

선천성 심장기형환자에서 조기술후 심실 전부하용적과 심박출량의 상호관계 및 혈역학적 변화 분석**

박 승 일* · 김 응 중* · 김 용 진*

— Abstract —

Analysis of Relation between Ventricular Preload and Cardiac Output and Hemodynamic in the Early Postoperative Period of Congenital Heart Surgery

Seung Il Park, M.D.* , Eung Joong Kim, M.D.* , Yong Jin Kim, M.D.*

Postoperative cardiac performance of cyanotic congenital heart disease is somewhat different from that of other cardiac diseases.

For the evaluation of postoperative cardiac performance in the cyanotic congenital heart disease we measured cardiac output by thermodilution technique at 1, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 36, 48 postoperative hours in 14 patients operated from Feb. 1989 to Nov. 1989 in The Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Seoul National University Children's Hospital. At the same time, we checked left atrial pressure (LAP), central venous pressure (CVP), and mixed venous oxygen saturation (SvO₂) to detect correlation between them.

Immediate postoperative cardiac index was 3.585 ± 0.945 l/min/m², and it decreased maximally to 3.322 ± 1.007 l/min/m² at postoperative 16 hours. After then it increased and stabilized from 36 hours after operation, and its value was 4.426 ± 1.358 l/min/m².

There were no correlations between cardiac index and left atrial pressure, or central venous pressure.

Between mixed venous oxygen saturation and cardiac index, there was no correlation in the early postoperative period but after postoperative 16 hours, there was significant correlation between them and correlation coefficients were 0.573 (16hrs), 0.743 (20hrs), 0.436 (24hrs), 0.560 (36hrs), 0.636 (48hrs), respectively.

From these results, we concluded that in the corrective surgery of cyanotic congenital heart disease, cardiac performance was depressed in the early postoperative period. It improved from postoperative 16 hours, and stabilized from 36 hours after operation. During early postoperative period, mixed venous oxygen saturation should not be used as a predictor of cardiac performance but it could be used as a predictor of cardiac performance from 16 hours after operation.

* 서울대학교 의과대학 흉부외과학교실

* Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Seoul National University Children's Hospital

* 본 논문은 1989년 서울대학교병원 임상연구비 보조에 의해 이루어진 것임.
1989년 12월 16일 접수

서 론

개심술후 심장기능의 변화와 그에 영향을 주는 요소, 또는 심장상태를 파악하기 위한 노력은 많은 사람들에 의해 시도되어왔다. 그러나 현재까지는 심장기능의 지표로 가장 정확하다고 생각되는 것은 the-remodilution technique이나 dye-dilution technique을 사용한 심박출량의 직접측정법으로 생각되고 있다^{7, 9)}. 일반적으로 개심수술후 심장기능은 어느정도 기능의 저하가 있다가 시간이 지남에 따라 회복되는 형태를 보이는 것으로 생각되고 있으나⁴⁾, 청색증 심장기형의 경우 수술전 오랜기간 저산소증에 노출되어 있었다는 점, 이로 인한 심실의 섬유화, compliance의 감소, 또 좌심실전부하 감소로 인한 작은 용량의 좌심실, 우심실유출로 협착으로 인하여 두터워진 심실벽 등의 요소가 있어 수술후 회복 양상 및 좌심실 전부하에 대한 반응등이 비청색증 선천성 심장기형과는 다른 형태를 보인다^{18, 21, 22)}.

본 서울대학교병원 소아흉부외과에서는 청색증심장기형 환자 14명을 대상으로 thermodilution technique을 사용하여 심장지수를 직접측정한 후, 수술후 그 값의 변화에 대해 살펴보고, 또 이 값을 혼합 정맥혈 산소포화도가 어느 정도 설명할 수 있는지에 대해 조사해 보았다. 동시에 좌심방압 및 중심정맥압이 심장지수와 어떤 관계가 있는지 살펴 봄으로써 청색증 심장기형 환자의 수술후 관리에 지침을 마련하고자 하였다.

연구대상 및 방법

1. 대상

1989년 2월 부터 동년 11월까지 서울대학교 병원 소아흉부외과에서 수술을 시행했던 청색증 선천성 심장기형 환자중 비교적 복잡한 심장기형을 가진 경우나 인공심폐기 weaning시 심장지수의 감시가 필요하다고 생각되는 14명의 환자를 대상으로 하였다.

환자의 남녀비는 9대 5였고, 연령은 4개월에서 8세까지로 평균 27.57개월 이었다. 환자들의 평균 체표면적은 $0.49\text{ m}^2 \pm 0.19\text{ m}^2$ 였으며, 수술전 평균 혈색소 수치는 $13.94\text{ mg/dl} \pm 3.07\text{ mg/dl}$ 였다.

병명별로는 팔로씨 4징증이 6례였고, 교정형 양대

혈관 전위증과 완전 심내막상결손증 및 폐동맥폐쇄증이 동반된 경우가 1례, 폐동맥폐쇄증과 심실중격결손증이 동반된 경우가 3례, 양대혈관 우심실기시증과 완전 심내막상 결손및 폐동맥협착이 동반된 경우가 1례, 완전 심내막상결손과 폐동맥 협착이 동반된 경우 1례 삼첨판 폐쇄가 1례, 동맥간증이 1례이었다(Table 1).

