

# 선천성 및 후천성 '심질환 환자에서 체외순환 전, 중, 후의 동맥혈 가스의 비교 분석

이 동 석\* · 이 봉 근\*\* · 김 송 명\*\*

= Abstract =

## Comparative Analysis of arterial Gases and Acid-base status in Patients with Congenital and Acquired Heart Disease at Preoperative Period, During Extracorporeal Circulation, and Postoperative Period

Dong Seok Lee, M.D.\*, Bong Keun Lee, M.D.\*\*, Song Myung Kim, M.D.\*\*

**Background:** Patients with cardiac diseases who have structural defects in their heart bring about metabolic insult such as preoperative acid-base imbalance. Cardiac operation requires many nonphysiologic procedures such as extracorporeal circulation, hypothermia, and hemodilution. We studied the acid-base status of surgical heart diseases pre-operatively, during extracorporeal circulation, and post-operatively and researched the treatment indications of acid-base disturbances. **Material and Method:** From January 1997 to May 1999, fifty two cases of open heart surgery were carried out under extracorporeal circulation, which divided into a set of pediatric and adult groups, congenital and acquired groups, non-cyanotic and cyanotic groups, The  $\alpha$ -stat arterial blood gas analysis was done in each group during the preoperative period, during the operation with extracorporeal circulation, and during the postoperative period. **Result:** Before surgery, all patients present metabolic acidosis, PaO<sub>2</sub> was low in adult group and acquired group and compensatory respiratory alkalosis was noted in cyanotic group. During extracorporeal circulation, adult group revealed alkalosis and normal in acquired group. Pediatric group presents low PaCO<sub>2</sub>, metabolic acidosis and respiratory alkalosis. Congenital group and non-cyanotic group showed non-compensatory alkalosis trend and non-compensatory respiratory acidosis were observed in cyanotic group during extracorporeal circulation. Postoperative acid-base status of adult group was recovered to normal and the standard bicarbonate was increased in the acquired group. All of the pediatric, congenital non-cyanotic, and cyanotic groups revealed the lack of buffer base. **Conclusion:** In Preoperative period, correction of metabolic acidosis was required in pediatric, congenital and non-cyanotic groups, while treatment of metabolic acidosis and low PaCO<sub>2</sub> were required in adult and acquired groups. In the cyanotic group, metabolic acidosis

---

\*성분도 병원 내과

Department of Internal Medicine, Saint Mary Hospital, Busan

\*\*고신대학교 복음병원 흉부외과학교실

Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Kosin University, Gospel hospital, Busan

논문접수일 : 2001년 6월 29일 심사통과일 : 2001년 9월 19일

책임저자 : 김송명(602-702) 부산광역시 서구 암남동 34번지, 고신대학교 복음병원 흉부외과학교실. (Tel) 051-990-6466, (Fax) 051-248-9407

E-mail: cksmmd@kosinmed.or.kr

본 논문의 저작권 및 전자매체의 지적소유권은 대한흉부외과학회에 있다.

and respiratory alkalosis needed to be corrected preoperatively. Using the extracorporeal circulation, minimal correction was required except acquired group which showed normal acid-base balance. In postoperative period, restriction of bicarbonate was required for acquired group while increase of buffer base was required for pediatric, congenital, non-cyanotic, and cyanotic groups.

(Korean Thorac Cardiovasc Surg 2001;34:831-42)

**Key words:** 1. Heart diseases  
 2. Blood gas analysis  
 3. Acid-base balance

## 서 론

심질환 환자는 심장내 구조적 결함으로 인하여 혈액학적 변화가 필연적으로 존재하며, 그 결과는 전 신체 대사에 심각한 영향을 미치므로 수술전부터 산, 염기의 이상<sup>1-5)</sup>이 초래된다.

심질환의 종류에는 소아 및 성인심질환, 선천성 및 후천성 심질환, 그리고 청색증 및 비청색증 심질환으로 나눌 수 있다. 심장질환에는 내과적으로 치유가능한 질환도 있지만 내과적 치료의 한계점에서는 대부분 외과적 치료가 필요하고 이 때 사용하는 수술방법에는 필연적으로 비생리적인 체외순환법과 저체온법 및 혈액희석법과 같은 다양한 특수한 기법이 도입된다. 따라서 수술전 이미 존재하는 산 염기의 이상상태에서 체외순환이라는 수술적 침습에 의해 가해지는 shear압박으로<sup>6)</sup> 인하여 이미 악화된 상태의 산 염기 변화를 더욱 악화시키게 된다. 수술후 치료과정에서는 집중치료의 과정을 통하여 산 염기의 이상을 발견하면 그 즉시 교정치료를 받게 된다.

소아과 임상에서는 성인에 비해 치료과정이 보다 정확해야 하고 교정치료의 과정도 더욱 신속하고 세심하게 이루어져야 하며 특히 산, 염기의 이상에 대하여 보다 전문적인 치료가 필요하다.

1997년 Hatherill 등<sup>2)</sup>은 소아 심질환의 치료과정에서 혈액가스를 연속으로 감시하므로써 산 염기의 변화의 중요성을 강조한 바 있다. 소아 및 성인과 선천성 및 후천성 그리고 비청색증심질환 환자에서 술전, 체외순환을 이용한 수술중 그리고 술후의 혈액 가스분석을 직접 비교한 연구는 없는 실정이다

저자는 청색증을 포함한 소아심질환 환자와 선천성을 포함한 성인 심질환 환자에서 수술전, 중, 후의 산 염기의 치료 지침을 얻기 위하여 본 연구를 시도하게 되었다.

