular patch + RPA patch	1
Total	27/91(29.7)

결 과

총 91건의 수술례중 수술후 30일 이내 사망한 조기 수술사망은 6례로서 6.6%의 사망율을 보였다. 연도별 수술례 및 사망율은 도 1과 같다.

동일기간에 시행한 전체 활로 4징증의 전 교정례는 250례로 이중 16례가 사망하여 6.4%의 사망율에 보였는데 이는 경심방 경폐동맥 교정을 시행한 군과 비교할때 통계상 유의한 차이가 없었다. 환자의 수술시의 평균연령은 86년에 53.1±36.5개월에서 89년에 32.6±32.4개월로 매년 낮아지는 추세를 보이고 있다(도 2). 연령에 따른 사망율은 0~12개월 사이의 유아에서

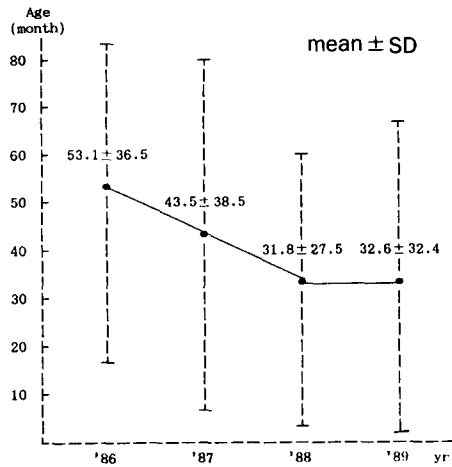


Fig. 2. Age distribution by Year (in months)

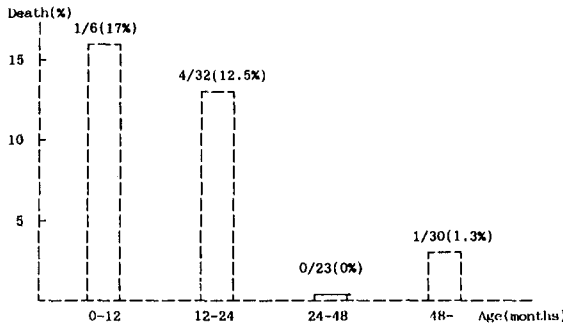


Fig. 3. Age distribution & Mortality of Transatrial-transpulmonary Repair of Tetralogy of Fallot

17%로 가장 높으며 연령이 높을수록 감소하는 추세를 보였다(표 3).

전체 수술례중 경관막을 첩포확장술을 시행한 레가 차지하는 비율은 86년의 12%에서 89년의 81%로 매년 증가하는 경향을 보이고 있는데 이는 매년 환자의 평균연령이 낮아지고 있음과 유관한 것으로 생각되어 진다(도 4). 71례의 환자에서 수술전 predicted P RV/LV¹²⁾를 계산하여 경관막을 교정술 시행여부에 참조하였으며 계산치는 수술 24시간후 중환자실에서 측정치에 근사하였다(표 6).

심폐기 이탈직후 수술장에서 측정한 P RV/LV는 0.58 ± 0.16 (n=83), 24시간 후 중환자실에서 측정한 P RV/LV는 0.45 ± 0.15 로 시간경과에 따라 떨어지는 추세를 보였다(표 6).

사망환자 6례의 주요 사망원인은 모두 저심박출증

이었으며 각각 1례에서 빈맥성부정맥과 호흡부전이 합병되어 있었다(표 7). 24례의 환자에서 술후 합병증이 발생하여 전체의 26.1%를 차지하였다. 주요 합병증은 표 8과 같다.

술후 심전도변화는 우각차단이 67례에서 발생하였으며, 여기에 좌전각차단이 동반된 경우가 2례 있었고 완전방실차단은 1례도 없었다. 58례의 환자에서 술후 심에코도를 시행하여 심실중격결손 누출이 2례, 잔존 우심실유출협착이 12례, Grade II 이상의 폐동맥판쇄부전이 14례, Grade II 이상의 삼첨판 폐쇄부전이 13례에서 각각 관찰되었다(도 5).

