

# 양방향성 상대정맥-폐동맥 단락술 후의 폐동맥 크기 변화에 관한 연구

지 현 근\* · 이 정 렬\*\* · 최 정 언\*\*\* · 김 용 진\*\* · 서 경 필\*\* · 노 준 랑\*\*

=Abstract=

## A Study of Changes of Pulmonary Artery Size after Bidirectional Cavopulmonary Shunt

Hyun Keun Chee, M.D.\*, Jeong Ryul Lee, M.D.\*\* , Jung Yun Choi\*\*\*  
Yong Jin Kim, M.D.\*\* , Kyung Phill Suh, M.D.\*\* , Joon Ryang Rho, M.D.\*\*

The bidirectional cavopulmonary shunt may be useful as an intermediate procedure before Fontan operation in high-risk patients, because it provides adequate relief of cyanosis and relief of ventricular volume overload. But there are no established theory about the effects of bidirectional cavopulmonary shunt on pulmonary arterial development. The purpose of this article is a study of changes of pulmonary artery size after bidirectional cavopulmonary shunt.

Cardiac catheterization and angiography procedures were done on 19 patients who underwent bidirectional cavopulmonary shunt from February 1992 to July 1994, their results were reviewed. Preoperative cardiac catheterization and angiography procedures were performed at a mean interval of  $3.8 \pm 4.8 (\pm SEM)$  months before surgery and following catheterization at a mean postoperative interval of  $19.6 \pm 4.8$  months. Pulmonary arterial size measurement were standardized for body surface area(Pulmonary artery index), and for diameter of descending thoracic aorta(McGoon ratio). Patient's age, body surface area, pulmonary angioplasty, preoperative McGoon ratio and follow-up intervals were considered as variables.

Before bidirectional cavopulmonary shunt, patient's mean age, body surface area, arterial O<sub>2</sub> saturation, diameter of right pulmonary artery, diameter of left pulmonary artery, pulmonary artery index, McGoon ratio were  $13.7 \pm 15.6$  months,  $0.40 \pm 0.12 m^2$ ,  $71.4 \pm 12.4 \%$ ,  $7.1 \pm 1.7$  mm,  $6.2 \pm 1.7$ ,  $191.8 \pm 82.7 mm^2/m^2$ ,  $1.73 \pm 0.49$ , respectively. After bidirectional cavopulmonary shunt, the values were changed to  $39.9 \pm 16.2$  months,  $0.58 \pm 0.07 m^2$ ,  $83.0 \pm 3.8 \%$ ,  $9.0 \pm 1.5$  mm,  $7.7 \pm 2.0$ ,  $197.3 \pm 57.1 mm^2/m^2$ ,  $1.76 \pm 0.32$ , respectively.

---

\* 한림대학교 강동성심병원 흉부외과

\* Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Kangdong Sacred heart Hospital, hallym University

\*\* 서울대학교병원 흉부외과

\*\* Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Seoul National University Hospital

\*\* 서울대학교의과대학 흉부외과학 교실

\*\* Seoul National University College of Medicine

\*\* 서울대학교 심장연구소

\*\* Seoul National University, Heart Institute

\*\*\* 서울대학교병원 소아과

\*\*\* Department of Pediatrics, Seoul National University Hoospital

논문접수일: 95년 10월 12일 심사통과일: 96년 1월 22일

통신저자: 지현근, 서울 강동구 길동 강동성심병원 흉부외과, Tel: 224-2241, Fax: 488-0114

With patients' development (age, body surface area), diameters of pulmonary arteries were increased, but pulmonary artery indices and McGoon ratios were not changed. And there were no effects of age, body surface area, amount of increased O<sub>2</sub> saturation, pulmonary angiography and follow-up duration on the increment of pulmonary artery size. But when the McGoon ratio was as low as 1.2, there were significant increase in postoperative pulmonary artery sizes. There was a significant correlation between preoperative pulmonary artery index (PAI) and McGoon ratio (MGR) ;

$$PAI = MGR \times 118.0 - 12.4$$

In conclusion, bidirectional cavopulmonary shunt provides adequate increment of arterial O<sub>2</sub> saturation and does not increase the pulmonary artery size. Further investigation is mandatory to evaluate the effect of pulsatile bidirectional cavopulmonary shunt on pulmonary artery growth.

(Korean J Thorac Cardiovasc Surg 1996; 29: 495-503)

**Key words:** 1. Anastomosis, surgical  
2. Fontan operation  
3. Index

## 서 론

24년전 Fontan과 Baudet에 의해 우심실을 우회하여 상·하 대정맥의 혈류를 직접 폐동맥으로 보내는 수술이 삼천관 폐쇄증 환자에게 적용된 이후 이러한 Fontan유 수술은 양심실의 보존이 어려운 많은 청색증형 복잡 선천성 심질환 환자의 궁극적·고식적 수술로서 응용되어 왔다<sup>1)</sup>. 하지만 이러한 Fontan유 수술이 성공적으로 이루어지기 위해서는 낮은 폐혈관 저항, 낮은 폐동맥압, 충분한 폐동맥 크기 등의 여러 가지 조건이 필요하고 이러한 조건이 맞지 않는 고위험군의 환자에서는 Fontan 수술의 위험 요소를 줄이기 위한 방법으로 중간 단계의 고식적 수술로서 양방향성 상대정맥-폐동맥 단락술이 적용되어서 좋은 임상 결과를 보이고 있다<sup>2)</sup>.

이러한 양방향성 상대정맥-폐동맥 단락술의 임상 연구들의 결과를 살펴보면 비교적 수술 사망률이 낮으며 만족할만한 동맥내 산소포화도의 증가를 기대할 수 있으며 좌·우폐동맥의 연결이 보존되며 폐혈류를 양측으로 보내주며 또 다른 술식의 추가가 여전히 가능하며, 또한 체심실에 대한 전부하를 줄여 심실 기능을 유지시키며, 폐동맥의 distortion의 가능성이 적으며 폐쇄성 폐혈관 질환을 유발시키지 않으며 또한 Glenn 단락술에 비해 상대정맥 증후군이나 유미흉, 늑막액 등의 발생률이 적으며 폐동맥루나 상대정맥으로 부터의 측부혈관 발생 빈도가 낮은 장점을 갖는다고 하였다<sup>3)</sup>. 그리고 유아의 경우에는 상대적으로 소아에 비해 두부의 크기가 커서 폐동맥의 성장을 기대할 수 있을 것이라 하였다<sup>4)</sup>.

