

청색심기형 환자에서 PTFE 인조혈관을 이용한 쇄골하-폐동맥 단락술의 임상적 적용과 그 결과**

나명훈*·함시영*·성숙환*·김용진*·노준량*·서경필*

— Abstract —

Clinical Application and its Result of Modified Blalock-Taussig Shunt Using Polytetrafluoroethylen in Congenital Cyanotic Heart Disease

Myung Hoon Na, M.D.*, Shee Young Hahm, M.D.*, Sook Whan Sung, M.D.*,
Yong Jin Kim, M.D.*, Joon Ryang Rho, M.D.*, and Kyung Phill Suh, M.D.*

This report provides follow-up data on 116 patients with congenital cyanotic heart disease, aging 1 month to 13 years (median: 1.8 years), who underwent the modified Blalock-Taussig shunt using polytetrafluoroethylene graft at Seoul National University Hospital between September, 1984 and June, 1987.

Among 116 patients complete follow-up studies were done on 95 patients. The mean preoperative arterial oxygen tension was 36 torr. Thirty-Six patients (38%) underwent operation in infancy. Conduit diameters included 4mm (15 cases), 5mm (47 cases), and 6mm (33 cases) sizes. The mean postoperative arterial oxygen tension was 52 torr ($P<0.001$).

The effectiveness of shunts was evaluated clinically and by shunt murmur, echocardiography and cardiac catheterization with angiography 1 to 31 months after operation.

The incidence of shunt occlusion was 9.5% and the mortality was 14.8%. The actuarial patency rate was $83.1 \pm 6.4\%$ and the actuarial survival rate was $82.5 \pm 4.5\%$ at 30 months' follow-up for all patients. The effectiveness of the 4mm diameter conduit may be limited.

The modified Blalock-Taussig procedure is an effective alternative to the classic B-T shunt in congenital cyanotic heart disease.

I. 서 론

선천성 심장질환의 치료에 있어서 최근의 조기 완전 교정술의 시행 추세에도 불구하고 어떤 청색 심장기형 환자에 있어서는 완전 교정술이 불가능한 것이 사실이

다. 이러한 청색 선천성 심장기형의 고식적 수술중의 하나로 1945년 Blalock과 Taussig에 의해 시도된 Blalock-Taussig Shunt (B-T Shunt)¹⁾는 폐혈류를 증가시켜 환자 상태를 호전시키고 환자의 지속적인 성장을 가능하게 하였으며, 슬후 사망율이나 폐부종 및 심부전증의 빈도가 다른 대동맥-폐동맥 단락술 (Aorto-Pulmonary Shunt) 보다 낮아²⁾ 많이 시행되어 왔으나, 쇄골하동맥의 절단으로 인한 상지의 발육부전^{3), 4)}이나 괴저 (gangrene)^{5), 6)} 등의 손상이 보고되어 각종 변형술식이 사용되었으며, 1975년 deLeval 등⁷⁾에 의해 Polytetrafluoroethylene (PTFE) 인조혈관을 이용한 변

* 서울대학교 의과대학 흉부외과학교실

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

** 본 논문은 1986년도 서울대학교병원 임상연구비 보조로 이루어진 것임.

1987년 11월 3일 접수

형 B-T Shunt 가 시행되어 위의 합병증을 줄일 수 있게 되었으나 PTFE 인조혈관 사용의 결과는 아직 논란의 대상이 되고 있다.

서울대학교 의과대학 흉부외과학교실에서는 1984년 9월부터 1987년 6월까지 선천성 청색 심장기형 환자 중 교정수술이 가능하지 못한 116예에서 청색증을 완화시켜 환자 상태를 호전시키고, 폐동맥 및 좌심실의 확대를 기대하여 나중 완전 교정수술이 가능하도록 PTFE 인조혈관을 이용한 쇠골하-폐동맥 단락술 (Modified B-T Shunt) 을 시행하였다. 이 중 추적이 가능한 95예를 대상으로 그 원격성적을 분석하여 그 결과를 문헌고찰과 더불어 보고하는 바이다.

