

심장외도관을 사용하지 않고 시행한 우심실 성형술

김진국*·안재호*·김용진*·노준량*·서경필*

- Abstract -

Roconstruction of the Pulmonary Outflow Tract without Prosthetic Conduit

Jhngook Kim, M.D.*, Jae Ho Ahn, M.D.*, Yong Jin Kim M.D.*
Joon Ryang Rho, M.D.*, Kyung Phil Suh, M.D.*

New technique of correction of complex congenital anomalies, avoiding the use of prosthetic conduit is presented.

The procedures of new technique were as follows;

Through a median sternotomy, the aorta, the pulmonary trunk and branches were mobilized as far as possible behind the pericardial reflection. After correction of the intracardiac anomalies, pulmonary trunk transection and proximal pulmonary stump closure were done. The posterior rim of distal pulmonary artery stump was sutured to the cephalad margin of the infundibular incision with the absorbable polydioxanone suture, and then anterior patch with 0.625% glutaraldehyde fixed autologous pericardium mounted by monocusp valve completed the repair.

We applied this technique to some variety of patients including pulmonary atresia with ventricular septal defect(6 cases), corrected transposition with ventricular septal defect and pulmonary stenosis(3 cases), double-outlet right ventricle with pulmonary stenosis(2 cases) and Fallot's tetralogy with coronary branch on right ventricular outflow tract(1 case), and earned good results(mortality rate: 16%)

In spite of rather small experiences we had, these preliminary results let us to conclude that many complex congenital cardiac anomalies can be effectively treated without a prosthetic conduit.

I. 서 론

폐동맥유출로(pulmonary outflow tract)의 협착이 동반된 복잡심기형의 치료에 있어 인조도관(Pros-

thetic conduit)를 이용하는 Rastelli씨 술식은 분명히 심장수술의 큰 발전을 가져온 수술방식이다^{1,2)}. 그러나 이 술식에 의한 치험례가 증가하고 수술례에 대한 장기추적(Longterm follow-up)이 되어감에 따라 이 술식자체가 안고 있는 여러가지 문제점들이 노출되고 있다. 이러한 문제점중, 특히 도관의 폐색(conduit obstruction)은 이 술식의 적용대상환자의 연령이 대개 매우 낮다는 사실에 비추어 볼때 거의 절대적인 단점으로 지적되고 있다^{3,4,5)}. 물론 도관이나 도관내의

* 서울대학교 병원 흉부외과
* Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery,
Seoul National University Hospital
1988년 11월 28일 접수

판막의 여러가지 변형에 대한 시도로서 개선방향이 모색되고 있기는 하나 아직까지 이렇다할 확실한 해결책이 없는 상태이다. 게다가 대상 환자군이 대개 어린다는 사실은 인조도관이 성장 가능성(Growth potentiality)이 없고 따라서 환자의 신체발달에 따라 상대적으로 협착증을 유발케 할수있는 가능성을 내포하게 하여 이 술식이 완전교정술이 되지 못하고, 후에 재수술의 가능성을 거의 필연적으로 내포한, 하나의 고식적인 수술법에 되지 못한다는 비난도 면하기 힘들게 한다⁶⁾.

이러한 Rastelli씨 술식이 안고있는 문제를 개선키 위한 일련의 연구중, 1981년 Lecompte 등은 인조도관을 사용하지 않고 폐동맥을 박리하여 직접 우심실 유출로(Right ventricular outflow tract)에 새로이 재이식(Retranslocation)하는 방법을 주장하였고^{7,8)}, 이를 REV(Réparation cèléstage ventriculane) 술식이라 명명하였다^{9,10)}. 이들은 이 술식이 Rastelli씨 술식때만큼 좋은 성적을 가지며 이용될 수 있고, 게다가 장기 추적조사상 과거 Rastelli씨 술식이 안고 있었던 문제점들을 해결함에 따라 훨씬 좋은 결과를 낳았다고 보고하였다^{9,10)}.

본 서울대학교병원 흉부외과에서는 1988년 1월부터 1988년 10월말까지 12례의 환자에게 이상과 같은 REV 술식을 이용한 완전교정술을 시행하였다. 본 연구는 이들에게 적용된 수술의 방법적인 면과 술후조기 상식(Postoperative early resulet)를 분석함으로써 이 술식이 안고있는 방법적인 문제점을 규명하고, 또 개선점을 찾는데 그 목적이 있다.

II. 대상 및 수술방법

1. 대 상

1988년 1월, 폐동맥협착증을 동반한 양대혈관우심실기시증(Double-outlet right ventricle with pulmonary stenosis) 환자에 대해 첫 수술을 시행한 이래 1988년 10월말까지 모두 12명의 환자를 대상으로 수술이 시행되었다. 이들을 편의상 질병별로 분류를 해보면 심실중격결손증을 동반한 폐동맥폐쇄증(Pulmonary atresia with ventricular septal defect, PA+VSD)이 6례(그림 1), 심실중격 결손증과 폐동맥협착증이 동반된 교정대혈관 전위증(Corrected transposition of great arteries with ventricular septal defect



Fig. 1. Preoperative angiogram of pulmonary atresia with ventricular septal defect.



Fig. 2. Preoperative angiogram of corrected transposition of great arteries with ventricular septal defect and pulmonary stenosis.

and pulmonary stenosis, c-TGA+VSD+PS)이 3례(그림 2), 폐동맥협착증을 동반한 양대혈관 우심실기시증(Double-outlet right ventricle coith pulmonary stenosis, DORV+PS)이 2례, 그리고 판상동맥 분지가 우심실유출로 위로 지나가는 횡로씨 4정증(Fall-

Table 1. Pertinent Preoperative Clinical Informations

Pt.	Diag	Palliation	Age at repair	SaO ₂ (%)	Hb(mg%)	PA index
1/KSH	PA+VSD	Rt. B-T(85.5)	3yr 4m(88.3)	72	15.0	318
2/LKB	PA+VSD	None	0yr 7m(88.3)	65	8.7	448
3/L J	PA+VSD	Lt. B-T(85.4)	3yr 6m(88.4)	76	17.2	324
4/SJW	PA+VSD	Rt. B-T(86.3)	4yr5m(88.7)	72	15.9	271
5/JJK	PA+VSD	None	0yr11m(88.7)	66	9.6	229
6/KKN	PA+VSD	Lt. B-T(87.11) Lt. unification	5yr10m(88.9)	77	14.1	173
7/YSW	DORV+PS	Lt. B-T(86.6)	2yr 9m(88.1)	91	14.1	423
8/OJH	DORV+PS	Rt. B-T(85.5)	14yr 4m(88.2)	76	17.4	174
9/YKM	c-TGA+VSD +PS	None	8yr 4m(88.3)	84	18.3	280
10/HSY	c-TGA+VSD +PS	Lt. B-T(87.6)	6yr11m(88.10)	91	12.7	279
11/KHJ	c-TGA+VSD +PS	Lt. B-T(86.9)	5yr 8m(88.10)	76	18.7	212
12/YJY	TOF+coron. on RVOT	Lt. B-T(87.3)	0yr 9m(88.5)	81	11.6	208

Abbreviations: PA=Pulmonary atresia; VSD=Ventricular Septal Defect; DORV=Double Outlet Right Ventricle; PS=Pulmonary stenosis; c-TGA=corrected Transposition of great arteries; TOF=tetralogy of Fallot; RVOT=Right Ventricular Outflow Tract; Rt=Right; BT=Blalock-Taussig shunt(modified); Hb=Hemoglobin; PA index=Pulmonary Artery Index.

ot's tetralogy with coronary artery branch on right ventricular outflow tract, TOF+coronary on RVOT)이 1례였다(표 1).

