

## 고폐동맥압을 동반한 선천성 심기형 환자에서 슬후 폐동맥압과 혼합정맥혈 산소분압의 변화에 관한 분석\*

김 기 봉\*\* · 김 용 진\*\*

— Abstract —

### An Analysis of Change in Pulmonary Arterial Pressure and Mixed Venous Oxygen Tension after correction of Congenital Heart Disease associated with Pulmonary Hypertension\*

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

It has been suggested that mixed venous O<sub>2</sub> tension is a predictor of cardiac output especially in a critically ill patient after an open heart surgery.

From April 1988 through September 1989, we monitored mixed venous O<sub>2</sub> tension and pulmonary arterial pressure in 48 patients with acyanotic congenital heart disease at postoperative 1 hour, 6 hour, 12 hour, 24 hour, and 48 hour respectively. They were divided into Group I, with severe pulmonary hypertension, and Group II, without severe pulmonary hypertension.

In Group I, mixed venous O<sub>2</sub> tension and cardiac index showed significant increase with time ( $p < 0.05$ ), but the ratio of pulmonary-aortic systolic pressure didn't show significant change. The increase was significant only 24 hour after operation, and so this low cardiac performance in early postoperative period should be considered when postoperative management is being planned in the risky patient. In Group II, all of the three variables didn't show any significant change with time.

The correlation coefficient between mixed venous O<sub>2</sub> tension and cardiac index was significantly different from zero in both Group I ( $p < 0.001$ ) and Group II ( $p < 0.05$ ) at each time period, but the ratio of pulmonary-aortic systolic pressure didn't correlated well with the other 2 variables.

Our study showed that serial determination of mixed venous O<sub>2</sub> tension in acyanotic congenital heart disease could be used as a guide in estimating the cardiac index postoperatively.

### I. 서 론

선천성 비청색증 심기형 환자들의 개심술후 예후는

- \* 본 논문은 1988년 서울대학교병원 특진연구비 보조로 이루어진 것임.
- \*\* 서울대학교 의과대학 흉부외과학교실
- \*\* Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Seoul National University Hospital  
1989년 10월 28일 접수

수술전 폐동맥고혈압증 및 폐혈관저항의 정도에 크게 좌우된다는 것은 잘 알려져있다. 술전 폐동맥고혈압증이나 폐혈관저항이 현저했던 환자들에서, 개심술후 심장기능을 반영하는 지표들중에서 체표면적당 심박출량 즉 심장지수(cardiac index)가 가장 객관적이고 정확한 지표라고 할 수 있다. 하지만 심장지수를 직접 산출하기 위해서는 별도의 시설 및 장치가 필요하므로, 심장지수를 반영하는 변수로서 간접적으로 심장

지수를 추정하려는 연구들이 행하여져왔다.

본 연구는 1988년 4월부터 1989년 9월 사이에 서울대학교 의과대학 흉부의과학교실에서 개심술로서 교정술을 시행한, 만 3세이하의 선천성 비청색증 심기형 환자들중에서 수술전 현저한 폐동맥고혈압증을 동반하였던 35례와, 폐동맥고혈압증이 현저하지 않았던 13례를 비교군으로한 임상연구로서, 수술직후부터 수술후 48시간사이에 폐동맥압과 혼합정맥혈 산소분압을 측정하여 그 변화를 관찰하고 심장지수와의 상관관계를 비교 분석하여, 술전 폐동맥고혈압증이 현저했던 선천성 비청색증 소아 심기형 환자들에서의 수술후 예후측정과 치료에 대한 지침을 제시하고자 하였다.

## II. 관찰대상 및 방법

### 1. 관찰대상

1988년 4월부터 1989년 9월사이에 서울대학교 의과대학 흉부의과학교실에서 개심술로서 교정술을 시행한, 만 3세이하의 선천성 비청색증 심기형 환자 48례를 관찰대상으로 하였다. 수술전 시행한 심혈관도자 소견을 토대로 폐동맥 수축기혈압이 대동맥 수축기혈압의 2/3 이상 되는 현저한 폐동맥고혈압증을 동반한 선천성 비청색증 심기형 환자 35례를 Group I으로, 폐동맥 수축기혈압이 대동맥 수축기혈압의 2/3 이하로 폐동맥고혈압증이 현저하지 않았던 선천성 비청색증 심기형환자 13례를 Group II로 하여 비교 분석하였다.

