

활로씨사징증 환자에서 Blalock-Taussig 단락술 후 폐동맥의 발달에 관한 연구

정경영* · 조범구* · 홍유선* · 장병철*

— Abstract —

Study of the Development of the Pulmonary Arteries following the Blalock-Taussig Shunt in Tetralogy of Fallot

Kyung Young chung, M.D.* , Bum Koo Cho, M.D.* , Yoo Sun Hong, M.D.* ,
Byung Chul Chang, M.D.*

Primary intracardiac repair of tetralogy of Fallot, with low mortality and early good results, has been accomplished in recent years. But palliative procedures have been reserved for those hypoplastic pulmonary arteries, a hypoplastic left ventricle or anomalies of the coronary artery would make total correction difficult. And the Blalock-Taussig shunt operation is recognized as a standard and popular palliative procedure.

I undertook a retrospective determination of the effect of the Blalock-Taussig shunt operation on the development of the main pulmonary artery and the right and left pulmonary arteries.

Between January, 1980, and April, 1987, at the Severance Hospital, 16 patients were studied by cardiac catheterization and angiocardiology, before undergoing Blalock-Taussig shunting procedures for the palliation of severe symptoms of tetralogy of Fallot, and some time later, usually prior to a second procedure. The mean interval between catheterizations was 22.25 months. Patients with tetralogy of Fallot and pulmonary atresia or with an occluded shunt were not included.

The primary and secondary angiograms of each patient were reviewed, and measurements of the diameter of the main pulmonary artery, the right and left pulmonary arteries, and the descending thoracic aorta were taken.

The results are as follows:

1. The hematocrit decreased from 56.39% to 50.34% ($p < 0.05$), and the arterial oxygen saturation increased from 62.00% to 81.31% ($p < 0.001$) following shunt procedure.
2. The ratio of the diameter of the right pulmonary artery plus the left pulmonary artery to the diameter of the descending thoracic aorta increased 1.30 ± 0.28 times ($p < 0.01$), but the ratio of the diameter of the main pulmonary artery to the diameter of the descending thoracic aorta increased 1.10 ± 0.33 times, which was not significant ($p < 0.05$).
3. The interval between shunting and second catheterization was not related to the magnitude of

* 연세대학교 의과대학 흉부외과학교실

* Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Yonsei University, College of Medicine
1989년 7월 27일 접수

change in the pulmonary arteries($r=0.141$, $p>0.05$).

4. The shangs in the ratio of the diameter of the right pulmonary artery plus the diameter of the left pulmonary artery to the diameter of the descending thoracic aorta was inversely related to the initial ratio($r=0.757$, $p>0.001$), but the change in the ratio of the diameter of the main pulmonary artery to the descending thoracic aorta was not related($r=0.059$, $p>0.05$).
5. There were no differences in enlargement of the pulmonary artery on the side of the shunt(ipsilateral) versus enlargement on the opposite side($p>0.05$), nor according to the size of the shunt($p>0.05$).

In conclusion, this study suggests that the Blalock-Taussig shunt is effective for the development of the right and left pulmonary arteries but not effective for the main pulmonary artery.

I. 서 론

활로씨 사징증은 선천성 심질환중 발생빈도가 높은 질환중의 하나이다.

활로씨사징증의 치료 방침의 결정시 일차 완전교정술을 시행할 것인가 또는 고식적인 단락술을 시행 후 완전교정술을 할 것인가는 많은 논란이 되어 왔으나 수술시기, 심근 보호법, 마취술등의 발달로 완전교정술의 수술 사망율이 낮아짐에 따라 영유아에서도 처음부터 완전 교정술을 시행하려는 경향이고, 따라서 고식적인 제1-폐동맥 단락술은 점차 감소되는 추세이다. 그러나 폐동맥의 형성부전, 좌심실 형성부전, 관상동맥 기형과 같은 해부학적 제한으로 완전교정술이 불가능한 경우에는 아직도 폐혈류를 증가시킴으로써 폐동맥 및 좌심실의 발달을 도모하는 여러가지 고식적 수술 방법들이 사용되어진다.