이들의 수술당시 연령은 4년 9개월±3년 8개월(7개월~14년 4개월)였고, 술전 체중은 16.5±11kg(5.7~53kg)였다.

이들중 3례를 제외한 나머지 9례에서 1~3년전에 폐동맥의 발달을 위한 고식적인 수술(Palliative operation)을 시행받은 경력이 있으며, 이 수술은 대개 4~6mm PTFE관을 이용한 Great Ormond Street type의 변형 Blalock-Taussig 단락술이었다. 좌측폐동맥이 대동맥으로부터 여러 부행지동맥(collateral arteries)에 의해 형성되었던 1례의 PA+VSD 환아에선 좌측 폐동맥을 하나로 만든 후(Left pulmonary artery unification) 여기에 단락술을 시행하였다(그림 3).

환자들의 술전 Hemoglobin치는 14.4±3.2mg%(8.7~18.7mg%)였고, 술전 폐동맥산소포화도(systemic arterial oxygen saturation, SaO₂)는 77.3±8.0%(72~91%)였다. 술전 폐동맥의 발달정도는 Nakada 등¹¹⁾이 주장한 PA index(pulmonary artery index)를 이용하여 측정하였을 때 278±85m²/BSA(173~



Fig. 3. Preoperative angiogram showing left pulmonary artery supplied by multiple anomalous systemic branches from descending thoracic aorta in pulmonary atresia and ventricular septal defect.

448m²/BSA)로 충분히 큰 크기였다.

2. 수술 방법

흉골정중절개술(Median sternotomy)와 부분 흉선 절제(Partial thymectomy)를 한 후 대동맥과 폐동맥 및 그 분지를 가능한 한 충분히 박리하였다. 대동맥은 무명동맥(Innominate artery)이 분지하는 부위까지 이르도록 박리하여 상행대동맥뒤로 U-tape를 걸어 두었다. 폐동맥은 좌우 폐동맥 모두 심낭반전부위(Pericardial reflection site) 이상까지 가능한 한 충분히 박리하였고, 역시 주폐동맥뒤로 U-tape를 걸어 두었다. 동맥관 개존증(Patent ductus arteriosus, PDA)이 동반된 예에선 이를 분할(division)함으로써 폐동맥동원(pulmonary artery mobilization)에 지장이 없도록 하였고, 과거 변형 Blalock-Taussig 단락술을 시행하였던 경우엔 이 단락(Shunt)를 절찰하고 Hemoclip® 을 이용해 보강하였다(이 경우 단락이 짧아 폐동맥동원 후 폐동맥의 꼬임(Kinking)을 초래하리라고 예견된 환자는 없었다).

충분히 박리가 끝나면 박리된 폐동맥을 U-tape를 이용하여 우심실유출로의 적절한 위치까지 당겨보아, 인조도관을 사용치 않고 수술이 가능한 가를 결정하였다. 수술이 가능하다고 결정이 되면 기존의 개심술의 경우와 마찬가지로 인공심폐기를 이용한 체외 순환하에 교정술을 시행하였다. 심장내 기형에 대한 교정은 기존의 심장외도관(extracardiac conduit)를 이용한 술식에서와 전혀 다른 바 없이 시행하였다. 일단 이들에 대한 교정이 끝나면 폐동맥이식술(Pulmonary artery translocation)을 시행하였으며, 이 이식술도중 적절한 시기에 대동맥교차차단(Aorta cross-clamping) 하였던 것을 풀어 심박동하에 수술을 끝냈다.

폐동맥이식은 다음과 같이 시행하였다. 먼저 폐동맥윤의 바로 직하(Immediately distal to the pulmonary annulus) 부위에서 폐동맥을 자른(transsection)후, 근위부 폐동맥단(proximal pulmonary stump)을 4-0 polypropylene으로 봉합하였다. 이후 우심실(폐심실)의 적절한 위치에 심실절개(ventriculotomy)를 했는데 대개 심실중격결손의 봉합 등의 목적을 위해 이미 수술의 초기에 행해져 있는 경우가 많았다. 절개의 위치는 대개 본래의 폐동맥윤이 있던 위치에서부터 대동맥윤직경(Aortic annulus diameter)의 길이만큼 근위부의 우심실을 택하였다. 적절한 심실절개가 끝나면 절개된 원위폐동맥(Transected distal

pulmonary artery)을 당겨, 후벽(posterior wall)을 절개된 심실의 상단부(upper margin)과 문합(anastomosis)을 하였는데 이때 후일 성장(growth)을 기대하기 위해 흡수가능한 5-0 polydioxanone(PDS®) suture를 이용하였다.

일부의 예, 특히 주폐동맥(main pulmonary artery)가 전혀 없는 PA+VSD의 경우에 있어서는 폐동맥을 그냥 끌어 당겨 내릴 때 폐동맥의 꼬임(kinking)이 예기되었다. 이런 경우엔 원위폐동맥의 하방의 전면에만 절개를 가해 flap을 만들어 그 flap의 하단부(lowermost portion)를 밑으로 당겨 문합하였다(그림 4).

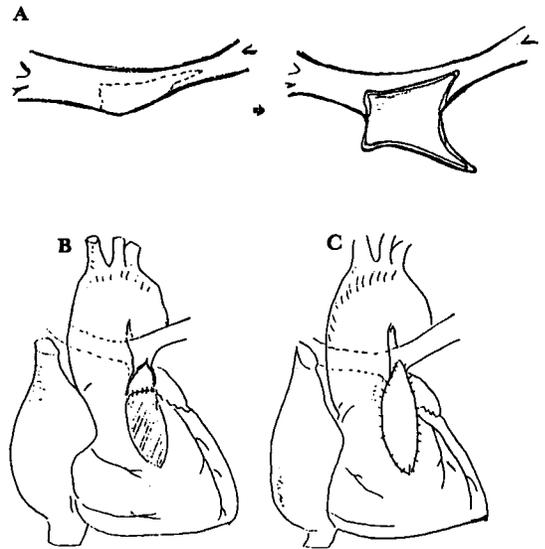


Fig. 4. Translocation of pulmonary artery on the pulmonary ventricle. A: The lowermost part of atretic pulmonary artery is incised to develop a flap. B: After transecting the great arteries, the posterior rim of distal pulmonary trunk is sutured to the top of the infundibulectomy. C: An anterior patch is sewn over the pulmonary outflow tract.

폐동맥의 후벽문합(Posterior wall anastomosis)이 끝나면 Hegar dilator를 좌, 우 폐동맥에 각각 넣어 좌, 우 폐동맥의 발달 정도를 보고, 환자의 연령에 비추어 발달이 불충분 하거나 폐동맥의 부분협착(Segmental stenosis)이 같이 있을 때는 그에 따라 수술이 가능한 범위까지(필요시 심낭반전부위까지) 폐동맥에 절개를 가한 후, 전면패치(Anterior patch)를 절개를 가한 폐동맥부터 심실절개 부위까지 덮어줌으로 조작

을 끝냈다(그림 4). 일단 조작이 끝나면 우심실과 좌심방에 카테타(Catheter)를 삽관하여 압력을 측정하였다.