Group I의 35례중 남녀의 비는 15:20이었고 수술 당시 나이는  $11 \pm 9$ 개월( $\pm$ S.D., 범위 2-38개월), 체중은  $6.6 \pm 2.2$  kg( $\pm$ S.D., 범위 3.2-11.7 kg), 체표면적은  $0.35 \pm 0.09$  m<sup>2</sup>( $\pm$ S.D., 범위 0.20-0.56 m<sup>2</sup>)

이였으며, 술전 폐동맥수축기압과 대동맥수축기압의 비는  $88 \pm 13$  % ( $\pm$ S.D.)이였다.

Group II의 13례중 남녀의 비는 8:5 이였고 수술 당시 나이는  $13 \pm 12$ 개월( $\pm$ S.D., 범위 3-44개월), 체중은  $8.0 \pm 3.5$  kg( $\pm$ S.D., 범위 4.1-16.5 kg), 체표면적은  $0.39 \pm 0.12$  m<sup>2</sup>( $\pm$ S.D., 범위 0.25-0.69 m<sup>2</sup>)이였으며, 술전 폐동맥수축기압과 대동맥수축기압의 비는  $49 \pm 13$  % ( $\pm$ S.D.)이였다(표 1).

Group I의 35례중 완전심내막상결손증 2례에서 조기사망이 있었다. 1례는 술후 간헐적인 폐동맥고혈압증(pulmonary hypertensive crisis)이 반복적으로 계속되던중 술후 제10일째에 사망하였으며, 나머지 1례는 인공호흡기 제거후 술후 제12일째에 심장상태와 직접적인 관계없이 사망하였다. Group II에서는 술후 사망례가 없었다.

### 2. 관찰방법

체외순환이 끝난 직후 우심실을 통해 폐동맥에 위치시킨 카테터를 이용하여 술후 계속적인 폐동맥혈압 측정 및 혼합정맥혈 채취를 하였으며, 요골동맥이나 고동맥에 삽입한 카테터를 통해서는 폐동맥압 측정 및 동맥혈 채취를 하였다. 채취한 동맥혈 및 혼합정맥혈에서 혈액색소치, pH, 산소분압등을 측정하고, Sig-gard-Anderson의 공식으로부터 각각의 산소포화도를 계산하고 이에따라 동-정맥혈 산소함량차이를 구하였으며, 성별, 나이 및 맥박수에 따른 산소소모량표를 참조하여, Fick 방정식에 따라 심장지수를 산출하였다.

수술직후 1시간째, 수술후 6시간째, 12시간째, 24시간째, 그리고 48시간째에 측정한 상기 자료들을 비교 분석하였다. IBM-PC와 Minitab package(Minitab Release 5.1.1)를 이용하여 Group I과 Group II

표 1. Group I과 Group II의 술전 자료

	Group I	Group II
n	35	13
Sex (M:F)	15:20	8:5
Age (months)	$11 \pm 9$ ( $\pm$ S.D.)	$13 \pm 12$ ( $\pm$ S.D.)
Weight (kg)	$6.6 \pm 2.2$ ( $\pm$ S.D.)	$8.0 \pm 3.5$ ( $\pm$ S.D.)
BSA (m <sup>2</sup> )	$0.35 \pm 0.09$ ( $\pm$ S.D.)	$0.39 \pm 0.12$ ( $\pm$ S.D.)
Pp/Pa (%)	$88 \pm 13$ ( $\pm$ S.D.)	$49 \pm 13$ ( $\pm$ S.D.)

Legend: BSA, body surface area. Pp/Pa, preoperative ratio of pulmonary arterial systolic pressure and aortic systolic pressure.

