□원저 : 임상□

활로사징 완전교정술에서 폐동맥 판막 재건술의 조기 및 중기 결과; 우심실 유출로 재건 방법에 따른 비교

동아대학교 의과대학 소아과학교실, 흉부외과학교실*, 성균관대학교 의과대학 마산삼성병원 소아과†
부산대학교 의과대학 소아과학교실‡, 흉부외과학교실§

왕승문 · 이영석 · 김시호* · 김태홍† · 반지은‡ · 이형두‡ · 장윤희§ · 성시찬§

Early and mid-term results of pulmonary valve reconstruction in surgical repair of tetralogy of Fallot; comparison with other techniques of right ventricular outflow reconstruction

**Sheng Wen Wang, M.D., Young Seok Lee, M.D., Si Ho Kim, M.D.*
Tae Hong Kim, M.D.†, Ji Eun Ban, M.D.‡, Hyoung Doo Lee, M.D.‡
Yun Hee Chang, M.D.§ and Si Chan Sung, M.D.§**

Department of Pediatrics, Department of Cardiovascular Surgery,
College of Medicine, Dong-A University, Busan,
Department of Pediatrics†, Masan Samsung Hospital,
Sungkyunkwan University School of Medicine, Masan,
Department of Pediatrics‡, Department of Cardiovascular Surgery§,
College of Medicine, Pusan National University, Busan, Korea*

Purpose : The purpose of this study is to determine whether the new pulmonary valve reconstruction technique prevents short-term postoperative pulmonary regurgitation and improves early and mid-term clinical outcome.

Methods : We reviewed postoperative echocardiographic variables and chest X-ray films from 31 patients who had undergone valve reconstruction(pulmonary valve reconstruction group : PVR) for the repair of TOF between April 2000 and August 2004. We compared the clinical data of these patients with those from 47 patients who had right ventricular outflow tract reconstruction with a monocusp valve(monocusp ventricular outflow patch group : MVOP) and 22 patients who had a transannular patch repair without a monocusp valve(transannular patch group : TAP).

Results : In the PVR group, 25 patients(81 percent) had trivial or mild pulmonary regurgitation in their early post operative echocardiogram. Only 12 patients(26 percent) in the MVOP group had mild pulmonary regurgitation; and no patient in the TAP group had it. Pulmonary valve function was good in 96 percent of the PVR group, 36 percent of the MVOP group, and none in the TAP group in early post-operative echocardiogram. Follow-up echocardiogram(1, 2, 3, 4 years later) of the MVOP and TAP groups showed moderate pulmonary regurgitation and severely decreased valve function in almost all cases. However, in the PVR group 54 percent(16/28), 50 percent(14/28), 37 percent(9/24), and 31 percent(5/16) of the patients had trivial or mild pulmonary regurgitation 1, 2, 3 and 4 years after operation, respectively. The valve function remained good in 80 percent(24/30), 64 percent(18/28), 57 percent(12/21), and 31 percent(5/16) of the patients 1, 2, 3 and 4 years after operation respectively.

Conclusion : Pulmonary valve reconstruction is effective in reducing pulmonary regurgitation and right ventricular dilatation in the repair of TOF, even though regurgitation increases with time. Further study is needed to determine long-term results. **(Korean J Pediatr 2006;49:635-642)**

Key Words : Tetralogy of Fallot, Pulmonary regurgitation, Pulmonary valve reconstruction

이 논문은 2003학년도 동아대학교 학술연구비(신진과제)에 의하여 연구되었음.
접수 : 2005년 12월 9일, 승인 : 2006년 2월 28일
책임저자 : 이영석, 동아대학교병원 소아과
Correspondence : Young Seok Lee, M.D.
Tel : 051)240-5127 Fax : 051)242-2765 E-mail : lyspedia@dau.ac.kr

서 론

활로사징의 외과적 치료법으로서 완전교정술은 1950년대 중반부터 시행되어져 왔으며 많은 환아들에서 성공적인 결과를 보이고 있다. 그러나 완전교정술 시에 폐동맥판륜의 발육 부전으로 인해 경판륜 첩포 확장술(transannular patch enlargement)을 시행할 경우에는, 수술 후 폐동맥 판막의 손상 또는 결여로 인해 폐동맥판 역류가 필연적으로 발생하게 된다. 이러한 폐동맥판 역류는 수술 후 삼첨판 역류나 폐동맥 분지 협착 등이 동반되어 있을 때 환자에게 심각한 영향을 줄 수 있으며, 장기적으로 우심실의 용적 과부하를 일으켜 우심실의 확장 및 기능 부전, 치명적인 부정맥의 발생, 급사와 관계가 있음이 보고되고 있다[1-5]. 그러므로 이러한 경판륜 첩포 확장술의 장기적인 문제점들을 해결하고 폐동맥판 역류를 최소화하기 위해 여러 가지 수술법들이 개발, 시행되어져 왔으나[6-10], 사용된 폐동맥 판막이 자기 조직이 아니므로 수술 후에 성장이 되지 않고, 오히려 위축되거나 협착을 유발하여 장기적인 효과에 대해서는 회의적이다[11, 12]. 동아대학교 의료원에서는 이러한 폐동맥판 역류를 해소하고자 2000년 4월부터 경판륜 첩포 확장술 시에 자기 판막을 이용한 폐동맥 판막 재건술(pulmonary valve reconstruction)을 시행하였으며[13](Fig. 1), 이러한 수술이 다른 우심실 유출로 재건 방법들과 비교하여 수술 후 폐동맥판 역류 및 임상적인 지표에 효과가 있는지와 추적 관찰 경과에 따른 변화를 알아보기 위해 이 연구를 시행하였다.

