

폐동맥고혈압증을 동반한 선천성 심기형 환아들에서 술후 조기 혈류역학적 변화에 대한 연구

김 용 진 · 김 기 봉*

— Abstract —

A Study on the Early Postoperative Hemodynamic Changes after Correction of Congenital Heart Defects associated with Pulmonary Hypertension

Kim, Yong Jin M.D.*, Kim, Ki Bong M.D.*

Surgical correction of congenital cardiac defects in infants and children with an elevated pulmonary arterial pressure or pulmonary vascular resistance carries a significant early postoperative mortality. And accurate assessments of cardiac output is critically important in these patients.

From April 1988 through September 1989, serial measurements of cardiac index, ratio of pulmonary-systemic systolic pressure, ratio of pulmonary-systemic resistance, central venous pressure, left atrial pressure, and urine output during the first 48 hours after the cardiac operation were made in 30 congenital cardiac defects associated with pulmonary hypertension.

Cardiac index showed significant increase only after 24 hour postoperatively and this low cardiac performance in the early postoperative period should be considered when postoperative management is being planned in the risky patients. There were no variables which showed any significant correlation with cardiac index.

In 12 cases(40%), pulmonary hypertensive crisis developed during the 48 hours postoperatively, and they were treated with full sedation, hyperventilation with 100% O₂ and pulmonary vasodilator infusion.

In all patient with preoperative pulmonary hypertension, surgical placement of a pulmonary artery catheter is desirable to allow prompt diagnosis of pulmonary hypertensive crisis and to monitor subsequent therapy.

I. 서 론

폐동맥 고혈압증을 동반하였던 선천성 심기형환아들의 개심술후 예후는 술후 조기의 불안정한 혈류역학

적 상태를 정확히 판정하고 적절한 치료를 하는데 크게 좌우된다고 할 수 있다.

본 저자들은 서울대학교 의과대학 흉부외과학교실에서 개심술을 시행한, 만 3세 이하의 폐동맥 고혈압증을 동반하였던 선천성 심기형환아 30례를 대상으로 수술직후부터 술후 48시간까지 체동맥과 폐동맥의 혈압, 체동맥혈과 폐동맥혈의 가스분석, 좌심방압, 중심정맥압, 시간당 소변양을 측정하고, 심장치수, 폐

* 서울대학교 의과대학 흉부외과학교실
* Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery,
Seoul National University Hospital
1989년 11월 21일 접수

동맥-체동맥저항의 비를 산출하여, 이들 각 혈류역학적 변수들 사이의 상관관계를 분석하고 술후 시간경과에 따른 변화를 관찰하였으며, 관찰기간중에 pulmonary hypertensive crisis가 발현한 경우의 술전 상태를 비교함으로써, 술전 폐동맥고혈압증이 현저하였던 선천성 심기형환아에서 술후 불안정한 혈류역학적 상태를 판정하고 치료하는데 하나의 지침을 제시하고자 하였다.

II. 대상 및 방법

1. 관찰대상

1988년 4월부터 1989년 9월 사이의 서울대학교 의과대학 흉부외과학교실에서 개심술로서 교정술을 시행한, 폐동맥고혈압증을 동반하였던 만 3세이하의 선천성 심기형환아 30례를 관찰대상으로 하였다. 수술전 시행한 심혈관도자 소견을 토대로 폐동맥 수축기압과 체동맥 수축기압의 비가 0.5 이상되는 중증도 이상의 폐동맥 고혈압증을 동반한 환아들을 그 대상으로 하였는데 30례중 남녀의 비는 17:13이었고 수술당시 나이는 9 ± 7개월(± S.D., 범위 2-36개월), 체중은 6.2 ± 2.0 kg(± S.D., 범위 3.2-11.7 kg), 체표면적은 0.33 ± 0.07 m²(± S.D., 범위 0.20-0.54 m²)이었으며 술전 폐동맥-체동맥 수축기압의 비는 0.83 ± 0.17(± S.D.), 수술전 심혈관도자를 시행하지 않아서 자료가 불충분하였던 1례를 제외한 29례의 술전 폐동맥-체혈관 혈류량의 비(Qp/Qs)는 2.90 ± 1.64(± S.D.)이었으며, 폐혈관-체혈관 저항의 비(Rp/Rs)는 0.31 ± 0.25(± S.D.)이었다(표 1).

동반 심기형으로는 심실중격결손증이나 이를 동반

표 1. 수술전 환자들의 자료

| n | 30 |
|-----------------------|----------------------|
| Sex (M:F) | 17:13 |
| Age (Mo) | 9 ± 7 (± S.D.) |
| BWt (kg) | 6.2 ± 2.0 (± S.D.) |
| BSA (m ²) | 0.33 ± 0.07 (± S.D.) |
| Pp/Pa | 0.83 ± 0.17 (± S.D.) |
| Qp/Qs | 2.90 ± 1.64 (± S.D.) |
| Rp/Rs | 0.31 ± 0.25 (± S.D.) |

Legend:Pp/Ps, preoperative ratio of pulmonary-sytemic peak pressure. Qp/Qs, preoperative pulmonary-sytemic flow ratio. Rp/Rs, preoperative ratio of pulmonary-sytemic resistance.