표 2. Group I 과 Group II에서의 동반 심기형

	Group I (n=35)	Group II (n=13)
VSD	15	VSD 7
VSD + ASD	6	VSD + ASD 1
VSD + PDA	5	VSD + PDA 1
VSD + COA	1	VSD + PS 1
VSD + congenital MS	1	VSD + Mi 2
C-ECD	4	VSD + Ai 1
congenital MS	1	
Single Atrium	1	
AP window + ASD	1	

Legend: VSD, ventricular septal defect. ASD, atrial septal defect. PDA, patent ductus arteriosus. MS, mitral stenosis. C-ECD, complete endocardial cushion defect. AP window, aortopulmonary window. PS, pulmonary stenosis. Mi, mitral insufficiency. Ai, aortic insufficiency.

의 각 항목들의 술후 1시간째를 기준으로 시간대별 변화의 유의성을 구하고 (paired t-test), 각 항목간의 상관관계 및 유의성을 관찰하였다. 각 변수들의 수술후 구간별 점산도를 구하였으며, 술후 시간경과에 따른 전체적인 변화는 술후 1시간을 기준으로 각 구간의 측정치와의 차이를 구한후 1요인분산분석을 하였으며, 유의성검정을 위한 검정통계량은 F값(요인평균평방/오차평균평방)을 사용하였다.

### III. 결 과

#### 1. Group I

수술후 각 시간대별 혼합정맥혈 산소분압(PvO<sub>2</sub>, mmHg), 심장지수(C. I., L/min/m<sup>2</sup>), 폐동맥수축기압과 체동맥수축기압의 비(Pp/Ps, %)들의 점산도는 (그림 1, 2, 3)과 같았다. 혼합정맥혈 산소분압과 심장지수는 수술후 1시간째를 기준으로, 6시간째와 12시간째에는 유의한 차이가 없었으나 24시간째부터는 유의한 증가를 보였다(p<0.005, paired t-test). 술후 시간경과에 따른 전체적인 변화의 유의성검정을 위한 검정통계량 F값은 혼합정맥혈 산소분압의 경우에 5.59, 심장지수의 경우 7.34로 모두 p=0.05 수준에서의 F값 2.60보다 컸으므로 시간경과에 따른 변화가 의미 있다고 할 수 있었다. 폐동맥과 체동맥 수축기압의 비의 경우는 술후 1시간째를 기준으로 각 구간과의 유의한 차이가 없었으며(p>0.05), F값은 0.61로서 p=0.05 수준에서의 F값 2.60보다 작으므로, 시간경과에 따른 그 변화는 의미가 없다고 할 수 있었다(Table 3).

술후 각 시간대별로 심장지수, 혼합정맥혈 산소분압, 폐동맥-체동맥 수축기압의 비사이의 상관관계를 보면, 심장지수와 혼합정맥혈 산소분압 사이의 상관