대상 및 방법

1. 대 상

1991년 7월부터 2004년 8월까지 동아대학교 의료원에서 활로사징으로 완전교정술을 시행하였던 환아 176례 중, 2000년 4월부터 자기 판막 조직을 이용하여 폐동맥 판막 재건술을 시행하고, 추적 관찰 기간이 1년 이상이 경과된 31례(pulmonary valve reconstruction군, PVR군)를 대상으로 하였으며, 대조군으로 같은 추적 관찰 기간을 가진 환아로서 우심실 유출로 재건에 단엽(monocusp) 폐동맥 판막을 이용한 47례(monocusp ventricular outflow patch군, MVOP군), 경판륜 첩포에 의한 폐동맥 판륜 확장술만 시행한 22례(transannular patch군, TAP군)를 대상으로 하였다.

2. 심초음파 검사

심초음파 검사는 Philips®사의 ATL 5000 기기로 5-7 MHz 탐촉자(transducer)를 사용하였다. 각 검사는 비디오 테이프에 녹화한 후, 이 연구를 위해 모든 환아의 비디오 테이프를 후향적으로 재검토하고 적절한 영상을 선택하여 계측치들을 측정하였다.

3. 폐동맥판 역류 및 판막의 기능

수술 직후, 1년, 2년, 3년, 4년 추적 관찰 기간의 폐동맥판 역류, 판막의 기능을 두 명의 심장 전문의가 측정하였으며, 두 사람 사이에 이견이 있는 경우 함께 판독하여 결정하였다. 폐동맥판 역류는 심초음파 검사로 parasternal short axis view에서 판정하였으며, 폐동맥판 하부에서 역류가 없거나 미미한 경우 경미(trivial)로 분류하였고, 폐동맥 판륜의 직경과 폐동맥판 역류

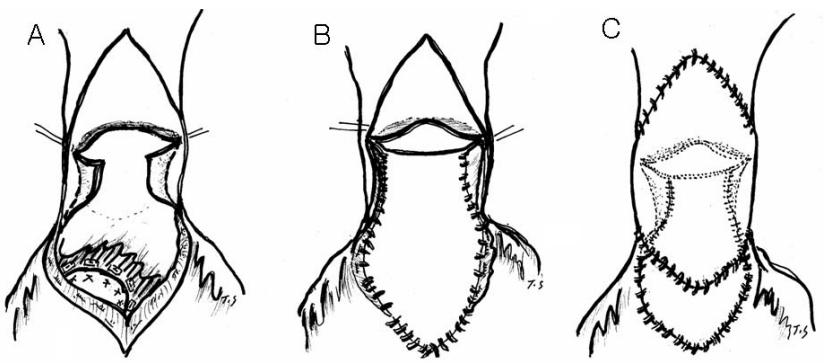

Fig. 1. (A) The anterior pulmonic valve cusp is evenly divided after a small ventriculotomy is performed. **(B)** The rectangularly shaped patch is placed between the divided valve cusps, and the ventriculotomy incision was subsequently covered with the same patch. **(C)** The incision at the main pulmonary artery is then covered with a second ovoid glutaraldehyde-treated bovine pericardial patch, which is connected to the middle or lower part of the first patch used in valve repair, covering the ventriculotomy incision. A large anterior pulmonic valve cusp with a large sinus is created.

의 폭의 비를 계산하여 0.4 이하인 경우 경도(mild), 0.4 이상인 경우 중등도(moderate)로 분류하였다. 판막의 기능은 심초음파 검사상 parasternal short axis view에서 폐동맥 판막의 움직임을 관찰하였으며, 판막의 움직임이 없는 경우 부동(none), 약간의 감소를 보이는 경우 양호(fair)와 움직임이 심장의 이완기 수축기에 맞게 잘 움직이는 경우 우수(good)로 분류하였다.

4. 우심실의 확장 및 삼첨판/승모판 판륜의 직경 비율

수술 직후, 1년, 2년, 3년, 4년 추적 관찰 기간의 우심실의 확장은 두 명의 심장 전문의가 apical 4 chamber view에서 좌심실에 비해 확대가 있는지를 비교하였으며, 역시 이견이 있는 경우 함께 판독하여 결정하였다. 삼첨판/승모판 판륜의 직경 비율은 심실 확장기시 판륜이 가장 넓어질 때 판막의 경첩 지점(hinge point)의 거리를 측정하여 비율로 표시하였다.

5. 심-흉곽 비율(Cardio-thoracic ratio)

수술 직후, 1년, 2년, 3년, 4년 추적 관찰 기간의 심-흉곽 비율을 측정하였으며, 심-흉곽 비율은 최대 심폭(흉골의 중앙선에서부터 가장 긴 심장의 우측 및 좌측 길이의 합)을 최대 흉곽폭(우측 횡경막의 최상부를 지나는 수평선과 흉곽이 만나는 좌·우측 점 사이의 거리)으로 나누어서 구하였으며, 수치는 소수점 한 자리까지 표시하였다.

6. 대상군과 대조군의 비교

대조군의 폐동맥판 역류, 폐동맥 판막의 기능, 우심실의 확장, 심-흉곽 비율 및 삼첨판/승모판 판륜의 비율을 측정하였으며 각각의 평균과 표준 편자를 구하여 비교하였다.

7. 통 계

통계는 SPSS 11.0을 사용하였으며, 삼첨판/승모판 판륜의 직경 비율, 심-흉곽 비율의 세 군과의 비교는 Kruskal-Wallis test를 사용하였고, 각 군과의 비교는 Mann-Whitney U test를 사용하였다. 결과는 평균±표준편차로 표시하였으며, 유의 수준은 P값이 0.05 미만인 경우로 하였다.

결 과

1. 임상적 특성

수술시 환아들의 나이는 대상군인 PVR군에서 1.5±0.6세, 대조군인 MVOP군과 TAP군에서 각각 1.5±0.9세, 1.1±0.3세로 TAP군에서 유의하게 낮았으며(P<0.05), 남녀 성비는 각 군간에 차이가 없었다. 수술 전 심-흉곽 비율은 각 군간에 차이는 없었으며(P>0.05), 체중과 체표 면적은 TAP군에서 다른 군에 비해 유의하게 작았다(P<0.05)(Table 1).