표 2. 30례에서의 동반 심기형

| | |
|-----------------|----|
| VSD | 11 |
| VSD + ASD | 4 |
| VSD + PDA | 4 |
| VSD + COA | 1 |
| VSD + Mi | 3 |
| C-ECD | 4 |
| Congenital MS | 1 |
| Single Atrium | 1 |
| AP window + ASD | 1 |
| Total | 30 |

Legend:VSD, ventricular septal defect. ASD, atrial septal defect. PDA, patent ducus arteriosus. COA, coarctation of aorta. Mi, mitral insufficiency. C-ECD, complete endocardial cushion defect. MS, mitral stenosis. AP window, aortopulmonary window.

한 복합 심기형이 23례 있었으며, 그밖에 완전심내막상결손증 4례, 선천성 승모판협착증 1례, 대동맥-폐동맥 중격결손증 1례, 단심방 1례 등이 있었다(표 2).

30례중 술후 조기사망은 2례 있었다. 2례 모두 완전 심내막상결손증 환아로 1례는 술후 간헐적인 폐동맥 고혈압증(pulmonary hypertensive crisis)이 반복적으로 계속되다가 술후 제 10일째에 사망하였으며, 1례는 술후 제 12일째에 심장과 직접적인 연관이 없는 원인으로 사망하였다.

2. 관찰방법

요골동맥이나 고동맥에 삽입한 카테터를 통하여 술후 동맥압 측정 및 동맥혈 채취를 하였으며, 체외순환이 끝난 직후 우심실을 통해서 폐동맥에 위치시킨 카테터를 통하여 술후 폐동맥압 측정 및 혼합정맥혈 채취를 하였다. 채취한 동맥혈 및 혼합정맥혈에서 혈색소치, pH, 산소분압등을 측정하고, 이에따라 각각의 산소포화도로 환산한후 동-정맥혈 산소함량 차이를 구하였으며, 성별, 나이, 맥박수에 따른 산소소모량을 참조하여 Fick 방정식에 따라 심장지수(cardiac index)를 산출하였다.

쇄골하정맥에 삽입한 카테터와 체외순환이 끝난 직후 좌심방에 삽입한 카테터를 통하여 술후 중심정맥압과 좌심방압을 수주높이(cmH₂O)로 측정한후 이를 mmHg로 환산하였으며, 시간당 소변량(cc/kg/hr)은 기준시간을 전후로 6시간동안의 평균요량을 체중으로 나누어 구하였다. 각 개인에 따른 차이를 보정하기 위

하여 폐동맥-체동맥 수축기압의 비율 구하였으며, 심에코도검사로 슬후 현저한 잔존 좌-우 단락이 없음을 확인하고 폐동맥과 체동맥의 평균압과 중심정맥압, 좌심방압으로부터 폐혈관-체혈관 저항의 비율 구하여 비교하였다.

수술 직후 1시간째, 6시간째, 12시간째, 24시간째, 그리고 48시간째에 측정된 상기 자료들을 비교 분석하였으며, 이와 별도로 슬후 중환자실에서 관찰하는 기간중에 pulmonary hypertensive crisis가 발현한 경우를 슬전 상태를 따라 비교하였다.

또 슬전 Qp/Qs와, 어느정도 혈류역학적으로 안정되었다고 여겨지는 수술후 48시간째의 폐동맥-체동맥 수축기압의 비사이의 산포도와 상관관계를 구하여 비교하여 보았다.

IBM-PC와 Minitab package(Minitab Release 5.1.1)를 이용하여 각 항목들의 슬후 시간에 따른 변화의 유의성을 관찰하고, 각 항목간의 상관관계 및 유의성을 조사하였다. 슬후 시간경과에 따른 변화는 슬후 1시간을 기준으로 각 구간의 측정치와의 차이를 구한 후 paired t-test와 1요인분산분석을 하였으며, 1요인분산분석의 유의성 검정을 위한 검정통계량은 F값(요인평균평방/오차평균평방)을 사용하였다.

III. 결 과

1. 심장지수(cardiac index, L/min/m²; mean ± S.D.)(그림 1)

수술후 1시간째 심장지수는 2.99 ± 0.85 L/min/m², 6시간째는 2.80 ± 1.12 L/min/m², 12시간째는 3.13 ± 1.98 L/min/m², 24시간째는 4.00 ± 1.95 L/min/m², 48시간째는 4.43 ± 1.28 L/min/m²이었다. 슬후 1시간째를 기준으로 통계학적 유의성은 없었지만 6시간째는 오히려 심장지수가 감소하였다가 12시간째부터 증가하였으며, 24시간째 부터는 유의한 증가를 보였다(p<0.005).

2. 폐동맥-체동맥 수축기압의 비(Pp/Ps; mean ± S.D.)(그림 2)

수술후 1시간째 폐동맥-체동맥 수축기압의 비는 0.41 ± 0.16, 6시간째는 0.39 ± 0.13, 12시간째는 0.43 ± 0.17, 24시간째는 0.43 ± 0.14, 48시간째는 0.41 ± 0.10이었다.

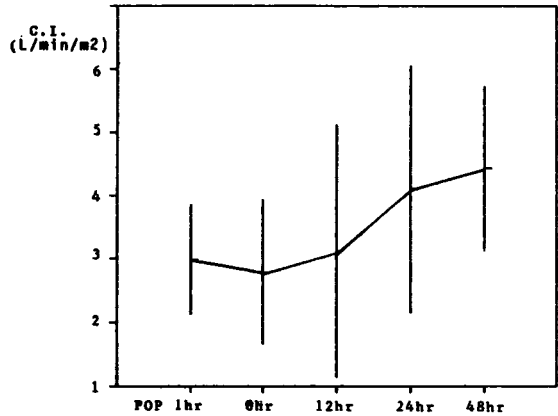


그림 1. 수술후 시간경과에 따른 C.I.의 변화(mean ± S.D.)