저자 등이 조작에 사용한 전면패취는 표 2와 같이 다양하였다. 이중 가장 많이, 또 가장 최근에 사용한 것은 0.625% glutar-aldehyde로 고정한 환자의 심낭에 역시 같은 재질로 일엽판막(monocusp valve)를 만들어 준 것이며(그림 5), 이를 만들기 위해서는 심낭을, 위로는 무명정맥(Innominate vein) 부터 아래로는 횡격막직상부까지, 그리고 좌우로는 횡격신경(Phrenic nerve) 직전까지 박리후 이를 절제하여 곧바로 퍼서 0.625% glutaraldehyde 용액에 30분간 담가 두었다가 생리식염수 용액으로 충분히 씻은 후, 그 일부를

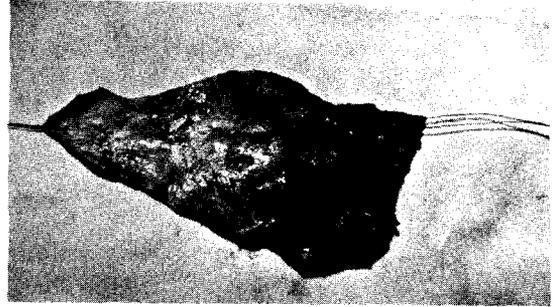


Fig. 5. 0.625% glutaraldehyde-fixed autologous pericardial patch mounted by monocusp valve.

잘라 일엽판막을 만들어 전면패취의 적절한 위치에 5-0, 또는 6-0 polypropylene suture로 봉합, 고정(mount)하였다.

Table 2. Anterior patches we used

- Bovine pericardial patch without valve.
- Commercial bovine pericardial patch with monocusp valve.
- Bovine pericardial patch with hand-sewn monocusp valve.
- Thick PTFE patch(0.5mm thickness) with hand-sewn bovine-pericardial monocusp valve.
- 0.625 glutaraldehyde-fixed autologous pericardial patch with hand-sewn monocusp valve.

III. 수술 결과

전기한 바와 같이 우심실과 좌심방에 카테타를 넣어 압력을 측정한 결과 좌심방압력이 8~12mmHg의 범위에서 우심실과 체동맥(주로 요골동맥-Radial artery)의 수축기 최고 압력비(P_{RV}/LV)는 심폐기유리(Pump weaning) 후 15~30분 경과후 측정하였을 때나 술후 24시간 혹은 48시간 후에 측정하였을 때¹²⁾ 모두 충분히 낮은 값을 보였다(표 3).

Table 3. Pertinent postoperative clinical informations

Pt	Diag	Postoperative P_{RV}/LV		Fate at hospital	F/U data		
		OR	ICU		Duration	NYHA	Echo
1/KSH	PA+VSD	0.5	-	Good	6m	I	Good
2/LKB	PA+VSD	0.5	-	Expired(LCO)	-	-	-
3/L J	PA+VSD	-	-	Expired(Bleeding)	-	-	-
4/SJW	PA+VSD	0.5	-	Reoperation(Bleed)	3m	I	Good
5/JJK	PA+VSD	0.45	0.5	Good	3m	I	Good
6/KKN	PA+VSD	0.6	0.55	Prolonged Ventil. (for 15 days)	1m	I-II	-
7/YSW	DORV+PS	0.3	-	Excellent	10m	I	Good
8/OJH	DORV+PS	0.35	0.35	Excellent	7m	I	Good
9/YKM	c-TGA+VSD +PS	0.5	0.45	Good	6m	I-II	PS
10/HSY	c-TGA+VSD +PS	0.6	-	Good	1m	I-II	-
11/KHJ	c-TGA+VSD +PS	0.45	0.45	Good	1m	I-II	-
12/YJY	TOF+coron. on RVOT	0.5	0.45	Good	5m	II	PI(III)

Abbreviations: OR=Operation room after CPB; ICU=24-48 hr after the operation; LCO=Low cardiac output syndrome; NYHA=NYHA functional class; PI=pulmonary insufficiency.

수술을 시행받은 12례의 환자에 있어 수술사망은 2례로 수술사망율은 16%였다. 이들은 저자 등의 수술 경험상 비교적 초기의 환자로 1례는 우심실부전에 의한 심기능 저하로 술후 3일째에 사망하였으며, 다른 1례는 술후 10시간째에 출혈을 이유로 사망하였다.

술후 생존한 10례중 술후 주요합병증을 보인 환자는 2명이었는데 1례는 출혈때문에 재수술을 한 예이고, 다른 1례는 술후 호흡부전으로 인공호흡기(mechanical ventilator)에 의한 장기호흡관리(Prolonged respiratory care)를 했던 예이다. 그러나 생존례에 있어 술후상태는 전반적으로 매우 양호하여 장기 호흡관리를 하였던 1례를 제외하고는 모두 술후 15일전에 퇴원하였다.

퇴원환자의 외래추적조사는 최장기 10개월 동안 추적된 환자를 포함하여 생존례 전례에서 행하여졌는데 이들중 Digoxin이나 이노제를 쓰는 환자는 모두 7례였고, 환자의 상태를 NYHA class로 볼 때 3례를 제외하고는 I의 상태로 매우 양호하였다. 외래추적중 7례의 환자에서 심에코검사를 시행하였는데 이 중 1례에서 압력차(Pressure gradient)가 약 40mmHg 정도라고 추정되는 우심실 유출로 협착증을 보였고 또 1례에서 III/VI의 폐동맥판 폐쇄부전증을 보였으나, 나머지 예들에선 의미있는 폐동맥 협착이나 폐쇄부전이 없는 양호한 상태임을 알 수 있었다(그림 6).

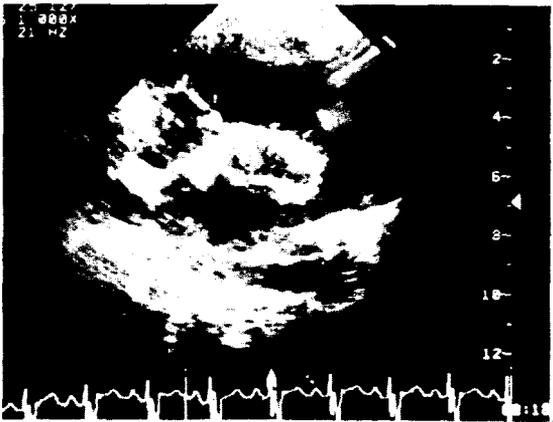


Fig. 6. Postoperative echocardiogram showing no residual obstruction in right ventricular outflow tract.

IV. 고 안

사실 우심실유출로 성형술에 있어 완벽하다고 할만

큼 만족한 수술방식은 아직 없다. 심장의도관을 이용하는 Rastelli씨의 경우 McGoon, Rastelli 및 Onley 등 창안자들이 처음에는 동종판막도관(Valved homograft)를 이용하다가¹³⁾ 곧 Dacron 판막도관(Valve-containing Dacron conduit)의 사용을 권장하였고^{14,15)}, 이후의 여러 저자들이 이를 뒷받침하는 결과를 발표하여 이의 사용이 보편화되었다^{5,16-22)}. 사실 초기의 결과는 Dacron 판막도관을 이용하는 Rastelli씨 술식이 획기적인 수술로써, 많은 복잡심기형의 치료를 가능하게 해주는, 만족할 만한 술식임을 입증하는 것이기도 하였다.