이러한 고식적 수술방법으로는 1945년 Blalock-Taussig 단락술이 소개되었고 이후 Potts 단락술(1946), Waterston-Cooley 단락술(1962)등의 central type의 체폐동맥 단락술이 발달되었으나 Blalock-Taussig 단락술에 비하여 단락술후 심울혈, 폐동맥 고혈압, 폐동맥의 비틀림등의 발생빈도가 높고 완전 교정술시의 어려움으로 현재는 Blalock-Taussig 단락술을 가장 선호하는 경향이다.

Blalock-Taussig 단락술시 대부분의 연구결과 폐혈류를 증가시켜 폐동맥의 발달이 이루어진다고 하였으나(Guyton등, 1983, Ilbawi등, 1984, Brandt등, 1986), 다른 연구결과에서는 폐동맥의 발달은 일어나지 않는다고 하였다(Gale등, 1979).

저자는 쇄골하 동맥과 폐동맥 단락술인 Blal-

ock-Taussig 단락술후 좌·우 폐동맥 및 주폐동맥 크기의 변화를 측정, 발달의 정도를 조사 연구하고자 한다.

II. 연구대상 및 방법

A. 연구대상

1980년 1월부터 1987년 4월까지 연세의료원에서 심도자 검사 및 심혈관조영술후 Blalock-Taussig 단락술을 시행한 활로씨사징증 환자 38명중에서 일정 기간 후 심도자 검사 및 심혈관조영술을 다시 시행한 환자로서 활로씨사징증과 폐동맥 폐쇄가 동반된 환자를 제외한 심혈관조영술 상 단락술 후 혈관이 개존된 상태였던 환자 16명을 대상으로 하였다.

대상환자 중 남자가 10명, 여자는 6명이었고, Blalock-Taussig 단락술 시행당시 환자의 연령분포는 4개월에서 10세 9개월로서 평균 3.45 ± 2.76 (표준편차)세이였으며, 단락술 전 및 단락술 후 심도자 검사 및 심혈관조영술을 시행한 기간은 10.5개월에서 52개월로서 평균 22.25 ± 12.60 (표준편차)개월이었다(Table 1).

완전 교정술을 시행하지 못하고 단락술을 시행한 이 유로서 3명은 폐동맥의 형성부전이, 7명은 좌심실의 형성부전이, 6명에서는 폐동맥과 좌심실의 형성부전이 모두 있는 경우이었다. 단락술은 좌측쇄골하동맥을 사용한 것이 12명, 우측 쇄골하 동맥을 사용한 것이 4명이었으며, 15명에서는 3-6 mm 직경의 Polytetrafluoroethylene(Gore-Tex) 인조혈관을 사용하였고 1명에서는 직경 5 mm의 미주성 혈관을 사용하여 변형 Blalock-Taussig 단락술을 시행하였다.

이들중 15명에서는 단락술후의 심도자 및 심혈관조

Table 1. Variables before and after Blalock-Taussig shunt for Tetralogy of Fallot

Variables	Mean±SD	Range
Age at preoperative catheterization (year)	3.45±2.76	0.33-10.75
Age at second catheterization (year)	5.30±3.28	1.25-14.17
Interval between catheterizations(month)	22.25±12.60	10.50-52.00

SD : Standard Deviation

영술의 결과에 따라 폐동맥 및 좌심실의 적당한 발달을 확인한 후 완전교정술을 시행하였고 1명에서는 지속된 좌심실 발달 부전으로 추적 관찰 중이다.

B. 연구 방법

각 환자에서 단락술 및 단락술 후에 심혈관조영술을 시행하였으며 Starrett 120M dial vernier caliper를 사용 1/20 mm까지 다음 사항을 측정하였다.

1. 주폐동맥의 직경을 가장 협소부위에서 측정
2. 좌·우 폐동맥의 직경을 폐문부에서 첫 분지가 나오기 직전에서 측정.
3. 하행흉부 대동맥의 직경을 횡경막 부위에서 측정하였다.