생존 환자 85례에서 최저 12개월에서 최고 57개월까지(평균 30.8 ± 12.4 개월) 추적검사가 가능하였다. 만기사망은 없었으며 전 레에서 NYHA 기능분류 I으로 특별한 투약없이 정상생활을 영위하고 있었고 심실성 부정맥 역시 관찰되지 아니하였다. 3례에서 잔존 폐동맥 협착으로 술 후 15개월에서 26개월 사이에 재

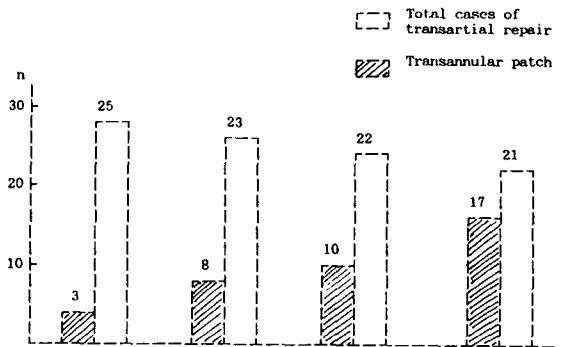


Fig. 4. Transatrial-transpulmonary Repair of Tetralogy of Fallot Annual Case & Transannular Patch

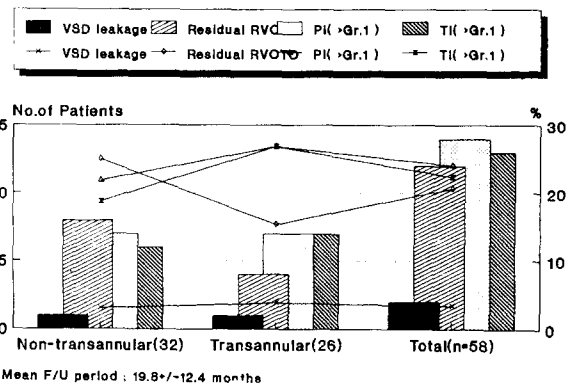


Fig. 5. Postoperative Echocardiography (n=58)

Table 6. Predicted & Postrepair P RV/LV

	Predicted (Total)	OR	ICU(24hr)
Non-transannular (n=54)	0.47±0.14 (0.61±0.13) (n=42)	0.58±0.19 (n=43)	0.41±0.12 (n=17)
Transannular (n=37)	0.48±0.08 (0.88±0.14) (n=29)	0.56±0.16 (n=33)	0.48±0.15 (n=23)
Taotal		0.58±0.16 (n=83)	0.45±0.15 (n=41)

Table 7. Hospital Mortality (n=6/91, 6.6%)

	Ass Amonaly / prev op.	RVOT repair (PRV /LV)	Course	Expire Date	Causes of LCO
14m /M	none	T(0.40)	Arrhythmia LCO, ARF→PD	2	Arrythmia
5Y /F	none	NT(0.50)	LCO, ARF Brain death	3	Vent dysfxn
20m /F	none	2 RVOT patch(0.5)	LCO, ARF Resp failure	10	Vent dysfxn
6m /F	none	T	LCO, ARF→CAVH Arrhythmia	2	Vent dysfxn
19m /F	none	T(0.40)	LCO, DIC Multiorgan failure	11	Vent dysfxn
19m /F	Concentric hypertrophy, LV	T(0.40)	LCO	7	small LV

Legend : T=transannular, NT=Non=transannular

수술이 필요하였으며, 우심실 유출로 성형술 재시행 후 모두 양호한 수술 경과를 보였다(표 9).

고 안

활로4징증의 전 교정술 성적은 근자에 들어 심근 보호법 및 체외순환법의 향상과 마취 및 수술수기의 발달과 그에 따른 수술시간의 감소 및 수술 후 관리의 발전으로 현저한 수술 사망율의 감소를 보이고 있다⁵⁻⁷⁾. 이와 같이 조기성적이 향상됨에 따라 만기성적을 좌우하는 수술 후의 잔존기형(Residua)과 속발증(Sequale)에 더욱 많은 관심이 모아지고 있는 추세이다¹⁵⁾.