그러나 일부 보고에서는 오히려 양방향성 상대정맥-폐동맥 단락술이후 폐동맥 지수가 감소하였다는 보고가 있

고 이러한 경우 오히려 양방향성 상대정맥-폐동맥 단락술이 Fontan 수술의 위험요소를 증가시킬 위험이 있을 것이다<sup>5)</sup>. 따라서 양방향성 상대정맥-폐동맥 단락술후 Fontan 수술의 혈류역학 및 수술 성공 여부에 중요한 역할을 하는 폐동맥의 크기 변화에 대한 정확한 연구가 매우 중요하다고 판단되었다. 또한 폐동맥 크기 변화에 대한 연구는 양심실의 보존이 어려운 많은 청색증형 복잡 선천성 심질환 환자에 대한 수술 적응기준을 마련하고 수술후 예후를 판단하는 중요한 기초자료가 될 것이라 생각된다.

## 연구대상 및 방법

### 1. 연구 대상

1992년 2월부터 1994년 7월까지 서울대학교 의과대학 흉부외과학 교실에서 개심술로 양방향성 상대정맥-폐동맥 단락술을 시행 받고 생존한 환자중 수술전·후 심도자 및 혈관조영술이 시행되었던 19명을 대상으로 하였다. 동기간중 전체 양방향성 상대정맥-폐동맥 단락술을 시행 받은 환자는 33명 이었으며, 이 중 수술 사망은 5예로서 15.1%, 만기 사망은 2예로서 7.1%였다.

환자는 남자가 12명, 여자가 7명으로 남녀 비는 1.7:1 이었다. 수술당시 나이는 평균 17.3±15.4(±SEM)개월 이었으며 평균 체중은 9.1±3.0(±SEM)Kg 이었다. 환자의 진단은 단심실증이 11예, 삼첨관 폐쇄증이 4예, 단일방실 판막의 양대혈관 우심실 기시증이 3예, 양심실성 교정이 불가능한 완전 방실중격결손증이 1예였다. 동반 기형으로는 단일 방실 판막 11예, 양측성 상대정맥 8예, 폐동맥 협착 7예, 동맥관 개존증 8예, 폐동맥 폐쇄증 6예, 방실판막 폐쇄부전 5예, 우심증 3예, 총폐정맥 환류이상 3예, 하대정

맥 단절증 2예였다. 이전에 고식적 목적의 수술을 받았던 환자는 모두 6명 이었으며, 변형 Blalock-Taussig 단락술이 4예, 폐동맥 교약술(pulmonary artery banding)이 2예였다.

## 2. 수 술

수술은 모두 정중 흉골 절개후 중등도의 저체온과 체외순환 하에서 시행하였으며, 1예를 제외하고는 폐동맥성형술등의 다른 술식을 병행하였다. 상대정맥은 심방과의 경계부위 약 3mm 상방에서 분리하여 상대정맥과 폐동맥 사이를 단축으로 흡수성 봉합사(6-0 또 7-0 polydioxanone)를 이용하여 연속 봉합하였으며 심방 쪽은 단순 봉합하였다. 양측성 상대정맥이 있었던 8예에서는 양측성 양방향성 상대정맥-폐동맥 단락술을 시행하였다. 또한 주폐동맥의 혈류를 유지한 박동성 양방향성 상대정맥-폐동맥 단락술을 시행한 1예를 제외하고는 모두 폐동맥을 결찰 내지는 분리하였다. 원칙적으로 기정맥(azygos vein)은 결찰하였는데 하대정맥 단절증이 있던 2명의 환자는 기정맥을 결찰하지 않고 하대정맥이 기정맥을 통해 환류되는 완전 대정맥-폐동맥 단락술(Total Cavopulmonary Shunt)을 시행하였다<sup>6)</sup>.

수술중 동반된 술식으로는 동맥관 분리가 8예, 심방중격 절제술(atrial septectomy) 7예, 좌·우 폐동맥의 혈관 성형술이 6예, 단락 제거술이 4예, 폐동맥 환류이상 교정술 3예, 폐동맥 결찰 제거술(pulmonary artery debanding) 2예, 방실판막 성형술 1예, 대혈관 전환술 1예 등이었다. 수술 시 평균 체외순환 시간은 119.5±16.9(±SEM)분 이었다.

## 3. 연구방법

### 1) 수술전·후 심도자 및 혈관조영술

환자들은 수술전 평균 3.8±4.8(±SEM)개월에 심도자 및 혈관조영술을 시행 받았었고, 수술후 평균 19.6±6.2(±SEM)개월에 다시 심도자 및 혈관조영술을 시행하였다.

심도자 및 혈관조영술 전nal hematocrit을 측정하였고 심도자 및 혈관조영술을 시행하면서 폐동맥 압력과 상·하행 대동맥에서의 동맥혈 산소포화도(arterial O<sub>2</sub> saturation)를 측정하였다.

### 2) 좌·우 폐동맥 및 하행 대동맥의 지름측정

좌·우 폐동맥의 지름은 각 좌·우 폐동맥의 제 1분지가 갈라지는 부분의 최근위부에서 그 내경을 최대인 때와 최소인 때 각각 측정하여 평균을 구하였다. 실측된 지름은 혈관조영술에 의한 확대비율을 구하여 실제 환자의 폐동맥 지름으로 환산하였다. 하행 대동맥의 지름은 횡경막 수준에서 그 내경이 최대일 때 측정하고 역시 혈관조영술에 의한 확대비율을 구하여 실제 지름으로 환산하였다.