II. 관찰대상 및 방법

1984년 9월부터 1987년 6월까지 서울대학교 의과대학 흉부외과학교실에서 Mod. B-T Shunt 를 시행받은 116예 중 추적이 가능했던 75예를 대상으로 하였으며, 술전 전예에서 심도자검사 및 심혈관 조영술을 시행하였다. 95예 중 술전 Classical B-T Shunt 를 시행받은 환자가 2예에서 있었는데 1예는 심혈관조영술상 개통되어 있었으나 단락의 협착이 있었으며, 나머지 1예는 막혀있었다.

단락술의 개통 여부는 단락 잡음의 유무, 청색증의 심화, 심에코도 및 심혈관조영술로 결정하였는데, 84예는 단락잡음의 유무 및 청색증의 심화로, 2예는 2-D 심에코도로 그리고 나머지 9예는 심혈관조영술로 확인하였다.

술후 심혈관조영술을 다시 시행받은 9예의 환자에서 5예는 완전교정술을 시행받았는데 이 중 3예 (TOF 2, DORV+PS 1)는 생존하였고, 2예 (Mitral atresia+ASD 1, TGA+VSD+PS 1)는 사망하였다. 사망한 2예 중 1예는 증모판막폐쇄증과 심박중격결손증인 환자로 변형 Fontan 술식을 시행하였으나 수술 직후 사망하였으며, 나머지 1예는 양대혈관전위증과 심실중격결손증 및 폐동맥협착증인 환자였는데 변형 Fontan 술식의 하나인 Fantidis 술식을 시행하여 생존하였으나 술후 3개월째에 발생한 상·하대정맥과 우심방에 생긴 심한 혈전증으로 사망하였다.

수술은 72예는 좌측, 23예는 우측 후측방 개흉술을 시행하여 접근하였는데 이 좌우측의 선택은 주로 대동맥구 쪽을 택하였으며 그 외에 심혈관조영술상 폐동맥의 크기나 유무, 또는 개존 동맥관의 위치 및 폐혈류량 등

을 고려하여 결정하였다. 제 4 늑간 절개로 흉곽내로 들어가 쇠골하동맥과 폐동맥을 박리하여 분리시킨 후 직경 4mm, 5mm, 또는 6mm PTFE 인조혈관을 이용하여 쇠골하-폐동맥 단락술을 6-0 Prolene 으로 시행하였으며 동맥관은 결찰하였다. 수술직후 혈압을 충분히 유지하였으며¹⁵⁾ 단락을 통한 혈류를 인조혈관과 폐동맥에서 촉지하여 확인하였고 나중 단락의 해체 (Take-down) 를 위해 2-0 prolene 으로 두번 감아 흉선이나 심낭에 부착시켰다. 1987년 1월 이후에는 수술한 전예에서 항응혈요법으로 Aspirin (8mg/kg/day) 과 Persantin[®] (2.5mg/kg/day) 을 사용하였다¹⁶⁾.

관찰기간은 최단 1개월에서 31개월까지였으며 전체 환자의 누가추적기간은 835환자-개월로 평균 8.8개월이었다. 수술후 추적결과의 분석은 생명표를 이용한 통계법을 이용하였으며 유의성은 t-검정법 (t-test) 을 이용하여 95% 신뢰한계 (P<0.05) 로 판정하였다.

III. 결 과

환자는 남아가 53예, 여아가 42예로 남아가 많았으며, 연령범위는 생후 1개월에서 13세 (중간값: 1.8년) 까지였고 (table 1), 연령분포는 1개월 이하의 신생아가 4예, 1세 이하가 32예, 1세 이상 4세 이하가 39예, 그리고 그 이상이 20예였으며 (Table 2), 체중은 3kg에서 25kg까지로 평균 11.0kg이었다. 환자는 정도의 차이는 있었지만 전예에서 생후부터 청색증이 있었으며 이들의 동맥혈 산소분압은 15~63mmHg (평균: 36mmHg)이었다 (Table 1).