Table 1. Disease of the patients

Diagnosis	Number
TOF	6
PA+VSD	3
C-TGA+C-ECD+PS	1
DORV+C-ECD+PS	1
C-ECD+PS	1
Tricuspid atresia	1
Truncus arteriosus	1
Total	14

수술방법은 팔로씨 4징증을 보이는 6례에서는 심실중격결손을 막으면서 우심실 유출로를 확장하는 완전교정술을 시행하였으며, 그 외의 환자에 있어서는 Rastelli 술식이 3례, REV 술식이 2례, Fontan 술식이 2례 있었고, 완전 심내막상결손과 폐동맥 협착을 보이는 환자에서는 한개의 방실판막을 둘로 나누어 주면서 심실중격, 심방중격을 막고 우심실 유출로 확장술까지 시행하였다(Table 2). 모든 환자의 평균 대동맥 차단 시간은 51.54분이었다 전체 환자중 사망환자가 2례 있었는데, 이 중 1례는 동맥간증 환자로 Rastelli 수술후 1일째 사망 하였고, 다른 1례는 교정형 양대혈관 전위증, 완전 심내막상결손 및 폐동맥폐쇄증이 같이 있던 환자로 역시 Rastelli 수술후 31일째 사망하였다.

Table 2. Operation of the patients

Operative name	Number
VSD patch closure and RVOT widening	6
Rastelli operation	3
REV operation	2
Fontan operation	2
Single AV valve division and patch closure of VSD and ASD. RVOT widening	1
Total	14

2. 관찰 항목 및 방법

대상 환자들에 대해 수술후 1시간 및 수술후 1일까지는 4시간 간격으로 6회, 그후에는 12시간 간격으로 2회, 도합 9회에 걸쳐 심장지수, 좌심방압력, 중심정맥압, 및 혼합정맥혈 산소 분압을 측정하고, 혼합정맥혈 산소 포화도는 산소분압을 이용하여 계산하였다.

1) 심장지수(Cardiac Index: CI)의 측정

심장지수 측정을 위하여 수술이 끝난후 우심실 전벽을 통해 double lumen thermodilution 도관(Edslab model 94-011-3F, 3F)을 삽입하였다. 도관의 위치는 주폐동맥에 위치 시키고, 그 반대쪽 끝은 흉벽을 통하여 몸밖으로 노출시켜 심장지수 컴퓨터(Gould Cardiac Index Computer Model SP-1435)에 연결하였으며, 또 injectate 도관을 우심방 심이를 통하여 우심방에 삽입하고, 역시 그 반대쪽 끝은 흉벽을 통하여 몸밖으로 노출시켰다(Fig. 1).

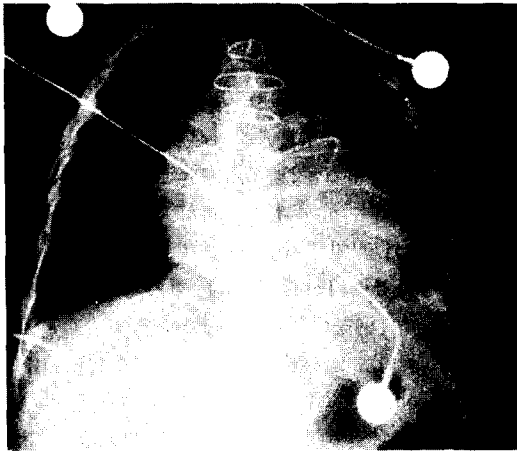


Fig. 1. Simple chest X-ray showing double lumen thermodilution catheter(arrow).

injectate로는 0℃내외의 5% 포도당액을 사용하였고 injectate의 온도는 온도감지기(temperature sensor)를 통하여 심장지수 컴퓨터에 연결하여 측정하였다. 측정방법은 injectate 3cc를 2초에 걸쳐 injectate 도관을 통해 주사하여 측정하였으며, 3회 반복하여 평균치를 취하였다. 심장지수 측정시 좌심방압, 중심정맥압, 맥박, 체온, 혼합 정맥혈 산소분압, 혈액소 등을 동시에 측정하였다.

2) 좌심방압(left atrial pressure: LAP)측정

좌심실의 전부하 용적의 지표로 좌심방압을 측정하

였다. 좌심방압은 수술이 끝난후 심장의 우측으로 접근하여, 우상폐정맥(right upper pulmonary vein)에 18G Leader 도관을 삽입하고, 그 반대쪽을 흉벽을 통하여 몸 밖으로 빼내어 물기등을 이용한 높이 측정으로 평균 좌심방압을 측정하였다.

3) 혼합 정맥혈 산소분압(mixed venous oxygen tension, PvO₂)

혼합정맥혈은 이미 넣은 double lumen thermodilution 도관을 통해 폐동맥의 산소분압을 측정하였으며, 이 값을 통하여 측정당시 환자의 PH, 체온을 고려하여 혼합정맥혈 산소포화도(mixed venous oxygen saturation: SvO₂)를 계산하였다.

4) 기타

중심정맥압(central venous pressure: CVP)은 쇄골하 정맥을 통하여 넣은 18G 내지 20G Leader 도관을 통하여 물기등의 높이를 이용하여 측정하였으며, 주폐동맥에 삽입한 thermodilution 도관을 통하여 폐동맥압을 monitoring 하였다.

5) 통계처리

각 시간대에 따른 심장지수의 변화 및 좌심방 압력, 중심정맥압, 혼합정맥혈 산소포화도와 심장지수간의 상관 관계 등을 IBM-AT 개인용 컴퓨터로 SAS 및 Minitab 통계 package를 이용하여 상관 관계, t-검정 등을 하였으며, p 값이 0.05 이하일때 유의하다고 판정하였다.