Actual diameter = measured diameter/magnification coefficient

### 3) 폐동맥 지수의 측정

폐동맥 지수(Pulmonary artery index)는 양측 폐동맥의 단면적의 합을 체표면적으로 나누어 표준화한 것이다<sup>7)</sup>. 즉 상기 2)의 방법으로 구한 폐동맥의 내경을 이용하여 단면적을 구하고 이를 체표면적으로 나누었다.

PA index = (right PA area (mm<sup>2</sup>) + left PA area (mm<sup>2</sup>))/BSA(m<sup>2</sup>)

; PA=pulmonary artery, BSA=body surface area

### 4) McGoon 비의 측정

McGoon 비는 상기 2)의 방법으로 구한 양측 폐동맥의 지름의 합을 하행 대동맥의 지름으로 나눈 값이다<sup>8)</sup>.

McGoon ratio = (DRPA + DLPA)/DA<sub>orta</sub>

; D=diameter, RPA=right pulmonary artery,

LPA=left pulmonary artery

### 5) 통계 처리

각각의 자료 처리는 SAS 6.04 프로그램을 이용하였다. 연속 변수의 평균치는 평균±표준편차로 표시하였다. 수술전·후의 자료비교는 모수적 통계방법인 paired t-test를 시행하였고, 비모수적 통계방법인 Wilcoxon signed rank test 로 검증하였다. 수술후의 폐동맥의 크기에 영향을 미치는 인자로서는 수술전 McGoon 비(McGoon 비가 1.2 이하인 경우와 그 이상인 경우), 폐혈관성형술 여부, 수술 당시 환자의 나이(12개월 및 18개월을 기준으로 그 이하인 경우와 그 이상인 경우), 수술후 기간(수술후 기간이 18개월 이하인 경우와 그 이상인 경우), 동맥내 산소포화도의 술후 증가량 등을 변수로 하여 모수적 통계방법과 비모수적 통계방법인 Student t-test 와 Wilcoxon rank sum test를 시행하여 통계학적 유의성을 검증하였다. 또한 폐동맥 지수와 McGoon 비와의 관계는 상관관계 분석 및 회귀 분석을 시행하였다. 통계의 유의 수준은 p value 0.05를 기준으로 하였다.

## 결 과

수술을 전후하여 시행한 심도자 및 혈관조영술 결과는 Table 1 및 Table 2와 같다.

수술전 심도자 및 혈관조영술 시행 당시 환자의 평균 나이는 13.7±15.6 개월이었으며 평균 체중은 8.1±3.3 Kg, 평균 체표면적은 0.40±0.12m<sup>2</sup> 이었으며, hematocrit은 평균 44.9±10.0%, 동맥혈 산소포화도는 71.4±12.4% 이었다. 우폐동맥의 지름은 7.1±1.7 mm, 좌폐동맥의 지름은

**Table 1.** Preoperative patients' data

No	Age(month)	Sex	BSA(m <sup>2</sup> )	Hct	SaO <sub>2</sub> (%)	PAP (mmHg)	RPA (mm)	LPA (mm)	PAI (mm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	MGR
1#	13.7	m	0.46	43.1	71.5		7.2	6.0	149.5	1.9
2#	49.9	f	0.61	47.8	71.9		8.6	7.6	168.5	1.9
3	3.1	f	0.31	40.4	87.4	17	8.0	3.5	190.9	1.6
4#	25.2	m	0.53	56.0	66.2		6.8	5.9	120.8	1.1
5#	17.9	m	0.43	48.9	79.2		9.1	4.3	186.5	1.4
6	4.8	m	0.27	35.6	84.9	13	6.9	8.3	342.5	1.7
7	1.9	m	0.30	37.8	61.8	26	5.5	5.9	167.8	2.1
8	0.6	m	0.21	40.0	88.6	15	4.8	5.2	189.0	1.8
9#	3.2	f	0.29	42.1	59.5		6.5	6.1	213.3	1.8
10	1.0	m	0.24	40.1	72.6		5.7	5.0	185.2	1.6
11	6.0	m	0.35	42.0	79.0		5.5	5.5	135.2	1.7
12	4.1	m	0.35	48.4	85.5		6.5	7.3	210.6	2.0
13*	2.6	m	0.53	42.9	63.8	24	8.3	10.0	252.4	2.2
14*	13.1	f	0.41	42.0	80.0	30	11.8	9.1	427.7	2.9
15	6.1	m	0.38	46.6	82.3		7.6	7.2	226.7	2.5
16	50.9	f	0.63	55.4	58.6		6.2	5.7	86.9	1.6
17	11.6	f	0.39	69.5	64.0		6.7	5.8	159.4	1.1
18#	34.4	m	0.50	54.4	52.1		8.8	5.2	162.9	1.1
19	10.6	f	0.35	20.7	46.9		4.4	3.5	68.7	0.9

BSA=body surface area ; Hct=hematocrit ; SaO<sub>2</sub>=arterial O<sub>2</sub> saturation ;  
 PAP=mean pulmonary artery pressure ; RPA=diameter of right pulmonary artery ;  
 LPA=diameter of left pulmonary artery; PAI=pulmonary artery index  
 MGR=McGoon ratio ; #=pulmonary artery angioplasty ; \*= pulmonary artery banding