2. 폐동맥판 역류

폐동맥판 역류는 MVOP군에서 수술 직후 시행한 초음파 검사상 35례(74%)에서 중등도의 폐동맥판 역류가 관찰되었고, 1년, 2년, 3년, 4년 추적 검사 결과 각각 43례(96%), 43례(98%), 40례(98%), 35례(97%)에서 중등도의 폐동맥판 역류가 관찰되었다. 이에 비해 PVR군은 수술 직후 시행한 초음파 검사상 25례(81%)에서 경도 이하의 폐동맥판 역류를 보였으며, 1년, 2년, 3년, 4년 추적 검사 결과 각각 16례(54%), 14례(50%), 9례(37%), 5례(31%)에서 경도 이하의 폐동맥판 역류를 보였으며, 중등도의 폐동맥판 역류가 있는 경우는 각각 14례(46%), 14례(50%), 15례(63%), 11례(69%)에서 추적 관찰이 경과됨에 따라 증가하는 경향을 보였다. TAP군은 수술 직후 시행한 심초음파 검사상 모든 예에서 중등도의 폐동맥판 역류가 있었고, 이후의 추적 관찰 기간에도 그 상태가 지속되었다(Table 2, Fig. 2).

3. 폐동맥 판막의 기능

MVOP군에서 수술 직후 초음파 검사로 폐동맥 판막의 운동이 확인되지 않은 경우가 18례(38%)였으며, 12례(26%)에서는 약간의 판막 기능 감소가 있었다. 이후 추적 관찰 기간 1년, 2년, 3년, 4년에 판막의 운동이 없는 경우는 각각 27례(60%), 35례(80%), 35례(85%), 31례(86%)였다. 판막의 기능이 양호 또는 우수한 경우는 수술 직후 29례(62%)였으나 이후 추적 관찰 기간 1년, 2년, 3년, 4년에 각각 16례(40%), 9례(20%), 6례(15%), 5례(14%)로 판막 기능의 급격한 감소를 보였다. PVR군은 수술 직후 30례(96%)에서 우수한 판막 기능을 보여 주었고, 1례(3%)에서 약간의 감소가 있었다. 이후 추적 관찰 기간 중 판막의 기능이 양호 또는 우수한 경우는 1년, 2년, 3년, 4년에 각각 27례(90%), 21례(75%), 14례(68%), 8례(50%)였으며, 판막의 운동성이 확인되지 않은 경우는 3례(10%), 7례(25%), 7례(33%), 8례(50%)로 추적 관찰 기간이 경과할수록 폐동맥 판막의 기능이 감소하는 경향을 보였다. TAP군에서 수술 직후에 판막의 움직임이 없었던 경우는 18례(82%)였으며, 양호한 경우는 4례(18%)였다. 이후 추적 관찰 기간의 폐동맥 판막의 움직임은 관찰되지 않았으며, 수술 직후 판막의 운동성이 좋았던 것은 자기 판막 조직이 남아 심장의 수축시 판막 형태로 움직임을 보였던 것으로 생각된다(Fig. 3, Table 3).

Table 1. Preoperative Demographic Data of 3 Groups

	MVOP (n=47)	PVR (n=31)	TAP (n=22)	P
Age(year)	1.5±0.9	1.5±0.6	1.1±0.3	<0.05
Gender M/F	29/18	16/15	12/10	0.38
Body weight(kg)	9.8±2.1	10.2±1.8	8.7±1.4	<0.05
BSA(m^2)	0.45±0.1	0.49±0.1	0.42±0.1	<0.05
CTR	0.54±0.1	0.55±0.1	0.54±0.1	0.36

Abbreviations : MVOP, monocusp valve outflow patch; PVR, pulmonary valve reconstruction; TAP, transannular patch; BSA, body surface area; CTR, cardio-thoracic ratio

Table 2. Comparison of Pulmonary Regurgitation among 3 Groups

		Immediate post op	1 year	2 year	3 year	4 year
MVOP	Trivial	0	0	0	0	0
	Mild	12(26%)	2(4%)	1(2%)	1(2%)	1(3%)
	Moderate	35(74%)	43(96%)	43(98%)	40(98%)	35(97%)
PVR	Trivial	5(16%)	2(7%)	3(11%)	1(4%)	1(6%)
	Mild	20(65%)	14(47%)	11(39%)	8(33%)	4(25%)
	Moderate	6(19%)	14(47%)	14(50%)	15(63%)	11(69%)
TAP	Trivial	0	0	0	0	0
	Mild	0	0	0	0	0
	Moderate	22	18	15	14	11

Abbreviations : MVOP, monocusp valve outflow patch; PVR, pulmonary valve reconstruction; TAP, transannular patch

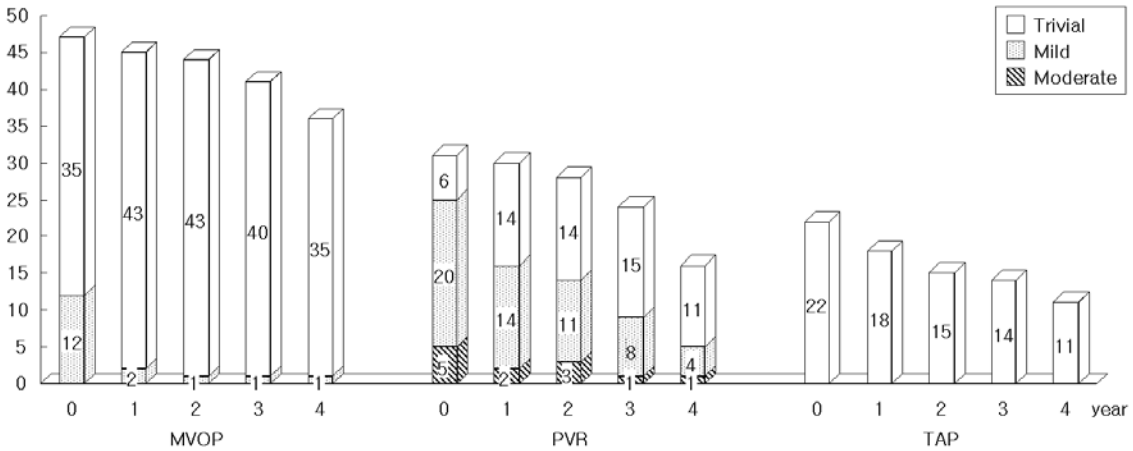

Fig. 2. Echocardiographic grades of pulmonary regurgitation among 3 groups. Abbreviations : MVOP, monocusp valve outflow patch; PVR, pulmonary valve reconstruction; TAP, transannular patch.