결 과

1) 수술후 시간대에 따른 심장지수의 변화

수술후 각 시간대의 심장지수의 평균 및 표준편차는 Table 3과 같다. 일반적으로 체외순환이 끝난 약 2시간후를 기준으로 한 수술직후 부터 수술후 8시간까지는 심장지수의 변화가 거의 없다가, 수술후 12시간부터 16시간 사이에 심장지수의 값은 감소하여 수술후 16시간에 $3.322 \pm 1.0071 / \text{min} / \text{m}^2$ 로 최저에 이르며, 그후 부터 증가하는 양상을 보여 수술후 24시간에는 수술직후 상태와 비슷한 값을 보이고, 36시간에는 $4.426 \pm 1.3581 / \text{min} / \text{m}^2$, 48시간에는 $4.501 \pm 1.179 / \text{min} / \text{m}^2$ 로 수술후 36시간 이후는 완전히 회복되어 안정 상태에 들어가는 것으로 생각된다(Fig. 2). 이 결과로 볼때 실제 체외순환이 끝난후 심장지수는 본연

Table 3. Patient data at several postoperative times. Mean and standard deviation of CI, LAP, CVP, and SvO2

시간	Cardiac Index (l/min/m ²)	LAP(cmH ₂ O)	CVP(cmH ₂ O)	SvO2(%)
1	3.585±0.942	19.31±4.54	18.07±5.45	62.18±16.72
4	3.634±1.189	17.65±4.43	18.22±5.49	59.21±20.38
8	3.616±0.953	18.19±5.54	18.52±4.48	62.02±15.70
12	3.351±0.940	19.04±6.47	18.49±4.66	58.36±16.17
16	3.322±1.007	18.96±5.25	19.00±4.67	65.50±12.39
20	3.879±1.016	19.69±4.96	19.96±4.43	70.58±13.33
24	3.920±1.364	19.77±5.03	19.93±4.75	69.94±9.79
36	4.426±1.358	18.36±5.62	19.50±4.70	72.86±8.50
48	4.501±1.179	18.05±4.32	20.17±5.70	65.66±15.47

* LAP=Left atrial pressure, CVP=Central venous pressure
SvO2=mixed venous oxygen saturation

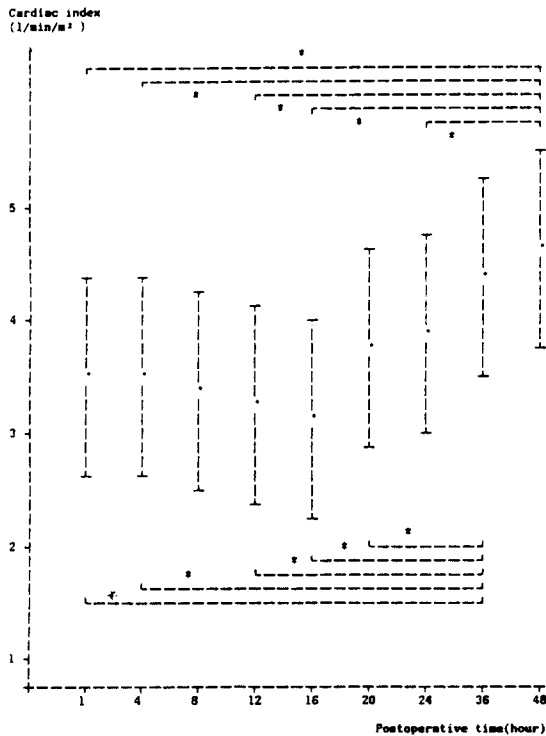


Fig. 2. Change of cardiac indices at several postoperative time(*:p<0.05)

구에서 측정된 수술후 1시간의 심장지수 보다 약간 더 높을 것으로 추정된다. 그러나 t-검정상 수술직후부터 24시간대까지 값의 변화가 통계적 의미는 없었으며, 수술후 36시간 부터는 그 값의 변화가 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.05) 즉 청색증 심장기형 환

자에 있어서 적어도 수술후 36시간 이전에는 심장의 활동상태가 정상적은 아니며, 이 시간까지는 심실의 기능 장애가 있고, 술후 36시간 이후부터 비교적 안정 상태에 접어들게 되며, 따라서 술후 약 36시간까지는 집중적 감시가 필요할 것으로 생각된다.

2) 좌심방압과 심장지수의 관계

수술후 각 시간대에 따른 좌심방 압력의 변화는 표 3과 같다. 좌심방 압력은 물기등을 이용하여 측정한 평균 좌심방 압력이며, 수술후 시간대에 따라 좌심방 압력이 심장지수와 상관관계가 있다 살펴보았으나, 이 둘 사이에 통계적으로 유의한 상관관계는 없었으며 (Table 4) 술후 1, 24, 36, 48시간의 scattergram은 다음과 같았다(Fig. 3). 또 좌심방압력이 24 cmH₂O (18 mmHg) 이하인 군만 따로 추출하여 심장지수와 상관관계를 살펴보았으나 역시 유의한 상관 관계는 없

Table 4. Correlation coefficients between CI and LAP.