1955년 Lillihei 등이 처음 활로4징증의 전 교정술을 우심실절개를 통하여 시행한 이래¹³⁾ 심실절개 후 나타나는 심기능 변화에 대한 연구가 꾸준히 계속되어 왔다^{14,20,22)}. 우심실절개는 심근수축력을 저하시키며 주

Table 8. Postoperative Complication (n=24/91, 1%)

Low cardiac output	10
Chylothorax	8
Arrhythmia	7
Acute renal failure	6
Neurologic complication	2
Postop bleeding and tamponade	2
Respiratory failure	2
Hepatic failure	1
DIC	1
others	5
Total	44

위 심근조직의 괴사를 초래하고 그 결과 심박출량이 감소하며 이는 수술 후 생길수 있는 우각차단이나 잔존 폐동맥협착 또는 폐쇄부전과 더불어 우심부전을 유발

Table 9. Redo Operation Cases(n=3)

Age /Sex (1st Op)	1st op	Postop. cath.	Redo op.	Result
4Y /M	NT	Residual RVOTO Valve, LPA origin RVP 120 /2 /20	Transannular patch to LPA	Good
16m /M	T	Residual RVOTO Bifurcation site RVP 85 /0 /7	MPA Patch to bifurcation	Good
16m /M	NT	Residual RVOTO RVP 105 /-7 /3	Transannular patch	Good

T=Transannular, NT=Non-transannular

할 수 있는 것으로 알려져 있다²³⁻²⁸⁾.

Hudspeth등¹⁾과 Edmunds등²⁾이 각각 1963년과 1976년에 우심실 절개를 하지않고 활로4정증을 전 교정한 이래 심방을 통한 활로4정증 교정술의 효율성 및 안전성은 Kawashima등³⁾과 Pacifico등⁴⁾에 의해 입증되어 왔다. 즉 심실절개를 최소화 함으로써 수술후의 우심실의 기능저하를 방지하고, 우각차단의 빈도를 줄이며 반흔수출로 부터 비롯되어지는 만기 심실성 부정맥의 발현빈도를 줄일 수 있는 것으로 알려져 있다^{16,18,19)}. 특히 우심실 유출로를 횡단하는 관상동맥분지가 있거나 관상동맥 기시이상(Anomalous origin of coronary artery)의 경우 관상동맥 손상을 가능한 한 피할수 있으며, 심방절개를 통하여 심방내부 및 심방중격을 관찰할 수 있는 것도 경심방교정술의 장점이라 하겠다.

Hudspeth등^{1,17)}이 처음 경심방교정술 시행시는 삼첨판의 중격소엽을 판류를 따라 절개하여 전방으로 젖힌 후 누두부를 노출시켰으나, 이후 Edmunds등을 삼첨판을 통하여 누두부의 노출이 가능함을 보여주었으며, 저자들의 경우도 삼첨판 절개가 필요했던 예는 없었다.

심실중격결손은 9례의 total conal defect를 포함한 모든례에서 심방을 통해서 봉합이 가능하였으며 역시, 같은 방법으로 누두중격의 septal insertion을 release 할수 있었다¹⁶⁾.

Parietal insertion의 하부는 왼손으로 심장후부에서 누두부를 밀면서 누두부의 전벽을 역전시키면 횡선조작이 용이하였다. 폐동맥판은 폐동맥 절개를 통하여 관찰하였으며 누두중격의 parietal insertion과 septal insertion의 원위부 역시 같은 방법으로 폐동맥 판을 통하여 잘 노출시킬 수 있었다.

우심실 유출로 재건방법은 술전 측정된 predicted RV pressure /LV pressure¹²⁾에 주로 의존하였고 의심스러운 경우 수술장에서 Hegar dilator로 직접 판운의 크기를 측정 후 Rawlatt 표¹⁰⁾나 Naito등의 criteria⁵⁾에 의존하여 결정하였는 바 경판막운 교정술을 시행한 군에서의 predicted PRV /LV를 더한 Total predicted PRV /LV는 각각 0.48±0.08, 0.88±0.14로 좋은 correlation을 보였다(표 6).

경판막운 침초 확장술이 필요한 경우의 우심실 절개는 우심실 장경의 20%를 넘지 않는 범위에서 가능한 최소화 하려고 노력하였으며 폐동맥 판운의 정상범위의 상한치(Z value=1.2)에 도달하게끔 확장하였는 바 술 후 폐동맥폐쇄부전이 어쩔수 없이 생기는 하나 경심실 교정술의 경우와 비교해 볼때 우심실 기능이 정상에 가깝게 유지된 상태에서의 폐동맥 폐쇄부전을 술 후 경과에 큰 영향을 미치지 않으리라 생각되었다.