그러나 수술의 경험 및 장기추적의 결과가 축적됨에 따라 이러한 도관이 사용이 안고 있는 문제점들이 노출되기 시작하였다. 그중 가장 주된 것은 판막의 폐색(conduit obstruction)의 문제이다^{3-5,18,23,30)}. 대부분의 우심실유출로 폐색증을 동반한 심장기형이 영유아 등 아주 어린 연령에 증상을 일으키고 조기 수술을 필요로 한다. Rastelli씨 술식을 적용한다고 가정할 때, 흉선절제 및 심낭과 늑막을 열어놓는 조작 등 어떠한 조작을 하더라도^{31,32)} 환자가 워낙 작기 때문에 결국 제한을 받아, 어느정도 작은 크기의 도관을 사용할 수밖에 없다. 만일 이 판막도관이 별다른 변화없이 원래의 직경을 유지한 채 있어 준다면, 환자의 성장에 따라 상대적으로 도관이 작아서 생기는 우심실유출로 협착증을 유발하긴 하나, 실제 임상적으로 증상을 일으키는 기준을 Mercen 등³³⁾이 말한 바같이 정상 기대치의 25%라고 볼때 큰 문제가 되지 않을 것이다. 그러나 실제로는 6년 실패율이(6-year failure rate)가 30%까지 이른다는 보고³⁴⁾가 나올 만큼 기대와 차이가 있고, 이런 실패의 원인은 주지된 바와 같이 도관 자체가 폐색되기 때문이다. Agarwal^{35,36)}은 그의 탁월한 연구를 통한 보고에서 폐색의 기전을 다음 3가지로 설명하고 있다.

1. Obstruction of the level of the proximal anastomosis(fibromuscular ingrowth)
2. Obstruction at the level of the valve(calcific stenosis)
3. Obstruction within the lumen of the Dacron graft(fibrous neointimal proliferation)

판막도관의 폐색에 따른 문제의 해결책은 여러 각도에서 논의되어 왔다. 먼저 도관의 재질을 바꾸어 보고자하는 시도로 동종판막도관(Ronograft valved

conduit)의 사용을 주장한 그룹이, 특히 유럽을 중심으로 많이 있었다³⁷⁻³⁹⁾. 그러나 많은 문헌에서, 심장외도관의 내구성(durability)에서 볼 때 동종판막도관은 인조판막도관과 전혀 차이가 없고, 오히려 더 이른 실패를 가져올 수 있다고 주장한 바²⁷⁾, 이런 동종판막도관의 사용은 근본적인 해결책이 못된다고 보는게 정설이다. Brown 등⁴⁰⁾은 도관의 재료로써 Dacron 말고 외부 스텐드를 낸 PTFE 판막도관(Externally stented polytetrafluoroethylene valved conduit)의 사용을 주장하였는데 이들의 실험결과상 Dacron 판막도관에 비해 우월한 결과를 낳았다 하더라도 실제 임상적 사용에 있어서는 결국 인조도관의 사용이기에, Dacron도관에 비해 도관폐색을 다소 늦게 발생하는 결과 정도밖에는 기대기 어렵다고 생각한다.

많은 저자들이 판막도관의 폐색에 있어 가장 근본적인 문제는 판막에 있다고 생각하고 있다^{36,41,42)}. 따라서 많은 종류의 판막을 사용시도하여 그 결과를 발표하고 있으나, 그 결과에 있어 큰 차이가 없는 현실이다. 특히 조직판막의 사용은 그 사용판막이 Hancock 이진 Ionescu-Shiley 이진 5~6년 후에 재수술을 필요로 하는 빈도에 있어 전혀 차이가 없는 정도이다^{5,25,28,43)}. 기계판막의 사용은, Rastelli씨 술식에 있어 판막도관이 위치하는 곳이 우심혈관계(Right heart circulation)이기에 불리하다는 주장⁴⁴⁻⁴⁶⁾에도 불구하고 대상 환자의 연령군이 주로 영유아라는 사실, 즉 조직판막사용시 가속화된 판막실패의 가능성이 있다는 사실에 비추어 많은 저자들이 사용을 주장하였으나^{27,47)} 그 결과는 오히려 혈전전색증이나 항응고제 사용에 따른 출혈의 위험성만은 증가시킬 뿐 큰 장점이 없다고 보고되고 있다.

이와 같은 이유에서 Fiore 등⁴⁸⁾은 판막을 사용하지 않는 인조도관의 사용을 주장하였는데 주지하다시피 폐혈관저항(Pulmonary vascular resistance)이 증가된 환자에서 사용할 수 없다는 단점과 함께 폐동맥판폐쇄부전증이 환자의 예후에 미치는 불이익을 고려할 때 이의 사용은 논란의 여지가 있다⁴⁹⁻⁵³⁾.

전기한 바와 같이 Rastelli씨 술식의 대부분의 문제점은 도관의 사용에 기인한다. 따라서, 만일 도관을 사용하지 않고 교정을 해줄 수 있다면, 사실 이럴 경우 벌써 Rastelli씨 술식이 아니게 되지만, 대부분의 문제들이 해결될 수 있을 것이라는 추측이 가능하다. 이는 곧, 우심실-폐동맥 사이의 연속(continuity)이 없는 질환을 연속성이 있는 질환, 다시 말해 활로써 4징

중의 해부학적 상태로 만들고자 하는 것이다. LeCompte^{7,8)}는 이와같은 가정하에, 1979년 이래 TGA + VSD + PS, DORV + PS, Truncus arteriosus, PA + VSD 환자 등을 대상으로 수술을 시행, 좋은 결과를 얻었다. 이들은 인조도관을 사용하지 않고 폐동맥을 박리, 동원하여 우심실에 재이식하고자 함에 있어 폐동맥을 대동맥앞으로 끌어내는 소위 LeCompte 조작(Cecomple maneucer)⁵⁴⁾과 상행대동맥일부를 잘라 동맥관(arterial tube)로 만들어 사용하여 줄 것등을 권장하였다. 본 저자등도 LeCompte와 같은 가정, 즉 인조도관을 사용하지 않고 수술을 시행할 수 있을 것이라는 생각을 하고 본 증례의 환자들을 수술하였는데, 근본적으로는 LeCompte 등의 REV 술식과 같더라도 Lecomple 조작을 사용한 예가 없다는 사실과 폐동맥이 충분히 당겨 내려오지 않을 때 동맥관을 만들어 사용하지 않고 폐동맥의 하단부를 flap으로 만들어 사용하였다는 점 등에서는 다소 차이가 있다. 이 차이는 물론, 본 저자등이 LeCompte 등이 행한 조작을 하지 않아도 교정이 가능했던 증례들에 대한 수술경험밖에 없어서 생긴 차이일 수도 있다. 그러나 저자 등은 첫째, 박리가 충분하다면, 즉 필요시 심낭밖에까지 박리를 한다면 폐동맥을 동원, 우심실에 재이식하기에 무리가 없으며, 둘째, LeCompte 등이 사용한 동맥관의 길이는 수 mm 정도였는데 그 정도의 길이라면, 심지어는 7~8mm 정도까지도, 폐동맥하단부 flap으로 만들어 줄 수 있으며, 셋째, 동맥관을 만들어 사용시 그 원위 말단부는 과거 도관에 의한 Rastelli씨 술식에서와 마찬가지로 폐동맥에 원형으로 문합을 하게 되므로, 성장이 없거나 폐색을 일으킬 수 있으며, 넷째, LeCompte 조작을 하는 동안의, 추가로 긴 대동맥 교차차단을 피하고자 생각하여 이상과 같은 조작의 변형을 꾀하였다.

