

폐고혈압을 동반한 심실중격결손증의 수술 후 혈류역학 변화

문승호* · 민용일* · 오봉석*

=Abstract=

Postoperative Hemodynamic Changes of VSD with Pulmonary Hypertension

Seung Ho Moon, M.D.*, Young lil Min, M.D.*, Bong Suk Oh, M.D.*

This series comprised 31 patients with pulmonary hypertension of 282 patients of ventricular septal defect (VSD) who underwent operation at the department of Thoracic and Cardiovascular Surgery in Chonnam University Hospital, from January, 1986 to December, 1991. Pulmonary hypertension was noted in 59 of 280 cases of VSD. Of them, 31 cases underwent cardiac catheterization on postoperative 8th to 77th month. Age at operation was ranged from 10 months to 29 years (mean 9.13 years). 17 patients were male and 14 patients were female.

Results of follow-up studies were as follows: Cardiothoracic ratio was decreased from 0.59 ± 0.04 to 0.54 ± 0.03 ($p=NS$). Postoperative systolic pulmonary arterial pressure (PAPs), mean pulmonary arterial pressure (PAPm), and systolic right ventricular pressure (RVPs) were decreased significantly ($p < 0.001$). And also Rp/Rs was decreased from 0.37 ± 0.21 to 0.14 ± 0.06 ($p < 0.02$). However, systemic arterial pressure (SAP), right atrial pressure (RAP), and pulmonary capillary wedge pressure (PCWP) were changed insignificantly. There were significant relations of follow-up period with the decrement of PAP ($p < 0.005$). In contrary, there were no relations between the decrement of PAP and the age at operation.

These data suggested that the long-term hemodynamic changes remained to be determined in some of the patients, even though they were asymptomatic, with pulmonary hypertension.

(Korean J Thoracic Cardiovas Surg 1993;26:122-8)

Key words: Pulmonary hypertension, Ventricular septal defect

서론

심실중격결손증은 1879년 Roger¹⁾에 의해 처음 기술되었고 그 수술교정은 1954년 Lillehei²⁾가 처음 시행하였다. 그 이후 심도자검사의 발달로 혈류역학 변화와 병의 진전, 예후 등에 관하여 많은 지식을 얻게 되었다. 최근에는 개심술 수기, 체외순환법, 심근보호법의 발전으로 수술사망

율이 현저히 감소되었고, 원격 추적성적에서도 결과가 좋은 질환으로 알려지게 되었다.

폐고혈압이 동반되는 심실중격결손증의 경우도 수술적응 결정이나 수술시기 선택이 어렵지만 가능한한 조기에 폐혈관의 비가역 변화가 오기 전에 수술하여야 한다. 즉, 수술전 폐혈관의 기질적 변화정도가 수술후 폐동맥압 및 폐혈관저항의 감소에 영향을 미쳐 환자의 예후나 사회활동참여 등의 장기추적결과와 밀접한 관계를 갖게된다. 일반적으로 소아에서 수술을 하면 5세 이후에 정상적인 폐동맥압으로 회복되며, 이때 폐혈관저항이 정상이면 보다 빨리 정상 폐동맥압으로 변화하고 그 예후는 수술당시의 나이와 술전 폐혈관저항이 크게 관여하고 있다고 하였다^{3~4)}.

* 전남대학교 의과대학 흉부외과학교실

* Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Chonnam National University Medical College

† 이 논문은 1992년도 대한흉부외과학회 제24차 학술대회에서 구연되었음.

저자 등은 술전 폐고혈압을 가진 심실중격결손증 환자에서 수술후 장기 추적관찰을 하여 폐동맥압 및 폐혈관저항의 변화를 알아보고 그의 치료와 예후에 관한 임상소견을 문헌고찰과 함께 기술하는 바이다.

대상 및 방법

1986년 1월부터 1991년 12월까지 6년간 전남대학교 의과대학 흉부외과학교실에서 개심술을 시행하였던 심실중격결손증 환자 282례 중에서 폐동맥압이 높았던 59례의 환자를 추적하여 그중 생존추적이 가능했던 31례 대상으로 하였다.

전례에서 수술전 임상경과를 조사분석하고 내원관찰시 이학검사 후 흉부 단순X-선촬영, 심전도, 심도자법을 시행하여 우심실압(RVP), 폐동맥압(PAP), 폐모세관쇄기압(PCWP), 폐/체혈류량비(Qp/Qs), 폐/체혈관저항비(Rp/Rs) 등을 산출하여 비교하였다.