각 직경의 측정은 수축기 중간에 실시하였다.

상기 사항의 측정값을 이용하여

1. 단락술 전후의 하행흉부대동맥의 직경에 대한 좌·우 폐동맥 직경비의 변화
2. 단락술 전후의 하행흉부대동맥의 직경에 대한 주폐동맥 직경비의 변화
3. 단락술 시행측 및 반대측 폐동맥 발달의 차이
4. 단락술시 사용한 인조 혈관 및 혈관의 직경에 따른 폐동맥 발달의 차이를 연구하였다.

부가적으로 단락술 전후의 체중, 헤마토크리트, 동맥혈의 산소포화도의 변화를 비교하였다.

통계학적 유의성의 검정은 Student's paired t-test, 상관분석 및 회귀분석으로 하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 단락술 후 체중 헤마토크리트 및 동맥혈 산소 포화도의 변화(Table 2).

헤마토크리트는 수술전 평균 56.39 ± 7.69(표준편

Table 2. Changes of Body Weight, Hematocrit and Arterial Oxygen Saturation after Blalock-Taussig shunt

Catheterization	Pre-shunt		Second		p
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	
Body Weight(Kg)	12.55 ± 4.98	16.60 ± 7.44	12.55 ± 4.98	16.60 ± 7.44	=0.001
hematocrit(%)	56.39 ± 7.69	50.34 ± 5.51	56.39 ± 7.69	50.34 ± 5.51	< 0.05
O2 Saturation(%)	62.00 ± 11.87	81.31 ± 8.11	62.00 ± 11.87	81.31 ± 8.11	< 0.001

SD : Standard Deviation

차) %이었으며 수술후 평균 50.34 ± 5.51(표준편차) %로 감소하였다(p<0.05).

동맥혈 산소포화도는 수술전 평균 62.00 ± 11.87(표준편차) %서 수술후 평균 81.31 ± 8.11(표준편차) %로 커다란 증가를 보였다(p<0.001).

체중은 평균 수술전 12.55 ± 4.98(표준편차) kg(25 percentile) 단락술후 평균 16.60 ± 7.44(표준편차) kg(50 percentile)으로 증가하였다.

2. 하행 흉부대동맥의 직경에 대한 좌·우 폐동맥 및 주폐동맥 직경의 비변화(Table 3).

좌폐동맥 직경의 하행흉부대동맥 직경에 대한 비는 평균 0.66 ± 0.27(표준편차)에서 0.87 ± 0.25로 1.49 ± 0.64배(p>0.01), 우폐동맥 직경의 하행흉부대동맥 직경에 대한 비는 평균 0.68 ± 0.20(표준편차)에서 0.79 ± 0.19로 1.22 ± 0.36배(p<0.01) 증가를 보였으나, 주폐동맥 직경의 하행흉부대동맥 직경에 대한 비는 수술전 평균 0.76 ± 0.28(표준편차)에서 수술후 0.83 ± 0.38로서 1.10 ± 0.33배의 약간의 증가를 보였으나 통계학적 유의는 없었다(p>0.05).

좌·우 폐동맥 직경 및 주폐동맥 직경의 하행흉부대동맥 직경에 대한 비의 변화와 단락술전, 후의 심혈관조형술을 시행한 기간과의 상관분석 결과, 좌. 우 폐동맥 직경합의 하행흉부대동맥 직경에 대한 비의 변화는 상관계수 r=0.141(p>0.05), 주폐동맥 직경의 하행흉부대동맥 직경에 대한 비의 변화는 상관계수 r=0.493(p>0.05)으로서 기간에 따른 상관관계는 없었다.