CI-LAP	Correlation coefficient(r)	p-value
1 hrs	-0.053	0.44
4 hrs	-0.057	0.72
8 hrs	0.422	0.18
12 hrs	0.385	0.38
16 hrs	0.481	0.06
20 hrs	0.310	0.81
24 hrs	-0.184	0.77
36 hrs	-0.168	0.69
48 hrs	-0.156	0.33

(CI=Cardiac index (l/min/m²), LAP=left atrial pressure (cmH₂O))

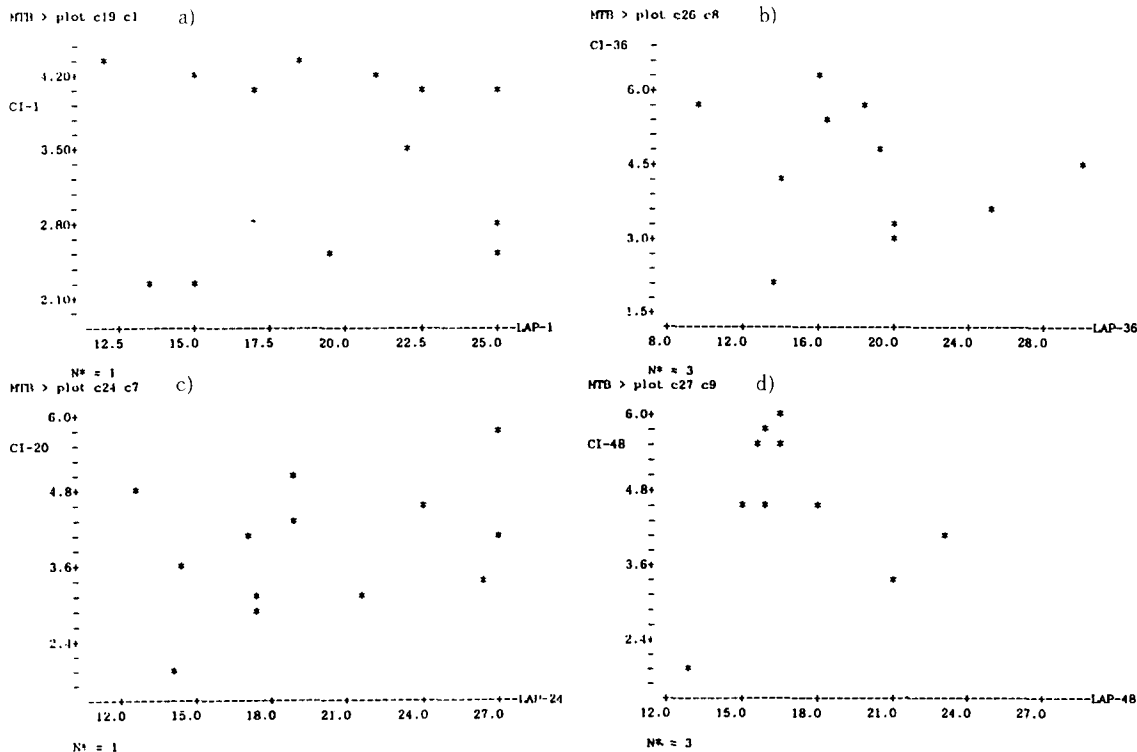


Fig. 3. Scattergram between cardiac index (l/min/m²) and LAP(cmH₂O). postoperative 1hrs(a), 24hrs (b), 36hrs (c), 48hrs (d).

었으며, 좌심방압력의 변화(▲ LAP)에 따른 심장지수의 변화(▲ CI) 사이에도 역시 유의한 상관관계는 없었다.

3) 혼합정맥혈 산소포화도와 심장지수의 관계

폐동맥에서 채혈한 혼합정맥혈의 산소분압을 이용하여 환자의 PH 및 체온으로 교정한 산소포화도를 계산한 후, 이 값과 심장지수 사이의 상관 관계를 살펴 보았다. 각 시간대별 혼합정맥혈 산소포화도는 Table 3과 같다.

각 시간대별 혼합정맥혈 산소포화도와 심장지수 사이의 상관관계를 살펴본 결과, 환자의 심장상태가 회복기로 접어드는 수술후 16시간대 이후 부터는 상관계수가 16시간 0.573(p=0.05), 20시간 0.743(p=0.01), 24시간 0.436(p=0.05), 36시간 0.560(p=0.04), 48시간 0.636(p=0.05)으로 유의한 상관관계로 보이나, 그 이전에는 통계적으로 유의한 상관관계를 보이지는 않았다(Table 5).

4) 중심정맥압과 심장지수와의 관계

수술후 각 시간대별 중심 정맥압의 변화는 Table 3

과 같다. 중심정맥압과 심장지수 사이의 상관관계를 살펴보면 수술후 1시간 및 48시간에 통계적으로 유의한 상관계수를 보였으며, 각각의 상관계수는 -0.722(p=0.004)와 -0.688(p=0.02)로 중심 정맥압과 심장지수 사이에 역 비례 관계를 보였다. 이 결과는 수술직후 우심실의 기능이 좋을때 심박출량이 많으며,

Table 5. Correlation coefficients between CI and SvO₂.

CI-SvO ₂	Correlation coefficient(r)	p-value
1 hrs	0.464	0.11
4 hrs	0.510	0.07
8 hrs	0.434	0.14
12 hrs	0.537	0.06
16 hrs	0.537	0.05
20 hrs	0.743	0.01
24 hrs	0.436	0.05
36 hrs	0.560	0.04
48 hrs	0.636	0.05

(CI=Cardiac index (l/min/m²), SvO₂=mixed venous oxygen saturation(%))

그 결과 중심정맥압은 낮은 상태를 유지 하다가 시간이 경과함에 따라 심실 기능이 떨어지면서 상관관계가 없어지는 것이 아닌가 추측된다. 그러나 그 이외의 시간대에 대해서는 이들 사이에 유의한 상관관계는 보이지 않았다.