수술은 전례에서 흉골정중절개를 시행하였고, 중등도 저체온하(28~30°C)에서 체외순환을 실시하여 대동맥 기시부를 차단하고, 심정지 유발 및 심근보호 목적으로 대동맥 근위부에 냉각 심정지역을 주입하였다. 심정지역은 4°C 냉혈 K⁺심정지역(cold blood K⁺ cardioplegics)을 전례에서 사용하였으며, 초회 주입량은 30 ml/kg였다. 그 후에는 매 20여분 간격으로 10 ml/kg 를 투여하여 심장의 온도상승이나 진도활성화를 방지하였다.

심장절개는 우심방절개를 원칙으로 하였고 특히 개방난원공이나 심방중격결손증이 동반된 경우 동시에 봉합폐쇄하였다. 다만 우심실의 형태변화가 있는 심실중격결손증이나 동맥하결손이 동반된 경우에는 우심방이나 우심실을 절개하였다. 심실중격결손공은 31례 모두 팻취(Dacron patch)를 사용하여 폐쇄하였다. 승모판역류증, 대동맥판역류증을 동반한 2례에서는 모두 판막성형술을 시행하였다. 심실근육비후를 동반한 우심실유출로 협착을 보였던 증례에서는 우심실절개 후 유두부 절제술(infundibulectomy)을 시행하였고, 그중 1례에서는 팻취를 이용하여 우심실유출로를 확대교정하였다. 통계는 Student's *t*-test를 이용하여 비교하였다.

결 과

성비는 남자 17례, 여자 14례였다. 수술당시 연령분포는 10개월부터 29세로 평균 9.1세였으며, 이 가운데 6세에서 10세 사이가 9례(29.0%)로 가장 많았다(Table 1). 증례의 추적관찰기간은 최소 8개월에서 최고 77개월까지 평균 34.3개월이었다(Table 2).

Table 1. Distribution of Sex and Age

Age at op.	Male	Female	Total (%)
< 1	1	0	1 (3.2%)
1 ~ 2	2	1	3 (9.7%)
3 ~ 5	2	4	6 (19.4%)
6 ~ 10	6	3	9 (29.0%)
11 ~ 15	4	2	6 (19.4%)
16 ~ 20	0	2	2 (6.5%)
21 ~	2	2	4 (12.9%)
	17 (54.8%)	14 (45.2%)	31 (100.0%) (100.0%)

* mean age:9.1 years

Table 2. Follow-up Period

Duration (Months)	Number of Patient (%)
~ 12	5 (16.1%)
13 ~ 24	10 (32.3%)
25 ~ 36	5 (16.1%)
37 ~ 48	4 (12.9%)
49 ~ 60	0 (0.0%)
61 ~	7 (22.6%)
	31 (100.0%)

Table 3. Type of Ventricular Septal Defect

Type	Number of Patient (%)
Perimembranous	20 (64.5%)
Subarterial	10 (32.3%)
Muscular	1 (3.2%)
	31 (100.0%)

대상증례의 심실중격결손증의 형태는 Soto⁵⁾의 분류방법으로 보면 막성주위결손 20례, 동맥하결손 10례, 근육결손 1례의 분포를 보였다(Table 3).

동반기형은 13례에서 보였는데 개방난원공이 4례로 가장 많았으며 이중성 우심실, 폐동맥협착, 심방중격결손, 대동맥판막 폐쇄부전이 각각 2례였고 그의 대동맥축착증, 동맥관 개존증, 승모판막 폐쇄부전증이 각각 1례씩이었다(Table 4).

수술당시의 폐/체혈류량비(Qp/Qs)는 1.6에서 1.9 사이가 14례(45.2%), 2.0에서 2.9가 10례(32.3%)였으며 3.0 이상인 경우가 7례(22.6%)였다(Table 5).

1. 이학검사

수술전 임상증상은 NYHA class I 이 6례, class II 17례,

Table 4. Associated Cardiac Anomalies

Anomaly	Number of Patient (%)
PFO	4 (26.7%)
DCRV	2 (13.3%)
PS	2 (13.3%)
ASD	2 (13.3%)
AR	2 (13.3%)
COA	1 (6.7%)
PDA	1 (6.7%)
MR	1 (6.7%)
	15 (100.0%)

* PFO; Patent Foramen Ovale, DCRV; Double Chambered Right Ventricle, PS; Pulmonary Stenosis, ASD; Arterial; Septal Defect, AR; Aortic Regurgitation, COA; Coarctation of Aorta, PDA; Patent Ductus Arteriosus, MR; Mitral Regurgitation

Table 5. Preoperative Qp/Qs

Qp/Qs	Number of Patient
~ 1.5	14 (45.2%)
1.6 ~ 2.0	10 (32.3%)
2.1 ~	7 (22.6%)
	31 (100.0%)

class III 8례였으나, 수술후 내원시 대부분 건강한 모습이었으며 일상생활에 불편을 호소하는 사람들은 없었다. 청진소견상 2례에서 grade I과 II 수축기 심잡음이 들렸고 이들의 심도자검사 결과 우심실 산소포화도는 정상범위로서 잔존단락은 없는 것으로 확인되었다.