반면 수술전 좌·우 폐동맥 직경합의 하행흉부대동맥 직경에 대한 비의 회귀계수는 r=0.757(p<0.001)로서 $\{(RPA+LPA)/Ao \text{ Change in ratio}\} = 1.976 - 0.538 \{preshunt(RPA+LPA)/Ao \text{ diameter}\}$ 의 관계를 보여 수술전 좌·우 폐동맥 직경이 작을수록 폐동맥 발달이 큰 것을 알 수 있었고(Fig. 1), 수술전 주폐동

Table 3. Effects of Blalock-Taussig shunt on RPA/Ao, LPA/Ao and M PA/Ao diameter in Tetralogy of Fallot

Catherization	Pre-shunt	Second	change in ratio	p
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	
RPA/Ao diameter	0.68 ± 0.20	0.79 ± 0.19	1.22 ± 0.36	<0.05
LPA/Ao diameter	0.56 ± 0.27	0.87 ± 0.25	1.49 ± 0.64	<0.01
(RPA+LPA)/Ao diameter	1.33 ± 0.42	1.59 ± 0.33	1.30 ± 0.28	<0.01
MPA/Ao diameter	0.76 ± 0.28	0.83 ± 0.38	1.10 ± 0.33	<0.05

RPA: Right pulmonary artery LPA: Left pulmonary artery
 MPA: Main pulmonary artery Ao : Descending thoracic aorta
 SD : Standard Deviation

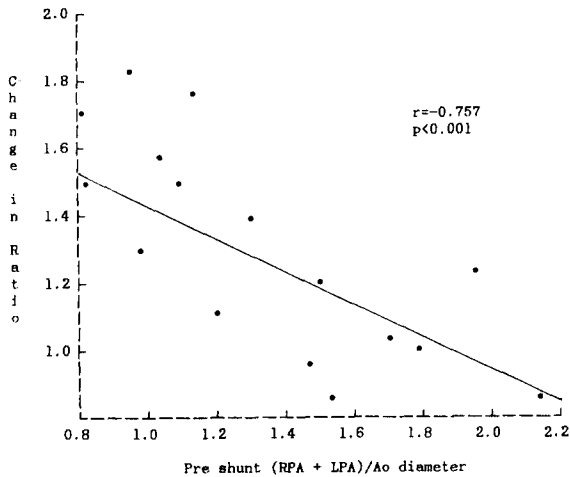


Fig. 1. Relationship of preshunt ratio of the diameter of right pulmonary artery plus left pulmonary artery to the diameter of descending thoracic aorta to the change in this ratio in the interval between preshunt and second catheterizations

맥 직경의 하행 대동맥 직경에 대한 비의 회귀계수는 $r = 0.059$ ($p > 0.05$)로서 수술전 주폐동맥의 직경과는 유의한 관계가 없었다.

3. 단락술 시행측 및 반대측 폐동맥의 발달의 차이 (Table 4).

단락술 시행측 폐동맥 직경의 하행흉부대동맥 직경에 대한 비는 수술전 평균 0.61 ± 0.25 (표준편차)에서 수술후 0.82 ± 0.26 으로($p = 0.01$), 반대측 폐동맥은 평균 0.72 ± 0.20 (표준편차)에서 수술후 0.83 ± 0.18 로($p < 0.05$) 모두 통계학적 유의성은 발달을 보였으며 단락술 시행측 폐동맥은 평균 1.50 ± 0.66 (표준편차)배, 반대측 폐동맥은 1.21 ± 0.32 배의 증가를 보여 단락술 시행측 폐동맥 발달이 더 많았으나 단락

Table 4. Different changes of Pulmonary Artery between Ipsilateral and Contralateral side of shunt

PA/Ao diameter	Ipsilateral	Contralateral	p
	Mean ± SD	Mean ± SD	
Pre-shunt	0.61 ± 0.25	0.72 ± 0.20	
Post-shunt	0.82 ± 0.26	0.83 ± 0.18	
Change in Ratio	1.50 ± 0.66	1.21 ± 0.32	>0.05

PA: Pulmonary artery
 Ao : Descending thoracic aorta

술 시행측 및 반대측 폐동맥 발달 차이의 통계학적인 의미는 없었다($p > 0.05$).