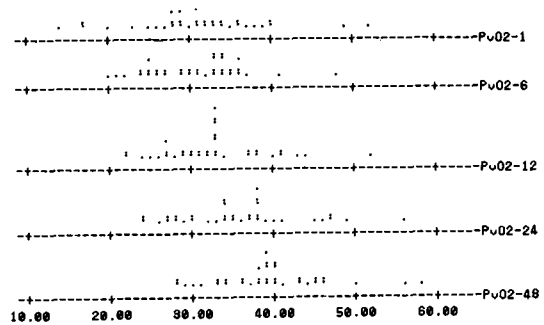


그림 1. Group I의 수술후 시간경과에 따른 혼합정맥혈 산소분압(PvO<sub>2</sub>, mmHg)의 점산도

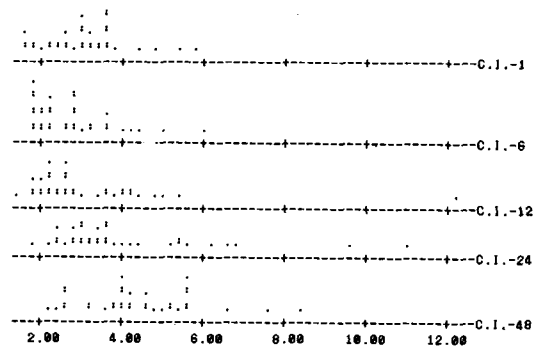


그림 2. Group I의 수술후 시간경과에 따른 심장지수 (C. I., L/min/m<sup>2</sup>)의 점산도

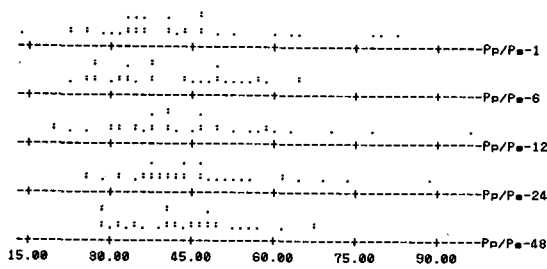


그림 3. Group I의 수술후 시간경과에 따른 폐동맥-체동맥 수축기압의 비(Pp/Ps, %)의 점산도

계수(r, correlation coefficient)는 술후 1시간째는 0.819, 6시간째는 0.796, 12시간째는 0.819, 24시간째는 0.841, 48시간째는 0.890으로 모두  $p=0.001$ 에서 유의한 의미를 보였으나, 폐동맥-체동맥 수축기압의 비는 심장지수나 혼합정맥혈 산소분압과 유의한 상관관계를 보이지 않았다(표 4). 술후 각 구간별 심장지수와 혼합정맥혈 산소분압사이의 상관관계를 다중산포도로 보면 두 변수사이의 연관이 직선에 가까움을 보였다(그림 4).

## 2. Group II

수술후 각 시간별 혼합정맥혈 산소분압, 심장지수, 폐동맥-체동맥 수축기혈압의 비들의 점산도는(그림 5, 6, 7)과 같았다. 혼합정맥혈 산소분압, 심장지수, 폐동맥-체동맥 수축기압의 비 모두, 수술후 1시간째를 기준으로 각 구간과의 변화는 유의한 차이를 보이지 않았으며( $p>0.05$ ), 술후 시간경과에 따른 변화의 유의성검정을 위한 F값은 혼합정맥혈 산소분압의 경우가 1.19, 심장지수와 폐동맥-체동맥 수축기압의

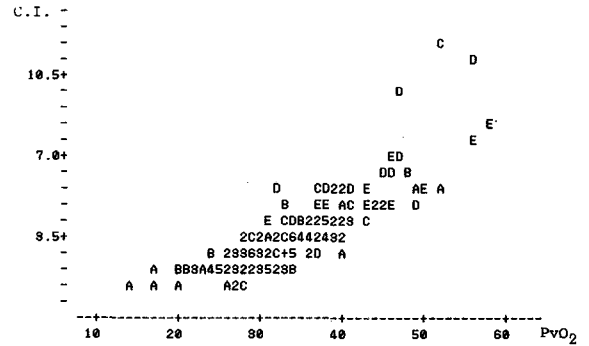


그림 4. Group I의 술후 각 구간별 심장지수와 혼합정맥혈 산소분압사이의 상관관계를 나타낸 다중산포도 :

A; C. I. vs. PvO<sub>2</sub> at 1hr, B; at 6hr, C; at 12 hr, D; at 24hr, E; at 48hr, (숫자는 겹친 수치를 나타낸다.)

비의 경우도 F값은 각각 2.69와 0.18로서  $p=0.05$ 에서의 F값 2.81보다 작았으므로 술후 시간경과에 따른 변화는 유의한 차이가 없었다(표 3).