**Table 2.** Postoperative patients' data

No	Age(month)	Sex	BSA(m <sup>2</sup> )	Hct	SaO <sub>2</sub> (%)	PAP (mmHg)	RPA (mm)	LPA (mm)	PAI (mm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	MGR
1#	38.4	m	0.61	43.8	84.9	11.5	8.7	8.0	180.5	1.7
2#	81.1	f	0.73	45.0	78.9	17	9.2	4.8	114.6	1.8
3	36.2	f	0.59	48.9	85.0	14	8.3	6.3	144.4	1.8
4#	48.8	m	0.70	45.2	84.7	7	12.4	5.3	205.9	1.6
5#	45.6	m	0.59	43.1	87.0	15	11.2	5.6	206.7	1.6
6	28.4	m	0.54	42.5	83.0	14	9.5	10.7	297.2	2.1
7	25.3	m	0.54	45.6	84.0	11	8.0	8.8	206.0	2.2
8	27.0	m	0.52	47.0	72.9	14	7.9	8.3	196.6	1.4
9#	42.2	f	0.67	54.0	87.5	13	8.7	9.2	188.0	2.1
10	31.5	m	0.55	37.9	83.0	22	7.7	7.9	174.8	1.6
11	20.1	m	0.48	44.7	85.3	10	8.4	7.6	208.6	2.5
12	28.8	m	0.56	46.9	78.0	19	8.5	10.5	256.2	1.6
13*	21.0	m	0.60	48.8	88.0	12	10.2	8.5	231.7	1.9
14*	30.4	f	0.54	61.2	79.0	14	9.6	7.9	223.3	1.6
15	26.9	m	0.55	47.0	86.0	11	8.3	7.9	187.2	2.0
16	65.8	f	0.69	47.9	82.0	10	8.6	6.4	130.2	1.5
17	24.6	f	0.49	46.7	84.0	10	8.0	5.8	157.6	1.4
18#	54.9	m	0.64	35.2	80.0	9.5	11.4	11.8	331.7	2.0
19	24.8	f	0.49	43.5	84.0	10	6.4	5.1	106.8	1.2

The same abbreviations are used as in Table 1.

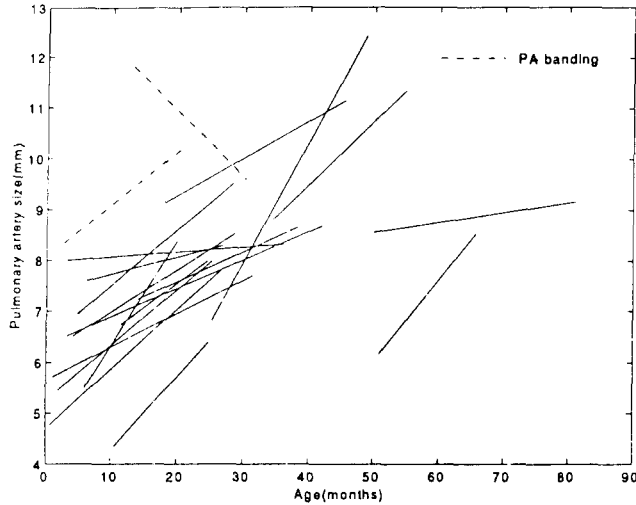


Fig. 1. Comparison of preoperative and postoperative right pulmonary artery size.

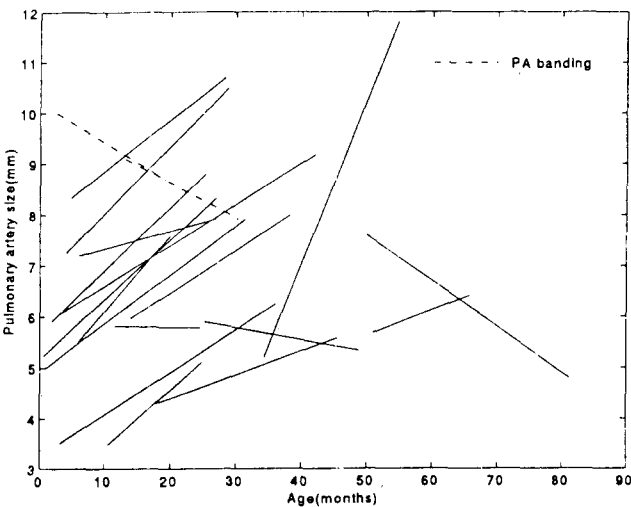


Fig. 2. Comparison of preoperative and postoperative left pulmonary artery size.

6.2±1.7 mm, 폐동맥 지수는 191.8±82.7 mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, McGoon 비는 1.73±0.49 였다. 폐동맥 압력은 6명에서 측정하였고 평균 폐동맥압은 20.8±6.8 mmHg 이었다(Table 3). 수술은 평균 3.8±4.8개월 후에 시행하였으며 술후 19.6±6.2개월에 심도자 및 혈관조영술을 시행하였다.

수술후 심도자 및 혈관조영술 당시 환자의 평균 나이는 39.9±16.2개월이었으며 평균 체중은 13.2±2.1 kg, 평균 체표면적은 0.58±0.07 m<sup>2</sup> 이었으며, hematocrit은 평균 46.0±5.5%, 동맥혈 산소포화도는 83.0±3.8% 이었다. 우 폐동맥의 지름은 9.0±1.5 mm, 좌폐동맥의 지름은 7.7±

Table 3. Comparison of preoperative and postoperative patients' data

	preoperative data	postoperative data	p value
Age(month)	13.7±15.6	39.9±16.2	
BSA(m <sup>2</sup> )	0.40±0.12	0.58±0.07	0.002
Diameter of RPA(mm)	7.1±1.8	9.0±1.5	0.0001
Diameter of LPA(mm)	6.2±1.7	7.7±2.0	0.0053
PAI(mm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	191.8±82.8	197.3±57.1	0.7543
McGoan ratio	1.73±0.49	1.76±0.32	0.8095
Arterial O <sub>2</sub> saturation	71.4±12.4	83.0±3.8	0.0018
Hematocrit	44.9±10.0	46.0±5.5	0.6779
PAP(mmHg)(n=6)	20.8±6.8		
PAP(mmHg)(n=19)		12.8±3.6	0.0548

BSA=body surface area ; RPA=right pulmonary artery ;

LPA=left pulmonary artery ; PAP=pulmonary artery pressure ;

PAI=pulmonary artery index

2.0 mm, 폐동맥 지수는 197.3±57.1 mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, McGoon 비는 1.76±0.32였다. 수술후 전 환자에서 폐동맥 압력을 측정하였으며 평균 폐동맥압은 12.8±3.6 mmHg이었다 (Table 3).