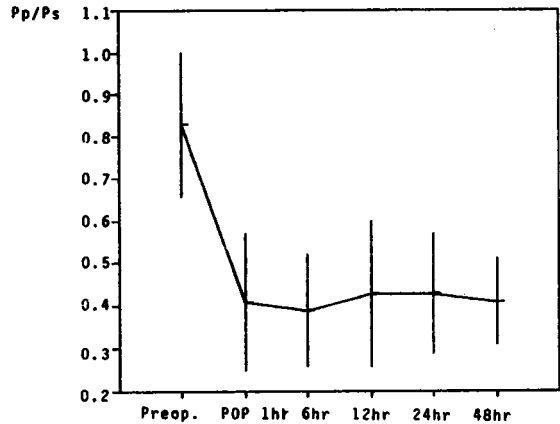


그림 2. 수술후 시간경과에 따른 Pp/Ps의 변화(mean ± S.D.)

이는 모든 슬전의 0.83 ± 0.17에 비하면 현저히 감소한 수치였으나(p<0.001), 슬후 1시간째를 기준으로 시간경과에 따른 유의한 변화는 없었다(F=0.58<F=2.69 at p=0.05).

3. 폐혈관-체혈관 저항의 비(Rp/Rs; mean ± S.D.)(그림 3)

수술후 1시간째 폐혈관-체혈관 저항의 비는 0.21 ± 0.16, 6시간째는 0.17 ± 0.12, 12시간째는 0.22 ± 0.21, 24시간째는 0.22 ± 0.18, 48시간째는 0.22 ± 0.13이었다.

이는 슬전의 0.31 ± 0.25에 비하면 슬후 24시간째를 제외하고는 (p=0.085), 모두 유의한 감소를 보였으나(p<0.05), 슬후 1시간째를 기준으로 그후 시간경

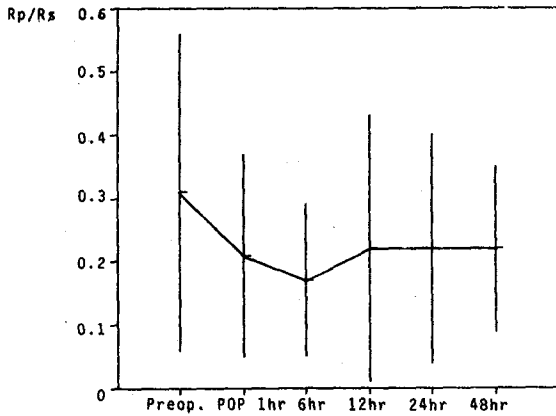


그림 3. 수술후 시간경과에 따른 Rp/Rs의 변화(mean ± S.D.)

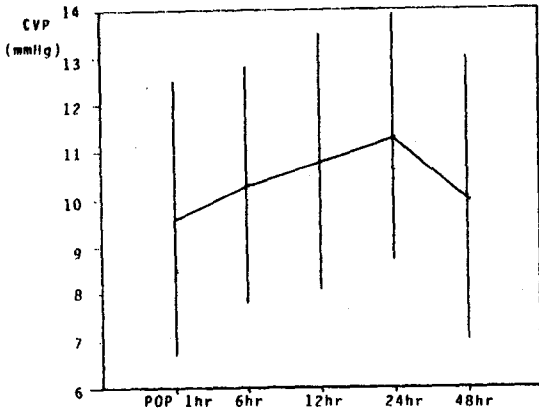


그림 4. 수술후 시간경과에 따른 CVP의 변화(mean ± S.D.)

과에 따른 유의한 차이는 없었다($F=0.50 < F=2.69$ at $p=0.05$).

4. 중심정맥압(central venous pressure, mmHg; mean ± S.D.)(그림 4)

수술후 1시간째 중심정맥압은 9.6 ± 2.9 mmHg, 6시간째는 10.3 ± 2.5 mmHg, 12시간째는 10.8 ± 2.7 mmHg, 24시간째는 11.3 ± 2.6 mmHg, 48시간째는 10.0 ± 3.0 mmHg로서 술후 1시간째를 기준으로 24시간째는 유의한 증가가 있었으나($p=0.003$), 전체 시간경과에 따른 유의한 차이는 없었다($F=1.07 < F=2.69$ at $p=0.05$).

5. 좌심방압(left atrial pressure, mmHg; mean ± S.D.)(그림 5)

수술후 1시간째 좌심방압은 10.4 ± 4.0 mmHg, 6시간째는 11.0 ± 3.1 mmHg, 12시간째는 11.8 ± 3.1 mmHg, 24시간째는 11.8 ± 3.3 mmHg, 48시간째는 10.9 ± 3.8 mmHg로서 술후 1시간째를 기준으로 12시간째($p=0.025$)와 24시간째($p=0.018$)는 유의한 증가가 있었으나 전체적으로 술후 시간경과에 따른 유의한 차이는 없었다($F=1.01 < F=2.69$ at $p=0.05$).