2. 만기사망

서신이나 전화 등으로 확인된 33례의 환자 중 2례에서 사망하였음이 밝혀져 만기사망율은 6.1% 였고, 2례 모두 급사로서 자세한 사망원인은 알수 없었다. 그들의 수술당시 나이는 3세 및 7세였고 사망시기는 각각 수술 후 1년 및 3년째였으며 수술전 Rp/Rs는 각각 0.36 및 0.65였다.

3. 흉부 단순X-선 촬영.

전례에서 전반적으로 폐혈관음영상(pulmonary vascularity)이 증가된 소견과 심 비대 소견을 보이고 있었으나 수술후 23례 (74%)에서 정상으로 나타났으며, 심흉곽지수(cardiothoracic ratio, CTR)는 수술전 0.59 ± 0.04 에서 수술후 0.54 ± 0.03 으로 감소된 소견을 보였으나 통계유의성은 없었다(Fig. 1).

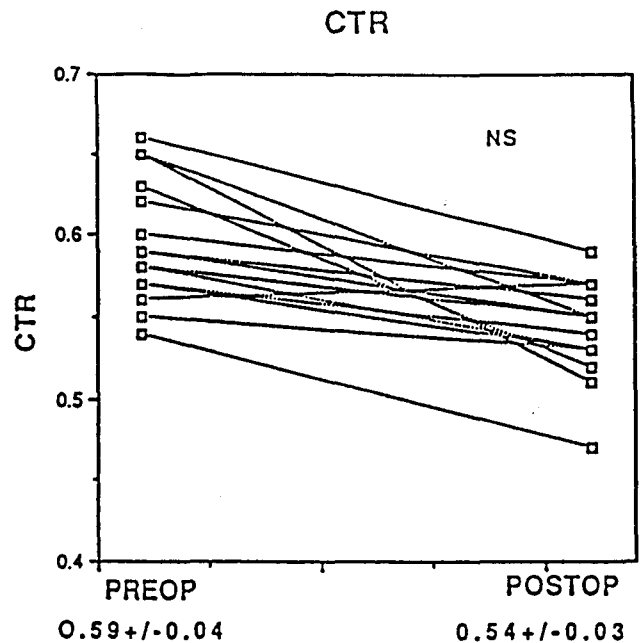


Fig. 1. Preoperative and Postoperative Cardio-Thoracic Ratio

4. 심전도 검사

수술전 좌심실비대 12례, 우심실비대 2례, 양심실비대 10례로 전체의 77.4%에서 심실비대상을 보였으나 수술후 심실 비대소견은 12례 (38.7%)로 감소하였다. 또한 완전우각차단이 수술전 1례에서 11례로 크게 증가된 소견을 보였다(Table 6).

Table 6. Findings of EKG

Finding	Preoperative Number of Pt.	Postoperative Number of Pt.
LVH	12	2
BVH	10	4
W.N.L	4	9
RAH	4	0
ICRBBB	3	3
RVH	2	2
Sinus tachycardia	2	2
Early repolarization	2	1
CRBBB	1	11
Prolonged Q-T	1	1
	41	35

* L(R/B)VH; Left (Right/Bi) Ventricular Hypertrophy, Nk; W. N. L.; Within Normal Limit, RAH; Right Atrial Hypertrophy, C(I)RBBB; Complete (Incomplete) Right Bundle Branch Block

5. 혈류역학 변화.

(1) 폐동맥압의 변화 (Table 7, Fig. 2).

술전 수축기 폐동맥압의 중심치는 53.4 mmHg에서 술후 29.1 mmHg로 유의한 감소를 보였다 ($p < 0.001$). 술전 수축기 폐동맥압은 19례 (61.3%)가 50 mmHg 이하였고, 7례 (22.6%)에서 50~70 mmHg, 5례 (16.1%)에서 70 mmHg 이상이었으나, 수술후 전례에서 감소하여 14례 (45.2%)에서 정상압력을 보였고, 10례 (32.3%)에서 40 mmHg 이하, 4례 (12.9%)에서 중등도 (50 mmHg 이하), 2례에서 수술후 50 mmHg 이상의 압력을 나타내었다. 중심폐동맥압은 술전 32 mmHg에서 술후 13.4 mmHg로 유의한 감소를 보였다 ($p < 0.001$, Fig. 3).