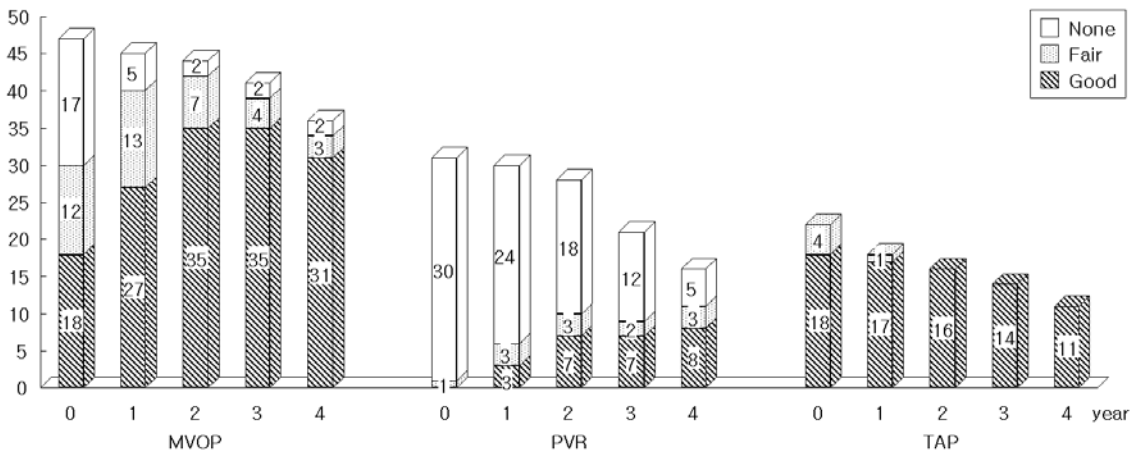

Fig. 3. Echocardiographic functional grades of pulmonary valve among 3 groups. Abbreviations : MVOP, monocusp valve outflow patch; PVR, pulmonary valve reconstruction; TAP, transannular patch.

4. 우심실의 확장

MVOP군에서 수술 직후에 우심실의 확장이 있었던 경우가 12례(26%) 있었으며, 이후 추적 관찰 기간 1년, 2년, 3년, 4년에 각각 25례(56%), 25례(57%), 28례(68%), 28례(78%)로 관찰 기간이 경과할수록 우심실 확장의 빈도가 증가하였다. PVR군에서 수술 직후에 우심실의 확장이 있었던 경우는 1례(5%)였고, 1년, 2년, 3년, 4년 추적 관찰 기간에 각각 7례(24%), 8례(29%), 8례

Table 3. Comparison of Functional Grades of Pulmonary Valve among 3 Groups

		Immediate post op	1 year	2 year	3 year	4 year
MVOP	No	18(38%)	27(60%)	35(80%)	35(85%)	31(86%)
	Fair	12(26%)	13(29%)	7(16%)	4(10%)	3(8%)
	Good	17(36%)	3(11%)	2(4%)	2(5%)	2(6%)
PVR	No	0	3(10%)	7(25%)	7(33%)	8(50%)
	Fair	1(3%)	3(10%)	3(11%)	2(11%)	3(19%)
	Good	30(96%)	24(80%)	18(64%)	12(57%)	5(31%)
TAP	No	18	17	8	8	6
	Fair	4	1	0	0	0
	Good	0	0	0	0	0

Abbreviations : MVOP, monocusp valve outflow patch; PVR, pulmonary valve reconstruction; TAP, transannular patch

Table 4. Comparison of Right Ventricular Dilatation among 3 Groups

	Immediate post op	1 year	2 year	3 year	4 year
MVOP	12/47(26%)	25/45(56%)	25/44(57%)	28/41(68%)	28/36(78%)
PVR	1/21(3%)	7/29(24%)	8/28(29%)	8/24(33%)	5/16(31%)
TAP	9/22(41%)	9/19(47%)	7/16(44%)	6/14(43%)	6/11(55%)

Abbreviations : MVOP, monocusp valve outflow patch; PVR, pulmonary valve reconstruction; TAP, transannular patch