6. 소변양(cc/kg/hour; mean ± S.D.)(그림 6)

수술후 1시간째 소변양은 10.0 ± 7.2 cc/kg/hr, 6시간째는 5.2 ± 3.2 cc/kg/hr, 12시간째는 3.6 ± 2.6

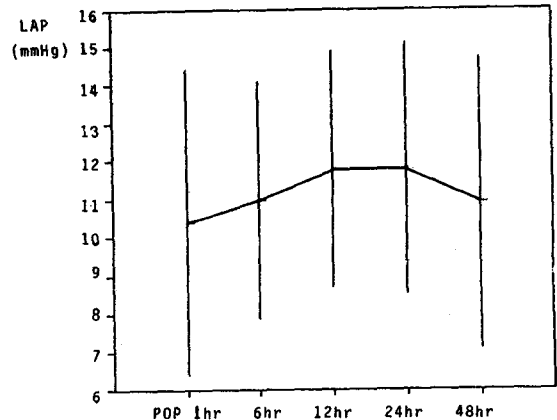


그림 5. 수술후 시간경과에 따른 LAP의 변화(mean ± S.D.)

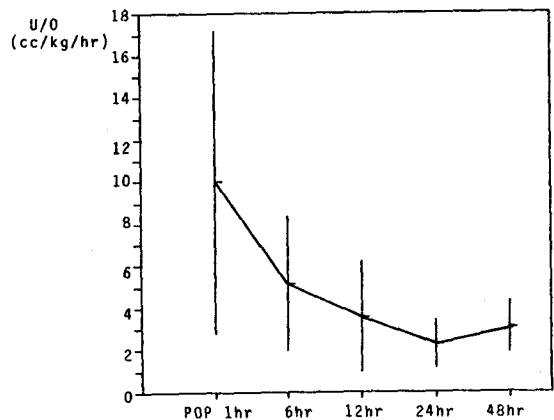


그림 6. 수술후 시간경과에 따른 U/O의 변화(mean ± S.D.)

cc/kg/hr, 24시간째는 2.3 ± 1.1 cc/kg/hr, 48시간째는 3.1 ± 1.2 cc/kg/hr로서 술후 1시간째와 비교하면 그후의 소변양은 현저히 감소하였지만($p=0.0000$), 전체적으로 시간경과에 따른 유의한 차이는 없었다($F=1.01 < F=2.69$ at $p=0.05$).

7. 상관관계(표 3, 4, 5, 6, 7)(그림 7)

수술후 각 구간별로 심장지수, 좌심방압, 중심정맥압, 폐동맥-체동맥 수축기압의 비, 폐혈관-체혈관 저항의 비, 소변양 등 변수들 사이의 단순 상관관계를 보면 술후 1시간째에 좌심방압과 중심정맥압 사이 ($r=0.619$), 폐동맥-체동맥 수축기압의 비와 폐혈관-체혈관 저항의 비 사이 ($r=0.855$)에 유의한 상관관계가 있었다($p<0.001$).

수술후 6시간째에 좌심방압과 중심정맥압 사이 ($r=0.580$), 폐동맥-체동맥 수축기압의 비와 폐혈관-체혈관 저항의 비 사이 ($r=0.814$)에 유의한 상관관계가

표 3. 술후 1시간째 심장지수 및 기타 변수들 사이의 상관지수(r)

| | C.I. | Pp/Ps | Rp/Rs | CVP | LAP |
|-------|---------|---------|-------|---------|--------|
| Pp/Ps | -0.180 | | | | |
| Rp/Rs | -0.205 | 0.855** | | | |
| CVP | -0.145 | 0.229 | 0.210 | | |
| LAP | -0.238 | 0.393* | 0.141 | 0.619** | |
| H/U | -0.362* | 0.009 | 0.211 | 0.100 | -0.125 |

* $p<0.05$ ($r=0.349$ at $p=0.05$)

** $p<0.001$ ($r=0.554$ at $p=0.001$)

Legend: C.I., cardiac index. Pp/Ps, ratio of pulmonary-systemic peak pressure. Rp/Rs, ratio of pulmonary-systemic resistance. CVP, central venous pressure. LAP, left atrial pressure. H/U, hour urine.

표 4. 술후 6시간째 심장지수 및 기타 변수들 사이의 상관지수(r)

| | C.I. | Pp/Ps | Rp/Rs | CVP | LAP |
|-------|---------|---------|--------|---------|--------|
| Pp/Ps | -0.103 | | | | |
| Rp/Rs | -0.038 | 0.814** | | | |
| CVP | -0.534* | 0.199 | 0.082 | | |
| LAP | -0.153 | 0.442* | 0.383* | 0.580** | |
| H/U | -0.062 | 0.048 | 0.019 | 0.059 | -0.189 |

* $p<0.05$ ($r=0.349$ at $p=0.05$)

** $p<0.001$ ($r=0.554$ at $p=0.001$)

표 5. 술후 12시간째 심장지수 및 기타 변수들 사이의 상관지수(r)

| | C.I. | Pp/Ps | Rp/Rs | CVP | LAP |
|-------|--------|---------|-------|---------|---------|
| Pp/Ps | -0.101 | | | | |
| Rp/Rs | -0.119 | 0.899** | | | |
| CVP | -0.187 | 0.380 | 0.194 | | |
| LAP | -0.091 | 0.477* | 0.231 | 0.653** | |
| H/U | -0.020 | 0.032 | 0.109 | -0.134 | -0.361* |

* $p<0.05$ ($r=0.349$ at $p=0.05$)

** $p<0.001$ ($r=0.554$ at $p=0.001$)

표 6. 술후 24시간째 심장지수 및 기타 변수들 사이의 상관지수(r)

| | C.I. | Pp/Ps | Rp/Rs | CVP | LAP |
|-------|--------|---------|--------|---------|--------|
| Pp/Ps | -0.021 | | | | |
| Rp/Rs | 0.078 | 0.835** | | | |
| CVP | -0.332 | 0.111 | -0.133 | | |
| LAP | -0.200 | 0.344 | 0.052 | 0.714** | |
| H/U | -0.098 | 0.027 | 0.114 | -0.118 | -0.101 |