연구대상에서 밝힌 바같이 저자 등이 경험한 환자의 질환의 다양성은 Rastelli씨 술식에서와 차이가 없다. 개존동맥간증(Persistert truncus arteriosus)에 대한 저자 등의 적용 경험은 없으나, 이 경우 LeCompte 등이 밝힌 바와 같이 폐동맥판폐쇄부전증이 생기지 않게 주의하면 적용상의 큰 차이는 없다고 생각한다. 따라서 대동맥이나 폐동맥의 박리가 극단적으로 불가능한 예를 제외하고는 기존의 Rastelli씨 수술에서의 수술적용 질환 모두에 있어 인조판막의 사용에 따른 합병증을 걱정하지 않으며, 이러한 술식은 이용될 수 있다.

이 술식이 가지는 또 하나의 장점은 보다 덜 발달된 폐동맥을 가진 환자나 보다 어린 연령의 환자에서 이용될 수 있다는 데 있다. 본 서울대학교병원 흉부의과에서는 청색증을 동반한 선천성 심기형의 술전 수술기준을 주로 blackstone 공식에 의한 술전 $P_{RV/LV}$ 예측치(Predicted postoperative $P_{RV/LV}$)^{55,56)}와 Nakada 등의 주장¹¹⁾에 의한 PA index(pulmonary artery index)를 이용하여 채택하여 왔고, 저자 등의 연구⁵⁷⁾에서 밝힌 바와 같이 Rastelli씨 술식에 있어 PA index가 술전 $P_{RV/LV}$ 예측치보다 술후 결과예측에 더욱 의미가 있으며, PA index의 술전기준치는 Rastelli씨 술식에 있어 200이 적절하다고 보고 있다. 그러나 만일 Rastelli씨 술식이 적응이 되는 질환에 있어 본 술식과 같이 활로씨 4징증의 해부학적 상태로 바꾸어 주며 수술을 한다면, 이는 적용기준을 Rastelli술식때와 달리 오히려 활로씨 4징증때의 것을 택하여 쓸 수 있다는 추론을 가능하게 해주며, 꼭 Nakada¹¹⁾가 말한 바 같이 PA index 100은 아니더라도 상당히 낮은 PA index 값을 가진 환자도 수술대상이 된다는 말이다. 이는 장기간의 저산소증과, 심장의 기형자체로 인해 심장에 필요없이 가해지는 무리한 압력 등이 들이킬 수 없는 심기능 저하를 만들 수 있으며, 따라서 후에 재수술을 하는 한이 있더라도 조기수술을 하자는 최근의 경향⁵⁸⁾에 미루어 볼때, 재수술의 부담을 크게 줄인 채, 보다 어린 연령의 환자론, 변형 Blalock-Taussig 단락술 등 고식적인 수술의 필요없이 완전교정해줄 수 있다는 희망을 갖게 하는 것이며, 본 술식이 갖는 또 하나의 큰 장점이라고 생각된다.

그러나 본 술식에 있어 규명되어야 할 부분은 아직 많다.

첫째, 심실절개(ventriculotomy)를 어느 위치에 얼마나 크게 하여야 할 것인가인데 이는 근본적으로 Rastelli씨 술식에서 도관의 근위부(Proximal portion of conduit)가 놓이는 위치나 그 크기와 큰 차이가 없다고 할 수 있다. 단지 너무 근위부에서 재이식하거나 또는 너무 크게 심실절개만 하지 않으면 심실절개자체에 의한 우심실 기능저하는 없으리라 본다. 저자들은, Sakada 등⁹⁾이 주장한 바와 같이 원래의 폐동맥윤(pulmonary annulus)이 위치한 곳으로부터 환자의 대동맥륜의 지름크기(Aortic annulus diameter size)만큼 떨어진 근위부의 우심실을 심실절개의 중심으로 보고, 환자의 연령에 알맞은 폐동맥윤크기보다 수 mm 정도 크게 심실 절개를 하였다. 심실절개후에는 누두

부절개(Infundibulectomy)를 충분히 하여 혈류의 장애를 없게 하였다. 저자들의 경험상 이러한 심실절개는 전적으로 누두부(Infundibular portion of right ventricle)에 위치한 것이며, 또 우심실첨부에서부터 폐동맥륜까지 이르는 길이의 1/3 미만이므로⁵⁹⁾ 우심실기능에 영향을 미치지 않는다고 사료된다. 그러나 본 술식에 있어 거의 피할 수 없는 누두부 심실절개(Infundibulotomy) 및 충분한 누두부절제(Extensive infundibulectomy)가 술후 장기추적상 부정맥, 우심실기능부전 및 급사(Sudden death)의 원인이 된다는 보고⁶⁰⁾도 있으므로 이에 대한 규명은 필요하다고 본다.

둘째, 저자 등은 폐동맥을 바리후 밑으로 당겨 내린 후 그 후벽을 흡수가능 봉합사(Absorbable suture)로 문합하였는데, 이는 전기한 바와 같이 후벽의 성장도도, 후에 만일이라도 생길 수 있는 협착(stenosis)을 피하기 위해서였다. 심혈관 수술에 있어 흡수가능 봉합사의 사용에 대하여는, 아직 완전하지는 않으나 비교적 양호한 연구결과가 보고된 바 있으며^{61,62)}, 특히 본 저자 등이 사용한 Polydioxanone(PDS) suture는 같은 굵기의 polypropylene보다 사용시 조금 더 강하고 술후 1개월에 이르기까지 약 50%의 장력(Tensile strength)을 유지하며 완전히 흡수되려면 6개월이 걸리므로 기존의 Polyglycolic acid(Dexon®)이나 Polyglactin 910(Vicryl®) suture에 비해 문합과열(anastomotic disruption)이나 동맥류형성(Aneurysm formation)의 위험이 거의 없다고 알려져 있다⁶³⁾. Meyer 등⁶³⁾은 단락술이나 Fontan 술식 등 여러 종류의 소아심혈관 수술에 이 PDS suture를 사용하여 좋은 성적을 얻었음을 발표하였는데 본 술식에서의 사용 역시 같은 결과를 낳은 것이라고 기대한다.

세째로는 전면패취(Anterior patch)를 무엇으로, 어떻게 만들어야 하는가의 문제인데 이는 표 2에서와 같이 다양한 패취의 사용경험에도 불구하고 아직 확실한 결론은 짓지 못하고 있는 상태이다. 사실 이 문제는 저자들뿐 아니라, 비록 대부분의 경우 활로씨 4징증을 대상으로 한 것이나, 전세계적으로 만족할 만한 결론은 내려지지 못하고 있다. 우선 본 저자들은 우심실 유출로의 폐색을 충분히 교정하여 술후 우심실압이 낮아지면 심낭패취, 특히 자가심낭패취는 류형성(aneurysm formation) 등의 위험성 없이, 또 출혈이나 이물반응(Foreign body reaction)없이 유지될 수 있으므로 Dacron이나 PTFE 패취에 비해 우월하다고 생각한

다⁶³⁻⁶⁵). 그러나 자가 심낭을 그대로 사용하는 것은 첫째, 조작(Handling)이 불편하고 둘째, 후에 수축(Shrinkage)이나 확장(Expansion)의 위험성^{66, 67}이 있으므로 이를 해결하기 위하여는 심낭을 때자마자 충분히 펴서^{66, 67} 고정(fixation)할 필요가 있다. 본 저자들은 기존의 이종판막(Heterograft valve)에서 사용, 좋은 결과를 보이고 있는 glutaraldehyde를 이용하여 고정하였는데⁶⁷⁻⁶⁹, 고정액의 농도는 장력검사(Tensile strength test)를 거쳐 0.625%의 용액을 사용하였다. 이 팻취가 후에, 기존의 glutaraldehyde로 고정한 이종판막에서 보이는 바와 같은 퇴행성 변화(Degenerative change)⁷⁰를 거칠지는 알 수 없다. 그러나 판막과는 달리 이는 팻취이므로, 또 저자 등이 기대하듯 후벽이 자라준다면, 이 팻취가 석회화 등을 동반하여 아주 굳게(Rigid) 변하더라도 이것때문에 우심실유출로 협착은 생기지 않으리라고 기대한다.