4. 단락술시 사용한 인조혈관 및 혈관의 직경에 따른 폐동맥 발달의 차이(Table 5).

4 mm 이하 직경의 혈관을 사용한 경우나 4 mm보다 큰 직경의 혈관을 사용한 경우의 좌·우 폐동맥 직경합의 하행흉부대동맥 직경에 대한 비는 평균 1.26 ± 0.24 (표준편차)배와 1.25 ± 0.34 배($p > 0.05$), 주폐동맥 직경의 하행흉부대동맥 직경에 대한 비는 평균 1.14 ± 0.35 (표준편차)배와 1.07 ± 0.33 배로 증가하였으나($p > 0.05$) 모두 통계학적 유의성은 볼 수 없었다.

IV. 고 찰

환로써사정증의 완전 교정술후, 이상적인 경우는 정상의 우심실 수축기압 회복, 우심실과 폐동맥간의 압력차이 소실 그리고 폐동맥판부전이 없어야만 한다. 완전교정술후 우심실 수축기압은 하행 흉부대동맥에 대한 폐동맥 크기와 반비례의 관계가 있다(Alfi-

Table 5. Different changes of Pulmonary artery with size of shunt

Size of Shunt	<=4 mm	>4 mm	P
	Mean ± SD	Mean ± SD	
(RPA+LPA)/Ao diameter			
Pre-shunt	1.22 ± 0.27	1.40 ± 0.48	
Post-shunt	1.49 ± 0.26	1.65 ± 0.36	
Change in Ratio	1.26 ± 0.24	1.26 ± 0.34	>0.05
MPA/Ao diameter			
Pre-shunt	0.73 ± 0.11	0.78 ± 0.36	
Post-shunt	0.84 ± 0.11	0.82 ± 0.43	
Change in Ratio	1.14 ± 0.35	1.7 ± 0.33	>0.05

RPA: Right pulmonary artery LPA: Left pulmonary artery
 MPA: Main pulmonary artery Ao : Descending thoracic aorta
 SD : Standard Deviation

eri등, 1979). 또한 주폐동맥과 폐동맥판막윤의 크기가 클때는 외전교정술시 폐동맥판막윤을 교차하여 우심실 유출로를 넓혀주는 수술의 빈도가 낮기때문에 수술후 폐동맥판부전의 율이 낮게되고 수술후 우심실 수축기압의 좌심실 수축기압에 대한 비가 낮게 된다.

활로써 사징증과 같은 청색증을 동반한 심질환 환자에서 폐혈류량은 폐동맥의 발달정도와 좌심실용적으로 반영되며(Hislop등, 1973, Jarmakani등, 1972, Graham등, 1977, Kirklin등, 1979) 활로써사징증시 일차 완전교정술 실시의 가부는 폐동맥의 발달정도, 좌심실용적, 관상동맥의 발달이 안된 경우에 완전 교정술을 시행하면 혈류에 대한 저항이 높아 수술후 우심실압의 증가와 저심박출증, 심부전등을 유발한다(Kirklin등, 1977).

따라서 폐동맥 발달 정도에 다른 완전교정술의 적용 여부를 결정하기 위하여 폐동맥 크기의 평가를 위한 여러가지 방법이 보고되었다. 폐동맥 판막윤의 대동맥 판막윤에 대한 직경의 비율 측정(Muraoka등, 1974)하는 방법이 있으나 활로써사징증시에는 대동맥 판막윤이 특징 으로 정상인보다 크고(Zerbini, 1969) 폐동맥 폐쇄시는 적용할 수 없으며 폐동맥판막협착등에 의해 영향을 받는 단점이 있다. 하행대동맥의 크기는 체표면적에 따라 일정하다는 가정하의 횡경막부위의 하행흉부대동맥 직경에 대한 좌우폐동맥의 직경을 비교하는 방법이 있으며(Alfieri등, 1978), 이외 좌·우 폐동맥 단면적의 합을 체표면적으로 나눈 폐동맥 지수가 있어 100 mm²/BSA 이상시 완전교정술이 가능하다고 하였고(Nakata등, 1984), McGoon등(1975)

은 좌·우 폐동맥 단면적의 합이 하행대동맥 단면적의 1/2이상이 되어야 한다고 하였다.