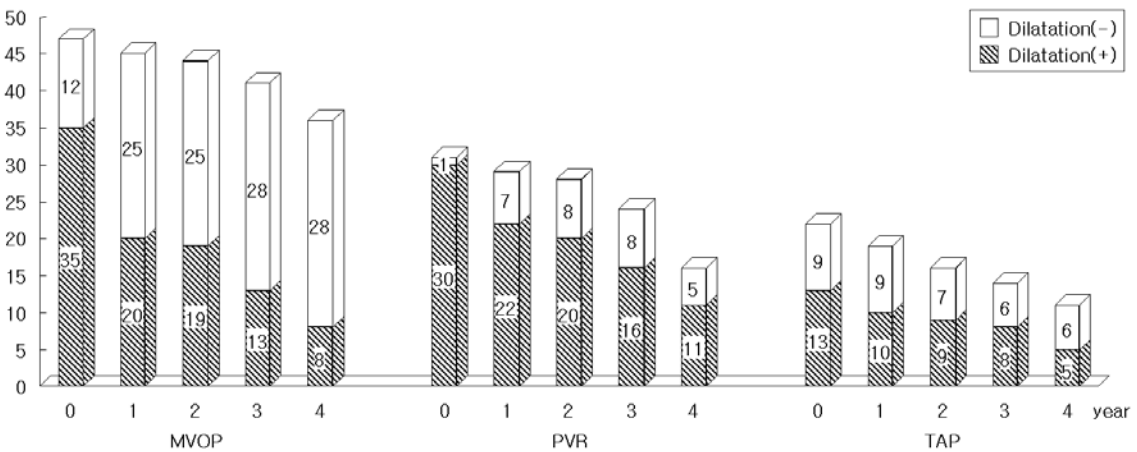

Fig. 4. Postoperative dilatation of right ventricle on echocardiogram. Abbreviations : MVOP, monocusp valve outflow patch; PVR, pulmonary valve reconstruction; TAP, transannular patch.

(33%), 5례(31%)로 역시 증가하는 추세를 보였다. TAP군은 수술 직후 9례(41%)에서 우심실의 확장이 있었으며, 이후 추적 관찰 기간에 각각 9례(47%), 7례(44%), 6례(43%), 6례(55%)였다(Table 4, Fig. 4).

5. 심-흉곽 비율

심-흉곽의 비율은 세 군에서 수술 직후에는 차이가 없었으나, PVR군이 MVOP군에 비해 1년, 2년, 3년, 4년 추적 관찰 기간에 통계학적으로 유의하게 감소되어 있었으며, TAP군에 비해 1년, 2년 추적 관찰 기간에 유의하게 감소되어 있었다(Table 5).

6. 삼첨판/승모판 판륜의 직경 비율

삼첨판/승모판 판륜 직경의 비율은 세 군간에 수술 직후에는 차이가 없었으나, PVR군이 추적 관찰 기간 1년, 2년, 3년에 MVOP군에 비해 통계학적으로 유의하게 감소되어 있었다. 또한 TAP군에 비해서 1년, 2년, 4년 추적 관찰 기간에 유의하게 감소되어 있었다. 그러나 MVOP군과 TAP군간에는 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(Table 6).

고 찰

활로사징의 완전 교정시 작은 주폐동맥의 수술로 판막을 제거

Table 5. Comparison of Cardio-thoracic Ratio among 3 Groups

	Immediate post op	1 year	2 year	3 year	4 year
MVOP	59.7±3.8	61.7±5.9	63.5±6.2	62.3±6.1	64.5±7.5
PVR	58.9±4.2	57.9±3.2*, †	57.0±3.8*, †	56.7±3.7*	56.1±3.7†
TAP	58.9±4.3	60.2±3.5	60.8±5.4	58.8±5.7	57.5±2.5

*MVOP vs PVR $P<0.05$, †TAP vs PVR $P<0.05$
Abbreviations : MVOP, monocusp valve outflow patch; PVR, pulmonary valve reconstruction; TAP, transannular patch

Table 6. Comparison of Tricuspid/Mitral Valve Annulus Ratio among 3 Groups

	Immediate post op	1 year	2 year	3 year	4 year
MVOP	1.03±0.1	1.07±0.1	1.09±0.1	1.10±0.1	1.08±0.1
PVR	1.01±0.1	0.98±0.1*, †	1.00±0.1*, †	1.03±0.1*	1.04±0.1†
TAP	1.04±0.1	1.07±0.1	1.07±0.1	1.07±0.1	1.14±0.1

*MVOP vs PVR $P<0.05$, †TAP vs PVR $P<0.05$
Abbreviations : MVOP, monocusp valve outflow patch; PVR, pulmonary valve reconstruction; TAP, transannular patch

하거나 첩포 확장술을 시행하게 되는데, 이러한 수술 후에는 폐동맥 판막 손상 혹은 결여로 인해 폐동맥판 역류가 생길 수밖에 없다. 폐동맥판 역류는 우심실의 용적 과부하를 일으켜 우심실의 확장과 운동 능력을 감소시키며, 장기적으로 우심실의 기능 저하를 초래하고 부정맥이 동반되어 급사의 위험과 상관 관계가 있다고 알려져 있다[14-17]. 그 결과 심한 폐동맥판 역류와 우심실의 확장이 있는 경우 증세의 유무와 관계없이 폐동맥 판막 삽입술을 시행하며, 근래에는 우심실의 확장이 없는 경우에도 조기에 판막 삽입술을 시행하고 있다. 이러한 폐동맥판 역류는 수술 후 추적 관찰 기간이 길어질수록 증가하며, 폐동맥판 역류를 호전시키기 위해 폐동맥 판막 삽입술 역시 비례해서 증가하고 있다. 폐동맥 판막 삽입술은 수술 후 운동 능력의 향상, 심기능의 회복, 부정맥과 급사의 발생률을 감소시키는 것으로 보고되고 있다[18-20].