** $p<0.001$ ($r=0.554$ at $p=0.001$)

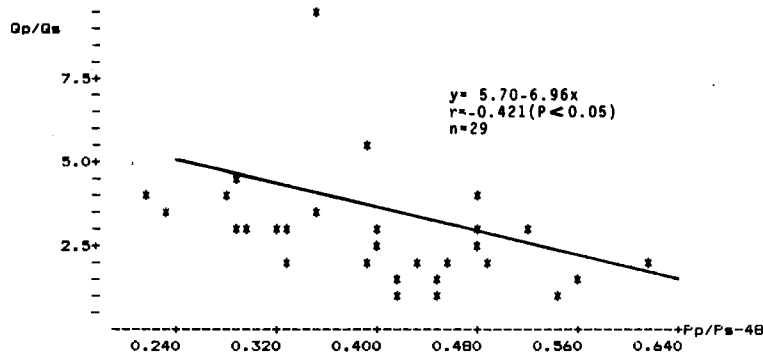


그림 7. 수술전 Qp/Qs와 수술후 48시간째의 Pp/Ps의 산포도

표 7. 술후 48시간째 심장지수 및 기타 변수들 사이의 상관지수(r)

| | C.I. | Pp/Ps | Rp/Rs | CVP | LAP |
|-------|--------|---------|--------|---------|---------|
| Pp/Ps | -0.153 | | | | |
| Rp/Rs | -0.033 | 0.751** | | | |
| CVP | -0.167 | 0.457 | 0.369* | | |
| LAP | -0.330 | 0.572** | 0.334 | 0.755** | |
| H/U | 0.229 | -0.169 | -0.086 | -0.321 | -0.433* |

* p<0.05 (r=0.349 at p=0.05)

** p<0.001 (r=0.554 at p=0.001)

있었으며(p<0.001), 수술후 12시간째는 좌심방압과 중심정맥압 사이 (r=0.653), 폐동맥-체동맥 수축기압의 비와 폐혈관-체혈관 저항의 비 사이 (r=0.899)에 유의한 상관관계를 보였다(p<0.001). 수술후 24시간째에도 좌심방압과 중심정맥압 사이 (r=0.714), 폐동맥-체동맥 수축기압의 비와 폐혈관-체혈관 저항의 비 사이 (r=0.835)에 유의한 상관관계를 보였으며(p<0.001), 수술후 48시간째에는 좌심방압과 중심정맥압 사이 (r=0.755), 폐동맥-체동맥 수축기압의 비와 폐혈관-체혈관 저항의 비 사이 (r=0.751), 좌심방압과 폐동맥-체동맥 수축기압의 비 사이 (r=0.572)에 유의한 상관관계를 보였다(p<0.001).

수술후 시간경과에 따라 일관되게 단순 상관관계가 높은 것은(p<0.001), 좌심방압과 중심정맥압 사이, 폐동맥-체동맥 수축기압의 비와 폐혈관-체혈관 저항의 비 사이였으며, 심장지수와 상관관계가 높은 변수는 없었다.

술전 Qp/Qs와, 술후 48시간째의 Pp/Ps 사이의 산포도를 보면 술전 Qp/Qs가 클수록 술후에 Pp/Ps가 감소하는 경향을 보였으며, 술전 Qp/Qs와 술후 48시간째의 Pp/Ps 사이의 상관지수는 -0.421 (p<0.05)이었다(그림 7).

8. 술후 간헐적인 폐동맥고혈압증의 발현(pulmonary hypertensive crisis)

술후 중환자실에서 폐동맥압을 monitor하고있는 동안 모두 12례(40%)에서 pulmonary hypertensive crisis가 발현되었는데 acute crisis가 있었던 경우가 7례(23%), minor crisis가 있었던 경우가 5례(17%)에서 있었다. 이들 pulmonary hypertensive crisis가 발현되었던 경우에는 full sedation, hyperventilation with 100% O₂ 폐혈관 확장제 투여등으로 치료하

였다.

acute or minor pulmonary hypertensive crisis가 있었던 경우의 술전 폐동맥-체동맥 수축기압의 비는 0.92 ± 0.14(± S.D.)로서, 없었던 경우의 비 0.77 ± 0.16(± S.D.)와 유의한 차이를 보였으며(p=0.016), pulmonary hypertensive crisis가 있었던 경우의 술전 폐혈관-체혈관 저항의 비는 0.47 ± 0.32(± S.D.), 없었던 경우는 0.21 ± 0.10(± S.D.)로서 유의한 차이를 보였다(p=0.004).

acute crisis가 있었던 경우와 minor crisis가 있었던 경우를 나누어 비교해보면 술전 폐동맥-체동맥 수축기압의 비는 acute crisis가 있었던 경우에 0.93 ± 0.17(± S.D.), minor crisis가 있었던 경우는 0.89 ± 0.08(± S.D.)이었으며(그림 8), 술전 폐혈관-체혈관 저항의 비는 acute crisis가 있었던 경우에 0.64 ± 0.30(± S.D.), minor crisis가 있었던 경우가 0.22 ± 0.12(± S.D.)로서(그림 9), 일반적으로 폐동맥-체동맥 수축기압의 비나 폐혈관-체혈관 저항의 비가 더 높을수록 acute crisis가 발현함을 보였다.