Table 1. Patient profile

	Children<15yrs	Adult>15yrs
Number of cases	35	17
Acyanotic	27	
Cyanotic	8	
Gender Male : Female	3 : 4	10 : 7
Age(Years) Mean	16.8 ± 18.3	43.7 ± 10.0
Range	4/12~32	23~61
	Children<15yrs	Adult>15yrs
Number of cases	21	31
Acyanotic	13	31
Cyanotic	8	0
Gender Male : Female	11 : 10	14 : 17
Age(Years) Mean	2.6 ± 3.2	40.8 ± 10.4
Range	4/12~32	23~61

## 대상 및 방법

### 대상

연구의 대상인 환자는 1997년 1월부터 1999년 5월까지 체외순환하에 개심술을 시행한 52례를 관찰대상으로하여 후향적인 조사를 시행하였다. 선천성 심질환이 35례이며, 후천성 심질환이 17례 이었다. 선천성 35례에는 비청색증 심질환 27례와 청색증 심질환이 8례가 포함되어 있었다. 선천성 심질환의 남녀 성별비는 3 : 4이었으며, 후천성 심질환의 남녀 성별비는 10 : 7 이었다. 선천성 심질환의 평균 연령은 16.8 ± 18.3세로 1개월에서 52세 범위였으며 후천성심질환의 평균 연령은 43.7 ± 10.0세로 23에서 61세의 범위이었다(Table 1,2).

연구대상 환자를 15세 기준으로 소아와 성인으로 구분하여 분석하였다. 소아군이 21례이며 이중 비청색증 심질환 13례와 청색증심질환 8례가 포함되어 있으며, 성인군은 31례

Table 2. Diagnosis of congenital heart disease.

Diagnosis (No of cases)	< 15-Y-0	> 15-Y-0
ASD	3	6
VSD	8	3
VSD, COA *		1
Acyanotic 27	ASD, VSD	2
	AVSD	1
	VSD, MR	1
	Cor triatriatum, MSR	1
	DORV, PS	3
Cyanotic 8	TOF	2
	TGA	2
	Single Ventricle	1
Total	22	13

\*ASD, atrial septal defect; VSD, Ventricular septal defect; COA, coarctation of aorta; AVSD, atrioventricular septal defect; MR, mitral regurgitation; MSR, mitral stenoregurgitation; PS, Pulmonic stenosis; DORV, Double outlet right ventricle; TOF, Tetralogy of Fallot; TGA, Transposition of great arteries;

이었다. 남녀비는 소아군이 11 : 10이었으며 성인군은 7 : 8로서 소아군은 남자가 약간 많았으나 성인군에서는 여자가 약간 더 많았다(Table 1).

소아군의 평균연령은 2.6±3.2세로 범위는 4개월에서 13세까지였으며, 성인군의 평균 연령은 40.8±10.4세로 범위는 23세에서 61세까지이었다.

14례의 비청색증 선천성 심질환의 진단명은 심방중격결손증이 3례, 심실중격결손증이 8례, 심방과 심실중격결손이 함께 공존한 2례와 방실중격결손증이 1례가 있었으며 이에 대하여 교정수술을 시행하였다. 8례의 청색증 심질환은 양대혈관우심실 기시증이 2례 그리고 단심실이 1례로서 질병에 따라 완전교정술과 고식적 수술을 한경우도 포함되어 있었다.

성인의 비청색증 심질환은 13례로서 심방중격결손증이 6례, 심실중격결손증이 3례, 심방과 심실중격결손증이 공존한 1례와 심방실 결손증, 심실중격결손증과 승모판역류증, 그리고 삼중방심과 승모판협착 및 폐쇄부전이 각각 1례씩이었으며 수술은 모두 완전 교정술과 승모판막성형술이나 판막이식술이었다. 그러나 성인에서는 청색증 선천성심질환은 없었다(Table 2).

후천성 심질환은 총 18례였으며 판막질환으로 판막이식술

Table 3. Diagnosis and surgical procedures of acquired heart diseases.

Diagnosis of acquired heart diseases	operation procedure	No. of cases
Valvular heart diseases	Valve replacement and/or Valvuloplasty	16
coronary heart diseases	CABG.*	1
Myxoma	Excision	1
Total		18

\*CABG, Coronary artery bypass graft.

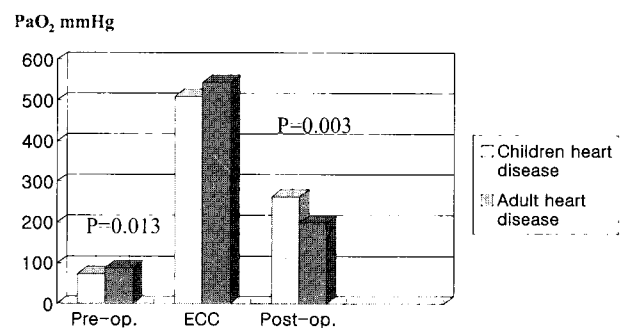


Fig. 1. Changes of PaO<sub>2</sub> in children and adult heart disease at pre-op, ECC and post operative periods

이나 판막성형술을 시행한 16례와 관상동맥 질환으로 관상동맥 우회술을 시행받은 1례 및 좌심방 점액종의 완전 절제수술을 시행한 1례가 포함되어 있었다(Table 3).