그러나 심혈관 조형술에 의한 좌·우 폐동맥 크기의 측정은 폐동맥이 단락술후 폐혈류와 폐혈압을 증가시켜주는 것만으로도 수술전 측정했던 크기보다 크게 보일 수 있다는 단점이 있으며 실제 McGoon 등(1975)의 조사에서 수술후 2주내에 심혈관조형술상 2배의 크기 증가를 보일 수 있다고 하였고 Jarmakani 등(1971)은 심혈관조형술상의 측정치와 사체검안시의 측정치 사이의 상관관계를 얻기가 힘들었음을 지적하고 따라서 수술시 적용하기 힘들 것이라고 하였다. 저자는 하행대동맥에 대한 좌·우폐동맥 직경의 비를 측정하려고 식적 수술 전·후의 변화를 비교하였고, 폐동맥 폐쇄가 동반된 경우는 연구에서 제외함으로써 심혈관 조형술에 의한 폐동맥 크기 측정의 단점을 보완하였다.

폐혈류량을 증가시키기 위한 고식적 방법으로는 Blalock-Taussig 단락술, Waterston-Cooley 단락술, Potts 단락술, Glenn 단락술과 Brock씨 술과 같은 우심실유출로를 넓혀주는 방법등이 있으나 Blalock-Taussig 단락술과 Waterston-Cooley 단락술이 가장 보편적으로 시행되고 있다.

Waterston-Cooley 단락술시 Blalock-Taussig 단락술시 보다 폐동맥판막윤과 주폐동맥의 크기 증가가 더 크다고 하나(Alfieri등, 1979, Barragry등, 1987), 반면 Waterston-Cooley 단락술후 울혈성 심부전의 발생 빈도가 높고 폐혈관 폐쇄성질환을 일으킬수 있으며(Yacoub등, 1968, Bernard등, 1971, Rectman등, 1974, Idriss등, 1976), 문합부위의 왜곡이나 비틀림

으로 인한 우폐로의 편향적 혈류로 인하여 문합부의 근위부의 협착, 주폐동맥 및 폐동맥의 발달부전을 일으킬 수 있고 완전 교정술시의 어려움이 크다고 한다 (Gay등, 1973, Norberg등, 1978, Wilson등, 1981, Rao등, 1978). 따라서 술후 합병증의 빈도가 낮은 Blalock-Taussig 단락술이 점차 보편화되고 있으며 인조혈관을 사용한 변형 Blalock-Taussig 단락술이 가장 적절한 단락술의 방법으로 보고되고 있다 (Gazzaniga등, 1983).

그러나 본 연구에서와 같이 Blalock-Taussig 단락술후, 좌·우 폐동맥은 인조혈관의 크기와 단락술을 실행한 동측이건 반대측이건 관계 없이 모두 발달하였으나 주폐동맥의 발달은 의의가 없었으며 이는 Alfieri 등(1979)의 보고와 일치하였다. 이것으로 보아 완전 교정술시 수술사망을 증가의 요인으로 보고 있고 (Kirklin등, 1979) 폐동맥판막부전을 일으킬수 있다고 보고된 (Pohmer등, 1976) 경관윤척포확장술의 빈도를 Blalock-Taussig 단락술후 낮추기는 어려운 것으로 보이며 실제로 완전교정술을 시행한 15명의 환자중 8명에서는 부적당한 주폐동맥 및 폐동맥판막의 형성부전으로 경관윤척포확장술이 필요하였고, 4명의 환자에서는 단락술 후 주폐동맥의 크기가 단락술 전보다 오히려 감소되어 있었다.