술후 각 시간대별 심장지수, 혼합정맥혈 산소분압, 폐동맥-체동맥 수축기압의 비 사이의 상관관계를 보

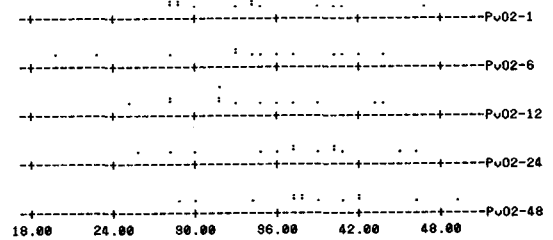


그림 5. Group II의 혼합정맥혈 산소분압(PvO<sub>2</sub>, mmHg)의 술후 시간경과에 따른 점산도

표 3. Group I과 Group II의 수술후 시간경과에 따른 PvO<sub>2</sub>, C. I., Pp/Ps의 평균치 및 F값

	술후 1시간	6시간	12시간	24시간	48시간	F값*
PvO <sub>2</sub> (mmHg, ±S.D.)						
Group I	31.3 ± 7.9	30.7 ± 5.9	32.8 ± 6.6	35.8 ± 7.5	39.3 ± 6.9	5.59
Group II	34.4 ± 5.9	34.3 ± 7.2	34.2 ± 5.7	36.9 ± 6.0	38.6 ± 5.7	1.19
C. I.(L/min/m <sup>2</sup> , ±S.D.)						
Group I	3.1 ± 1.0	2.8 ± 1.0	3.2 ± 1.9	4.1 ± 2.0	4.5 ± 1.4	7.34
Group II	3.6 ± 0.9	3.5 ± 1.1	3.8 ± 0.9	4.3 ± 1.9	4.9 ± 2.2	2.69
Pp/Ps(%, ±S.D.)						
Group I	42 ± 16	41 ± 12	45 ± 16	46 ± 14	43 ± 11	0.61
Group II	29 ± 8	32 ± 11	31 ± 11	32 ± 10	31 ± 8	0.18

\* 술후 1시간째의 측정치를 기준으로 각 구간별 측정치와의 차이를 구한후 1요인 분산분석을 하였으며  $p=0.05$ 에서의 F값은 Group I이 2.60이고, Group II가 2.81이다.

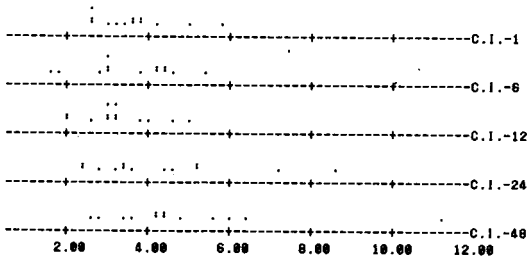


그림 6. Group II의 심장지수(C.I., L/min/m<sup>2</sup>)의 술후 시간경과에 따른 점산도

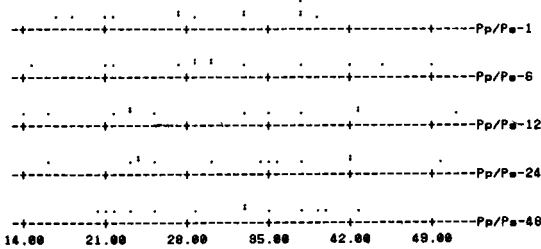


그림 7. Group II의 폐동맥-체동맥 수축기압의 비 (Pp/Pa, %)의 시간경과에 따른 점산도

면 심장지수와 혼합정맥혈 산소분압사이의 상관계수는 술후 1시간째는 0.721, 6시간째는 0.831, 12시간째는 0.816, 24시간째는 0.873, 48시간째는 0.811로서, 모두  $p=0.05$  수준에서 유의한 의미를 보였으나, 폐동맥-체동맥 수축기압의 비는 심장지수나 혼합정맥혈 산소분압과의 사이에 유의한 상관관계를 보이지 않았다(표 4).

술후 각 구간별 심장지수와 혼합정맥혈 산소분압사이의 상관관계를 다중산포도로 보면 두 변수사이의 연관이 직선에 가까움을 보였다(그림 8).