우심장혈관계(Right heart circulation)에 있어 폐동맥판막의 필요성에 있어서는 특히 활로씨 4정증을 중심으로 많은 논란이 되어 왔다. 일반적으로 받아들여지는 바는 폐동맥판막이 없어서 생기는 폐동맥판막 폐쇄부전증이, 특히 수술직후 심실기능이 저하되어 있을 때 문제가 되며, 장기적으로 볼 때는 운동능력 감소의 원인이 될 수 있다는 것이다. 그러나 일반적인 청색증질환의 경우같이 폐동맥압이 낮거나 정상이 아닌 경우라면, 즉 개존 동맥간증과 같이 폐동맥압이 아주 높아져 있는 경우라면 상황이 달라져서 경도 내지 중등도의 폐동맥판폐쇄부전증(Mild to moderate pulmonary regurgitation)도 직접적인 사망원인이 될 수 있다^{52, 53, 71}). 본 술식을 행함에 있어 저자 등은 판막을 만들어 주는 것을 원칙으로 하였다. 판막을 만드는 방법에 있어 Ionescu²⁵, Guowei나¹⁶ Duran 등⁷²은 저자등과 같은 glutaraldehyde로 고정한 인접판 부착 전면팻취(Glutaraldehyde-preserved pericardial patch containing a pericardial monocusp)를 우형심낭(Bovine pericardium)으로 만들어 환자에 적용, 수술 후 좋은 성적을 얻어 보고 한 바 있다. 본 저자등이 사용한 것은 자가심낭이므로, 이물반응에 의한 영향 등을 고려한다면 이들의 결과에 비해 우월한 결과를 낳을 것이라 기대된다. 그러나 자신의 틀을 갖고 있는 기존의 이종조직판막이나 기계판막에 비해 이와 같이 일첨판막만을 팻취에 일부에 만들어 준 것은, 아무리 잘 design하여 만들어도 약간의 폐쇄부전(Incompetence)을 피할 수는 없다. 이런 이유에서 Bailey⁶는 일

첨판을 전면팻취에 붙이지(Mount)말고 직접 심실에 붙일 것을 주장하였고, LeCompte³⁹ 역시 이에 동조하고 있으나 저자 등은 이에 대한 경험이 없어 무어라 논할 입장이 못 된다.

사실 본 술식에 있어, 장기적으로 볼때 폐색을 일으킬 소지는 바로 이 일첨판막에 있더라도 과연이 아니나 현재로는 이의 예후가 어떻다고 정확히 예측하기 어렵다. 그러나 기존의 이종조직판막에 있어 밝혀진 바같이 수술이 5~10년 후에 조직의 변형이 생겨 고정이 된다면 그 양상은 대개의 이종판막에서 보고되듯이 반쯤 닫혀진 상태(Semi-closed state)에서의 고정일 것이고, 또 그때까지 후벽은 계속 자라있을 것이니 실제의 우심실유출로 내경은, 증상을 일으킬만한 내경을 정상기대치의 25%라고 볼때, 그 이상의 크기를 갖게 되어 폐동맥판폐쇄부전에 의한 경미한 운동능력 감소만 있을 뿐 일상생활에 불편이 없고 따라서 재수술이 필요없으리라고 기대할 수 있다. 기존의 활로씨 4정증에 대한 연구보고는 이같은 저자등의 기대를 뒷받침해주고 있다⁷³). 하지만 면밀한 추적조사와 연구가 절대 필요하다고 사료된다.

네째, 저자 등은 광범위하게 심낭을 절제후 심낭을 재봉합하지 않았는데 이와 같은 조작이 술후 예후에 전혀 영향이 없을 것인가 하는 것이다. 심낭을 재봉합하지 않는 것은, 기존의 많은 문헌에서 보고된 바와 같이, 심낭절제후증후군(Postpericardiotomy syndrome)이나 종격동염(Mediastinitis)의 빈도에 차이를 주지않고 심tampon(Pericardial tamponade)의 위험성은 오히려 줄일 수 있다고 생각한다^{74, 75, 76}). 게다가 장시간의 대동맥교차차단이나 체외순환이, 이미 저산소증과 과다한 일(Excessive workload) 등에 의해 정상이 아닌 심근에 영향을 미쳐 술후 심근부종(Myocardial edema)을 유발했을 경우 심낭을 덮어주는 것은 오히려 불이익만을 초래할 수 있다고 본다. 재수술을 시행시 조금 더 위험성이 있을 수 있다는 단점⁷⁴은 있을 수 있으나 심낭을 재봉합하지 않는 것은 이상과 같이 술후 예후에 영향을 미치지 않는다고 사료되며, 따라서 자가심낭을 절제하여 사용하는 것은 문제가 없다고 생각한다.

V. 결 론

서울대학교병원 흉부외과에서는 과거 Rastelli씨 술식의 적응증이 되던 12례의 복잡심기형환아에 대해 인

조도관을 사용치 않고 완전교정술을 시행하였다. 대상환자는 심실중격결손증을 동반한 폐동맥폐쇄증이 6례, 심실중격결손증과 폐동맥협착증이 동반된 교정대혈관 전위증이 3례, 폐동맥협착증을 동반한 양대혈관우심실기시증이 2례, 그리고 관상동맥분지가 우심실유출로 위로 지나가는 활로씨 4경증이 1례였다. 수술은 기존의 Rastelli씨 술식과 대개는 같으나, 인조도관을 사용하지 않고 직접 폐동맥을 박리하여 우심실의 적절한 위치에 재이식하는 'REV'술식과 유사한 방법을 이용하였다. 수술사망은 2례였으며, 생존환자는 모두 좋은 상태를 보이고 있다. 결론적으로 말해, 저자들은 본 수술이 Rastelli씨 수술이 적응이 되면 모든 질환에서 인조도관의 사용에 따른 합병증 없이 사용될 수 있는 보다 개선된 술식이라 생각한다.