단락술을 시행한 원인질환을 보면 폐동맥폐쇄증 (Pulmonary atresia) 이 30예로 가장 많았고, TOF가 26예, SV+PS가 11예의 순이었다 (Table 2).

수술사망은 14예 (14.8%)에서 발생했는데, 이 중 조기 사망은 9예 (9.5%), 만기 사망은 5예 (5.3%)이었으며, 30개월 원격관찰시 생존율은 $82.6 \pm 4.5\%$ 이었다 (Table 3, Fig. 1). PTFE 인조혈관의 내경의 크기와 사망율과의 관계를 보면 4mm의 경우 15예 중 4예의 사망 (26.7%, 조기사망 3예, 만기사망 1예)이 있었고, 5mm의 경우 47예 중 사망이 8예 (17%, 조기사망 4예, 만기사망 4예) 있었으며 6mm의 경우 33예 중 2예 (6.0%, 조기사망 2예)에서 사망이 발생하였다.

나이의 사망율과의 관계를 보면 1세 이하의 영아 36예 중 9예가 사망 (25%) 하였고 1세 이상의 환자에서는 59예 중 5예의 사망 (8%)이 발생하여 1세 이하의

환자에서 유의하게 사망율이 높았다 ($P < 0.05$, Table 4).

사망의 원인을 보면 단락술 폐쇄가 6예로 가장 많았고, 폐혈류 과잉에 의한 폐부종이 4예, 심부전증에 의한 사망이 3예, 그리고 수술중 폐동맥 차단 직후에 발생한 심한 저산소증에 의한 사망이 1예 있었다(Table

Table 1. Patient Data

Duration	September, 1984-June, 1987
Patients	95
Male : Female	53 : 42 (1.3:1)
Right : Left	23 : 72
Age range	1mo-13yrs(median : 1.8yrs)
Weight range	3-25kg(mean : 11.0kg)
PaO2 range	15-63mmHg(mean : 36mmHg)
Follow up	1mo-31mo(mean : 9.6mo)

Table 2. Patient age and number according to diagnosis

Diagnosis	No	1mo	6mo	1yr	4yr	8yr	8yr
TOF	26	1	1	7	9	5	3
TA	5	-	2	1	2	-	-
PA + VSD	29	2	9	2	10	5	1
PA + IVS	1	-	1	-	-	-	-
DORV + PS	10	-	-	-	7	1	2
TGA	7	1	5	-	1	-	-
C-TGA + PS	1	-	-	-	1	-	-
SV + PS	11	-	2	2	4	2	1
MA	2	-	-	-	2	-	-
C-ECD + PS	3	-	-	-	3	-	-

Legend: TOF; Tetralogy of Fallot, TA; Tricuspid atresia, PA; pulmonary atresia, VSD; ventricular septal defect, IVS; Intact ventricular septum, DORV; Double outlet right ventricle, PS; pulmonary stenosis, TGA; Transposition of great arteries, C-TGA; corrected TGA, SV; single ventricle, MA; mitral atresia, C-ECD; complete endocardial cushion defect.

Table 3. Relationship of shunt size, its failure and Mortality

Shunt size (mm)	No. of patients	Shunt failure (%)		Total (%)	Death (%)		Total (%)
		early	late		early	late	
4	15	4	2	6	3	1	4 (26.7)
5	47	1	2	3 (6.4)	4	4	8 (17.0)
6	33	0	0	0 (0)	2	0	2 (6.0)
Total	95	5 (5.3)	4 (4.2)	9 (9.5)	9 (9.5)	5 (5.3)	14 (14.8)

5). 단락술 폐쇄에 의한 사망 6예중 4mm PTFE 인조혈관을 사용한 경우가 4예 있었고, 5mm가 2예 있었는데, 4mm의 사망 4예는 4mm의 전체 사망자수에 해당하였으며, 이중 3예는 조기사망, 1예는 술 후 2개월에 발생한 만기사망이었다. 폐부종에 의한 사망 4예중 2예는 5mm 인조혈관에서, 2예는 6mm 인조혈관을 사용한 환자에서 발생했으며 4mm에서는 없었고, 심부전증에 의한 사망 3예는 전부 5mm 인조혈관에서 발생하였다(Table 5).