방법(Fig. 1)

#### 수술전 동맥혈 가스분석

심질환 환자가 입원후 병실내 대기하의 호흡상태에서 Allen's test를 시행한 후 heparinized syringe로 요골동맥을 천자하여 채혈후 주사기 내의 공기를 완전히 제거하고 고무로 바늘구멍을 폐쇄한 후 즉시 가스분석기에서 가스분석을 실시하였다. 수술전 실시한 가스분석을 수술전 data로 하였다.

#### 체외순환 중 동맥혈 가스분석

수술과정은 전신마취를 유도한 후 개흉전 요골동맥을 천자하여 동맥압을 계속 관찰하도록 장치하였으며 주기적으로 혹은 필요에 따라 동맥혈을 약 1~2 ml씩 채혈하여 즉시 가스분석을 실시하였다.

체외순환은 개흉후 대동맥관 삽관과 양대정맥 삽관하여 이미 충전액으로 준비된 산화기에 연결하여 부분 우회술을 거쳐 완전 우회술을 시행하였으며 이때 저체온법을 동시에

**Table 4.** Extracorporeal circulation techniques

Pump :	Sarn's roller pump. model 3,000	
Oxygenator :	COBE's membrane oxygenator	
Hemodilution :	30%	
Flow rate :	2.4 L/min/m <sup>2</sup>	
Hypothermia :		
	Congenital	28°C
	acyanotic	28°C
	cyanotic	25°C
	Acquired	25°C
Bypass time(minutes) :		
	Congenital	103.1 ± 56.92
	acyanotic	95 ± 39.04
	cyanotic	159 ± 76.18
	Acquired	191.9 ± 97.60
ACC time(minutes) :		
	Congenital	53.5 ± 35.72
	acyanotic	53.9 ± 32.66
	cyanotic	88 ± 44.09
	Acquired	106.5 ± 43.48

**Table 5.** Composition of perfusate

Whole blood :	
Hartmann's solution :	200ml(children) 600~800ml(adult)
Mannitol(15%) :	6ml/kg
Calcium chloride :	
Sodium bicarbonate :	10ml in W.B 1 pint+BW × 1.2
Albumin (20%) :	15ml(under 10 kg) 30ml(10-20 kg)
Heparin :	30mg/1pint W.B
Dexamethasone :	1mg/kg
Epsilon aminocaproic acid :	
Hemofilter(Asai,Japan) in children	

시행하였다. 자세한 내용은 Table 4,5와 같다.

완전체외순환, 저체온중에 심장 교정술이 진행되는 도중에 이미 설치된 요골동맥관을 통하여 채혈하며 즉시 가스분석을 실시하였다.

**수술후 동맥혈 가스 분석**

심장 교정 수술이 끝난 다음 자기 심박동이 회복되면 체

외순환을 종료하고 폐흉한 후 심장 집중 치료실로 가서 인공호흡기에서 기계호흡을 실시하여 가스분석 결과가 호전이 되면 호흡기를 제거하고 자가 호흡을 실시하게 되면 일반적으로 산소 마스크를 통하여 1~4 L/min의 산소공급을 하였다.

수술후 동맥혈 가스분석은 이때 채혈한 동맥혈을 가스 분석한 값으로 취하였다.

**가스 분석기**

채혈한 혈액은 가스분석기(Blood gas analyzer, CIBA-CORNING 845, USA 와 CHIRON DIAGNOSTICS 348, USA)를 이용하여  $\alpha$ -stat<sup>7,8)</sup> 방법으로 동맥혈내의 산소분압(PaO<sub>2</sub>), 탄산가스 분압(PaCO<sub>2</sub>)과 pH를 측정하였고 actual bicarbonate (이하 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)와 base excess는 계산법으로 얻은 수치로 하였다. CO<sub>2</sub> content 와 CO<sub>2</sub> capacity는 monogram을 이용하여 구하였으며 buffer base와 standard bicarbonate는 Siggaard-Andersen monogram 상에서 구하였다.

**통계방법**

모든 data는 평균치±표준편차로 표시하였다. 통계치 검정은 SPSS version 9.0을 이용하여 unpaired Student-t와 반복 ANOVA 검정을 사용하였고 P 값이 0.05미만인 경우를 유의성이 있는 것으로 정하였다.

**결 과**

1) 동맥혈 산소분압의 추세

수술전, 수술중 체외순환시와 수술후 채혈한 동맥혈 산소분압의 전반적인 변화는 수술전 73 mmHg으로 낮았던 산소분압이 체외순환중에는 500.6 mmHg으로 상승하였으며 수술후 263 mmHg으로 하강해 가는 모양이었다. 소아 심질환군과 성인 심질환군의 비교해 보면 수술전(p=0.013)과 체외순환시에는 소아군에 비해 성인군의 산소분압이 유의하게 높았으나 수술후에는 소아군이 성인군보다 63.8 mmHg(p=0.003) 높게 바뀌었다(Fig. 1). 선천성과 후천성 심질환군에서도 상기와 동일한 변화를 보이고 있다(Fig. 2). 비청색증과 청색증 심질환군에는 수술전에 청색증군의 산소분압이 비청색증군에 비해 낮았으나 체외순환시에는 청색증군이 오히려 높았으며 수술후에는 비청색증군이 청색증군에 비해 약간 높은 경향을 보였다(Fig. 3).