REFERENCES

- Rastelli GC, Ongley PA, Davis GD et al: *Surgical repair for pulmonary valve atresia with coronary-pulmonary artery fistula Report of a case. Mayo Clin Proc* 40:521-527, 1965
- Rastelli GC: *A new approach to "anatomic" repair of transposition of the great arteries. Mayo Clin Proc* 44:1-12, 1969
- Moulton AL, De Laval MR, Macartney FJ et al: *Restelli procedure for transposition of the great arteries, ventricular septal defect and left ventricular outflow tract obstruction-early and late results in 41 patients(1971-1978) Br. Heart J* 45:20-8, 1981
- Baley WW, Pacifico AD, Kouchokos MT et al: *Late results of valved external conduits. Circulation* 53(II), II-100, 1976
- Norwood WI, Freed MD, Rocchini AP et al: *Experience with valved conduits for repair of congenital cardiac lesions. Ann Thorac Surg* 24:223-232, 1977
- Baliley LL, Petry EL, Doroshow RW et al: *Biologic reconstruction of the right ventricular outflow tract-preliminary experimental analysis and clinical application in a neonate with type I truncus arteriosus. J Thorac Cardiovasc Surg* 82:779-727-733, 1982
- Lecompte Y, Zannini L, Hazan E et al: *Anatomic correction of transposition of the great arteries-New technique without use of a prosthetic conduit. J Thorac Cardiovasc Surg* 82:629-631, 1981
- Lecompte Y, Neveux JY, Leca F et al: *Reconstruction of the pulmonary outflow tract without prosthetic conduit. J Thorac Cardiovasc Surg* 84:727-733, 1982
- Sakata R, Lecompte, Y, Batisse A et al: *Anatomic repair of anomalies of ventriculoarterial connection associated with ventricular septal defect. II. Clinical results in 50 patients with patients with pulmonary outflow tract. J Thorac Cardiovasc Surg* 95:96-102, 1988
- Borromee L, Lecompte Y, Batisse A et al: *Anatomic repair of anomalies of ventriculoarterial connection associated with ventricular septal defect. II. Clinical result in 50 patients with J Thorac Cardiovasc Surg* 95:96-102, 1988
- Nakada S, Imai Y, Takanashi et al: *A new method for the quantitative standardization of cross sectional areas of the pulmonary arteries in congenital heart disease with decreased pulmonary blood flow. J Thorac Cardiovasc Surg* 88:610, 1984
- Naito Y, Fujita T, Manabe H et al: *The criteria for reconstruction of right ventricular outflow tract in total correction of tetralogy of Fallot. J Thorac Cardiovasc Surg* 80:574-581, 1980
- McGoon DC, Rastelli GC, Ongley PA: *An operation for the correction of truncus arteriosus. JAMA* 205:69, 1969
- Harclectti C, McGoon DC, Danielson GK et al: *Early and late results of surgical repair of truncus arteriosus. Circulation* 55:635, 1977
- Bowman Fo, Hancock WD, Malm JR: *A valve-containing Dscron prosthesis. Ann Surg* 107:724-728, 1973
- MaGoon DC, Wallace RB, Danielson GK: *The Restelli operation-Its indications and results. J Thorac Cardiovasc Surg* 65:65-75, 1973.
- Imamura E, Morikawa T, Tatsuno K et al: *Conduit repair of transposition complexes-A report of 14 cases. J Thorac Cardiovasc Surg* 73:570-577, 1977
- Ebert PA, Robinson SS, Stranger P et al: *Pulmonary artery conduits in infants younger than six months of age. J Thorac Cardiovasc Surg* 72:351-356, 1976
- Kouchoukos NT, Barcia A, Barger LM et al: *Surgical management of congenital pulmonary*

- artresia with ventricular septal defect. *J Thorac Cardiovasc Surg* 61:70, 1971
20. Clarkson S, Sade RM, Hon A: *Clinical and hemodynamic results of extracardiac conduit reconstruction of pulmonary artery.* *Clin Cardiol* 3:42, 1980
 21. Kyger ER, Chiariello L, Hallman GL et al: *Conduit reconstruction of right ventricular outflow tract.* *Ann Thorac Surg* 19:277, 1975
 22. Kirklin JW, Bailey WW: *Valved external conduits to pulmonary arteries.* *Ann Thorac Surg* 24:202, 1977
 23. Schatt HV, DiDonato RM, Danielson GK et al: *Reoperation for obstructed pulmonary ventricle-pulmonary artery conduits-early and late results.* *J Thorac Cardiovasc Surg* 88:334-343, 1984
 24. Marcelletti C, Hair DD, HcGoon DC et al: *The Rastelli operation for transposition of the great arteries-early and late results* *J Thorac Cardiovasc Surg* 72:427-424, 1976
 25. Icnessu MI, Tandon AP, Macortney FJ: *Long-term sequential hemodynamic evaluation of right ventricular outflow tract reconstruction using a valve mechanism.* *Ann Thorac Surg* 27:426-434, 1979
 26. Danielson GK, Downing TP, Schaff HV et al: *Replacement of pbstructed extracardiac conduits with autogenous tissue reconstruction.* *J Thoracic Cardiovascular Surg* 93:555-9, 1987
 27. Bull C, Macartney FJ, Horvath P et al: *Evaluation of long-term results of homograft and heterograft velves in extracardiac conduitis.* *J Thorac Cardiovasc Surg* 95:12-9, 1987
 28. McGoon DC: *Long-term effects of prosthetic materials.* *Am J Cardiol* 50:621-630, 1982
 29. Goor DA, Hoa TQ, Mohr R et al: *Pericardial-mechanical valved conduits in the management of right ventriculaular outflow tracts preliminary reports.* *J Thorac Cardiovasc Surg* 87:236-243, 1984
 30. McGoon DC, Danielson GK Puga RJ et al: *Late results after extracardiac conduits repair for congenital cardiac defects.* *Am J Cardiol* 49:1741-1749, 1982
 31. Dunn JM, Stark J, De IEVAL M: *Avoiding compression of extracardiac valved donduits ped Cardiol* 4:236-238, 1983
 32. Stewart S: *Discontinuity between the heart and the pulmonary circulation. Its management with the use of a valved external conduit.* *Arch Surg* 114:266-270, 1979
 33. Mercer JL: *Acceptable size of the pulmonary valve ring in congenital cardiac defects.* *Ann Thorac Surg* 20:567-570, 2975
 34. Bisset GS III, Schwart DC, Benzing C III et al: *Late results of reconstruction of the right ventricular outflow tract with porcine xenografts in children.* *Ann Thorac Surg* 31:437-443, 1981
 35. Agarwal KC, Edwards WD, Feldt RH et al: *Clinicopathologic correlates of obstructed right-sided porcine-valved extracardiac conduits.* *J Thorac Cardiovasc Surg* 81:591-601, 1981
 36. Agarwal KC, Edwards WD, Feldt RH et al: *Pathogenesis of nonobstructive fibrous peels in right-sided porcine-valved extracardiac conduits.* *J Thorac Cardiovasc Surg* 83:584-589, 1982
 37. Wheatley DJ, Prusty S, Ross DN: *Reconstrction of right ventricular outflow with a valved homograft conduit.* *Thorax* 29:617, 1974
 38. Ross DN, Someroille J: *Proceedings of the British cardiac Surgery: Homograft reconstruction of right ventricular outflow tract in pulmonary atresia Late results.* *Br Heart J* 38:316, 1976
 39. Rodley-Smith R, Yacoub M: *Late results of reconstruction of right ventricular outflow tract using aortic valve homograft in infants and children.* *Am J Cardiol* 29:295, 1977
 40. Brown JW, Halpin MP, Rescorla FJ et al: *Externally stented polytetrafluoroethylene valved conduits for right heart reconstruction -An experimental comparison with Dacron valved conduits.* *J Thorac Cardiovasc Surg* 90:833-841, 1985
 41. Gilbert JW, Cornell WP, Cooper T: *An experimental study of pulmonary artery replacement.* *J Thorac Cardiovasc Surg* 40:667-672, 1960
 42. Peetz DJ Jr, Spicer RL, Crowley DC et al: *Correction of truncus arteriosus in the neonate using a non-valved conduit.* *J Thorac Cardiovasc Surg* 83:743-746, 1982
 43. Heck HA, Schieken RM, Lauer RH et al: *Conduit repair for complex congenital heart disease Late follow-up.* *J Thorac Cardiovasc Surg* 75:806-814, 1984
 44. Iibawi MN, Lockhart CGL, Idriss FS et al: *Experi-*