V. 결 론

Blalock-Taussig 단락술을 시행한 활로씨사정증환자 16명을 대상으로 단락술전 및 단락술후에 실험과 조영술을 시행하여 문합부에서 좌·우 폐동맥의 직경, 주폐동맥 직경, 하행흉부대동맥의 직경을 측정하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 단락술후 헤마토크리트는 수술전 평균 56.39 ± 7.69 %에서 50.34 ± 5.51 %로 감소하였고 ($p < 0.05$) 동맥혈 산소포화도는 평균 62.00 ± 11.87 %에서 81.31 ± 8.11 %로 증가하였다 ($p < 0.001$).
2. 좌·우 폐동맥 및 주폐동맥 직경의 하행흉부 대동맥 직경에 대한 비는 좌·우 폐동맥은 평균 1.49 ± 0.64배 및 1.22 ± 0.36배 단락술 전보다 증가하였고 좌·우 폐동맥 직경합은 1.30 ± 0.28배의 의의 있는 ($p < 0.01$) 증가를 보였으나, 주폐동맥은 1.10 ± 0.33배로 증가는 하였으나 통계학적 의의는 없었다 ($p > 0.05$).
3. 좌·우 폐동맥 및 주폐동맥 발달과 단락술후 추

적 심혈관 조영술을 시행한 기간과의 상관관계는 없었다 ($r=0.141$, $p > 0.05$).

4. 좌·우 폐동맥 직경합의 하행흉부대동맥 직경에 대한 비의 변화는 단락술전 좌·우 폐동맥 직경합의 하행흉부대동맥 직경에 대한 비가 작을수록 컸으나 ($r=0.757$, $p < 0.001$), 단락술전 주폐동맥 직경과는 유의한 관계가 없었다 ($r=0.059$, $p > 0.05$).

5. 단락술 시행측 폐동맥은 평균 1.50 ± 0.66 배, 반대측은 1.21 ± 0.32 배의 증가를 보여 시행측 폐동맥의 발달이 더 컸으나 통계적 의의있는 차이는 없었다 ($p > 0.05$).

6. 단락술시 사용한 인조혈관 및 혈관의 직경에 따른 좌·우 폐동맥 직경 발달의 차이는 없었다 ($p > 0.05$).

REFERENCES

1. Alfieri O, Blackstone EH, Kirklin JW, Pacifico AD, Bargeron LM Jr: *Surgical treatment of tetralogy of Fallot with pulmonary atresia. J Thorac Cardiovasc Surg* 76:321-335, 1978
2. Alfieri O, Blackstone EH, Parenzan L: *Growth of the pulmonary arteries after the Waterston anastomosis. J Thorac Cardiovasc Surg* 78:440-444, 1979
3. Barragry TP, Ring WS, Blatchford JW, Foker JE: *Central aorta-pulmonary artery shunts in neonates with complex cyanotic congenital heart disease. J Thorac Cardiovasc Surg* 93:767-74, 1987
4. Bernard WF, Jones JE, Friedberg DZ, Litwin SB: *Ascending aorta-right pulmonary shunts in infants with certain types of cyanotic congenital heart disease. Circulation* 43:580-4, 1971
5. Brandt III B, Camacho JA, Mahoney LT, Heintz SE: *Growth of the pulmonary arteries following Blalock-Taussig shunt. Ann Thorac Surg* 42:S1-S4, Supple 1986
6. Gale AW, Arcinegas E, Green EW, et al: *Growth of the pulmonary anulus and pulmonary arteries after the Blalock-Taussig shunt. J Thorac Cardiovasc Surg* 77:459, 1979
7. Gay WA, Ebert PA: *Aorta-to-right pulmonary artery anastomosis causing obstruction of the right pulmonary artery. Ann Thorac Surg* 16:402-10, 1973
8. Gazzaniga AB, Lamberti JJ, Siewers RD: *Arterial*