고 안

개심수술후의 환자의 상태를 파악하고 그 예후를 추측하기 위해, 또 치료에 대한 반응등을 평가하기 위해 가장 중요한 요소는 수술후 심장기능을 측정하는 것이다. 심장기능의 측정을 위해 단순하게 중심정맥압, 혈압, 요량등을 통하여 간접적으로 추측하는 방법에서 부터 컴퓨터를 이용한 심박출량의 직접측정법에 이르기까지 다양한 임상 방법이 시도되고 있으나, 질병의 종류, 수술방법, 환자의 순간순간 상태에 따라 반응이 일정치 않아 어떤 방법이 가장 좋은 방법이라고 한마디로 말하기는 어려운 상태이다⁶⁾. 그러나 현재까지는 심장기능의 평가 방법중 비교적 환자의 상태와 잘 부합되는 방법은 심박출량의 직접측정법으로 받아들이고 있다^{6,7,9,12,19)}. 심박출량의 직접측정법은 크게 dye-dilution technique과 thermodilution technique 두가지가 있으나 후자가 정확성, 반복성에서 우수하고, 측정방법이 용이하며, 연속적측정이 가능한 점, calibration이 쉽다는점 등의 장점을 가지고 있어 전자보다 더 널리 사용된다^{7,13,17)}. 본 논문의 모든 환자에 대해서도 thermodilution technique을 사용하여 심박출량 및 심장지수를 측정하였다. 그러나 Wessel 등¹⁴⁾이 지적해듯이 이 방법에도 몇가지 문제점이 있는데, 첫째로 injectate 온도의 문제와 둘째로 온도감지기(thermal transducer)의 위치의 문제이다. 첫째문제는 injectate를 조작시 열량의 손실이 올 수 있고, 체정맥의 환류량과 체정맥온도에 의해 injectate의 온도가 영향을 많이 받는다는 점이다. 따라서 저체온, 오한, 기침 등과 폐기종이나 천식등과 같이 흉강내 압력의 변화가 심한 경우 오차가 커진다는 문제가 있다. 이 문제는 injectate의 온도를 가능한 낮게 하거나 injectate양을 늘림으로써 해결할 수 있다고 하였다. 또 온도감지기는 혈류의 중심에 있어야 정확한 심박출량을 측정할 수 있다고 하였는데, 저자들은 위에서 언급한 두가지 문제점의 해결을 위해 0°C의 5% 냉장 포도당액을 injectate로 사용하였으며, 온도 감지기는 주폐동맥에 위치시키고 폐동맥압을 monitoring 함으로

써, 감지기가 혈관벽에 닿는 경우를 즉각 알아 낼수 있도록 하여 그 오차를 줄이려고 하였으며, 안정지속 상태(steady stable state)에서 측정하지 못함으로 인한 오차를 줄이기 위해 3회 반복 시행하여 그 평균치를 취하였다.

컴퓨터를 이용하여 심박출량을 직접측정하는 방법은 그 자체는 이상적이지만 가격이 비싸고 부수적인 장비와 도관의 장치등의 문제점이 있어, 측정이 용이한 다른 변수를 이용하여 심장기능을 간접적으로 알아 볼려는 노력이 여러사람들에 의해 시도 되었다. 측정이 용이한 다른 변수란 주로 혼합정맥혈 산소포화도 및 좌심방압력, 중심정맥압등이 주로 사용되었는데, 이중 혼합정맥혈 산소포화도가 비교적 많은 저자들에게 의해 심박출량을 잘 반영한다고 주장되어 왔다^{1~3,5,6,8~10,12)}.

혼합정맥혈 산소포화도는 Fick's 방정식에서 보는 바와 같이 심박출량의 계산에 하나의 변수로 들어가기 때문에 이와 측정심박출량, 또는 환자의 상태등과 많은 비교 연구가 있었다¹²⁾. 저자들에 따라 다소 차이는 있으나 대개 혼합정맥혈 산소 포화도가 60% 이상이면 비교적 만족할 만한 심박출량을 보이며, 환자의 상태도 안정권에 들지만, 그 이하로 떨어지면 급격한 심박출량의 감소로 위험상태에 들어가게 되고, 치료를 필요로 한다고 하였다^{1,2,5,6,8)}. 그러나 그 반론도 많아서 Kirklin⁴⁾등은 혼합정맥혈 산소포화도는 동맥혈 산소 함유량(arterial O₂ content), 혈색소, 대사율등과 관계있는데, 이러한 것들이 신속하게 변화하고, 특히 수술후 대사율의 변화가 광범위하기 때문에 이를 심박출량의 측정지표로 삼는데 문제가 있다고 하였다. Kohana⁹⁾등도 혼합정맥혈 산소분압이 심박출량과 약간의 상관관계를 보이나, 상관계수 0.49로 심박출량의 24%정도 밖에 설명을 못하므로 결국 심박출량을 직접측정하는 것이 좋다고 주장하였고, Magilian¹¹⁾ 등도 혼합정맥혈 산소포화도와 심박출량 사이에 상관관계가 약함을 들어 이를 심박출량의 추측치로 사용할 수 없음을 주장하였다. 실제로 혼합정맥혈 산소포화도를 이용하여 환자의 심박출량을 계산하는데는 산소소모량을 직접측정하여야 하는데, 이 과정이 불편하고⁷⁾ 또 혼합정맥혈 산소포화도는 환자의 상태, 등 여러 요소에 의해 변화폭이 크기 때문에 안정상태에서 측정하였을때 그 신빙성이 있다고 하겠으나^{2,3,22)}, 수술후 환자의 상태가 순간에 따라 다양하게 변하기 때문에 문제가 있는 것 같다. 본 논문의 결과 실제