수술전·후의 hematocrit에는 유의한 차이가 없었으나 (p=0.6779), 동맥혈의 산소포화도는 유의한 증가를 보였다 (p=0.0018). 수술전 6예 및 수술후 19예에 대한 수술전·후의 폐동맥 압력에는 유의한 차이가 없었으나 이는 표본의 수가 적어 보완 연구가 필요할 것으로 생각된다 (p=0.0548).

좌·우폐동맥의 크기는 수술전에 비하여 수술후 유의한 증가를 보였으나(우폐동맥 p=0.0001, 좌폐동맥 p=0.0053)(Fig. 1, Fig. 2). 그러나 이를 대동맥의 지름으로 보정한 McGoon 비나(p=0.8095), 환자의 체표면적으로 보정한 폐동맥 지수로 비교하였을 때는(p=0.7543) 수술전·후의 차이를 발견할 수 없었다(Fig. 3, Fig. 4).

수술전의 폐동맥 지수와 McGoon 비와는 유의한 상관관계가 있었다(Fig. 5). 이를 회귀 분석하여 알아낸 폐동맥지수와 McGoon 비와의 상관관계는 다음과 같다(p=0.0008).

$$PAI = MGR \times 118.0 - 12.4$$

그러나 수술후의 폐동맥 지수와 McGoon 비와의 상관관계는 유의하지 않았다(p=0.0582).

폐동맥 지수나 McGoon 비는 전체적으로 수술 전후에 큰 차이를 보이지 않았으나 환자들의 병변이 아주 다양하였으므로 폐동맥 지수 증가율을 수술 전후 여러가지 변수

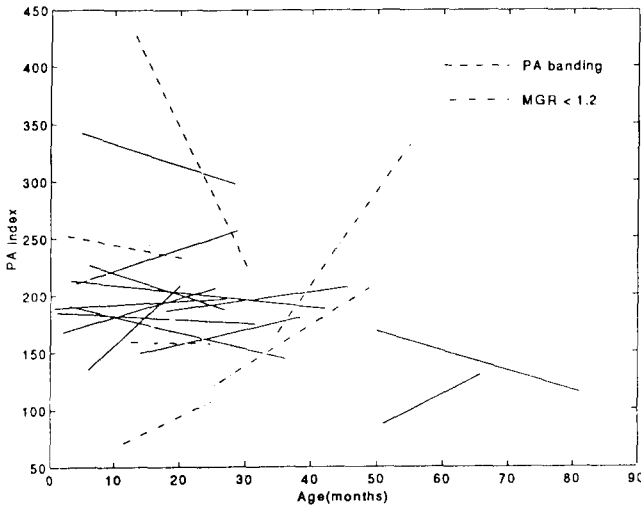


Fig.3. Comparison of preoperative and postoperative pulmonary artery index.

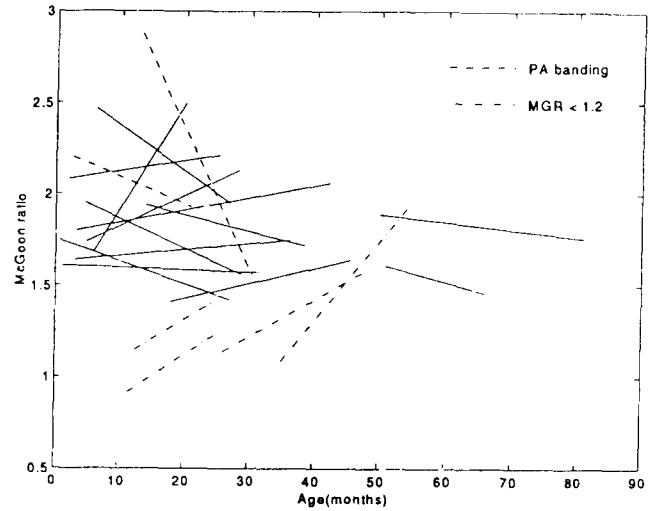


Fig.4. Comparison of preoperative McGoon ratio.

들과 관련하여 폐동맥 지수 증가를 시사할만한 소견이 있는지 알아보았다. McGoon 비가 1.2 미만이었던 환자의 경우 1.2 이상이었던 환자에 비해 폐동맥 지수의 증가율이 높았다( $p=0.0244$ ). 수술후 동맥혈내 산소포화량의 증가량이 폐동맥의 성장에 미치는 영향은 통계학적으로 유의하지 않았다 ( $p=0.478$ ). 폐동맥 성형술 시행여부 또한 수술후의 폐동맥 지수에는 큰 영향을 미치지 못했다( $p=0.407$ ). 환자의 수술전 나이가 12개월 이하인 유아나, 폐동맥의 발달을 기대할 수 있는 18개월 이하의 환자에서도 수술후의 유의한 폐동맥의 성장은 없었으며( $p=0.5496$ ,  $p=0.2120$ ) 수술전의 체표면적이 작더라도( $<0.3\text{ mm}^2$ ) 수술후의 폐동맥 성장과는 관계가 없었다( $p=0.1737$ ). 수술후 심도자 및 혈관조영술까지의 기간이 폐동맥 지수에 미치는 영향은 발견할 수 없었다(18개월 기준,  $p=0.1349$ ).

## 고 찰

Fontan類의 수술은 양심실성 교정술이 불가능한 많은 청색증형 복잡 선천성 심질환 환자들에게 근치적 수술로써 좋은 결과를 나타내왔다. 그러나 양심실성 교정술이 불가능하다고 하여 모든 선천성 심질환에 이용될 수는 없다. 즉 Fontan類의 수술을 받기에 위험하다고 판단되는 환자들의 경우에는 높은 사망률을 나타내고 있다. 이러한 고위험군환자로는 나이가 어린 경우, 폐동맥압이 높은 경우(평균 폐동맥압 $>18\text{ mmHg}$ ), 폐혈관 저항이 높은 경우, 폐동맥의 크기가 작은 경우, 폐동맥이 distortion 되어 있는

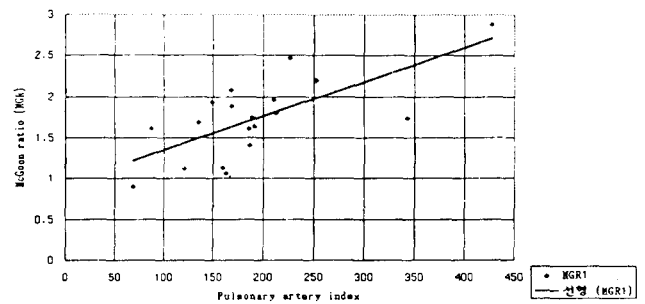


Fig.5 Diagram from regression between pulmonary artery index and McGoon ratio.