Kawashima등³⁾은 경심방 교정술에 가능한 한 폐동맥판의 기능을 유지 또는 재건술을 같이 시행했던 환자군이 폐동맥판을 희생시켰던 환자군과 비교하여 우심실확장말기용적지수(RVEDPI)가 적고, isoproterenol 투여시 우심실의 ejection fraction의 증가가 현저하며, 심실성 부정맥의 발현도가 적었다고 보고하였는 바, 저자들은 대부분의 경판막운 침포에 단판막(Monocusp)을 달아서, 판막이 이첨판인 경우는 삼첨판화(Tricuspidalization) 시키거나 후부 교련을 폐동맥벽으로부터 박리하여 large monocusp를 만드는 Oku등⁹⁾의 "two cusp plasty"를 시행하여 가능한 한 폐동맥판 기능을 보존할 수 있도록 노력하였다. 술후 측정된 P RV /LV는 수술장에서 0.58±0.16(n=83), 24시간 후 0.45±0.15(n=41)로, 이는 Pacifico등⁴⁾이

보고한 0.52 ± 0.165 와 큰 차이가 없었으며 UAB에서의 경심실교정술 시행했던 군에서의 측정치(0.56 ± 0.195)¹⁴⁾와도 유사하였다.

Edmunds등²⁾은 12kg 이하의 유아에서는 삼첨판 개구부가 좁고 또 대부분이 큰 유출로 철편(patch)을 필요로 하였기때 경심방 교정술을 시행하지 않았다.

저자들의 경우 6례(6.6%)가 12개월 이하의 유아였으며, 큰 무리없이 경심방교정술을 적용할 수 있었다. 2례의 환자에서 경심방 교정술을 적용할 수 없었는데, 1례는 누두부가 관상(tubular configuration)으로 길게 형성부전된 경우였고, 1례는 total conal defect type의 심실중격결손으로 경심방 봉합이 용이하지 않은 경우였다.

결 론

이상 기술한 경심방 교정술과 경심실 교정술 사이에 과연 어떠한 장단점이 있는지, 그리고 술후의 우심실 기능변화에 대해서는 아직 더 많은 연구 및 장기 추적 이 요망되어지나 현재까지의 수술성적으로 미루어 볼 때 경심방 경폐동맥 교정술은 유아기를 포함한 대부분의 활로4징증 환자에서 안전하게 그리고 성공적으로 적용될 수 있으며, 심실절개를 극소화 할 수 있다는 점에서 술후 장기성적의 향상을 꾀할 수 있으리라 생각되어 진다.

REFERENCES

- Hudspeth AS, Cordell Ar, Johnston FR : *Transatrial approach to total correction of tetralogy of Fallot. circulation* 27 : 796, 1963.
- Edmunds LH Jr, Saxena NC, Friedman S, Rashkind WJ, Dodd PF : *Transatrial repair of tetralogy of Fallot. Surgery* 80 : 681, 1976.
- Kawashima Y, Matsuda H, Hirose H, Nakano S, Shirakura R, Kobayashi J : *Ninety consecutive corrective operations for tetralogy of Fallot with or without minimal right ventriculotomy.*
- Pacifico AD, Sand ME, Bargerion LM Jr, Colvin EC : *Transatrial-transpulmonary repair of tetralogy of Fallot. J Thorac Cardiovasc Surg* 83 : 919, 1987.
- Natio Y, Eugita T, Manabe H, Kawashima Y : *The criteria for reconstruction of right ventricular outflow tract in total correction of tetralogy of Fallot. J Thorac Cardiovasc Surg* 80 : 574 - 581, 1980.
- Blackstone EH, Kirklin JW, Butranon EG, Labosse CJ, Soto B, Bargerion LM Jr : *Pre-operative prediction from cineangiograms of post-repair right ventricular pressure in tetralogy of Fallot. J Thorac Cardiovasc Surg* 78 : 542 - 552, 1979.
- Oku H, Shirotani H, Yokoyama T, Yotoka Y, Kawai J, Morr H, Kauzai Y, Makino S, Ando f, Setsuie N : *Postoperative size of the right ventricular outflow tract and optimal age in complete repair of tetralogy of Fallot. Ann Thorac Surg* 25 : 322 - 328, 1978.
- Korns ME, Schwartz CJ, Lillihei CW at al : *Sequale and complications of ventriculotomy: A pathologic study. Circulation* 39(Suppl III) : 124, 1969.
- Oku H, Shirotani H, Ohnishi H : *Two-cusp plasty for the right ventricular outflow tract in complete repair of tetralogy of Fallot. Ann Thorac Surg* 45 : 97 - 98, 1988.
- Rowlatt UF, Rimoldi HJA, Lev M : *The quantitative anatomy of the normal child's heart. Pdeiatr Clin north Am* 10 : 499 - 588, 1963.
- Nakata S, Imai Y, Takanashi Y, Kurosawa H, Tezuka M, Nakasawa M, Ando M, Takao A : *A new method for the quantitative standardization of cross-sectional areas of the pulmonary arteries in congenital heart diseases with decreased pulmonary blood flow. J Thorac Cardiovasc surg* 88 : 610, 1984.
- Lillihei CW, Cohen M, Warden HE and Varco RL : *The direct-vision intracardiac correction of congenital anomalies by controlled cross circulation : Results in 32 patients with ventricular septal defect, tetralogy of Fallot, and atrioventricular communis defect. Surgery* 38 : 11, 1955a
- Kirklin JW, Barrat-Boyes BG : *Cardiac Surgery. New York, Wiley, 1986.*
- Caralps JM, Padro JM, Camara ML, Aris A, Bonnin O : *Creation of an atrial septal defect for acute postperfusion right ventricular failure. Ann Thorac Surg* 43 : 435 - 436, 1987.
- Bailey LL, Ze-Jian L, Schulz E, Roost H, : *Yahiku P A cause of right ventricular dysfunction*