2) 소아심질환 환자의 산 염기

수술전 소아심질환 환자들의 산소분압은 73 ± 23.37 mmHg로 저산소증이 있으며 산, 염기상태는 pH가 7.39 ± 0.04, 혈중 탄산가스 분압은 35.5 ± 5.29 mmHg, actual bicarbonate는 21.3

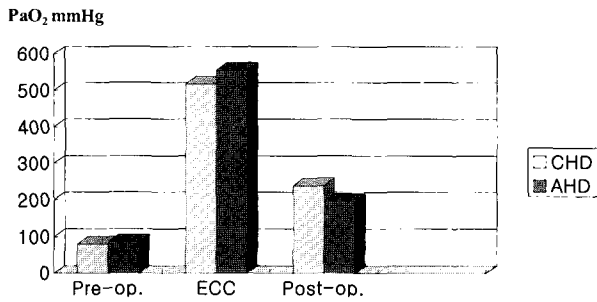


Fig. 2. Changes of PaO<sub>2</sub> in congenital and acquired heart disease at pre-op, ECC and post operative periods

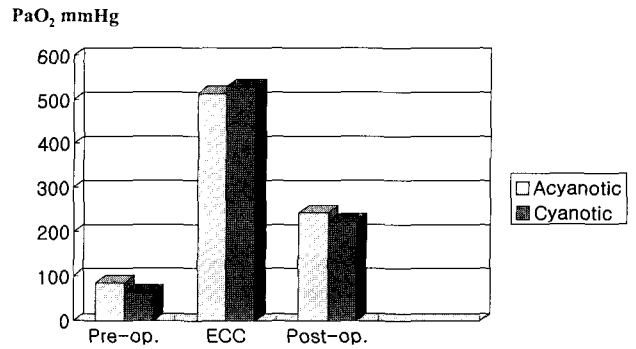


Fig. 3. Changes of PaO<sub>2</sub> in acyanotic and cyanotic heart diseases at pre-op, ECC and post operative periods

±2.49 mEq/L로서 정상 범위내였으나 정상 하한가에 편중되어 있었으며 base excess는  $-2.72 \pm 1.92$  mEq/L로 전체적으로는 대상성 대사성 산증을 나타내고 있다. CO<sub>2</sub> content가  $22.4 \pm 2.6$  mEq/L, CO<sub>2</sub> capacity는  $23.1 \pm 1.73$  mEq/L로 모두 정상보다 낮아, 이 결과는 대상성 대사성 산증으로 재확인되었으며 buffer base는  $50 \pm 10.76$  mEq/L, 표준 bicarbonate는  $21.9 \pm 1.48$  mEq/L로 이 또한 대사성 산증을 나타내고 있었다.

수술중 즉 완전 체외순환중에는 산소분압이  $508.6 \pm 130.98$  mmHg로 고산소혈증을 보였다. 수술중 산, 염기 상태는 pH는  $7.44 \pm 0.07$ , 탄산가스 분압은  $34.8 \pm 6.87$  mmHg 으로 정상보다 낮았으며 actual bicarbonate는  $22.59 \pm 3.61$  mEq/L, base excess는  $-0.71 \pm 3.2$  mEq/L로 정상범위 이었다. 탄산가스 content는  $23.57 \pm 3.65$  mEq/L로 정상보다 낮았으나 CO<sub>2</sub> capacity는  $24.7 \pm 2.75$  mEq/L로 정상범위였으므로 이는 비대상성 호흡성 산, 염기증으로 판단되었다. buffer base는  $45.37 \pm 14.69$  mEq/L로 정상범위이나 낮은 편으로 대사성 산증 상태에 있으며 표준 bicarbonate는  $23.41 \pm 2.66$  mEq/L으로 모두 정상 범위에 있으므로 전체적으로 고산소 혈증과 비대상성 호흡성 염기증에 있다고 판단된다.

수술후 산소 분압은  $263 \pm 96.85$  mmHg로 고산소혈증에 있

으며 pH는  $7.41 \pm 0.04$ 로 정상이었고, 탄산가스 분압은  $38.9 \pm 4.63$  mmHg, base excess는  $0.34 \pm 2.55$  mEq/L, actual bicarbonate는  $23.97 \pm 2.54$  mEq/L로 모두 정상 범위에 있었다. CO<sub>2</sub> content와 CO<sub>2</sub> capacity는 각각  $25.14 \pm 2.64$  mEq/L와  $25.3 \pm 2.23$  mEq/L로 정상범위이었고 buffer base는  $37.49 \pm 12.79$  mEq/L로 정상보다 낮아져 있으므로 이는 비호흡성 대사산증 상태이며 표준 bicarbonate는  $23.48 \pm 2.40$  mEq/L로 정상에 있으므로 전체적으로는 고산소 혈증과 저탄산가스혈증과 정상적인 범위의 산염기 평형상태에 있으나 비호흡성 급성 대사성 산증에서 완전히 회복되지 못하여 buffer base가 부족한 상태라고 판단된다(Table 6).