Table 7. Preoperative and Postoperative Systolic Pulmonary Arterial Pressure

Pressure (mmHg)	Preoperative Number of Pt.	Postoperative Number of Pt.
< 30	0 (0.0%)	14 (45.2%)
30 ~ 35	7 (22.6%)	6 (19.4%)
36 ~ 40	5 (16.1%)	4 (12.9%)
41 ~ 50	7 (22.6%)	4 (12.9%)
51 ~ 60	5 (16.1%)	2 (6.5%)
61 ~ 70	2 (6.5%)	0 (0.0%)
70 >	5 (16.1%)	0 (0.0%)
[100 >	2 (6.5%)	0 (0.0%)]
	31 (100.0%)	31 (100.0%)

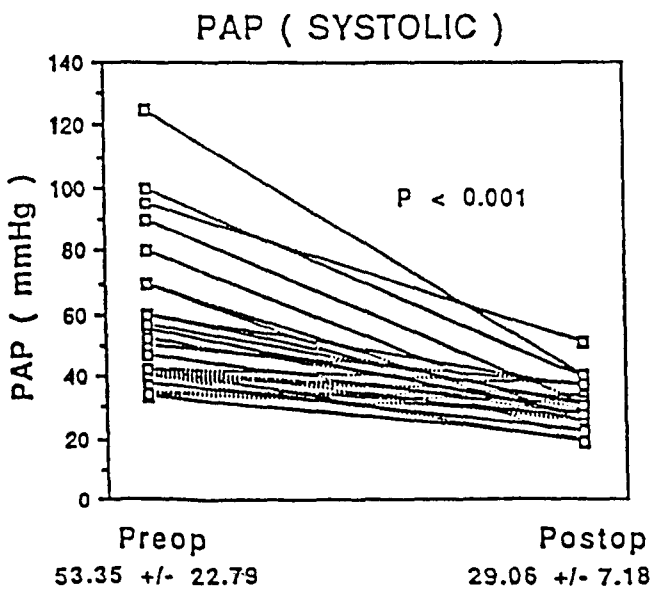


Fig. 2. Preoperative and Postoperative Systolic Pulmonary Arterial Pressure

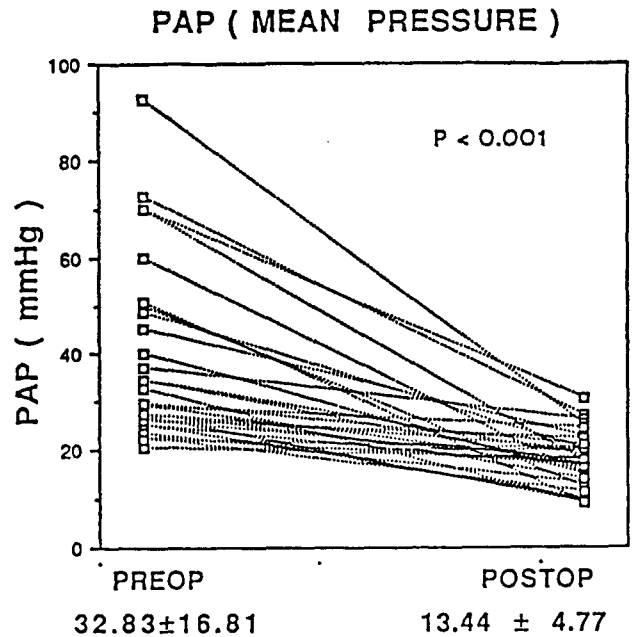


Fig. 3. Preoperative and Postoperative Mean Pulmonary Arterial Pressure

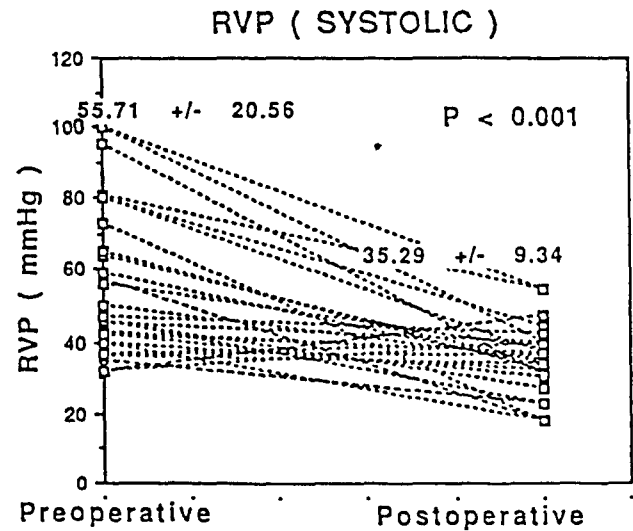


Fig. 4. Preoperative and Postoperative Right Ventricular Pressure

(2) 우심실압의 변화.