#### IV. 고 안

폐동맥고혈압증이 심했거나 폐혈관저항이 증가했던 선천성 비청색증 심기형을 가진 소아환자에서, 개심술후 체표면적당 심박출량 즉 심장지수(cardiac index)의 측정은 그 심장상태를 반영하는 객관적이고 정확한 지표로서 술후 치료의 중요한 지침이 된다. 직접 또는 피하를 통해 폐동맥으로 삽입한 thermodilution catheter를 이용하여 측정하는 심박출량은 그 설치 및 측정에 특별한 장치를 필요로 하므로, 수술후 회복실에서 측정되는 여러가지 변수들 중에서, 심박출량을

표 4. Group I\*과 Group II\*\*의 술후 각 시간별 C.I., PvO<sub>2</sub>, Pp/Ps 사이의 상관계수 (r, correlation coefficient)

	술후 1시간	6시간	12시간	24시간	48시간
C.I. vs.PvO <sub>2</sub>					
Group I	0.819	0.796	0.819	0.841	0.890
Group II	0.721	0.831	0.816	0.873	0.811
C.I. vs.Pp/Ps					
Group I	0.103	-0.038	-0.158	0.094	-0.086
Group II	-0.478	0.207	-0.007	-0.266	-0.173
PvO <sub>2</sub> vs.Pp/Ps					
Group I	0.043	-0.124	-0.168	0.069	-0.257
Group II	-0.403	0.116	-0.203	-0.205	-0.323

\*  $p=0.05$ 수준에서  $r=0.325$ ,  $p=0.001$ 수준에서  $r=0.519$

\*\*  $p=0.05$ 수준에서  $r=0.514$ ,  $p=0.001$ 수준에서  $r=0.760$

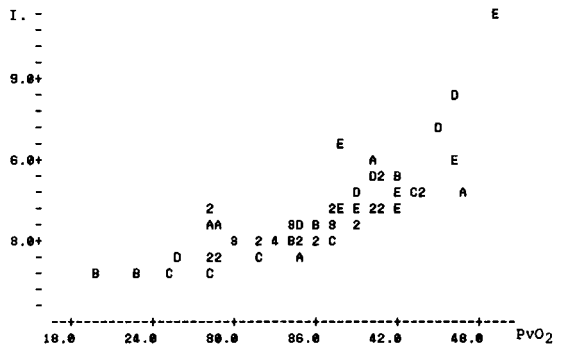


그림 8. Group II의 술후 각 구간별 심장지수와 혼합정맥혈 산소분압사이의 상관관계를 나타낸 다중산포도 :

A; C.I. vs. PvO<sub>2</sub> at 1hr, B; at 6hr, C; at 12hr, D; at 24hr, E; at 48hr, (숫자는 겹친 수치를 나타낸다.)

반영하는 변수가 나타내는 수치로서 간접적으로 추정하는 연구들이 행하여져왔다.

일반적으로 개심술중 그리고 술후 혈역학적측정은 동맥압, 맥박수, 중심정맥압 또는 좌심방압의 측정등에 제한되어있으며, 이 수치들이 정상범위에 있다면 심기능이 적절하다는 가정하에 치료하고 있다. 하지만 동맥압이나 좌심방압이 정상 또는 그 이상이라 하더라도 심박출량이 적절하지 못한 경우가 있으며<sup>1,2)</sup>, 따라서 술후 심박출량을 측정하여 적절한 심기능을 유지하는 것이 중요하다.

Kelman등은<sup>3)</sup> 산소소모량이 일정하다면 심박출량의 감소는 말초에서의 산소소비를 증가시키고 따라서 혼합정맥혈 산소농도가 감소한다고 하였다.

Kohanna등은<sup>4)</sup> 술후 측정되는 여러 수치들중에서 pH, 체온, 동맥혈 및 정맥혈의 이산화탄소분압, 중심정맥압, 소변양, 평균동맥압, 심박동수등과 심장지수와의 상관관계는 매우 낮았고 혼합정맥혈 산소포화도 및 좌심방압만이 심장지수를 간접적으로 추정하는데 도움이 되었다고 하였다. 이처럼 혼합정맥혈 산소포화도는 술후 환자치료에 있어서 심박출량을 나타내는 한 지표가 될 수 있다고 추정되어 왔다<sup>2,5-11)</sup>.