로 측정된 심장지수와 혼합정맥혈 산소포화도 사이의 관계를 볼때, 환자의 상태가 회복기에 접어드는 수술 후 16시간 이후부터 비교적 높은 상관 관계를 보이는 것도 이 주장과 일치하는 결과로 생각된다(Table 5). 따라서 수술직후 불안정한 상태에서는 혼합정맥혈 산소포화도와 심박출량을 직접 관련시키는데는 무리가 있을 것으로 생각되며, 이 이유로는 수술후 Dacron patch를 통한 현미경적 혈류이동, 출혈로 인한 혈액색소의 변화, 저체온으로부터 회복되는 상태, 인공호흡기로 인한 영향등 많은 요소가 복잡하게 변화하기 때문 일것으로 생각된다. 그러나 일단 안정기에 접어들면 혼합정맥혈 산소포화도를 심박출량의 지표로 어느정도 삼을 수 있지 않나 생각한다.

일반적으로 개심수술후 심장기능은 수술직후 비교적 정상에 가깝게 유지되다가 시간이 경과함에 따라 기능의 저하가 오고, 그후 다시 정상으로 회복하는 것으로 알려져 왔다. Kirklin⁴⁾등은 수술후 2일째 심박출량이 가장 낮고, 3일째부터 다시 증가한다고 주장하면서 이러한 심장기능의 변화는 심장의 크기, 심실벽의 두께등 해부학적구조, 수술방법, 폐동맥 고혈압 같은 심실유출로의 저항, 수술후 수혈, 수술후 사용하는 각종 약제 등에 그 영향을 받는다고 하였다. Burrow¹⁸⁾등은 심방중격결손이나 심실중격결손증과 같이 청색증을 동반하지 않는 단순한 기형일 경우 수술후 시간의 경과에 따라 좌심방압력의 변화와 심박출량이 정상적 반응을 보이거나, 활로씨 4징증, 대혈관전위증 같이 청색증을 동반하는 복잡기형에서는 그 양상이 달라서 수술후 4시간에서 8시간 사이에 심기능의 저하가 가장 심하고, 수술후 24시간후에 호전되기 시작하나 수술 직후의 상태까지 도달하지는 못한다고 주장하였다. 그러나 단순한 기형일 경우 심기능의 저하가 거의 없음을 강조하면서, 복잡기형일지라도 수술후 4시간이후의 심기능 저하는 필연적인 것은 아니며, 충분한 수술전 처치, 수술중 적절한 심근보호, 심근 손상의 최소화등으로 심장기능의 저하를 최대한 줄일 수 있을 것이라고 강조하였다. 많은 사람들이 청색증 선천성 심장기형은 일반적으로 비청색증 심장기형과 달리 저산소증으로 인한 좌심실세포의 변형 및 compliance의 감소, 좌심실의 발육부진 등으로 인하여 완전 교정술후에도 어느정도 심기능이 감소되어 있다는데 의견을 같이하고 있다. 본 연구의 환자대상도 모두 청색증 선천성 심장기형 환자로 수술후 심장지수의 변화를 보면, 체외순환후 수시간부터 감소하기 시작하여 16시

간에 최소로 감소하였다가, 그 이후에 차차 회복되는 양상을 보여 수술후 36시간 이후에는 그 이전과 비교하여 유의한 심장지수의 증가를 보이며 안정 상태에 들어갔다. 이는 한²³⁾등이 발표한 결과와 비슷한 양상을 보이는 것으로 임상적으로 수술후 8-16시간 사이에 심기능 저하가 가장 심한 것으로 생각되며, 따라서 사이에 집중적 관찰이 필요할 것으로 생각된다.

Frank-Starling의 법칙에 따르면 좌심실전부하의 상승과 심박출량은 밀접한 관계가 있어서 좌심실전부하의 증가로 심박출량의 증가를 유발할 수 있으나, 어느정도 이상의 증가는 오히려 심박출량의 감소를 유발하는 것으로 알려져 있다. Nixon²⁰⁾등은 환자를 침대에 눕힌채 침대를 머리쪽으로 기울임으로써 end-diastolic volume을 증가시키고 그 결과 심박출량이 증가함을 실험적으로 보였으며, Glower²¹⁾등도 end-diastolic volume과 심박출량사이의 높은 직선적 상관관계($r=0.97$)를 보임을 실험적으로 증명하였다.

그러나 이 결과는 모두 정상적인 심장에서의 실험 결과이며 개심수술을 받은 경우는 이와 다른 양상을 보일수 있다.

흔히 좌심실 전부하의 지표로 측정이 용이한 좌심방압을 사용하는데 본 논문에서도 좌심방압력과 심장지수 사이의 상관관계를 살펴본 결과 이 둘 사이에 특별한 상관 관계를 찾을 수 없었다. 이 결과를 해석함에 있어서 고려해야할 2가지 문제점을 제기할 수 있는데, 첫째는 좌심방압력이 정확히 좌심실 전부하를 반영할 수 있는가 하는 문제이고 둘째는 청색증 심장 기형환자에서도 volume에 대해서 정상인과 유사한 반응을 보일수 있는가 하는 문제이다.