단락술 폐쇄는 95예중 9예에서 발생하여 발생율은 9.5%이었으며, 이중 조기폐쇄가 5예(5.3%), 만기폐쇄는 4예(4.2%)이었으며, 30개월 원격 관찰시 전체 단락술 개통율은 $83.1 \pm 6.4\%$ 이었다(Table 3, Fig 2).

PTFE 인조혈관의 내경과 단락술 폐쇄와의 관계를 보면 4mm의 경우 단락술 폐쇄가 15예중 6예로 40%를 차지하며 18개월 원격 단락개통율은 $46.5 \pm 16.1\%$ 이고, 5mm의 경우는 47예중 3예에서 발생하여 폐쇄율은 6.4%이고 30개월 원격 단락 개통율은 $78.4 \pm$

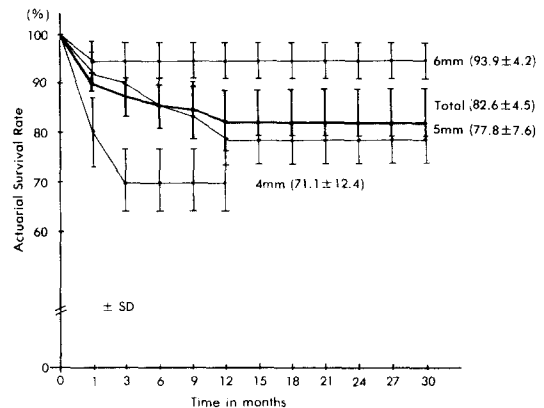


Fig. 1. Actuarial survival rate in patients with Modified B-T shunt operation with PTFE tubes, 4mm, 5mm, and 6mm in diameter.

Table 4. Relationship of age distribution, shunt failure and Mortality

Age	No	Shnt size (mm)			Shunt failure			Mortality		
		4	5	6	early	late	Total	early	late	Total
<1mo	4	4	0	0	2	0	2	2	1	3
1mo-6mo	20	7	12	1	0	2	2	3	1	4
6mo-1yr	12	3	9	0	1	2	3	0	2	2
1yr-4yr	39	1	19	19	1	0	1	4	1	5
4yr-8yr	13	0	6	8	0	0	0	0	0	0
>8yr	7	0	2	5	1	0	1	0	0	0
Total	95	15	47	33	5	4	9	9	5	14

Table 5. Causes of Death

Causes	Shunt size	No	Total
Shunt failure	4mm	4 ----- { PA + VSD 1 TOF 3	6
	5mm	2 ----- { TOF 1 SV + PS 1	
	6m	0	
Pulmonary edema	4mm	0	4
	5mm	2 ----- PA + VSD	
	6mm	2 ----- TOF	
Congestive heart failure	4mm	0 ----- PA + PS	3
	5mm	3 ----- TOF S LPA	
	6mm	0	
Severe hypoxia		1	1
Total		14	14

13.3%에 이어서 4 mm 인조혈관에서 단락술 폐쇄가 호발하며 ($P < 0.05$), 6mm 인조혈관에서는 단락술 폐쇄가 없었다 (Table 3, Fig. 2).

수술전 동맥혈 산소 분압은 15~63 mmHg (평균 36 mmHg) 이었으며, 수술 후 산소 분압은 41~88 mmHg (평균 52.4 mmHg) 로 유의하게 증가되었다 ($P < 0.001$).