폐동맥판 역류를 감소시키기 위해 여러 가지 판막 수술 방법들을 보고하고 있지만, 이러한 판막들은 조기에 칼슘이 침착되고 변성되어 장기적인 결과는 만족스럽지 못하며, 자가 심낭막을 이용한 단엽 판막 역시 장기적인 결과는 회의적이다. Gundry 등[11], Bigra 등[12]은 자가 심낭막(autologous pericardium), Polystan®, 동종(homograft) 판막 등 여러 가지 형태의 단엽을 이용하여 수술을 하였지만, 단기적으로 폐동맥판 역류를 막지 못하였으며 임상적인 결과도 호전되지 않았음을 보고하였다. 이에 본 저자들은 판막의 운동을 극대화시키고 장기적으로 변성이 되지 않는 판막 재건술을 고안하였다[13]. 저자들이 시행한 폐동맥 재건술은 자기 판막 조직을 이용함으로서 판막의 경첩 기능(hinge function)을 보존하여 판막 운동을 원활하게 한다는 것이다. 이러한 경첩 기능은 MVOP군에서 수술 후 흔히 관찰되는, 인공 단엽의 기능 부전 혹은 우심실 유출로에 쉽게 달라붙는 현상을 줄임으로서 재건된 판막의 기능을 향상시키고, 그 기능 기간을 연장시킬 수 있는 중요한 기전으로 생각된다. 또한 자기 판막 조직이 심하게 발육 부전이 있거나 변형이 심한 경우가 아니면 비교적 쉽게 판막 성형술을 시행할 수 있으며, 자기 판막 조직을 이용하여 성장함에 따라 기능을 함으로써, 장기적으로 오래 동안 판막의 기능을 유지할 수 있으리라 생각된다. 이 연구에서 시행한 31례의 판막 재건술은 수술 후 대부분 좋은 기능을 보여주었고, 4년 동안의 추적 관찰 기간 중 심초음파 검사상 많은 경우에서 경한 폐동맥판 역류와 양호한 판막 기능을 보여 주었으며, 우심실의 확장과 삼첨판/승모판 판륜의 직경의 비가 다른 군에 비교하여 통계적으로 좋은 결과를 보여 주었다.

본 연구에서 사용된 폐동맥 재건술의 또 다른 장점은 폐동맥 판륜의 확장과 우심실 절개의 크기를 상황에 따라 최소화 할 수 있다는 것이다. 이에 비해 MVOP 수술은 상품화된 것이던 외과의가 직접 만들던, 어느 정도 큰 크기로 인해 심실 절개의 크기를 조절할 수 없고 대부분 큰 크기의 우심실 절개가 필요하게 된다. 이는 인공 단엽이 기능을 상실하게 되면, 큰 크기의 우심실 절개로 인해 상대적으로 우심실 절개를 최소화한 TAP 군에 비해 폐동맥판 역류가 심하게 된다. 본 연구에서 MVOP군이 수술 후 세 군간에 심-흉곽의 비율이 가장 큰 경향을 보인 것은 이런 결과를 반영하는 것이고, 상대적으로 폐동맥판 재건술은 우심실 절개를 최소화 할 수 있어 재건된 폐동맥판의 기능이 저하되더라도 과도한 폐동맥판 역류는 잘 발생하지 않을 것이라는 것이 또 다른 하나의 장점이 되리라고 생각된다.

활로사징 수술에서 중요하게 고려하여야 할 사항은 술 후 장기적으로 우심실 유출로 협착의 진행이다. 폐동맥판 재건술 혹은 MVOP 수술에 사용된 인공 물질(자가 심낭 혹은 우심낭 등)이 장기적으로 우심실 유출로 협착의 원인이 될 수 있으므로 이에 대한 관찰도 중요하리라 생각한다. 많은 논문에서 MVOP는 장기적으로 유출로 협착을 일으키지 않는 것으로 알려져 왔다. 본 연구에서 수술 후 폐동맥을 통한 압력차가 수술 직후 5.0±10.1 mmHg에서 3.5±0.9년의 평균 추적 기간 후 7.1±10.2 mmHg의 압력차를 보여 의미 있는 우심실 유출로 협착은 보이지 않았다. 그러나 폐동맥 재건술은 처음 시도되는 수술 방법으로 우심실 유출로 협착에 대한 장기적인 임상 관찰이 필요할 것으로 생

각된다.

폐동맥판 역류의 정도를 심초음파 검사로 구분하는 방법은 지금까지 여러 저자들에 의해 발표되어 졌으나 아직까지 명확하지 않다. Li 등[21]은 심초음파의 지속파(continuous wave) 도플러 검사에서 폐동맥판 역류의 시간/심실 이완기 시간의 비율과 칼라 도플러상의 역류의 폭/우심실 유출로 크기의 비율이 magnetic resonance imaging(MRI)에서 pulmonary regurgitant fraction과 상관 관계가 있음을 보고하였으며, 성인의 경우 역류의 폭이 0.98 cm 이상인 경우 심한 폐동맥판 역류로 정의하였으나 소아에서는 적용하기 어려울 것으로 생각된다. Silversides 등[22]은 pulmonary pressure half time을 측정하여 100 milliseconds 이하일 경우 혈역학적으로 심한 폐동맥판 역류라고 정의하였으나 경도, 중등도의 폐동맥판 역류를 구분할 수는 없었다. Williams 등[23]은 폐동맥 판륜과 역류 혈류 직경의 비를 혈관 촬영상의 폐동맥판 역류와 비교하여 역류의 정도를 구분하였으나, 중등도와 고도의 역류를 구분할 수는 없었으며, 초음파 검사상 역류의 방향, 색깔 폭, 폐동맥의 직경 측정에 대한 오류도 있음을 보고하였다. Goldberg 등[24]은 폐동맥판 역류의 분류로서 경한 경우는 우심실 유출로에서 역류가 있고 주폐동맥에서 이완기에 역류 혈류가 없는 경우로 정의하였고, 주폐동맥에서 이완기에 역류 혈류가 있는 경우 중등도, 양쪽 분지 폐동맥에서 역류 혈류가 있는 경우를 고도의 폐동맥 역류로 분류하였다. 이와 같이 여러 저자들의 보고들을 보면 심초음파 검사로서 폐동맥판 역류의 정도를 정확하게 구분하는 것은 상당히 어려울 것으로 생각되며, 현재로서 MRI가 혈역학적으로 의미 있는 폐동맥판 역류에 대한 분류로 가장 가치 있는 진단 도구로 생각되고 있지만, 모든 환자들에서 시행할 수 있을지는 의문이다. 본 연구에서는 두 명의 소아 심장 전문의가 칼라 도플러에서 판막 하부에 역류되는 혈류의 폭과 판륜의 직경의 비를 계산하였으며, 우심실 유출로쪽 판막 하부에 역류가 없거나 미미한 경우는 경미(trivial)로 분류하였고, Williams 등[23]의 연구에서와 같이 비율이 0.4 이상인 경우를 중등도(moderate)로, 0.4 이하인 경우를 경도(mild)로 분류하였다. 이는 심초음파 검사에서 폐동맥판 역류를 측정시, 단엽(monocusp)을 삽입하거나 본 연구의 경우에서와 같이 폐동맥 재건술을 시행한 경우 폐동맥 판막의 활발한 운동으로 인해 이완기에 주폐동맥과 폐동맥 분지에서는 역류 혈류가 관찰되나, 판막 하부에는 역류가 없는 경우도 있으며, 우심실의 용적 과부하란 관점에서 생각해 볼 때 판막 하부의 역류가 의미 있을 것이기 때문이다. 그러므로 Goldberg 등[24]이 보고한 바와 같이 주폐동맥과 가지 폐동맥의 역류 혈류로서 폐동맥판 역류의 정도를 구분하는 것은 이 연구에서는 적합하지 않으리라 생각된다. 또한 이러한 폐동맥판 역류의 정도를 구분하는 것이 관찰자의 주관적인 요소가 첨가될 수밖에 없으리라 생각하고, 객관적으로 세 군간의 비교를 위해 Frigiola 등[17]이 폐동맥판 역류의 정도가 삼첨판의 판륜의 직경과 상관 관계가 있음을 보고한 바와 같이 삼첨판/승모판의 판륜 직경의 비율을 측정하여 수치로 비교하였으며, 흉곽과 심장의 크기의 비(cardio-thoracic ratio)를 측정하여 비교하였다.