- after cardiac operations. *J Thorac Cardiovasc Surg* 87 : 539–542, 1984.
16. Lincoln C, Jamieson S, Joseph M, Shinebourne E, Anderson RH : *Transatrial repair of ventricular septal defects with reference to their anatomic classification. J Thorac Cardiovasc Surg* 74 : 183–190, 1977
 17. Frenckner BP, Olin CL, Bomfim V, Bjarke B, Wallgren CG, Bjork VO : *Detachment of the septal tricuspid leaflet during transatrial closure of isolated ventricular septal defect. J Thorac Cardiovasc Surg* 82 : 773–778, 1981.
 18. Tharion J, Cartmill MB, Johnson DC, Celermajor JM : *Trans-pulmonary arterial repair of supracristal ventricular septal defects in infancy. J Thorac Cardiovasc Surg* 80 : 948–950, 1980.
 19. Kawashima Y, Fujita T, Mori T, Ihara K, Manabe H : *Transpulmonary arterial closure of ventricular septal defect. J Thorac Cardiovasc Surg* 74 : 191–194, 1977.
 20. Benzing G, Baker RA, Stockert D, Deforest D, Kaplan S : *Cardiotomy and ventricular function. J Thorac Cardiovasc Surg* 53 : 303–331, 1967.
 21. Maech HW, Ross JK, Wellcn WL, Gerbode F : *The Influence of the ventriculotomy site on the contraction and function of the right ventricle. Circulation* 35 : 572–577, 1961.
 22. Sanger PW, Robicsek F, Taylor FH, Davis SC : *A Method of preventing myocardial damage by using a modified ventriculotomy incision. Ann Thorac Surg* 155 : 874–882, 1962.
 23. Genband H, Waldo AL, Kalser GA, Bowman FO, Malm JR, Hoffman BF, : *Etiology of right bundle-branch block in patients undergoing total correction of tetralogy of Fallot. Circulation* 64 : 1022–1033, 1971.
 24. Genband H, Waldo AL, Kaiser GA, Bowman AO, Malm JR, Hoffman BF : *Surgically induced right bundle-branch block with left anterior hemiblock. Circulation* 66 : 597–594, 1972.
 25. Ziady GM, Hallidie-smith LA, and Goodwin JF : *Conduction disturbances after surgical closure of ventricular septal defect. Br Heart j* 34 : 1199–1204, 1972.
 26. Milo S, Ho SY, Wilkinson JM, Anderson RH : *Surgical anatomy and atrioventricular conduction tissues of hearts with isolated ventricular septal defects. J Thorac Cardiovasc Surg* 79 : 244, 1980.
 27. Bristow JD, Kassebaum DG, Starr a, Griswold HE : *Observations on the occurrence of right bundle-branch block following open repair of ventricular septal defects. Circulation* 22 : 896, 1960.
 28. Hobbins SM, Izukawa T, Radford DJ, Williams Wg, Tursler GA : *Conduction disturbances after surgical correction of ventricular septal defect by the arterial approach. Br Heart J* 41 : 289, 1979.