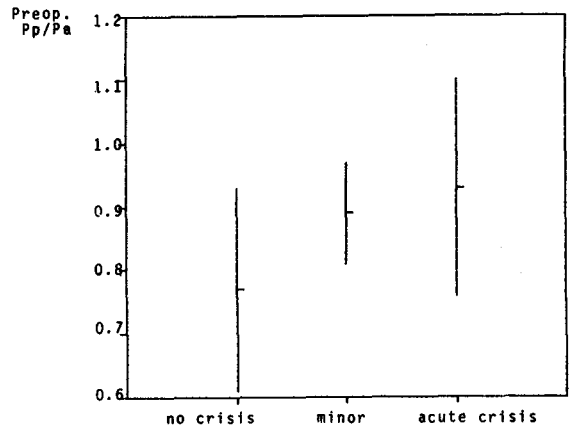


그림 8. Pulmonary hypertensive crisis가 있었던군과 없었던군 사이의 술전 Pp/Pa의 비(mean ± S.D.)

IV. 고 안

폐동맥 고혈압증이 현저하거나 폐혈관 저항이 증가하였던 선천성 심기형환아들에서 술후 조기의 불안정한 혈류역학적 상태를 정확히 판정하는 것은 술후 치료에 매우 중요한 지침이 된다.

술후 심기능을 반영하는 혈류역학적 변수들 중에서 thermodilution method 등으로 직접 측정된 심장지수

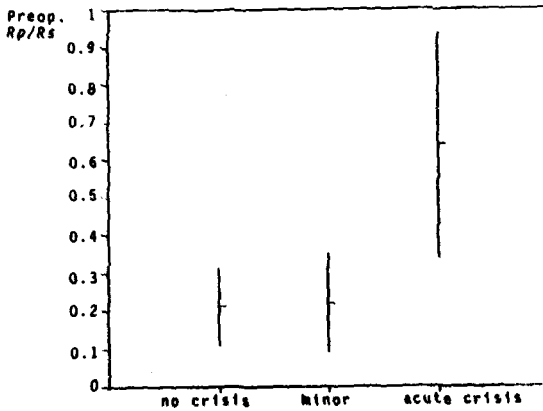


그림 9. Pulmonary hypertensive crisis가 있었던군과 없었던군 사이의 술전 Rp/Rs의 비(mean ± S.D.)

(cardiac index)가 가장 객관적이고 정확한 지표라고 할 수 있으나 실제로는 기타의 혈류역학적 변수로서 심기능을 간접적으로 추정하는 경향이 있다. Kohanna등은¹⁾ 심박출량을 기타의 혈류역학적 변수들로서 간접적으로 추정하는 것은 실제 임상에 적용하기에는 충분한 신뢰성이 없으며, 따라서 술후 심기능을 정확히 평가하기 위해서는 심박출량을 직접 측정하여야 한다고 하였지만, 여러 혈류역학적 변수들중에서 특히 혼합정맥혈 산소포화도는 술후 간접적으로 심장지수를 나타내는 한 지표가 될 수 있으며 그 상관관계도 높은 것으로 여겨지고 있다^{2~10)}.

본 연구에서는 동맥혈 및 혼합정맥혈의 가스분석 결과와 산소소모량표를 이용하여 Fick 방정식에 따라 심장지수를 산출하였으며, 기타 혈류역학적 변수들과의 상관관계를 구하여, 심장지수를 간접적으로 나타내는 지표로서 임상에서 사용하기에 적절한가를 밝히려고 하였다. 즉 Fick 방정식에 따라 구한 심장지수, 폐동맥-폐동맥 수축기압의 비, 폐혈관-체혈관 저항의 비, 중심정맥압, 좌심방압, 시간당 소변양등을 술후 시간경과에 따라 측정하여 그 변화를 관찰하고 그들 사이의 상관관계를 구하였다. 심장지수의 경우는 술후 1시간째에 비하여 6시간째는 오히려 다소 감소하였다고 24시간째부터 유의한 증가를 보였는데, 이는 술전 폐동맥 고혈압증이 심하였거나 복잡 심기형일수록 술후 4시간째부터 12시간째 사이에는 심기능이 감소하다가 24시간째부터 증가한다는 Burrows등의¹¹⁾ 보고와 유사한 결과를 보였다. 이는 수술중에 심근보호에 대한 지속적인 연구와 함께, 특히 술후 첫 24시간 동안에는 심기능을 적절히 유지하기 위한 주의깊은

관찰과 치료가 필요함을 시사한다고 할 수 있다. 여러 변수들 사이의 상관관계를 보면 심장지수와 유의한 상관관계를 갖는 변수는 없었으며, 단지 폐동맥-폐동맥 수축기압의 비와 폐혈관-체혈관 저항의 비 사이, 좌심방압과 중심정맥압 사이에만 유의한 상관관계를 보였는데 이는 동맥압이나 좌심방압만으로는 심기능의 적절성 여부를 판정하기에는 부족함을 보여주고 있다.

좌-우 단락이 있는 선천성 심질환에서 폐동맥압은 폐혈류양과 폐혈관 저항에 따라 좌우된다. 폐혈관 저항이 증가하는 원인은 기능적 요인과 해부학적 폐혈관 질환에 따른 고정적 요인으로 나눌 수 있는데, 개심술 후에는 폐혈류양의 증가는 교정되나 술전의 해부학적 폐혈관질환은 계속 남거나 더욱 진행할 수도 있으므로 좌-우 단락이 큰 심기형의 경우 가능한 2세 이전에 교정술을 시행함으로써 저산소증이나 산과다증과 같은 원인을 예방하고 치료하도록 하여야 한다. 다시 말해서, 좌-우 단락이 큰 선천성 심기형 환아에서 교정술후 조기에 폐동맥압은 정상으로 될 수 있지만, 폐혈관이 hyperactive 한 경우 술후에 현저한 폐동맥 고혈압증을 초래하기도 한다. 또, 조기교정술을 시행할 경우에는 이미 진행된 폐쇄성 폐혈관질환이라 하더라도 대체로 호전되지만, 드물게 수술당시 비교적 경증이었다고 하더라도 술후 폐쇄성 폐혈관 질환이 급속히 진행되기도 한다¹³⁾.