저자들의 폐동맥 판막 재건술은 심초음파 검사의 추적 관찰 결과, 단기적으로 양호한 판막의 기능과 폐동맥판 역류의 정도를 감소시키는 효과가 있었으며, 우심실의 확장과 흉부 방사선 촬영상의 심-흉곽 비율, 삼첨판/승모판 판륜의 비도 의미 있게 감소되어 좋은 성적을 보여주고 있다. 따라서 단기적인 결과를 볼 때 PVR군의 수술 방법이 MVOP군과 TAP군에 비해 우수한 결과를 보이고 있으나, 추적 기간이 짧아 장기적인 판막의 기능이나 폐동맥판 역류에 대한 효과는 추후 연구 관찰이 필요하리라 생각된다.

요 약

목 적 : 폐동맥판 역류를 감소시키고자 2000년 4월부터 자기 판막을 이용한 판막 재건술을 시행하였으며, 이러한 수술 방법이 폐동맥판 역류와 임상적인 결과의 호전을 주는지 알아보고자 본 연구를 시행하였다.

방 법 : 1991년 7월부터 2004년 8월까지 동아대학교 의료원에서 활로사징으로 완전 교정술을 시행한 환아 중, 자기 판막 조직을 이용한 폐동맥 판막 재건술을 시행한 31례(PVR군)와 수술 후 같은 추적 관찰 기간을 가진 활로사징 환아 중 경판륜 첩포(transannular patch) 확장 수술 후 단엽(monocusp)을 삽입한 47례(MVOP군), 경판륜 첩포 수술만 시행한 22례(TAP군)를 대조군으로 하였다. 이들 대조군과 PVR군에서 폐동맥판 역류, 폐동맥 판막의 기능, 삼첨판/승모판 판륜의 비율, 심-흉곽 비율을 계측하여 비교하였다.

결 과 : MVOP군에서 심초음파 검사상 중등도의 폐동맥판 역류는 수술 직후 35례(74%)에서 관찰되었고, 우심실의 확장이 있는 경우가 12례(26%)였다. 그러나 PVR군은 중등도의 폐동맥판 역류는 6례(19%)였고, 우심실의 확장이 있는 경우는 1례(3%)에 불과하였다. 이후 매년 추적 검사상 MVOP군에서 거의 모든 예에서 중등도의 폐동맥판 역류를 보였고, PVR군에서 점차 증가하는 경향을 보였다. MVOP군의 수술 직후 초음파 검사에서 운동성이 확인되지 않은 경우가 18례(38%)였으며, 12례에서는 양호한 판막 기능을 보였다. PVR군은 30례(96%)에서 우수한 판막 기능을 보여 주었고, 1례(3%)에서 양호한 판막 기능을 보였다. 추적 관찰 기간 중의 판막의 기능은 MVOP군에서 추적 관찰 기간에 따라 판막 기능의 급격한 감소를 보여 주었으며, PVR군은 1년, 2년, 3년, 4년 추적 관찰 기간에 각각 27례(90%), 21례(75%), 14례(68%), 8례(50%)로 관찰 기간이 경과할수록 기능이 감소하는 경향을 보였다. 심-흉곽의 비율은 세 군에서 수술 직후에는 차이가 없었으나 PVR군이 1년, 2년, 3년, 4년 추적 관찰 기간에 통계학적으로 유의하게 양군에 비해 감소되었다. 그러나 MVOP군과 TAP군간에는 통계학적으로 유의한 차이는 없었다. 삼첨판/승모판 판륜 직경의 비는 수술 직후에는 차이가 없

었으며 추적 관찰 기간 1년, 2년 및 3년에 양 군에 비해 통계학적으로 유의하게 차이가 있었다. 그러나 MVOP군과 TAP군간에는 통계학적으로 유의한 차이는 없었다.

결 론 : PVR군이 다른 군에 비해 폐동맥판 역류의 정도는 감소되었으며, 판막의 기능이 양호하였고, 심-흉곽 비율, 삼첨판/승모판 판륜의 비가 유의하게 낮았다. 그러나 PVR 군에서 폐동맥판 역류 정도, 판막 운동의 저하가 추적 관찰 기간이 경과함에 따라 악화하는 경향을 보였으며, 장기적인 추적 관찰이 필요하리라 생각된다.