대부분 좌심실전부하의 지표로 좌심방압력을 사용하는데, 실제로 좌심방압력과 좌심실의 end-diastolic pressure는 직선 관계가 아니라 자연 지수승의 관계를 보이므로 좌심방의 압력이 그대로 좌심실 전부하를 반영한다고 볼수는 없으며, 동시에 청색증 심장기형 환자는 심실의 이완기 compliance가 감소되어 있으면서 수축기 기능도 같이 감소되어 있어서, 높은 좌심실 filling pressure 에서도 심박출량은 낮은 값을 나타낼 수 있다.^{18, 19)}

Burrows¹⁹⁾등은 비청색증 단순 기형의 경우 비교적 좌심방 압력의 변화에 대해 심박출량의 변화가 정상인과 비슷한 반응을 보이지만, 청색증을 보이는 복잡기형에서는 수술후 4시간 부터 8시간 사이에는 좌심방압력의 증가에 대한 심박출량의 증가가 둔화되고, 오히

려 감소하는 경우도 보였음을 주장하였다. 이는 청색증 심장기형 환자는 개심수술후 일반적인 volume 부하에 대해 어떤 다른 양상의 반응을 보임을 시사하는 것이라 하겠다. Weisel¹⁹⁾ 등은 일반적으로 개심수술후 좌심방압력을 5-10 mmHg(end diastolic volume index: 30-80 l/m²) 정도 유지 할때 적절한 심박출량을 얻을수 있으며 더 낮거나 높으면 부적절하나, 이 결과는 수술전 심실의 기능이 떨어져 있거나 수술후 허혈성 기능장애가 있는 환자에게는 적용될 수 없으며, 그런 환자는 compliance나 심장기능 자체가 떨어져 있으므로 일반적으로 더 높은 좌심방압력을 유지해야만 적절한 심박출량을 얻을 수 있다고 하였다. 본 논문에서 앞의 결과에서 언급했듯이 각 시간대별로 수술후 좌심방압력과 심장지수 사이에 어떤 상관 관계가 있나 살펴 보았으나 어떠한 상관 관계도 없음을 이미 언급하였다. 또 좌심방압력이 18 mmHg(24 cm H₂O) 이하인 군만 따로 추출하여 심장지수와와의 관계를 살펴 보았으나 역시 상관관계가 없었으며, 좌심방압력의 변화에 대한 심장지수의 변화도 역시 상관 관계가 없었다. 이는 단순 심장기형과 달리 청색증 심장기형 환자에 있어서 좌심방 압력을 높임으로써 심박출량의 증가를 기대할 수는 없으며, 동시에 심실의 compliance, 좌심실용적, 좌심실의 수축기 기능등을 같이 고려하여 수술후 환자 관리를 해야 할 것이라고 생각된다. 그러나 이 논문은 연구대상 환자의 수가 적기 때문에 더 많은 환자를 대상으로 대동맥 차단시간, 나이 등이 영향을 미치는지에 대해 좀더 세밀한 조사를 필요로 한다고 생각되며, 특히 심장 기능이 거의 정상으로 회복된 수술후 36시간 이후에도 좌심방 압력이 심박출량에 전혀 영향을 미치지 못하는지에 대해 다시 조사해 볼 필요가 있다고 생각한다.

중심정맥압과 심박출량의 관계를 살펴볼때 다른 시간대에는 전혀 상관관계를 보이지 않았으나 수술후 1시간 및 수술후 48시간에 통계적으로 유의한 상관관계를 보여 중심정맥압이 상승함에 따라 심박출량의 감소를 보였는데, 이에 대해서는 두가지 해석이 가능하다고 생각된다. 첫째는 이 환자군들이 청색증 심장기형 환자로 수술후 잔존 우심실 유출로의 협착이 남아 있을 수 있고, 또 역동적으로 우심실압력이 증가되어 있는 상태이며, 말초 폐동맥 자체의 발육이 부진한 상태이므로, 이 결과 이러한 요소의 정도가 심할수록 우측 심장의 후부하가 증가하게되고 따라서 우측심장의 심박출량은 떨어지며, 중심정맥압은 높게 유지된다는

것이다. 그러나 시간이 지남에 따라 우측심장의 압력이 떨어지면서 중심정맥압은 심장지수에 큰 영향을 못 미치게 된다는 해석이다. 그러나 이 해석은 수술후 48 시간에서의 상관관계가 높은 것을 해석하는데는 무리가 따른다. 또 다른 해석은 중심정맥압자체가 수술후 인공호흡기나 우심실유출로의 잔존폐쇄 혹은 우심실 부전 등으로 인하여 그 신빙성이 떨어지는 것으로 이 결과 자체가 의미가 없는 것이 아닌가 하는 것이다. 이에 대해서는 좀더 많은 대상에 대해 세밀한 시간대로 나누어 다시 조사해 보아야 그 의미를 정확하게 해석할 수 있을 것 같다. 결론적으로 Benzing등이 주장했듯이 수술후 심장기능에 대한 평가는 어느 하나에 의존할 수 없으며, 수술후 좌심방압, 중심정맥압 혈압, 혼합정맥혈 산소포화도 등을 모두 monitoring 하면서 적절한 치료로 심박출량을 최대를 하는 것이 중요하다고 하겠다.

결 론

서울대학교 병원 소아흉부외과에서는 청색증 선천성 심장질환 환자 14명에 대해 컴퓨터를 이용한 심장지수를 수술후 시간대 별로 직접 측정하고, 그 결과를 혼합 정맥혈 산소포화도, 좌심방압력, 중심정맥압 등과 비교하여 아래와 같은 결론을 얻었다.