### 3) 성인 심질환 환자의 산 염기

수술전 성인 심질환 환자의 산소분압은  $88.2 \pm 15.53$  mmHg로서 정상범위였다. 산, 염기 상태는 pH가  $7.42 \pm 0.02$ , 탄산가스 분압이  $34.9 \pm 5.21$  mmHg로 저탄산가스 혈증이었으며 actual bicarbonate는  $22.19 \pm 3.26$  mEq/L, base excess는  $-1.50 \pm 3.24$  mEq/L로서 정상범위이었다. CO<sub>2</sub> content와 CO<sub>2</sub> capacity는 각각  $23.24 \pm 3.41$  mEq/L와  $24.13 \pm 2.33$  mEq/L로서 CO<sub>2</sub>

Table 6. Acid-base status between congenital and acquired heart diseases

		PH	PaCO <sub>2</sub>	[HCO <sub>3</sub> ]	B.E.	CaCO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> Capaity	B.B.	S.B
	Pre-op	7.40 ± 0.03	35.86 ± 4.45	21.99 ± 2.30	-1.96 ± 2.03	23.1 ± 2.40	23.7 ± 1.74	48.5 ± 12.95	22.3 ± 1.36
CHD	Bypass	7.45 ± 0.06	33.83 ± 6.53	23.02 ± 3.25	-0.03 ± 2.92	24.0 ± 3.33	25.3 ± 2.48	46.9 ± 12.63	23.9 ± 3.03
	Post-op	7.41 ± 0.05	39.20 ± 5.37	24.49 ± 3.54	-0.10 ± 2.92	25.7 ± 3.63	25.7 ± 2.82	41.3 ± 15.06	23.6 ± 3.03
	Pre-op	7.42 ± 0.03	33.76 ± 6.40	21.5 ± 4.10	-2.1 ± 4.09	22.5 ± 4.28	23.7 ± 2.87	45.9 ± 12.83	22.3 ± 3.30
AHD	Bypass	7.45 ± 0.08	37.34 ± 7.25	25.0 ± 2.22	1.8 ± 2.24	26.2 ± 2.34	26.6 ± 2.05	47.7 ± 11.33	25.7 ± 2.13
	Post-op	7.42 ± 0.05	41.33 ± 4.50	26.31 ± 2.54	1.96 ± 3.05	27.6 ± 2.58	27.2 ± 2.49	44.6 ± 16.03	27.2 ± 4.62

B.E., Base Excess; B.B., Buffer Base; S.B., Standard Bicarbonate

content가 정상보다 약간 낮게 나왔고 buffer base는  $46.03 \pm 14.01$  mEq/L로 정상이었으며 또한 표준 bicarbonate는  $22.57 \pm 2.50$  mEq/L로 역시 정상범위에 있었다. 이는 전체적으로는 alveolar hyperventilation과 정상 범위의 산 염기 상태이나 대사성 산증 상태에 있는 것으로 보아 보상이 이루어진 것으로 판단된다.

수술 중에는 산소분압이  $544.7 \pm 79.97$  mmHg로 고산소혈증을 보였다. 산, 염기 상태는 PH가  $7.46 \pm 0.07$ 으로 염기성을 나타내고 있었고, 탄산가스 분압은  $35.1 \pm 7.04$  mmHg로 하한치에 근접하여 있었으며 actual bicarbonate와 base excess는 각각  $24.4 \pm 2.48$  mEq/L와  $-1.4 \pm 2.21$  mEq/L로서 정상 범위이었다. CO<sub>2</sub> content와 CO<sub>2</sub> capacity는 각각  $25.47 \pm 2.63$  mEq/L와  $26.43 \pm 1.9$  mEq/L로서 정상범위내에 있었으며 buffer base는  $48.47 \pm 10.08$  mEq/L로 정상 상태에 있다고 판단된다. 표준 bicarbonate는  $25.19 \pm 2.03$  mEq/L로서 정상 상태의 농도이었다.

수술후 산소 분압은  $199.2 \pm 51.28$  mmHg로 고산소 혈증 상태에 있었다. 산 염기 상태는 pH가  $7.41 \pm 0.06$ , 탄산가스 분압은  $40.6 \pm 5.45$  mmHg였으며 actual bicarbonate는  $25.84 \pm 3.62$  mEq/L, base excess가  $1.19 \pm 3.31$  mEq/L로 완전히 정상 평형상태 이었다. CO<sub>2</sub> content와 CO<sub>2</sub> capacity는 각각  $27.06 \pm 3.69$  mEq/L와  $26.76 \pm 3.06$  mEq/L로서 정상 범위이었고, 표준 bicarbonate는  $25.61 \pm 4.59$  mEq/L로 역시 정상이었으나 buffer base는  $45.14 \pm 16.15$  mEq/L로 대사 상태가 정상 상태의 산 염기 상태로 회복되었다고 판단된다(Table 6).

#### 4) 소아와 성인 심질환 환자의 산 염기의 차이

수술전 소아심질환 환자에서는 정도의 저산소증이 있었으나 성인 심질환 환자에서는 산소분압이 정상인 상태에 있었다( $p=0.013$ ). 소아 심질환 환자에서 체외순환중에 정도의 저탄산가스 혈증이 있었으나 성인 심질환 환자는 오히려 수술 전 정도의 저산소혈증( $p=0.003$ )이 있었다.