수축기 우심실압은 역시 전례에서 감소하였으며 술전 55.8 mmHg에서 술후 35.3 mmHg로 유의한 감소를 하였다 ($p < 0.001$, Fig. 4). 이완기 우심실압은 4.2 mmHg에서 2.8 mmHg로 감소하였으나 통계유의성은 없었다.

- (3) 체동맥압, 우심방압 및 폐모세꽂기압은 술전과 술후 비교시 통계유의성은 없었다(Fig. 5).
- (4) Rp/Rs 의 변화(Table 8, Fig. 6).

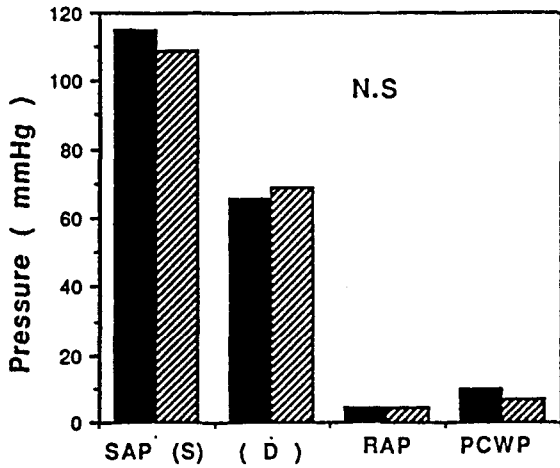


Fig. 5. Preoperative and Postoperative Arterial Pressure, Right Atrial Pressure, pulmonary Carpillary Wedge Pressure

Table 8. Preoperative and Postoperative Rp/Rs

Preoperative Rp/Rs	Postoperative Number of Pt.	Number of Pt.
< 0.2	5 (16.1%)	28 (90.3%)
0.2 ~ 0.5	20 (64.5%)	3 (9.7%)
0.5 >	6 (19.4%)	0 (0.0%)
	31 (100.0%)	31 (100.0%)

* Mean; Preoperative 0.4 ± 0.2
Postoperative 0.1 ± 0.1

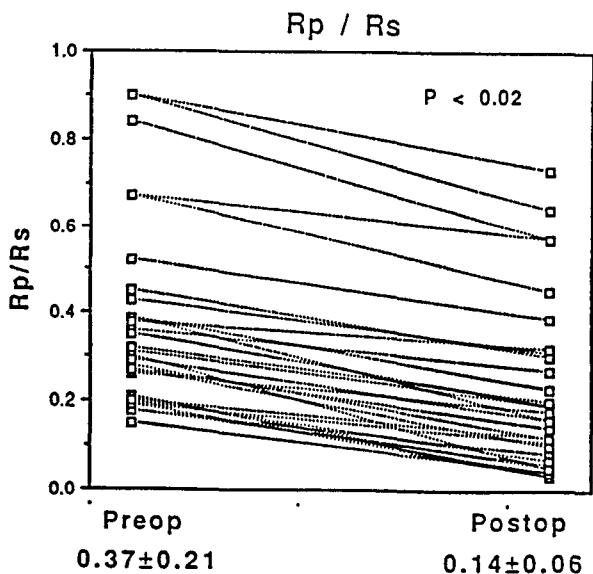


Fig. 6. Preoperative and postoperative Rp/Rs

전례에서 술전에 비해 감소를 보였으며 술전 0.2 이하가 5례 (16.1%), 0.2~0.45 가 20례 (64.5%), 0.45 이상이 6례 (19.3%)였으며 수술후 28례 (90.3%)에서 0.25 이하로, 3례 (9.7%)에서 0.25~0.45로 나타났으며 중심 Rp/Rs는 0.37 ± 0.21 에서 술후 0.14 ± 0.06 으로 유의하게 감소하였다($p < 0.02$).

- (5) 폐동맥압 감소와 추적기간과의 관계(Fig. 7).

폐동맥압의 감소는 추적기간이 오래된 환자 일수록 더 많이 감소하는 양상을 보였다($p < 0.005$).

- (6) 폐동맥압 감소와 수술당시 나이와의 관계(Fig. 8).

수술당시의 나이는 폐동맥압의 감소와는 통계적 상관관계가 없었다.