혼합정맥혈 산소농도와 심박출량과의 관계는 Fick 방정식으로부터 유추해보면,  $CvO_2 = CaO_2 - Vo_2 / CO$ 로 표시할 수 있다( $CvO_2$ :mixed venous oxygen content,  $CaO_2$ :arterial oxygen content,  $Vo_2$ :oxygen consumption,  $CO$ :cardiac output).

따라서 혼합정맥혈 산소포화도는 동맥혈 산소농도, 산소소모량, 심박출량의 세가지 요소에 의해서 결정된다고 할 수 있다<sup>12)</sup>.

하지만 혼합정맥혈 산소포화도와 심장지수와 실제 상관관계에 대해서는, 의미있는 상관관계를 발견하지 못하고, 따라서 심장지수를 나타내는 신뢰할만한 지표가 되지 못한다고 한 연구들도 있다<sup>1,4,13)</sup>. 이는 아마도 개심술후 대사율의 다양성으로 인하여 심장지수와 혼합정맥혈 산소분압사이의 상관관계가 낮아지며<sup>14)</sup>, 따라서 상관관계를 높이기 위해서는 산소소모량에 따른 표준화등이 필요하다고 여겨진다<sup>15)</sup>.

혼합정맥혈 산소포화도(mixed venous O<sub>2</sub> saturation)와 혼합정맥혈 산소분압(mixed venous O<sub>2</sub> tension)사이의 상관관계는 밀접하며, 따라서 서로 혼용할 수 있다<sup>1,9,16)</sup>

본 연구에서는 심장지수의 산출을 위해서 혼합정맥혈 산소포화도를 계산하였지만, 실제 임상에서 혈액 가스분석을 통해 쉽게 그 결과를 얻을 수 있는 혼합정맥혈 산소분압과 심장지수와의 상관관계를 관찰하였다. 안등<sup>16)</sup>에 의하면 청색증심기형 교정술후 혼합정맥혈 산소분압과 심장지수와의 관계는 술후 초기에는 밀접한 상관관계를 보이지 않다가, 술후 제2일째부터 유의한 상관관계를 보였는데, 본 연구의 대상인 비청색증 심기형 교정술후에는 술후 초기부터 양자간에 밀접한 상관관계를 보였다.

Burrows등은<sup>17)</sup> 개심술후 심기능은 술후 4시간에서 12시간사이에 현저한 감소를 보이다가 24시간 이후에

회복되며, 이러한 양상은 심방중격결손이나 폐동맥협착증등의 단순심기형에서는 관찰되지 않았으나, 심실중격결손, 완전대혈관 전위증, 활로씨 4증후같은 심기형에서 현저하다고 보고하였다. 본 연구에서도, 술전 폐동맥 고혈압증이 심하였던 Group I에서, 심장지수는 술후 1시간째에 비하여 6시간째, 12시간째에는 큰 변화가 없다가 24시간째부터 유의한 증가를 보였으며, 술전 상태가 비교적 양호하였던 Group II에서는 시간경과에 따른 유의한 차이가 없었다.

본 연구에서는 술후 초기의 심기능저하의 원인을 규명하지 못했지만, 본 연구의 대상과 같이 술전 폐동맥 고혈압증이 현저하였던 환자에서, 개심술시의 심근보호에 대한 연구와 함께, 특히 술후 첫 24시간에서의 심기능을 적절히 유지하기 위한 노력이 필요하다고 여겨진다.

## V. 결 론

1. 1988년 4월부터 1989년 9월사이에 서울대학교 의과대학 흉부외과학교실에서 개심술을 시행한 만 3세 이하의 선천성 비청색증 심기형환자들중에서, 술전 폐동맥 고혈압증이 현저하였던 35례(Group I)와, 술전 폐동맥고혈압증이 현저하지 않았던 13례(Group II)를 비교군으로, 수술직후부터 술후 48시간 사이에 폐동맥압과 혼합정맥혈 산소분압을 측정하여 그 변화를 관찰하고 심장지수와의 상관관계를 비교 분석하였다.