소아 심질환 환자에서의 전체적인 산 염기 상태는 만성 대사성 대사성 산증 상태였으며, 수술중에는 과도한 고산소 증이며 급성 대사성 호흡성 염기증 및 비대상성 대사성 산증에 있었다. 수술후는 과도한 고산소혈증과 비대상성 호흡성 염기증 및 비대상성 대사성 산증의 상태에 있었으며 수술 후에는 용인할수 있을 정도의 호흡상태 및 pH상태와 대사성 산증이 남아 있는 상태이었다.

성인 심질환 환자에서는 수술전 정도의 저탄산가스 혈증과 만성 대사성 대사성 산증 상태에 있었고, 수술중에는 과도한 고산소 혈증 및 급성 호흡성 염기증 상태에 있었으며, 수술직후에는 과도한 고산소혈증 및 정상범위의 산 염기 상태에 있었다(Table 7).

#### 5) 선천성 심질환 환자의 산 염기

선천성 심질환 환자의 수술전 산 염기 상태는 pH가  $7.40 \pm 0.03$ , 탄산가스 분압이  $35.86 \pm 4.45$  mmHg, actual bicarbonate가  $21.99 \pm 2.30$  mEq/L이었으며, base excess가  $-1.96 \pm 2.03$  mEq/L로서 모두 정상 범위에 있었다. CO<sub>2</sub> content와 CO<sub>2</sub> capacity는 각각  $23.1 \pm 2.40$  mEq/L와  $23.7 \pm 1.74$  mEq/L로 정상 범위보다 약간 낮았다. 그러나 두 수치가 거의 같았으므로 비대상성 대사성 산증이 있는 것으로 판단되며 buffer base와 표준 bicarbonate는  $48.5 \pm 12.95$  mEq/L와  $22.3 \pm 1.36$  mEq/L로 정상 범위이었다.

체외순환 수술중에는 pH가  $7.45 \pm 0.06$ 으로 정상 범위의 상한치까지 상승되어 있었으며 혈중 탄산가스 분압은  $33.83 \pm 6.53$  mmHg로 정상보다도 낮은 수치를 보였다. actual bicarbonate와 base excess는 각각  $23.02 \pm 3.25$  mEq/L와  $-0.03 \pm 2.92$  mEq/L로 정상 범위에 있었다. CO<sub>2</sub> content는  $24.0 \pm 3.33$  mEq/L, CO<sub>2</sub> capacity는  $25.3 \pm 2.48$  mEq/L, buffer base는  $46.9 \pm 12.63$  mEq/L이었으며 표준 bicarbonate도  $23.9 \pm 3.03$  mEq/L로 모두 정상 범위이었다. 그러므로 전체적인 산염기상태는 경

Table 7. Comparison of acid-base status between children and adult heart diseases.

Groups	Status of PO <sub>2</sub> and PCO <sub>2</sub>	Acid-base status	
Children heart diseases < 15yrs	Pre-op	Hypoxemia, mild	Compensated metabolic acidosis
	ECC	Hyperoxemia, excessive Hypocarbica, mild	Uncompensated respiratory alkalosis metabolic acidosis
	Post-op	Hyperoxemia, high	Deficient buffer base
Adult heart diseases > 15yrs	Pre-op	Normoxemia Hypocarbica, mild	Compensated metabolic acidosis
	ECC	Hyperoxemia, excessive	Alkalosis
	Post-op	Hyperoxemia, high	Normal status

Table 8. Acid-base status between congenital and acquired heart diseases

	pH	PaCO <sub>2</sub> (mmHg)	[HCO <sub>3</sub> ]	B.E.	CaCO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> Capacity	B.B.	S.B.	
									mEq/L
CHD 35	Pre-op	7.40(0.03)	35.86(4.45)	21.99(2.30)	-1.96(2.03)	23.1(2.40)	23.7(1.74)	48.5(12.95)	22.3(1.36)
	Bypass	7.45(0.06)	33.83(6.53)	23.02(3.25)*	-0.03(2.92)**	24.0(3.33)***	25.3(2.48)	46.9(12.63)	23.9(3.03)
	Post-op	7.41(0.05)	39.20(5.37)	24.49(3.54)	-0.10(2.92)@	25.7(3.63)	25.7(2.82)	41.3(15.06)	23.6(3.03)
AHD 17	Pre-op	7.42(0.03)	33.76(6.40)	21.5(4.10)	-2.1(4.09)	22.5(4.28)	23.7(2.87)	45.9(12.83)	22.3(3.30)
	Bypass	7.45(0.08)	37.34(7.25)	25.0(2.22)*	1.8(2.24)**	26.2(2.34)***	26.6(2.05)	47.7(11.33)	25.7(2.13)
	Post-op	7.42(0.05)	41.33(4.50)	26.31(2.54)	1.96(3.05)@	27.6(2.58)	27.2(2.49)	44.6(16.03)	27.2(4.62)

B.E., Base Excess; B.B., Buffer Base; S.B., Standard Bicarbonate;  
\*, P=0.025; \*\*, P= 0.027; \*\*\*, P=0.02; #, P= 0.013; @, P= 0.022; @ @, P=0.001  
Repeat ANOVA  $\bar{s}$  underline parameters P < 0.05

도의 저탄산가스 혈증과 비대상성 호흡성 염기증에 치우친 상태이었다.