방실판막의 폐쇄부전이 있는 경우, 체심실(systemic ventricle)의 기능 저하가 있는 경우, 대동맥하 협착이 있는 경우 그리고 정맥계의 복잡 기형이 있는 경우 등을 들 수 있다<sup>3,6,9</sup>. 이러한 환자군들에 있어서는 계속적인 청색증이나 성장의 정체, 또는 심부전 등의 이유로 수술적 치료를 요하게 되는데 이 경우 전통적인 수술 방법으로 체-폐동맥 단락술과 Glenn 단락술이 이용되어 왔었으며 1972년 Azzolina 등<sup>10</sup>에 의해 처음으로 상대정맥과 폐동맥을 단측문합한 양방향성 상대정맥-폐동맥 단락술의 임상 보고가 있는 후 Fontan 수술의 고 위험군 환자에게 적용시 좋은 결과를 보인다는 보고가 나오면서 1980년대 후반부터는 양방향성 상대정맥-폐동맥 단락술은 임상에 적극 이용되기 시작하였으며 국내에서도 1990년대 초반부터 이와 관련된 보고가 나오기 시작했다<sup>6,11</sup>. 아직까지 Glenn 또는 Blalock-Taussig 단락술과의 장기적인 성적비교는 어렵지

만 현재까지 알려진 양방향성 상대정맥-폐동맥 단락술의 장점을 열거해보면 좌·우폐동맥의 연결이 보존되며 폐혈류를 양측으로 보내주며 또 다른 술식의 추가가 여전히 가능하며, 또한 체심실에 대한 전부하를 줄여 심실 기능을 유지시키며, 폐동맥의 distortion의 가능성이 적으며 폐쇄성 폐혈관 질환을 유발시키지 않으며 또한 Glenn 단락술에 비해 상대정맥 증후군이나 유미흉, 늑막액 등의 발생률이 낮으며 폐동정맥루나 상대정맥으로 부터의 측부혈관 발생 빈도가 낮다는 것 등이다.

한편 폐동맥의 성장여부에 대해서는 유아의 경우에는 상대적으로 소아에 비해 두부의 크기가 커서 폐동맥의 성장을 기대할 수 있다는 보고가 있었다<sup>3)</sup>.

그러나 폐동맥의 크기 자체만으로는 양방향성 상대정맥-폐동맥 단락술의 수술 금기증이 되지 않으며, 또한 Bridges 등의 보고에 의하면 Fontan 수술에 있어서도 폐동맥의 크기와 폐동맥 지수 등이 술후 예후에 영향을 미치지 않는다고 하여서 폐동맥의 크기에 대한 관심은 적었다<sup>12)</sup>. 그러나 폐동맥의 크기가 Fontan 수술후의 중심정맥압 및 폐동맥압 등의 혈류역학, 지속적인 늑막액, Fontan 수술의 제거(takedown), 수술 사망 등과 연관이 깊다는 보고가 최근 지속적으로 발표되고 있어 폐동맥의 크기에 관한 중요성이 다시 강조되고 있다<sup>13-15)</sup>.

이러한 관점에서 양방향성 상대정맥-폐동맥 단락술이나 Fontan 수술전의 폐동맥 크기는 중요하며, 특히 양방향성 상대정맥-폐동맥 단락술후에 폐동맥의 크기가 어떻게 변화할 것이냐는 문제와 이것이 후에 Fontan 수술과 연관되었을 때 어떠한 영향을 미칠 것인가는 매우 중요한 문제라고 하겠다. 현재까지 양방향성 상대정맥-폐동맥 단락술후에 폐동맥이 성장할 것이라든가, 아니면 절대적인 혈류량의 감소와 더불어 폐동맥의 크기도 감소할 것이라는 개념적인 논문은 있었으나<sup>4,16)</sup>, 폐동맥의 크기를 측정하고 이를 체표면적 등으로 표준화하여 실제 이를 증명한 논문은 드물었다.

Penny<sup>3)</sup>와 Mendelsohn<sup>17)</sup> 등이 폐혈류량의 감소와 박동성 혈류의 소실로 양방향성 상대정맥-폐동맥 단락술이후 폐동맥 지수가 감소하였다고 주장하였으나 본 연구에 의하면 술후 환자들의 체표면적의 증가와 함께 폐동맥의 증가를 볼 수 있었으며 이를 체표면적으로 표준화한 폐동맥 지수나, 환자의 하행대동맥의 지름으로 표준화한 McGoon 비로 보았을 때 그러한 감소는 없었다. Fontan<sup>11)</sup> 등은 그들의 연구에서 McGoon 비가 1.2 미만인 경우 수술 사망률이 매우 높아 수술의 금기증으로 보고한 바 있는데 본 연구에서는 이러한 환자에게 적용한 양방향성 상대정맥-폐

동맥 단락술후에 McGoon 비가 모두 1.2 이상으로 의미 있게 증가하였음을 볼 수 있었다. 물론 여기에는 혈관 성형술 등의 영향을 감안하여야 하겠지만 이는 양방향성 상대정맥-폐동맥 단락술이 Fontan 수술의 고위험군 환자에게 적용되었을 때 좋은 임상 결과를 보이게되는 한 요소라고 판단할 수 있겠다. 그러나 폐동맥 교약술을 시행받았던 2명을 포함하여 폐동맥 지수가 250 이상이었던 3명의 환자는 모두 수술후 폐동맥 지수가 감소하는 결과를 보였다.