IV. 고 안

Classical B-T Shunt 는 폐혈류가 감소된 청색 심기형을 가진 환자에 있어서 중요한 고식 수술이며¹⁾ 이 수술은 다른 대동맥-폐동맥 단락술에 비해 장기 개통

율과 낮은 수술 사망율, 폐부종 및 심부전증의 빈도를 보이고 있으나²⁾, 단점으로 단락을 결찰하기 위한 오랜 박리시간¹³⁾, 차별적 양쪽 폐동맥 혈류¹⁶⁾, 횡경막 신경의 손상¹⁷⁾과 단락술을 시행한 팔의 크기 감소 및 발육부전^{3,4)}, 상지의 괴저 (gangrene)^{5,6)} 등의 합병증이 보고되고 있다¹⁵⁾. 이러한 쇄골하동맥의 절단에 따른 합병증을 피하기 위해 Teflon 인조혈관을 이용한 변형술식이 1962년 Klinner 등⁸⁾에 의해 최초로 시도되었고, PTFE 인조혈관의 임상적 적용은 1976년 Gazzaniga 등⁹⁾에 의해 대동맥-폐동맥 단락술에 시도된 이래, 높은 개통율^{11,12)}, 양호한 임상상태의 호전¹³⁾, 용이한 사술¹³⁾, 그리고 수술 후 혈류역학적 및 심혈관조영술 상의 변화 분

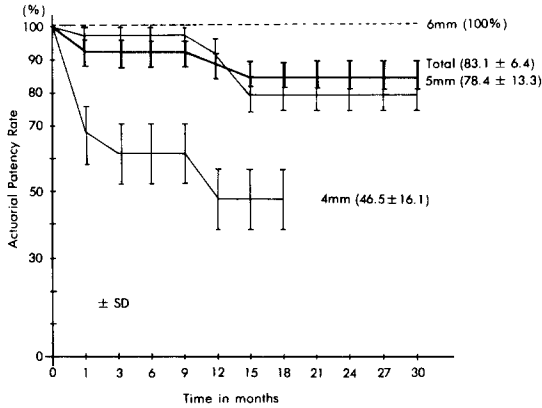


Fig. 2. Actuarial patency rate curve in patients with Modified Blalock-Taussig Shunt operation with PTFE tubes, 4mm, 5mm, and 6mm in diameter.

석^{10,14)} 등이 보고되고 있다.

PTFE 인조혈관의 혈전을 방지하고 개통율을 높이는 주요한 인자는 음전하를 띤反침수성 표면(nonwettable electronegative surface)과 인조혈관의 미세공을 통한 섬유아세포의 급성 증식 및 새로운 혈관내막 생성의 제한이라고 이론적으로 알려져 있다^{9,13~15)}.

쇄골하동맥의 크기는 인조혈관 내경 선택의 중요한 인자인데, 처음 Klinner 등⁸⁾은 인조혈관에 혈전증이 생길 위험성 때문에 쇄골하동맥보다 작은 인조혈관의 사용을 주장하였으나 최근의 보고는 쇄골하동맥의 크기에 관계없이 커다란 인조혈관을 사용하는 것이 조기 및 만기 개통율을 높이는데 중요하다고 하였으며^{7,14,19)}, deLeval 등⁷⁾은 큰 인조혈관을 사용하는 경우 폐혈류 과잉에 의한 폐부종의 가능성이 있으나 쇄골하동맥의 크기가 혈류 결정인자(Flow Regulator)로서 작용하고, 환자의 성장에 따라 커진 쇄골하동맥을 통한 혈류량의 증가에 대처할 수 있기¹⁹⁾ 때문에 신생아에게서도 적어도 5mm 이상의 인조혈관을 사용하는 것이 좋다고 하였으며¹⁵⁾, 본 연구에서도 5mm, 6mm의 인조혈관을 사용한 경우가 4mm를 사용한 경우보다 조기 및 만기 개통율이 높음을 보였다(Fig. 2).

Kay 등¹⁰⁾은 Aspirin과 Persantin®을 이용한 항응혈요법의 시행으로 4mm와 6mm 인조혈관의 개통율에 통계적 차이가 없다고 하여 항응혈요법이 단락 개통의 연장에 중요한 기여를 함을 시사하여¹⁵⁾ 4mm 이하의 인조혈관에서는 항응혈요법이 필요하다고 하였으며¹⁰⁾, 본 연구에서도 1987년 1월부터 수술 전 환자에서 As-

pirin과 Persantin®을 사용하고 있으나 결과는 향후 추적이 필요하겠다.