수술직후의 pH는 7.41±0.05, 혈중 탄산가스는 39.2±5.37 mEq/L, actual bicarbonate는 24.49±3.54 mEq/L이었으며 base excess도 -0.1±2.92 mEq/L로 모두 정상 범위내에 있었다. 혈중 CO<sub>2</sub> content와 CO<sub>2</sub> capacity는 각각 25.7±3.63 mEq/L와 25.7±2.82 mEq/L로 정상 범위에 있었다. 그러나 buffer base는 41.3±15.06으로 정상보다도 감소되어 있었고 표준 bicarbonate는 23.6±3.03 mEq/L로 정상이었다. 수술후의 산 염기 상태를 전체적으로 보면 정상 산 염기 상태이나 buffer base가 적은 것으로 보아 대사성 산증으로 인하여 소모된 것으로 판단되며 완전히 회복이 안된 상태라고 말할 수 있다 (Table 8).

6) 후천성 심질환 환자의 산 염기

수술전 pH는 7.42±0.03으로 정상 범위이었으며, 혈중 탄산가스 분압은 33.76±6.40 mmHg로 정도의 저탄산가스 혈증에 있었고, actual bicarbonate는 21.5±4.10 mEq/L, base excess는 -2.1±4.09 mEq/L로 정상 범위에 있었다. 혈중 CO<sub>2</sub> content와 CO<sub>2</sub> capacity는 각각 22.5±4.28 mEq/L와 23.7±2.87 mEq/L로 정상 범위보다도 낮았다. Buffer base는 47.7±11.33 mEq/L이었으며, 표준 bicarbonate는 25.7±2.13 mEq/L로 정상 범위이었다.

수술전 산 염기 상태는 저탄산가스 혈증과 대상성 대사성 산증 및 대상성 호흡성 염기증이 부분적으로 함께 공존하는 상태라고 판단된다. 체외순환 수술중에는 모든 검사 항목들이 정상범위내에 있었다.

수술직후 pH는 7.42±0.05, 혈중 탄산가스 분압은 41.33±4.50 mmHg, actual bicarbonate는 26.31±2.54 mEq/L이며 base

excess는 1.96±3.05 mEq/L로서 모두 정상이었다. 혈중 CO<sub>2</sub> content와 CP2 capacity는 각각 27.6±2.58 mEq/L와 27.2±2.49 mEq/L로 정상범위이었다. buffer base는 44.6±16.3 mEq/L로 정상 범위내에 있었으나 표준 bicarbonate는 27.2±4.62 mEq/L로 증가되어 있었다. 그러므로 전체적인 산 염기 상태는 정상 평형상태이나 비대상성 대사성 염기증이 있었다(Table 8).

7) 선천성과 후천성 심질환 환자의 산 염기차이

수술전은 양자 모두 대상성 대사성 산증 상태이었다. 선천성 심질환 환자에서는 저산소증이 있으나 후천성 심질환 환자에서는 정상산소 혈증과 저탄산가스 혈증이 존재한다는 것이 차이점이었다. 체외순환중에는 선천성 심질환 환자에서 비대상성 호흡성 염기증의 경향이 있었으나 후천성 심장병에는 정상 산 염기 상태이었다. 수술후에 소아 심질환 환자에서는 buffer base가 부족한 반면 후천성 심질환 환자에서는 표준 bicarbonate가 약간 과도한 상태의 차이(p=0.001)가 있었다(Table 9).

8) 비청색증 심질환 환자의 산 염기

수술전 비청색증 심질환 환자의 pH는 7.40±0.03, 혈중 탄산가스 분압이 36.19±4.14 mEq/L, 혈중 actual bicarbonate는 22.23±2.04 mEq/L이었고 base excess는 -7.8±1.87 mEq/L로 모두 정상 범위내에 있었다. 혈중 CO<sub>2</sub> content와 CO<sub>2</sub> capacity는 각각 23.3±2.14 mEq/L와 23.9±1.50 mEq/L로 정상보다도 낮았다. Buffer base는 48.4±14.54 mEq/L와 표준 bicarbonate는 22.4±1.19 mEq/L로 정상범위에 있었다. 그러므로 전체적인 수술전 산 염기 상태는 비대상성 대사성 산증이 있는 것으로 판단된다.

**Table 9.** Comparative acid-base status between congenital and acquired heart diseases

Groups	Status of O <sub>2</sub> and CO <sub>2</sub>	Acid-base status
CHD	Pre-op Normoxia	Compensated metabolic acidosis
	Bypass Hyperoxemia, excessive Hypocarbica, mild	Uncompensated respiratory alkalotic tendency
	Post-op Hyperoxemia, high.	Deficient buffer base.
AHD	Pre-op Normoxia, Hypocarbica, mild	Compensated metabolic acidosis
	Bypass Hyperoxemia, excessive	Normal status.
	Post-op Hyperoxemia, high	Excess standard bicarbonate

수술 중에는 pH가 7.47±0.06으로 증가되어 있으며 혈중 탄산가스 분압은 33.96±6.47 mmHg로 경도의 저 탄산가스 혈증이 있었고, 혈중 actual bicarbonate는 23.79±2.85 mEq/L, base excess는 0.79±2.60 mEq/L로 정상 범위내에 있었다. 이외 CO<sub>2</sub> content, CO<sub>2</sub> capacity, buffer base와 표준 bicarbonate 모두 정상 범위에 있었으므로 이는 급성 비대상성 호흡성 염기증이 있는 것으로 판단된다.