본 연구에서는 술전 Qp/Qs가 클수록, 혈류역학적으로 어느정도 안정되었다고 할 수 있는 술후 48시간째의 Pp/Ps는 감소하는 양상을 보였는데, 이는 폐동맥 고혈압증을 동반한 3세이하의 환아에서 술전 Qp/Qs가 크다는 것은 폐혈류양의 증가에 의하며, 그만큼 해부학적 폐혈관 질환은 진행되지 않았음을 간접적으로 반영한다고 할 수 있었다.

개심술후 간헐적인 폐동맥 고혈압증의 발현(pulmonary hypertensive crisis)은 Wheller등이¹⁴⁾ 처음 그 증례를 발표한 이래, 그 원인 규명과 치료에 많은 연구가 행하여져 왔다. 술전 폐동맥 고혈압증이 심했던 경우에는 폐동맥 근육층의 증식이 초래되면서 정상적으로는 근육층이 없는 작은 폐혈관까지 근육층이 형성됨으로써 정상 폐혈관의 성장과 발육의 부전이 초래된다^{12, 15, 16)}. 체외순환후에는 혈소판과 백혈구에서 thromboxane이나 leukotriene과 같은 vasoactive agent들이 쉽게 혈류내로 배출되는데^{13, 17)}, 이들과 폐혈관 내피 세포층사이의 상호작용은, 저산소증, 산과다증(acid-

osis) 등의 자극에 의해 폐혈관의 수축을 초래하고 폐혈관의 저항을 증가하게 한다고 여겨지고 있다¹⁸⁾. 따라서 폐동맥 고혈압증이 현저하였던 환아들에서는 술 후 폐혈관저항의 증가에 따른 pulmonary hypertensive crisis에 빠지지 않도록 그 원인을 예방하며, crisis가 생긴 경우에는 그 원인을 규명하여 교정하고, hyperventilation with 100% O₂ full sedation, 폐혈관 확장제의 투여 등으로 신속히 치료하여야 한다^{14, 18-21)}.

폐동맥압이 체동맥압보다 더 높아지면서 체동맥압의 감소가 초래되는 경우를 acute pulmonary hypertensive crisis, 폐동맥압이 체동맥압의 80% 이상 되지만 체동맥압의 감소는 초래되지 않는 경우를 minor pulmonary hypertensive crisis라고 정의할 수 있는데, 본 연구에서는 폐동맥 고혈압증이 심하였던 30례 중 모두 12례(40%)에서 pulmonary hypertensive crisis가 발현되었는데, 그중 acute crisis가 7례(23%), minor crisis가 5례(17%) 있었다. crisis가 있었던 군과 없었던 군 사이에는 술전 폐동맥-체동맥 수축기압의 비와 폐혈관-체혈관 저항의 비에서 유의한 차이를 보였는데, 일반적으로 수술전의 폐동맥-체동맥 수축기압의 비나 폐혈관-체혈관 저항의 비가 더 높을수록 minor crisis 보다는 acute crisis가 발현됨을 보였다.

12례 중 1례에서는 술 후 pulmonary hypertensive crisis가 반복적으로 계속되다가 수술 제 10일째에 사망하였으나, 그밖의 대부분의 예들에서는 그에 따른 치료에 비교적 잘 반응하였다. 따라서 폐동맥 고혈압증이 현저한 환아들에서는 술 후 초기의 계속적인 폐동맥압의 관찰과 함께, 발현한 crisis에 대한 신속하고 적절한 치료가 필요하다고 여겨진다.

V. 결 론

1. 1988년 4월부터 1989년 9월 사이에 서울대학교 의과대학 흉부외과학교실에서 개심술을 시행한, 폐동맥 고혈압증을 동반하였던 만 3세 이하의 선천성 심기형환아 30례를 관찰대상으로 술 후 시간경과에 따른 심장지수, 폐동맥-체동맥 수축기압의 비, 폐혈관-체혈관 저항의 비, 중심정맥압, 좌심방압, 소변양의 변화와 이들 사이의 상관관계를 분석하였다.

2. 심장지수의 경우 술 후 1시간째를 기준으로 6시간째는 오히려 다소 감소하였다가 24시간째부터 유의한 증가를 보였다($p < 0.005$).

3. 심장지수와 유의한 상관관계들 보인 변수는 없었다.

4. 술전 Qp/Qs가 클수록 술 후 Pp/Ps는 감소하는 양상을 보였는데 이는 폐동맥 고혈압을 동반한 환아에서 술전 Qp/Qs가 크다는 것은 그만큼 해부학적 폐혈관질환이 진행되지 않았음을 간접적으로 반영한다고 할 수 있다.

5. 30례 중 12례(40%)에서 pulmonary hypertensive crisis가 발현하였는데, crisis가 있었던 군과 없었던 군 사이에는 술전 폐동맥-체동맥 수축기압의 비($p=0.016$)와 폐혈관-체혈관 저항의 비($p=0.004$)에서 유의한 차이를 보였으며, 일반적으로 수술전 폐동맥-체동맥 수축기압의 비나 폐혈관-체혈관 저항의 비가 높을수록 minor crisis 보다는 acute crisis가 발현함을 보였다.