- prosthesis of microporous expanded polytetrafluoroethylene for construction of aortopulmonary shunts. *J Thorac Cardiovasc Surg* 85:917, 1983
9. Graham TP Jr, Faulkner S, Bender HJr, Wender CM: Hypoplasia of the left ventricle. Rare cause of postoperative mortality in tetralogy of Fallot. *Am J Cardiol* 47:454, 1977
 10. Guyton RA, Owens JE, Waumett JD, Dooley KJ, Hatcher CR, Williams WH: The Blalock-Taussig shunt. *J Thorac Cardiovasc Surg* 85:917-22, 1983
Hislop A, Reid L: Structural changes in the pulmonary arteries and veins in tetralogy of Fallot. *Br Heart J* 35:1178-83, 1973
 11. Idriss FS, Cavallo CA, Nikaidoh H, Paul MH, Koopot R, Muster AJ: Ascending aorta-right pulmonary artery shunt. *J Thorac Cardiovasc Surg* 71:49-57, 1976
 12. Ilbawi MN, Grieco J, De Leon SY, et al: Modified Blalock-Taussig shunt in newborn infants. *J Thorac Cardiovasc Surg* 88:770-5, 1984
 13. Jarmakani JMM, Graham TP Jr, Benson DW Jr, Canent RV Jr, Greenfield JC Jr: In vivo pressure-radius relationships of the pulmonary artery in children with congenital heart disease. *Circulation* 43:585, 1971
 14. Jarmakani JMM, Graham TP Jr, Canent RV Jr, Jewett PH: Left heart function in children with tetralogy of Fallot before and after palliative or corrective surgery. *Circulation* 46:478-490, 1972
 15. Kirklin JW, Barger LM, Pacifico AD: The enlargement of small pulmonary arteries by preliminary palliative operations. *Circulation* 56:612-617, 1977
 16. Kirklin JW, Blackstone EH, Pacifico AD, Brown RN, Barger LM Jr: Routine primary repair vs two-stage repair of tetralogy of Fallot. *Circulation* 60:373-386, 1979
 17. Leval MR, 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
 18. McGoon DC, Baird DK, Davis GD: Surgical management of large bronchial collateral arteries with pulmonary stenosis or atresia. *Circulation* 52:109, 1975
 19. McKay R, de Leval MR, Rees P, Taylor JFN, Macartney FJ, Stark J: Postoperative angiographic measurement of modified blalock-Taussig shunts using expanded polytetrafluoroethylene(Gore-Tex). *Ann Thorac Surg* 30:137-45, 1980
 20. Muraoka R, Yakota M, Misaka Y, Kamiya T, Mori C: Late hemodynamic results of primary total correction of tetralogy of Fallot during the first two years of life. *Proceedings of second Asian Congress on Thoracic and Cardiovasc Surg, July, 1974, Sapporo, Japan*
 21. Nakata S, Imai Y, Takanashi Y, Kurosawa H, 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* 88:610-619, 1984
 22. Norberg WJ, Tadavarthy M, Knight L, Nicoloff DM: Late hemodynamic and angiographic findings after ascending aorta-pulmonary artery anastomosis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 76:345-52, 1978
 23. Pohmer J, Van der Mark F, Rijlstra WG: Pulmonary valve incompetence. II. Application of electromagnetic flow velocity catheters in children. *Cardiovasc Res* 10:46-55, 1976
 24. Rao PS, Ellison RG: The cause of kinking of the right pulmonary artery in the Waterston anastomosis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 76:126-9, 1978
 25. Rectman MJ, Galioto FM, El-Said G, Cooley DA, Hallman GL, McNamara DG: Ascending aorta to right pulmonary artery anastomosis. *Circulation* 49:952-7, 1974
 26. Wilson JM, Mach JW, Turley K, Ebert PA: Persistent stenosis and deformity of the right pulmonary artery after correction of the Waterston anastomosis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 82:169-75, 1981
 27. Yacoub M, Somerville J, Ross DN: Waterston's operation (aorta to right pulmonary anastomosis) for cyanotic heart disease. *Br Heart J* 30:423, 1968
 28. Zerbini EJ: The surgical treatment of the complex of Fallot. Late results. *J Thorac Cardiovasc Surg* 58:158-177, 1969