References

1) Zahka KG, Horneffer PJ, Rowe SA, Neill CA, Manolio TA, Kidd L, et al. Long-term valvular function after total repair of tetralogy of Fallot : relation to ventricular arrhythmias. Circulation 1988;78(suppl III):III14-9.
2) Bouzas B, Kilner PJ, Gatzoulis MA. Pulmonary regurgitation : not a benign lesion. Eur Heart J 2005;26:433-9.
3) Singh GK, Greenberg SB, Yap YS, Delany DP, Keeton BR, Monro JL. Right ventricular function and exercise performance late after primary repair of tetralogy of Fallot with the transannular patch in infancy. Am J Cardiol 1998;81:1378-82.
4) Rahman MY, Abdul-Khaliq H, Vogel M, Alexi-Meskishvili V, Gutberlet M, Lange PE. Relation between right ventricular enlargement, QRS duration, and right ventricular function in patients with tetralogy of Fallot and pulmonary regurgitation after surgical repair. Heart 2000;84:416-20.
5) Davlouros PA, Kilner PJ, Hornung TS, Li W, Francis JM, Moon JC, et al. Right ventricular function in adults with repaired tetralogy of Fallot assessed with cardiovascular magnetic resonance imaging : detrimental role of right ventricular outflow aneurysms or akinesia and adverse right-to-left ventricular interaction. J Am Coll Cardiol 2002;40:2044-52.
6) Mishaly D, Birk E, Elami A, Vidne BA. Autologous monocusp pulmonary valve : preliminary results. Ann Thorac Surg 1996;61:1811-5.
7) Ilbawi MN, Idriss FS, DeLeon SY, Muster AJ, Berry TE, Paul MH. Long-term results of porcine valve insertion for pulmonary regurgitation following repair of tetralogy of Fallot. Ann Thorac Surg 1986;41:478-82.
8) Sano S, Karl TR, Mee RB. Extracardiac valved conduits in the pulmonary circuit. Ann Thorac Surg 1991;52:285-90.
9) Razzouk AJ, Williams WG, Cleveland DC, Coles JG, Rebeyka IM, Trusler GA, et al. Surgical connections from ventricle to pulmonary artery : comparison of four types of valved implants. Circulation 1992;86(5 suppl):II154-8.
10) Khoury W, Lang-Lazdunski L, Vernant F, Thibert M, Leca F. Pedicled pericardium for repair of right ventricular outflow tract and pulmonary arterial stenosis in tetralogy of Fallot : a six-year experience. J Thoracic Cadiovasc Surg 1996;112:424-32.
11) Gundry SR, Razzouk AJ, Boskind JF, Bansal R, Bailey LL. Fate of the pericardial monocusp pulmonary valve for right ventricular outflow tract reconstruction : Early function, late failure without obstruction. J Thorac Cardiovasc Surg 1994;107:908-13.
12) Bigras JL, Boutin C, McCrindle BW, Rebeyka IM. Short-term effect of monocuspid valves on pulmonary insufficiency and clinical outcome after surgical repair of tetralogy of Fallot. J Thorac Cardiovasc Surg 1996;112:33-7.
13) Sung SC, Kim S, Woo JS, Lee YS. Pulmonic valve annular enlargement with valve repair in Tetralogy of Fallot. Ann Thorac Surg 2003;75:303-5.
14) Wessel HU, Cunningham WJ, Paul MH, Bastanier CK, Muster AJ, Idriss FS. Exercise performance in tetralogy of Fallot after intracardiac repair. J Thorac Cardiovasc Surg 1980;80:582-93.
15) Gatzoulis MA, Balaji S, Webber SA, Siu SC, Hokanson JS, Poile C, et al. Risk factors for arrhythmia and sudden cardiac death late after repair of tetralogy of Fallot : a multicenter study. Lancet 2000;356:975-81.
16) Kondo C, Nakazawa M, Kusakabe K, Momma K. Left ventricular dysfunction on exercise long-term after total repair of tetralogy of Fallot. Circulation 1995;92(9 suppl):II250-5.
17) Frigiola A, Redington AN, Cullen S, Vogel M. Pulmonary regurgitation is an important determinant of right ventricular contractile dysfunction in patients with surgically repaired tetralogy of Fallot. Circulation 2004;110(11 suppl):II153-7.
18) Therrien J, Siu SC, Harris L, Dore A, Niwa K, Janousek J, et al. Impact of pulmonary valve replacement on arrhythmia propensity late after repair of tetralogy of Fallot. Circulation 2001;103:2489-94.
19) Eyskens B, Reybrouck T, Bogaert J, Dymarkowsky S, Daenen W, Dumoulin M, et al. Homograft insertion for pulmonary regurgitation after repair of tetralogy of Fallot improves cardiorespiratory exercise performance. Am J Cardiol 2000;85:221-5.
20) Borowski A, Ghodsizad A, Litmathe J, Lawrenz W, Schmidt KG, Gams E. Severe pulmonary regurgitation late after total repair of tetralogy of Fallot : surgical considerations. Pediatr Cardiol 2004;25:466-71.
21) Li W, Davlouros PA, Kilner PJ, Pennell DJ, Gibson D, Henein MY, et al. Doppler echocardiographic assessment of pulmonary regurgitation in adults with repaired tetralogy of Fallot : comparison with cardiovascular magnetic resonance imaging. Am Heart J 2004;147:165-72.
22) Silversides CK, Veldtman GR, Crossin J, Merchant N, Webb GD, McCrindle BW, et al. Pressure half-time predicts hemodynamically significant pulmonary regurgitation in adult patients with repaired tetralogy of Fallot. J Am Soc Echocardiogr 2003;16:1057-62.
23) Williams RV, Minich LL, Shaddy RE, Pagotto LT, Tani LY. Comparison of doppler echocardiography with angiography for determining the severity of pulmonary regurgitation. Am J Cardiol 2002;89:1438-41.
24) Goldberg SJ, Allen HD. Quantitative assessment by doppler echocardiography of pulmonary or aortic regurgitation. Am J Cardiol 1985;56:131-5.