단락의 폐쇄에 영향을 미치는 인자로 위의 인조혈관의 크기 이외에 수술적 문제 및 말단 폐동맥의 협착 또는 분지화(arborization)에 의한 pulmonary vascular resistance¹⁰⁾ 등이 보고되고 있다. 수술적인 문제를 보면 혈전증은 PTFE 인조혈관의 봉합부위²⁰⁾나 바늘 자국²¹⁾에서도 발생한다고 알려져 있어 수술도중 인조혈관의 어떠한 손상도 피해야 하며¹⁴⁾, 수술 직후 혈압을 충분히 유지시키고¹⁵⁾ Hematocrit을 45% 이하로 만드는 것이 주요하다¹⁰⁾.

Classical B-T Shunt에서와 같이 변형 B-T Shunt에서도 슬후 폐동맥 크기의 증가가 보고되고 있는데 McKay 등¹⁴⁾은 수술 전후의 혈관조영술을 통한 비교 분석에서 횡경막 위치의 하행대동맥의 직경에 대한 좌측 폐동맥의 경우 평균 32%, 우측 폐동맥은 평균 28%의 증가를 보고하였으며, Ilbawi 등¹⁹⁾은 생후 1개월 이하의 신생아 30예의 3년 추적에서 우측 폐동맥은 50%의 증가를 그리고 폐동맥류는 52%의 증가를 보고하였고, 5mm와 6mm 인조혈관 크기에 따른 차이는 없다고 하였다.

슬후 사망율에 영향을 미치는 위험 인자로 Kirklin 등¹⁸⁾은 폐동맥 자체의 문제¹⁰⁾, Young age 또는 초기 수술을 들었는데 폐동맥 자체의 문제로는 폐동맥폐쇄증인 경우 슬후 사망율이 높다고 하였으며, Young age로는 신생아에서 사망율은 10%에서 47%까지 보고되고 있는데²²⁾ 본 연구에서도 1개월 이하의 신생아 4예 중 3예의 사망이 발생하였고 1세 이하의 환자에서 1세 이상의 환자에서 보다 유의한 사망율의 호발을 보였다. Yokota 등²³⁾은 개존 동맥관에 의존하고 있는 청색 선천 심기형을 가진 신생아 16예에서 응급 수술을 피하고 수술 적정 크기(3mm)의 쇄골하동맥과 폐동맥을 얻기 위해 prostaglandin E₁(PGE₁)을 낮은 용량으로 평균 47일간 연속 주입하였고, 쇄골하동맥과 폐동맥의 크기가 평균 3mm, 4.5mm로 커진 것을 반복 시행한 2-D 에코도로 확인한 후 변형 B-T Shunt를 시행하여 양호한 결과를 얻었다고 이 방법을 추천하고 있으며, 이때 동맥관은 PGE₁을 끊은 후 대부분 폐쇄되거나 재개통되어 심부전증을 초래하거나 단락과 경쟁할 가능성이 있어 결찰하였다.

변형 B-T Shunt는 주로 2세 이하이거나¹⁸⁾ 폐동맥의 발육부전이 있을 때^{7,19,20)} 대상이 되지만 나이에 관계없이 대동맥궁의 어느 쪽에도 시행할 수 있다¹⁸⁾ 하

지만 이 수술의 장기 결과는 알려져 있지 않고 환자들이 성장함에 따라 쇄골하동맥의 직경이 단락의 인조혈관보다 크게 되면 단락을 통한 혈류의 감소는 쇄골하동맥의 크기에 의하는 것이 아니라 인조혈관 그 자체의 내경에 의해 결정되기 때문에¹⁰⁾ 1~2년 이내에 완전교정이 가능한 환자에서 사용하는 것이 좋으며²⁴⁾ 또 이 변형 B-T Shunt의 단점으로 단락 실패율과 더불어 장액의 누출²⁵⁾ 및 우심실-폐동맥 conduit에서 보는 것과는 다른 pannus의 형성이 보고되고 있기 때문에, 현재 기술상 추후에도 완전교정이 불가능한 환자에 있어서는 Classical B-T Shunt²⁴⁾나 인조혈관을 사용하지 않는 변형술식²⁴⁾의 사용이 고려될 수 있으리라 생각된다.