2. Group I의 경우 술후 시간경과에 따라 혼합정맥혈 산소분압과 심장지수는 유의한 증가를 보였으나 ( $P < 0.05$ ), 폐동맥-체동맥 수축기압의 비는 유의한 변화를 보이지 않았다.

3. Group II의 경우에는 술후 시간경과에 따른 혼합정맥혈 산소분압, 심장지수, 폐동맥-체동맥 수축기압의 비는 모두 유의한 변화를 보이지 않았다.

4. Group I의 경우 술후 혼합정맥혈 산소분압과 심장지수와의 사이에 유의한 상관관계가 있었으나 ( $P < 0.001$ ), 폐동맥-체동맥 수축기압의 비와는 유의한 상관관계가 없었다.

5. Group II의 경우에도 술후 혼합정맥혈 산소분압과 심장지수와의 사이에 유의한 상관관계가 있었으나 ( $P < 0.05$ ), 폐동맥-체동맥 수축기압의 비와는 역시 유의한 상관관계가 없었다.

6. 본 연구에 의하면 술전 폐동맥 고혈압증이 심하

었던 환자들에서 심장지수는 술후 24시간째부터 현저한 증가를 보였으며, 따라서 수술시 심근보호에 대한 연구와 함께, 술후 첫 24시간에서의 적절한 심기능을 유지하기 위한 노력이 필요하다고 여겨진다.

7. 술후 혼합정맥혈 산소분압의 지속적인 측정은, 특히 술전 폐동맥고혈압증이 현저하였던 선천성 비청색증 심기형 환자들에서 심장지수를 추정하는 지표가 될수 있음을 보여주고 있다.

## REFERENCES

- Parr GVS, Blackstone EH, Kirklin JW: *Cardiac performance and mortality early after intracardiac surgery in infants and young children. Circulation 51:867, 1975*
- Benzing III G, Helmsworth J, Schrsiber JT, Kaplan S: *Cardiac performance and oxygen consumption during intracardiac operations in children. Ann Thorac Surg 22:176, 1976*
- Kelman GR, Nunn JF, Prys-Roberts C, Greenbaum R: *The influence of cardiac output on arterial oxygenation; A theoretical study. Brit J Anaesth 39:450, 1967*
- Kohanna FH, Cunningham JN, Catinella FP, Adams PX, Nathan IM, Pasternack BS: *Cardiac output determination after cardiac operation; Lack of correlation between direct measurements and indirect estimates. J Thorac Cardiovasc Surg 82:904, 1981*
- Boyd AD, Tremblay RE, Spencer FC, Bahnson HT: *Estimation of cardiac output soon after intracardiac surgery with cardiopulmonary bypass. Ann Surg 150:613, 1959*
- McArthur KT, Clark LC, Lyons C, Edwards S: *Continuous recording of blood oxygen saturation in open heart operations. Surgery 51:121, 1962*
- 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*
- Osborn JJ, Beaumont JO, Raison JCA, Russell J, Gerbode F: *Measurement and monitoring of acutely ill patients by digital computer. Surgery 64:1057, 1968*
- 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*
- Krauss XH, Verdouw PD, Hughnholtz PG, Nauta J: *On-line monitoring of mixed venous oxygen saturation after cardiothoracic surgery. Thorax 30:636, 1975*
- 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*
- Martin WE, Cheung PW, Johnson CC, Wong KC: *Continuous monitoring of mixed venous oxygen saturation in man. Anesth Analg 52:784, 1973*
- Magilligan DJ Jr., Teasdall R, Eisenminger R, Peterson E: *Mixed venous oxygen saturation as a predictor of cardiac output in the postoperative cardiac surgical patient. Ann Thorac Surg 44:260, 1987*
- Kirklin JW, Theye RA: *Cardiac performance after open intracardiac surgery. Circulation 28:1061, 1963*
- Kennedy JH: *Mixed venous oxygen saturation as predictor of cardiac output. Ann Thorac Surg 45:694, 1988*
- 안재호, 김용진 : 청색 심기형 교정술후 혼합정맥혈 산소분압과 심근상태 및 혈류역학치와의 상관관계 분석. 대한흉부외과학회지 22 : 212, 1989
- 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*