- ence with St. Medical valve prosthesis in children-A word of caution regarding right-side placement. *J Thorac Cardiovasc Surg* 93:73-90, 1987
45. Pass H, Sade R, Crawford F et al: Cardiac valve prosthesis in children without anticoagulation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 93:73-90, 1987
 46. Nunez L, Iglesias A, Sotillo J; Entrapment of leaflet of St. Jude medical cardiac valve prosthesis by miniscule thrombus-Report of two cases. *Ann Thorac Surg* 29:566-569, 1980
 47. Cartmill T13, Celermajer JM, Stuckey et al: Use of Bjork-Shiley tilting disc prosthesis in valved conduits for right ventricular outflow reconstruction. *Br Heart J* 36:1106-1108, 1974
 48. Fiore AC, Peigh PS, Robison RJ et al: Valved and nonvalved right ventricular pulmonary arterial extracardiac conduits. *J Thorac Cardiovasc Surg* 86:490-497, 1983
 49. Jones EL, Conti Neill CA et al: Long term evaluation of tetralogy patients with pulmonary vascular insufficiency resulting from outflow patch correction across the pulmonary annulus. *Circulation* 48:Suppl 3:11, 1973
 50. Ilbawi MN, Idriss FS, DeLeon SY et al: Long-term results of porcine valve insertion for pulmonary regurgitation following repair of tetralogy of Fallot. *Ann Thorac Surg* 36:684-691, 1983
 51. Misbach GA, Turley K, Ebert PA et al: Pulmonary valve replacement for regurgitation after repair of tetralogy of Fallot. *Ann Thorac Surg* 36:684-691, 1983
 52. Bove EL, Byrum CJ, Thomas FD et al: The influence of pulmonary insufficiency on ventricular function following repair of tetralogy of Fallot. *J Thorac Cardiovasc Surg* 85:691-696, 1983
 53. Guo-Wei H, Chia-Chiang K, Mee RBB: Pulmonic regurgitation and reconstruction of right ventricular outflow tract with patch-an experimental study. *J Thorac Cardiovasc Surg* 92:128, 1986
 54. LeCompte Y, Zannini L, Hazan E et al: Anatomic correction of transposition of the great arteries. *J Thorac Cardiovasc Surg* 82:629, 1981
 55. Blackstone EH, Kirklin JW, Pacifico AD: Decision-making in repair of tetralogy of Fallot based on intraoperative measurement of pulmonary arterial outflow tract. *J Thorac Cardiovasc Surg* 77:526, 1979
 56. Blackstone EH, Kirklin JW, Bertranou EG et al: Preoperative prediction from cineangiograms of postrepair right ventricular pressure in tetralogy of Fallot. *J Thorac Cardiovasc Surg* 78:542, 1979
 57. 김진국, 노준량 : 폐동맥 면적지표가 청색증 심장기형에 있어서 라스텔리씨 수술후 조기 예후 판정에 미치는 영향. 대한흉부외과학회지(in press)
 58. Graham TP, Jr, Franklin RCG, Wyse RKH et al: Left ventricular wall stress and contractile function in transposition of the great arteries after the Rastelli operation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 93:775, 1987
 59. Kurosawa H, Imai Y, Nakazawa et al: Standardized patch infundibuloplasty for tetralogy of Fallot. *J Thorac Cardiovasc Surg* 92:396-401, 1986
 60. Goor DA, Smolinsky A, Mohr R et al: The drop of residual right ventricular pressure 24 hours after conservative infundibulectomy in repair of tetralogy of Fallot. *J Thorac Cardiovasc Surg* 81:897-905, 1981
 61. Pae WE, Waldhausen JA, Prophet GA et al: Primary vascular anastomosis in growing pigs-comparison of polypropylene and polyglycolic acid sutures. *J Thorac Cardiovasc Surg* 81:921-927, 1982
 62. Myers JL, Waldhausen JA, Pae WE et al: Vascular anastomosis in growing vessels; the use of absorbable sutures. *Ann Thorac Surg* 34:529-537, 1982
 63. Mohri H, Barnes RW, Rittenhouse EA et al: Fate of autologous pericardium and Dacron fabric used as substitutes for total atrial septum in growing animals. *J Thorac Cardiovasc Surg* 59:501-511, 1970
 64. Crawford JR, FA, Sade RM, Spinale F: Reconstruction of the pulmonary valve and outflow tract. *J Thorac Cardiovasc Surg* 41:602-605, 1986
 65. Trusler GA, Iyenger SR, Mustard WT et al: Reconstruction of the pulmonary valve and outflow tract. *J Thorac Cardiovasc Surg* 65:245-251
 66. Ishihara T, Ferrans VJ, Jones M et al: Structures of bovine perietal pericardium and of unimplanted Ionescu-Shiley pericardial valvular bioprosthesis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 81:747-757, 1981
 67. Reece IJ, Van Noort R, Martin TRP et al: The physical properties of bovine pericardium: A study of the effect of stretching during chemical treatment in

- Glutaraldehyde. Ann Thorac Surg 33:480-485, 1982*
68. Trowbridge EA, Roberts KM, Crofts CE et al: *Pericardial heterografts-toward quality control of the mechanical property of glutaraldehyde-dixed leaflets. J Thorac Cardiovasc Surg 92:21-28, 1986*
69. Opie JC, Larriec AJ, Cornell IS: *Pericardial substitutes; delayed reexploration and findings. Ann Thorac Surg 43:383-385, 1987*
70. Gabbay S, Bortolotti U, Factor et al: *Calcification of implanted xenograft pericardium. J Thorac Cardiovasc Surg 87:782-898, 1984*
71. Ilbawi MN, Idriss FS, DeLeon SY et al: *Factors that exaggerate the deleterious effects of pulmonary insufficiency in the right ventricle after tetralogy repair-surgical implications. J Thorac Cardiovasc Surg 93:36-44, 1987*
72. Duran CMG, Revuelta JM, Pomar JL: *A new composite xenograft monocusp patch for reconstruction of the right ventricular outflow tract. A preliminary report. Cardiovasc Dis 7:58, 1982*
73. Katz NM, Blackstone EH, Kirklin JW et al: *Late survival and symptoms after repair of tetralogy of Fallot. Circulation 65:403, 1982*
74. Azanza L, Rao G, Voleti C et al: *Should the pericardium be closed after an open heart operation? Ann Thorac Surg 22:532-534, 1976*
75. Merav AD, Brodman R, Attai LA et al: *A simple technique for tension-free pericardial closure. Ann Thorac Cardiovasc Surg 28:399-400, 1979*
76. Merav AD, Brodman R, Attai LA et al: *Influence of primary closure of the pericardium after open heart surgery on the frequency of tamponade, postcardiotomy syndrome, and pulmonary complications. J Thorac Cardiovasc Surg 70:119-125, 1975*