또한 주폐동맥의 혈류를 유지하거나 또 다른 Blalock-Taussig 단락술 등의 박동성 혈류를 추가하는 박동성 양방향성 상대정맥-폐동맥 단락술을 시행하면 박동성 폐혈류를 유지하므로서 동맥혈 산소 포화도를 증가시키고, 폐동맥의 성장을 기대할 수 있다고 하였다<sup>5,18)</sup>. 본 연구에서는 박동성 양방향성 상대정맥-폐동맥 단락술의 증례가 적어 비교분석은 시행하지 못했지만 향후 박동성 양방향성 상대정맥-폐동맥 단락술에 대한 비교 연구도 이루어져야 할 것으로 생각된다.

표본수가 적고 사망환자를 제외시켰으나 수술전 폐동맥 압력이 18mmHg 이상으로 높았던 환자들의 경우 양방향성 상대정맥-폐동맥 단락술후의 폐동맥 압력은 수술전의 폐동맥압력보다 감소하는 추세였다. 이는 동맥혈내 산소 포화도의 증가 및 체심실의 이완기말 압력의 저하와 더불어 Fontan 수술의 고위험군 환자라도 양방향성 상대정맥-폐동맥 단락술후에 그 위험도가 감소하고 궁극적으로 Fontan 수술시 좋은 임상결과를 보이게되는 중요한 이유가 되리라 본다. 또한 폐동맥 지수나, McGoon 비가 낮더라도 양방향성 상대정맥-폐동맥 단락술을 견딜 수 있는 정도라면, 폐동맥의 크기가 크게 늘어나지 않더라도 양방향성 상대정맥-폐동맥 단락술을 통한 단계적 접근으로서 Fontan 수술로서 좋은 임상결과를 보일 수 있을 것이라 생각되었다.

## 결 론

양방향성 상대정맥-폐동맥 단락술이 폐동맥의 크기에 미치는 영향을 밝혀내고자 하였다. 이를 위하여 수술전·후에 심도자 및 혈관조영술을 시행한 결과를 검토하고 이를 통계 처리하였다. 폐동맥의 크기는 폐동맥 지수와 McGoon 비를 이용하였고 환자의 나이, 체표면적, 동맥혈내 산소포화도의 증가량, 혈관 성형술 여부, 수술전 폐동맥의 크기, 수술후 심도자 및 혈관조영술까지의 기간 등을 변수로 폐동맥의 성장여부를 연구하였다.

양방향성 상대정맥-폐동맥 단락술 자체는 폐동맥의 크

기에 영향을 미치지 못하고 환자의 체표면적의 증가에 따른 폐동맥의 지름의 증가를 알 수 있었다. 또한 환자의 나이, 체표면적, 동맥혈내 산소포화도의 증가량, 혈관 성형술 여부, 수술후 심도자 및 혈관조영술까지의 기간 등은 수술후의 폐동맥 지수의 증가에 영향을 미치지 못하였으며 단지 수술전의 폐동맥의 크기가 매우 작을 경우 (McGoon 비 1.2 미만)에는 폐동맥 지수가 유의한 증가를 보였는데 이는 수술중 동반된 폐동맥 성형술 등의 영향이 있었음을 감안하여야 할 것으로 생각되었다. 한편 수술전 폐동맥 크기에 대한 지표로서 폐동맥 지수와 McGoon 비와는 유의한 상관관계가 있어 어느 것을 이용하더라도 좋은 폐동맥 크기에 대한 지표임을 알게 되었다.

결론적으로 양방향성 상대정맥-폐동맥 단락술이 동맥혈내 산소포화도는 증가시키나 체표면적이나 하행대동맥 지름 등으로 표준화시킨 폐동맥의 크기에는 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다.

### 참 고 문 헌

1. Fontan F, Baudet E. *Surgical repair of tricuspid atresia*. Thorax 1971;26:240-8
2. Sade RM, Fyfe DA. *Tricuspid Atresia*. In: Sabiston DC, Sepencer FC. *Surgery of the chest*. 5th ed. Philadelphia.W.B Saunders Co., 1990;1471-2
3. Bridges ND, Jonas RA, Mayer JE, Flanagan MF, Keane JF, Castaneda AR. *Bidirectional cavopulmonary anastomosis as interim palliation for high-risk Fontan candidates -early results*. Circulation 1990;82(suppl):IV170-6
4. Chang AC, Hanley FL, Wernovsky G, et al. *Early bidirectional cavopulmonary shunt in young infants-postoperative course and early results*. Circulation 1993; 88:III49-58
5. Penny DJ, Pawade A, Wilkinson JL, Karl TR. *Pulmonary artery size after bidirectional cavopulmonary connection*. J Card Surg 1995;10:21-6
6. 지현근, 전태국, 김용진, 노준량. 양방향성 상대정맥-폐동맥 단락술의 임상적 연구. 대흉외지 1995;28:759-65
7. Nakata S, Imai Y, Takanishi Y, 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 1984;88:610-9
8. Piehler JM, Danielson GK, McGoon DC, Wallace RB, Fulton RE, Mair DD. *Management of pulmonary atresia with ventricular septal defect and hypoplastic pulmonary arteries by right ventricular outflow construction*. J Thorac Cardiovasc Surg 1980; 80:552-7
9. Mazzera E, Corno A, Picardo S. *Bidirectional cavopulmonary shunt : clinical applications as staged or definitive palliation*. Ann Thorac Surg 1989;47:415-20
10. Azzolina G, Eufrate S, Pensa P. *Tricuspid atresia. Experience in surgical management with a modified cavopulmonary anastomosis*. Thorax 1972;27:111-5
11. 한재진, 나찬영, 소동문 등. 고식적 목적 혹은 Fontan 수술 전 단계로서 시행한 양방향성 상공정맥 폐동맥 단락술의 조기 임상 결과. 대흉외지 1992;25:404-12
12. Bridges ND, Farrell PE Jr, Pigott III, JD, Norwood WI, Chin AJ. *Pulmonary artery index. a nonpredictor of operative survival in patients undergoing modified Fontan repair*. Circulation 1989;80(suppl):I216-21
13. Fontan F, Fernandez G, Costa F, Naftel DC, Tritto F, Blackstone EH, Kirklin JW. *The size of the pulmonary arteries and the results of the Fontan operation*. J Thorac Cardiovasc Surg 1989;98:711-24
14. Knott-Craig CJ, Julsrud PR, Schaff HV, Puga FJ, Danielson GK. *Pulmonary artery size and clinical outcome after the modified Fontan operation*. Ann Thorac Surg 1993;55:646-51
15. Senzaki H, Isoda T, Ishizawa A, Hishi T. *Reconsideration of criteria for the Fontan operation. Influence of pulmonary artery size on postoperative hemodynamics of the Fontan operation*. Circulation 1994;89:266-71
16. Mastsushita T, Matsuda H, Ogawa M, et al. *Assessment of the intrapulmonary ventilation-perfusion distribution after the Fontan procedure for complex cardiac anomalies: Relation to pulmonary hemodynamics*. J Am Coll Cardiol 1990;842-8
17. Mendelsohn AM, Bove EL, Lupinetti FM, Crowley DC, Lloyd TR. *Central pulmonary artery growth patterns after the bidirectional Glenn procedure*. J Thorac Cardiovasc Sur 1994; 107:1284-90
18. Kobayashi J, Matsuda H, Nakano S. et al. *Hemodynamic effects of bidirectional cavopulmonary shunt with pulsatile pulmonary flow*. Circulation 1991;84(suppl):III-219-III-225