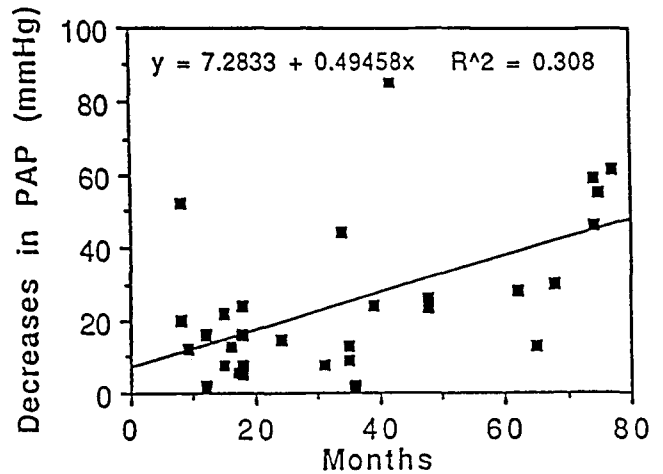


Fig. 7. Decreases in Pulmonary Arterial Pressure according to Follow up periods Postoperatively

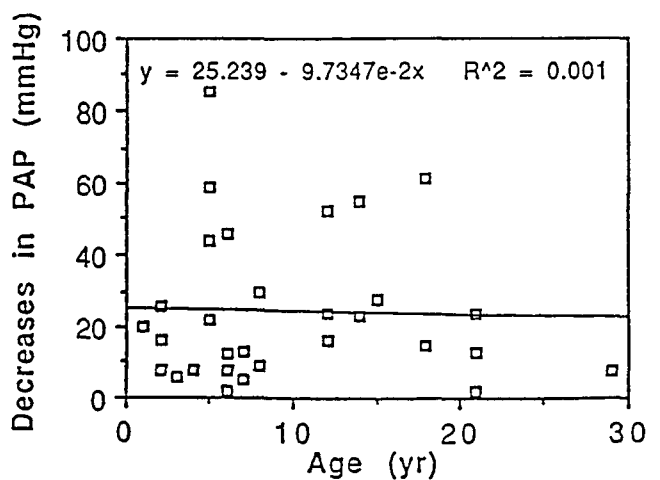


Fig. 8. Decreases in Pulmonary Arterial Pressure according to the Age at the Operation

고 찰

심실중격결손증은 단독 혹은 다른 선천성기형과 함께 나타나며 선천성 심장기형중 가장 많아 약 25%를 차지하는 질환이고 다른 심장기형을 동반하는 경우를 포함하면 약 50% 가까이 된다. 저자의 경우 31례 중 13례에서 다른 질환을 동반하고 있어 그 비율은 약 41.9% 를 차지했다. 또한 본 교실에서 1990년까지 심실중격결손증으로 수술받은 282례의 경우 126례에서 다른 기형을 동반하고있어 그 비율은 44.6%였다.

심실중격결손증의 수술후 원격 관찰성적을 보면 대부분의 환자에서는 좋은 결과를 보이고 있으나 좋지 못한 결과는 주로 불완전봉합 혹은 술후 부분적 봉합열개로 인한 재발, 완전심장차단, 지속적인 폐고혈압 및 이로 인한 폐혈관폐쇄성질환의 진행에 비롯된다. 그러나 최근에는 다행히 봉합열개에 의한 재발이나 완전심장차단 등은 외과수술수기의 발달로 대단히 드물어졌다. 결국 술후사망은 폐혈관폐쇄성질환에 주로 기인하게 된다. 이는 결손부를 통한 좌우 혈액단락으로 폐혈류량이 증가해 폐고혈압을 발생케 함으로써 이차적으로 폐동맥 소혈관의 내막중식과 중막비후로 이행하게 되는데, Heath⁴⁾는 이의 측정을 위해 임상증상이나 혈류역학 동태 외에 폐의 생검조직검사로서만 확인이 가능하다고 하였다. 그러나 폐고혈압이 심한 환자에서 폐생검은 수술후 합병증의 유병율을 증가시키기 때문에 혈류역학 변화만 가지고 폐혈관폐쇄성 질환과의 관계를 설명하려는 노력이 부단하다⁷⁻¹⁰⁾.

혈류역학변화를 보는 방법으로 수술전 심도자법을 시행해서 폐동맥압, 우심실압, Qp/Qs, Rp/Rs, 폐혈관저항 등을 측정하는데 이것은 수술시기의 선택에 매우 중요하다. Kirklin⁶⁾ 등은 폐고혈압증에서 폐동맥저항을 정상(4 units · m²이하), 경도(4~6 units · m²), 중등도(6~10 units · m²), 중도(10 units · m² 이상)로 나누어 10 units · m² 이상에서는 수술의 지침이 되지 않는다고 하였으며, Rp/Rs도 경도(0.25~0.45), 중등도(0.45~0.75), 중도(0.75~1.0)로 구분하여 중도(0.75 이상)에서는 수술을 권하지 않았다. Friedli¹²⁾ 등은 Rp/Rs가 0.45~0.75 사이인 경우 수술후 만기생존율이 56%였다고 보고하고, 이들을 수술하지 않았던 경우와 비교하여 만족스러운 결과는 보이지 않았으나 10대와 20대에 사망한 환자는 드물었다고 하였다. Lillehei²⁾ 등은 심실중격결손증과 폐고혈압을 가진 환자를 모두 수술하였으며 심한 폐고혈압 환자도 수술후 생존이 가능하다고 하였다. DuShane¹⁴⁾ 등은 자세한 환자의 병력, 이학소견, 심전도, 심도자소견, 폐조직검사 등으로 수술을 결정하여야 한다고 말하였다.