V. 결 론

서울대학교 의과대학 흉부외과학교실에서는 1984년 9월부터 1987년 6월까지 PTFE 인조혈관을 이용하여 변형 B-T Shunt를 시행받은 116예 중 추적조사가 가능했던 95예를 대상으로 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 95예중 남자가 53예, 여자가 42예로 남자가 많았으며 연령범위는 생후 1개월에서 13세(중간값: 1.8년)까지였으며 추적기간은 1개월에서 31개월(평균 7.6개월)까지였다(Table 1).

2. 사망은 95예중 14예에서 발생하여 사망율은 14.8%였고, 이중 조기사망은 9예(9.5%), 만기사망은 5예(5.3%)에서 발생하였으며 30개월 생존율은 $82.6 \pm 4.5\%$ 였다(Table 3, Fig. 1).

3. 사망의 원인은 단락술 폐쇄가 6예로 가장 많았으며, 폐부종이 4예, 만기 심부전증이 3예, 수술중의 심한 저산소증이 1예 있었다(Table 5).

4. 나이와 사망율과의 관계를 보면 1세이하의 환자 36예중 9예(25%), 1세 이상의 환자 59예중 5예(8.4%)에서 사망이 발생하여 young age가 사망율과 관계있음을 보였다($P < 0.05$, Table 4).

5. 단락술 폐쇄는 95예중 9예(9.5%)에서 발생하였으며, 4mm 인조혈관이 6예로 40%, 5mm가 3예로 6.4%, 그리고 6mm에서는 폐쇄의 발생이 없어, 4mm에서 단락 폐쇄의 빈도가 높음을 보였다($P < 0.05$, Table 3).

6. 각 인조혈관의 장기 개통율을 보면 4mm가 18개월에 $46.5 \pm 16.1\%$, 5mm와 6mm가 30개월에

$78.4 \pm 13.3\%$ 와 100%이고, 전체적으로 30개월에 $83.1 \pm 6.4\%$ 를 기록하여 우수하였다(Fig. 2).

이상으로 본 연구의 결론을 보고하면서 PTFE 인조혈관을 이용한 변형 B-T Shunt는 선천 청색 심기형의 우수한 고식수술이며, 단락개통율을 높이기 위해서는 인조혈관에 손상을 주지 않는 수술기법, 적절한 크기의 인조혈관 선택이 중요하며 술후 항응혈요법의 병행이 필요함을 강조하고자 한다.

REFERENCES

- Blalock A, Taussig H: *Surgical treatment of malformations of the heart in which there is pulmonary stenosis or pulmonary atresia.* JAMA 128:189-202, 1945.
- Arciniegas E, Forooki z, Hakimi M, et al: *Classic shunting operations for congenital cyanotic heart defects.* J Thorac Cardiovasc Surg 84:88, 1982.
- Harris A, Segel N, Bishop J: *Blalock-Taussig anastomosis for tetralogy of Fallot. A ten-to-fifteen year Follow-up.* Br Heart J 26:266-273, 1964.
- Currarino G, Engle M: *The effects of ligation of the subclavian artery on the bones and soft tissues of the arm.* J Pediatr 67:808-811, 1965.
- Geiss D, Williams W, Lindsay W, Rowe R: *Upper extremity gangrene. A complication of subclavian artery division.* Ann Thorac Surg 30, 487, 1980.
- Means A, Deverall D, Kester R: *Revascularization of an arm for incipient gangrene after Blalock-Taussig anastomosis.* Br J Surg 65:467, 1978.
- de Leval M, McKay R, Jones M et al: *Modified Blalock-Taussig shunt. Use of subclavian artery orifice as flow regulator in prosthetic systemic pulmonary artery shunts.* J Thorac Cardiovasc Surg 81:112, 1981.
- Klinner W, Pasini M, Schaudig A: *anastomose zwischen system und Lungenarterie mit Hilfe von Kunststoffprothesen bei cyanotischen herzviten.* Thoraxchirurgie 10:68, 1962.
- Gazzaniga AB, Lamberti JJ, Siewers RD et al: *Arterial prosthesis of microporous expanded PTFE for construction of aorta-pulmonary shunts.* J Thorac Cardiovasc Surg 72:357, 1976.
- Kay PH, Capuani A, Franks R, Lincoln C: *Experience with the modified Blalock-Taussig operation using polytetrafluoroethylene (Impra) grafts.* Br Heart J 49:359, 1983.