6. 따라서 술 후 초기의 불안정한 혈류역학적 상태하에서 심기능을 평가하기에는, 동맥압이나 중심정맥압, 좌심방압, 소변양만으로는 적절치 못하며, 심박출양이나 심장지수를 구하여 지표로 삼아야 하며, 폐동맥 고혈압이나 폐혈관 저항이 높았던 환아들에서는 술 후 지속적인 폐동맥압의 측정과 함께, pulmonary hypertensive crisis에 대한 신속하고 적절한 치료가 필요하다고 여겨진다.

REFERENCES

1. Kohanna FH, Cunningham JN, Catinella FP, Adams PX, Nathan IM, Pasternack BS: *Cardiac output determination after cardiac operation; Lack of correlation between direct measurement and indirect estimates. J Thorac Cardiovasc Surg 82:904, 1981*
2. Boyd AD, Tremblay RE, Spencer FC, Bahnson HT: *Estimation of cardiac output soon after intracardiac surgery with cardiopulmonary bypass. Ann Surg 150:613, 1959*
3. McArthur KT, Clark LC, Lyons C, Edwards S: *Continuous recording of blood oxygen saturation in open heart operations. Surgery 51:121, 1962*
4. Osborn JJ, Beaumont JO, Raison JCA, Russell J, Gerbode F: *Measurement and monitoring of acutely ill patients by digital computer. Surgery 64:1057, 1968*
5. Goldman RH, Klughaupt M, Metcalf T, Spivack

- AP, Harrison DC: *Measurement of central venous oxygen saturation in patients with myocardial infarction. Circulation 38:941, 1968*
6. Klauss XH, Verdouw PD, Hughnholtz PG, Nauta J: *On-line monitoring of mixed venous oxygen saturation after cardiothoracic surgery. Thorax 30:636, 1975*
 7. Benzing III G, Helmsworth J, Schreiber JT, Kaplan S: *Cardiac performance and oxygen consumption during intracardiac operations in children. Ann Thorac Surg 22:176, 1976*
 8. de la Rocha AG, Edmonds JF, Williams WG, Poirier C, Trusler GA: *Importance of mixed venous oxygen saturation in the care of critically ill patients. Can J Surg 21:227, 1978*
 9. Baele PL, McMichan JC, Marsh HM, Sill JC, Southorn PA: *Continuous monitoring of mixed venous oxygen saturation in critically ill patients. Anesth Analg 61:513, 1982*
 10. 김기봉, 김용진 : 고폐동맥압을 동반한 선천성 심기형환자에서 술후 폐동맥압과 혼합정맥혈 산소분압의 변화에 관한 분석. 대한흉부외과학회지 1989(in press)
 11. Burrows FA, Williams WG, Teoh KH, Wood AE, Burns J, Edmonds J, Barker GA, Trusler GA, Weisel RD: *Myocardial performance after repair of congenital cardiac defects in infants and children; Response to volume loading. J Thorac Cardiovasc Surg 96:548, 1988*
 12. Haworth SG, Sauer U, Buhlmeyer K, Reid L: *Development of the pulmonary circulation in ventricular septal defect; A quantitative structural study. Am J Cardiol 40:781, 1977*
 13. Anderson RH, Necches WH, Park SC, Zuberbuhler JR: *Perspectives in pediatric cardiology. Vol. I. p.65-80, Futura Publishing Co., New York, 1988*
 14. Wheller J, George BL, Mulder DG, Jarmakani JM: *Diagnosis and management of postoperative pulmonary hypertensive crisis. Circulation 60:1640, 1979*
 15. Hislop A, Haworth SG, Shinebourne EA, Reid L: *Quantitative structural analysis of pulmonary vesicles in isolated ventricular septal defect in infancy. Br Heart J 37:1014, 1975*
 16. Ravinovitch M, Bothwell T, Hayakawa BN, Williams WG, Trusler GA, Rowe RD, Olley PM, Cutz E. *Pulmonary artery endothelial abnormalities in patients with congenital heart defects and pulmonary hypertension; A correlation of light with scanning electron microscopy and transmission electron microscopy. Lab Invest 55:632, 1986*
 17. Addonizio VP, Smith JB, Strauss III JF, Colman RW, Edmunds LH: *Thromboxane synthesis and platelet secretion during cardiopulmonary bypass with bubble oxygenator. J Thorac Cardiovasc Surg 79:91, 1980*
 18. Jones ODH, Shore DF, Rigby ML, Leijala M, Scallan J, Shinebourne EA, Lincoln JCR: *The use of tolazoline hydrochloride as a pulmonary vasodilator in potentially fatal episodes of pulmonary vasoconstriction after cardiac surgery in children. Circulation 64(Suppl II):134, 1981*
 19. Drummond WH, Gregory GA, Heymann MA, Phibbs RA: *The independent effects of hyperventilation, toazoline, and dopamine on infants with persistent pulmonary hypertension. J Pediatr 98:603, 1981*
 20. Lee KY, Molloy DW, Slykerman L, Prewitt RM: *Effects of hydralazine and nitroprusside on cardiopulmonary function when a decrease in cardiac output complicates a short-term increase in pulmonary vascular resistance. Circulation 68:1299, 1983*
 21. Damen J, Hitchcock JF: *Reactive pulmonary hypertension after a switch operation; Successful treatment with glyceryl trinitrate. Br Heart J 53:223, 1985*