**=국문초록=**

Fontan 수술의 고위험군 환자에게 시행되는 양방향성 상대정맥-폐동맥 단락술은 비교적 낮은 수술 위험과 동맥혈내 산소포화도의 증가, 그리고 체심실에 대한 용적 부담을 줄임으로서 Fontan 수술전에 시행하는 효과적인 중간 단계의 고식적 수술로서 알려져있다. 그러나 낮은 체정맥압에 의해 유지되는 폐혈류인 양방향성 상대정맥-폐동맥 단락술후 폐동맥의 크기 변화에 대해서는 아직까지 논란이 되고 있다.

본 연구에서는 양방향성 상대정맥-폐동맥 단락술이 폐동맥의 크기에 미치는 영향을 밝혀내고자 1992년 2월부터 1994년 7월까지 서울대학교 의과대학 흉부외과학교실에서 양방향성 상대정맥-폐동맥 단락술을 받은 19명의 환자를 대상으로 수술전  $3.8 \pm 4.8$ 개월 및 수술후  $19.6 \pm 6.2$ 개월에 시행한 심도자 및 혈관조영술의 결과를 검토하고 이를 통계 처리하였다. 폐동맥의 크기는 폐동맥 지수와 McGoon 비를 이용하였고 환자의 나이, 체표면적, 혈관 성형술 여부, 수술전 폐동맥의 크기, 수술후 심도자 및 혈관조영술까지의 기간 등을 변수로 폐동맥의 성장여부를 연구하였다.

수술전 심도자 및 혈관조영술 당시 환자의 평균 나이는  $13.7 \pm 15.6$ 개월, 평균 체표면적은  $0.40 \pm 0.12$  m<sup>2</sup>, 동맥혈 산소포화도는  $71.4 \pm 12.4$  % 이었다. 우폐동맥의 지름은  $7.1 \pm 1.7$  mm, 좌폐동맥의 지름은  $6.2 \pm 1.7$  mm, 폐동맥 지수는  $191.8 \pm 82.7$  mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, McGoon 비는  $1.73 \pm 0.49$  였다. 폐동맥 압력은 6명에서 측정하였는데 평균 폐동맥압은 21 mmHg 이었다.

한편 수술후 심도자 및 혈관조영술 당시 환자의 평균 나이는  $39.9 \pm 16.2$ 개월, 평균 체표면적은  $0.58 \pm 0.07$  m<sup>2</sup>, 동맥혈 산소포화도는  $83.0 \pm 3.8$  % 이었다. 우폐동맥의 지름은  $9.0 \pm 1.5$  mm, 좌폐동맥의 지름은  $7.7 \pm 2.0$  mm, 폐동맥 지수는  $197.3 \pm 57.1$  mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, McGoon 비는  $1.76 \pm 0.32$  였다. 수술후 전 환자에서 폐동맥 압력을 측정하였으며 평균 폐동맥압은  $12.8 \pm 3.6$  mmHg이었다.

환자의 성장에 따라 폐동맥의 지름도 증가하였으나 폐동맥 지수나 McGoon 비는 증가하지 않았다. 또한 환자의 나이, 술후 동맥혈내 산소포화도의 증가 정도, 혈관 성형술 여부, 수술후 심도자 및 혈관조영술까지의 기간 등은 수술후의 폐동맥 지수의 증가에 영향을 미치지 못하였으며 단지 수술전의 폐동맥의 크기가 매우 작을 경우(McGoon 비 1.2 미만)에는 폐동맥 지수가 유의한 증가를 보였는데 이는 수술 중 동반된 폐동맥 성형술 등의 영향이 있었음을 감안하여야 할 것으로 생각되었다. 한편 수술전 폐동맥 크기에 대한 지표로서 폐동맥 지수(PAI)와 McGoon 비(MGR)와는 다음과 같은 유의한 상관관계가 있음을 알 수 있었다

상관식 ;  $PAI = MGR \times 118.0 - 12.4$ .

결론적으로 양방향성 상대정맥-폐동맥 단락술이 동맥혈내 산소포화도는 증가시키나 폐동맥 지수는 단기간의 본 연구에서는 증가하지 않는 것으로 나타났다. 향후 박동성 양방향성 상대정맥-폐동맥 단락술이나 또는 Blalock-Taussig 단락술등이 폐동맥의 성장에 미치는 영향에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

- 중심 단어 :**
1. 양방향성 상대정맥-폐동맥 단락술
  2. Fontan 수술
  3. 폐동맥 지수
  4. McGoon 비