11. Donahoo JS, Gardner TJ, Zahka K, Kidd BS: *Systemic-pulmonary shunt in neonates and infants using microporous expanded polytetrafluoroethylene: immediate and late results. Ann Thorac Surg 30:146, 1980.*
12. Sanchez GR, Balsgra RK, Black IFS, et al: *Results of systemic to pulmonary artery polytetrafluoroethylene shunts in children (abstract). pediatr Cardiol 3:345, 1983.*
13. Jennings RB, Innes BJ, Brickonan RD: *Use of PTFE grafts for aorto-pulmonary shunts in infants with complex cyanotic heart disease. J Thorac Cardiovasc Surg 76:489, 1978.*
14. McKay R, de Leval MR, Rees P, et al: *Postoperative angiographic assessment of modified Blalock-Taussig shunts using expanded polytetrafluoroethylene (Gore-Tex). Ann Thorac Surg 30:137, 1980.*
15. Karpawich PP, Bush CP, Antillon JR, et al: *Modified Blalock-Taussig shunt in infants and young children. clinical and catheterization assessment. J Thorac Cardiovasc Surg 89:275, 1985.*
16. Fort L, Morrow A, Pierce G, et al: *The distribution of pulmonary anastomosis. An experimental study. J Thorac Cardiovasc Surg 50:671, 1965.*
17. Mickell J, Oh K, Siewers R, et al: *clinical complications of postoperative unilateral phrenic nerve paralysis. J Thorac Cardiovasc Surg 76:297, 1978.*
18. Kirklin JW, Barratt-Boyes BC: *Cardiac Surgery. A willey Medical publication. Jone Willey Sons: 1986.*
19. Ilbawi MN, Grieco J, DeLeon SY, et al: *Modified Blalock-Taussig shunt in nowborn infants. J. Thorac Cardiovasc Surg 88:770, 1984.*
20. Lamberti JS, Campbell C, Replogle RL: *The prosthetic (Teflon) central aortopulmonary shunt for cyanotic infants less than three weeks old: results and longterm follow-up. Ann Thorac surg 28:568, 1979.*
21. Shack RB, Neblett WW, Richie RE: *Expanded polytetrafluoroethylene as dialysis access grafts. Serial study of histology and fibrinolytic activity. Ann Surg 43: 817, 1977.*
22. Edmunds LH Jr, Stephenson LW, Gardzik JP: *The Blalock-Taussig anastomosis in infants younger than 1 week of age. Circulation 62:597, 1980.*
23. Yokota M, Muraoka R, Aosbima M, et al: *Modified blalock-Taussig of prostaglandin E₁ for ductus-dependent neonates with cyanotic congenital heart disease. J Thorac Cardiovasc Surg 90:399, 1985.*
24. Mills NL, Williams LC, Culpepper ws: *Technique and Experience with azygos patch for Modified Blalock-Taussig Anastomosis for congenital cyanotic Heart Disease. Ann Thorac Surg 39:547, 1985.*
25. LeBlanc J, Albus AR, Williams WC, et al: *Serous fluid leakage: a complication following the modified Blalock-Taussig shunt. J Thorac Cardiovasc Surg 88:259, 1984.*