수술후 결과에 대해서도 Castaneda, Lillehei, Hallidie⁷⁻⁹⁾

등은 대부분의 환자가 수술전의 정도와는 무관하게 폐혈관저항의 감소를 보였다고 하고, Hoffman¹¹⁾ 등은 수술후 비록 폐동맥압력은 떨어지더라도 폐혈관저항은 별 변화를 보이지 않는다고 하였다. 또한 DuShane¹⁴⁾ 등은 몇 환자에서는 심실중격결손을 수술폐쇄하더라도 오랜기간 계속 추적해 보면 폐혈관질환이 증가할 수도 있다고 말하였다.

저자의 경우 Rp/Rs 0.45~0.75는 3례 였고 만기사망 2례 중 1례가 여기에 속했다. 나머지 대부분의 환자는 경도(Rp/Rs 0.45이하)에 속하고 있어 예상대로 수술결과는 만족스러웠다. 그러나 수술후 계속 중등도 폐고혈압을 가지고 있던 2례와 Rp/Rs가 증가된 3례에서는 계속적인 추적관찰을 요할 것이다.

술후 우각차단에 대해서 Gelbrand¹⁵⁾ 등은 우심실절개로만 온다고 하였으나 Mayo clinic¹⁶⁾ 보고에서는 우심방 절개로도 44%에서 발생하였다고 하였다. 저자의 경우 전체적으로 술후 11례(33%)에서 발생하여 비교적 좋은 결과를 보였다.

수술당시의 나이가 수술후 성적에 영향을 미친다는 보고는 오래 전부터 있어왔다. Mayo Clinic¹⁶⁾에서는 폐혈관저항이 높았던 2세 이전의 환자 13례에서 수술후 거의 정상으로 되었다는 보고와 함께 될수 있는대로 2세 이전에 폐혈관의 비가역적인 변화를 일으키기 전에 수술할 것을 권하고 있다. 또한 추적검사도 수술후 1년, 2년, 3년 등으로 계속 관찰을 요한다 하였다. Cartmill¹⁷⁾ 등은 24개월 이내에 수술을 시행하면 폐혈관저항이 대부분 정상화 혹은 현저히 감소한다고 하였으나, 이와는 대조적인 보고로 DuShane¹⁴⁾ 등은 2세 이후에 수술한 환자의 약 1/2에서 폐혈관저항이 같은 상태로 유지되거나 혹은 더 진행하고 약 20%에서는 정상으로 회복하지 못한다는 보고가 있었다.

저자의 경우 수술당시 나이와 폐동맥압 또는 폐혈관저항의 감소와의 상관관계는 없었다. 이는 대상환자들이 대부분 2세 이상이었으며, 또한 수술당시 나이가 15세 이상인 성인의 경우 높은 폐동맥압을 보여주었고 그중 5례에서는 폐혈관저항이 증가하지않았던 것으로 보아 Friedli¹²⁾ 등이 말한 정지성 폐혈관질환(arrested pulmonary vascular disease)의 범주에 속하는 군이 많았음을 의미한다고 본다. 추적기간 증가에 따른 폐동맥압 감소정도는 오래전에 수술을 받았던 레에서 그 정도가 유의하게 커지는 것을 보여주었다. 이는 앞으로 계속 추적을 통해서 확인되어야 할 것으로 보인다.