1. 수술후 각 시간대에 따른 심장지수의 변화는 수술후 1시간에 3.585±0.942 l/min/m²에서 수술후 16시간에 3.322±1.007 l/min/m²로 가장 감소 하였다가 회복하기 시작하여 수술후 36시간에 4.426±1.358 l/min/m², 48시간에 4.501±1.1791 l/min/m²로 증가하여 유의한 증가를 보였으며(p<0.05)이 결과로 볼때 수술후 36시간 이후면 안정상태로 들어감을 알수 있었다.
2. 수술후 시간대에 따른 좌심방압과 심장지수, 좌심방압의 변화와 심장지수의 변화 사이에는 특별한 상관관계를 발견할 수 없었다.
3. 혼합정맥혈 산소포화도와 심장지수사이에는 수술후 8시간까지는 특별한 상관 관계가 없었으나, 수술후 16시간(r=0.573, p=0.05), 20시간(r=0.743, p=0.01) 24시간(r=0.436, p=0.05) 36시간(r=0.560, p=0.04) 48시간(r=0.636, p=0.05)에는 높은 상관 관계를 보여 수술후 심장의 상태가 회복단계에 들어서면서 혼합정맥혈 산소포화도는 심장지수를 반영하는 것으로 생각 되었다.

4. 중심정맥압과 심장지수 사이에는 수술후 1시간 ($r = -0.722, p = 0.004$)과 48시간 ($r = -0.688, p = 0.02$)에 높은 역 상관관계를 보였다.

이상의 결과로 볼때 개심수술후 처음 16시간까지 환자의 상태에 대해 집중적 관찰을 요한다는 것과 16시간 이후 환자가 회복하기 시작하여 36시간이후면 비교적 안정된다는 것, 그리고 16시간이후 부터는 혼합정맥혈 산소포화도가 비교적 심박출량을 잘 반영할 수 있다는 것을 알았다. 그러나 심장기능은 어느 한가지로 추측할 수는 없는 것이며 좌심방압력과 심장지수의 관계, 또 대동맥 차단 시간이 수술후 회복에 어떤 영향을 주는지 등에 대해서 향후에도 많은 연구 관찰이 필요한 것으로 생각된다.

REFERENCES

- Martin WE, Cheung PW, Johnson PW, Johnson CC, Wong KC: *Continuous monitoring of mixed venous oxygen saturation in man. Anesth Analg* 52:784, 1973.
- Krauss XH, Verdouw PD, Hugenholtz PG, Nanta J: *On-line monitoring of mixed venous oxygen saturation after cardiothoracic surgery. Thorax* 30:636, 1975.
- Raison JCA, Osborn JJ, Beaumont JO, Gerbode F: *Oxygen consumption after open heart surgery measured by a digital computer system. Ann Surg* 171: 471, 1970.
- Kirklin JW, Theye RA: *Cardiac performance after open intracardiac surgery. Circulation* 28:1061, 1963.
- Hutter AM, Moss AJ: *Central venous oxygen saturations. JAMA* 212, 299, 1970.
- 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.
- Kohanna FH, Cunningham Jr. JN: *Monitoring of cardiac output by thermodilution after open-heart surgery. J Thorac Cardiovasc Surg* 73:451, 1977.
- 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.
- Kohanna FH, Cunningham, Jr JN, Catinella FP, Adams PX, Nathan IM, Pasternack BS: *Cardiac output determination after cardiac operation Lack of correlation between direct measurements and indirect estimate. J Thorac Cardiovasc Surg* 82:904, 1981.
- 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.
- Magillan JR. DJ, 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.
- Branthwaite MA, Bradley RD: *Measurement of cardiac output by thermal dilution in man. J Appl Physiol* 24:434, 1968.
- Ganz W, Donoso R, Marcus HS, Forrester JS, Swan HJ: *A new technique for measurement of cardiac output by thermodilution in man. Am J Cardiol* 27: 391, 1971.
- Wessel HU, Paul MH, James GW, Grahn AR: *Limitation of thermal dilution curves for cardiac output determinations. J Appl Physiol* 30:643, 1971.
- Taylor JB, Lown B, Polanyi M: *In vivo monitoring with a fiber optic catheter. JAMA* 221: 667, 1972.
- Sullivan FJ, Mroz Jr. EA, Miller RE: *The precision of a special purpose analog computer in clinical cardiac output determination. Ann surg* 181:232, 1975.
- Srensen MB, Bill-Brahe NE, Engell HC: *Cardiac output measurement by thermal dilution. Reproducibility and comparison with dye-dilution technique. Ann Surg* 183:67, 1975.
- 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.
- Weisel RD, Burns RJ, Baird RJ, Hilton JD, Ivanov J, Mickle DAG, Teoh KH, Christakis GT, Evans PJ, Scully HE, Goldman BS, McLanghlin PR: *Optimal postoperative volume loading. J Thorac Cardiovasc surg* 85:52, 1983.

20. Nixon JV, Murray RG, Leonard PD, Mitchell JH, Blomqvist CG: *Effect of large variations in preload on left ventricular performance. characteristics in normal subject. Circulation 65:698. 1982.*
21. Glower DD, Spratt JA, Snow ND, Kabas JS, Davis JW, Olsen CO, Tyson GS, Sabiston DC, Rankin JS: *Linearity of the Frank-Starling relationship in the intact heart: the concept of preload recruitable stroke work. Circulation 71:994. 1985.*
22. 안재호, 김용진 : 청색심기형 교정술후 혼합정맥혈 산소분압과 심근상태 및 혈류역학치와의 상관관계 분석. 대한흉부외과학회지 22 : 212, 1989
23. 한재진, 김용진 : 폐혈류 감소를 동반한 선천성 심장기형 환자에서 술전폐동맥 발육과 조기술후 혈역학적 변화와의 관계. 대한흉부외과학회지 22 : 601, 1989