결 론

전남대학병원 흉부외과학교실에서 1985년 5월부터 1991년 12월까지 수술한 심실중격결손증 환자 282명을 대

상으로 수술전 수축기 폐동맥압력이 35mmHg 이상인 59명 중 수술후 추적이 가능한 31명을 대상으로 수술전후 흉부 단순x-선촬영, 심전도, 심도자소견 등을 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 수술당시 나이는 10개월에서 29세 (평균 9.1세)였고, 남녀비는 1.2:1였다.
2. 추적관찰기간은 최소 8개월부터 최고 77개월 (평균 34개월)이었다.
3. 술전 흉부단순촬영상 심흉곽지수(CTR)는 0.59 ± 0.04 에서 0.54 ± 0.03 으로 감소하였으나 통계유의성은 없었다.
4. 폐동맥 수축기압은 술전 53.35 ± 22.79 에서 술후 29.06 ± 67.18 로 감소하였다 ($p < 0.001$).
5. 평균 폐동맥압은 술전 32.83 ± 16.81 에서 술후 13.44 ± 4.77 로 감소하였다 ($p < 0.001$).
6. 평균 우심실압은 술전 22.01 ± 8.50 에서 술후 12.47 ± 3.85 로 감소하였다 ($p < 0.001$).
7. 체혈관저항에 대한 폐혈관저항비 (Rp/Rs)는 술전 0.37 ± 0.21 에서 술후 0.14 ± 0.06 으로 감소하였다 ($p < 0.02$).
8. 평균 체동맥압은 술전 81.43 ± 14.33 에서 술후 82.1 ± 79.95 로 변화하였으나 통계유의성은 없었다.
9. 술후 추적기간과 폐동맥압 감소정도와의 관계는 추적기간 증가에 따라 감소폭이 증가하였다 ($p < 0.005$).
10. 수술당시 나이는 폐동맥압 감소정도에 대하여 통계상관관계는 없었다.

References

1. Roger H. *Recherches cliniques sur la communication congenitale de deux coeurs par inoclusion du septum interventriculaire*. Bull Acad Nat I Med 1879;8:1074-81
2. Lillehei CW, Levy MJ, Adams P, Anderson RC. *High pressure ventricular septal defects*. J Am Med Assoc 1954;188:949-57
3. Blackstone EH, Kirklin JW, Bradley EL, DuShane JW, Appelbaum A. *Optimal age and results in repair of large ventricular septal defects*. J Thorac Cardiovasc Surg 1976;72:661-74
4. Heath D, Edwards JE. *The pathology of hypertensive pulmonary vascular disease. A description of six grades of structural changes in the pulmonary arteries with special reference to congenital cardiac defects*. Circulation 1985;18:533-7
5. Soto B, Becker AE, Moulart AJ, et al. *Classification of ventricular septal defects*. Br Heart J 1980;43:332-6
6. Kirklin J. *Ventricular septal defects with pulmonary vascular disease*. N Z Med T 1965;34:64-6 (cardiac suppl.)
7. Castaneda AR, Zamora R, Nicoloff DM, Moller JH, Hunt CE, Lucas RV. *High pressure, high resistance ventricular septal defects. Surgical results of closure through right atrium*. Ann Thorac Surg 1971;12:29-36
8. Lillehei CW, Anderson RC, Eliot RS, Wang Y, Ferlic RM. *Pre and postoperative cardiac catheterization in 200 patients undergoing closure of ventricular septal defects*. Surgery 1968;63:69-76
9. Hallidie-Smith KA, Hollman A, Cleland WP, Bentall HH, Godwin JF. *Effects of surgical closure of ventricular septal defects upon pulmonary vascular disease*. Br Heart J 1969;31:246-53
10. Dushane JW, Kirklin JW. *Selection for surgery of patient with ventricular septal defect and pulmonary hypertension*. Circulation 1960;21:13-20
11. Hoffman JIE. *Diagnosis and treatment of pulmonary vascular disease*. Birth defects. Original Article Series 1972;8:9-13
12. Friedli B, Kidd BSL, Mustard WT, Keith JD. *Ventricular septal defects with increased pulmonary vascular resistance. Late results of surgical closure*. Am J Cardiol 1974;33:403-7
13. DuShane JW, Kirklin JW, Patrick RT, Donald DE, Terry HR Jr, Burchell HB, Wood EH. *Ventricular septal defects with pulmonary hypertension. Surgical treatment by means of a mechanical pump-oxygenator*. JAMA 1956;160:950-9
14. DuShane JW, Kirklin JW. *Late results of the repair of ventricular septal defects in pulmonary vascular disease*. Advances in Cardiovascular Surgery. New York:Grune and Stratton 1973;9:16.
15. Gelbrand H, Waldo AL, Kaiser GA, Bowman FO Jr, Malm JR, Hoffman BF. *Etiology of right bundle branch block in patients undergoing total correction of tetralogy of Fallot*. Circulation 1971;44:1022-30
16. Okoroma EO, Guller B, Maloney JD, Weidman WH. *Etiology of right bundle branch block pattern after surgical closure of ventricular septal defect*. Am Heart J 1975;90:14-8
17. Cartmill TB, DuShane JW, McGoan DC, Kirklin JW. *Results of repair of ventricular septal defect*. J Thorac Cardiovasc Surg 1966;52:486-92