수술후에는 buffer base가 43.5±15.65 mEq/L로 감소된 상태 이었고 그 이외의 모든 검사치들이 정상범위이었다. 그러므로 급성 비대상성 대사성 산증이 경도로 있으며 전반적으로는 정상적 평형 산 염기 상태이나 buffer base가 부족한 것으로 판단된다(Table 10).

9) 청색증 심질환 환자의 산 염기

수술전 pH는 7.4±0.04, 혈중 탄산가스 분압은 34.73±5.53

mmHg으로 정상보다 낮았고, actual bicarbonate는 21.17±3.02 mEq/L 이며 base excess는 -2.58±2.54 mEq/L로 base가 부족한 상태에 있었으며 혈중 CO<sub>2</sub> content와 CO<sub>2</sub> capacity는 각각 22.22±3.15 mEq/L와 23.2±2.42 mEq/L로 정상보다 낮았다. 그러나 buffer base와 표준 bicarbonate는 오히려 48.6±5.42 mEq/L와 22.1±1.93 mEq/L로서 각각 정상 범위에 있었다. 이는 만성 대상성 대사성 산증과 호흡성 염기증이 함께 공존하는 것으로 판단된다.

수술중의 산 염기 상태는 pH는 7.41±0.06으로 정상이었고 그 이외의 모든 검사치들은 감소되어 있었다. 즉 혈중 탄산가스 분압은 33.41±7.17 mmHg, 혈중 actual bicarbonate는 20.4±3.33 mEq/L, base excess는 -2.79±2.25 mEq/L, CO<sub>2</sub> content와 CO<sub>2</sub> capacity는 각각 21.4±3.52 mEq/L와 22.7±2.25 mEq/L이었으며, buffer base와 표준 bicarbonate는 42.9±15.49 mEq/L와 21.7±1.78 mEq/L로 모두가 감소되어 있었다. 이는 급성 비대상성 대사성 산증과 급성 비대상성 호흡성 염기증이 함께 공존하는 상태라고 판단된다.

수술후의 산 염기 상태는 pH가 7.43±0.03이었으며, 혈중 탄산가스 분압은 36.49±3.64 mmHg, 혈중 actual bicarbonate는 23.28±3.15 mmHg, 그리고 base excess는 -0.81±3.09 mEq/L로 모두 정상 범위로 회복되었고, 혈중 CO<sub>2</sub> content와 CO<sub>2</sub> capacity도 각각 24.38±3.25 mEq/L와 25.0±2.73 mEq/L로 정상으로 회복되었다. 그러나 buffer base가 34.1±10.67 mEq/L로 측정되어, 아직도 대사성 산증이 있는 것으로 판단되며 표준 bicarbonate도 23.2±2.46 mEq/L로 정상 범위이었다. 이는 정상범위의 산 염기 상태이나 대사성 산증에서 완전히 회복 되지 못한 상태라고 판단된다(Table 10).

10) 비청색증과 청색증 심질환 환자의 산 염기 차이

수술전의 비청색증 심질환 환자는 대상성 대사성 산증상태이었으나 청색증 심질환 환자에서는 대상성 대사성 산증

**Table 10.** Acid-base status between acyanotic and cyanotic heart diseases

	PH	PaCO <sub>2</sub>	[HCO <sub>3</sub> ]	B.E.	CCO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> capacity	B.B.	S.B.	
Acyanotic	Pre-op	7.4 ± 0.03	36.19 ± 4.14	22.23 ± 2.04	-1.78 ± 1.87	23.3 ± 2.14	23.9 ± 1.50	48.4 ± 14.54	22.4 ± 1.19
	Bypass	7.47 ± 0.06	33.96 ± 6.47	23.79 ± 2.85*	0.79 ± 2.60**	24.77 ± 2.91***	26.1 ± 1.99 #	48.2 ± 11.72 # #	24.6 ± 2.16
	Post-op	7.40 ± 0.06 @	40.01 ± 5.58 @ @	24.85 ± 3.62	0.11 ± 2.90	26.05 ± 3.70	25.9 ± 2.93	43.5 ± 15.65	23.7 ± 3.22
Cyanotic	Pre-op	7.40 ± 0.04	34.73 ± 5.53	21.17 ± 3.02	-2.58 ± 2.54	22.22 ± 3.15	23.2 ± 2.42	48.6 ± 5.42	22.1 ± 1.93
	Bypass	7.41 ± 0.06	33.41 ± 7.17	20.40 ± 3.33*	-2.79 ± 2.25**	21.40 ± 3.52***	22.7 ± 2.25 #	42.9 ± 15.49 # #	21.7 ± 1.78
	Post-op	7.43 ± 0.03 @	36.49 ± 3.64 @ @	23.28 ± 3.15	-0.81 ± 3.09	24.38 ± 3.25	25.0 ± 2.73	34.1 ± 10.67	23.2 ± 2.46

B.E., Base Excess; B.B., Buffer Base; S.B., Standard Bicarbonate;

\*, P= 0.025; \*\*, P= 0.016; \*\*\*, P= 0.028; #, P= 0.005; ##, P= 0.014; @, P= 0.022; @ @, P= 0.012

Repeat ANOVA  $\bar{s}$  underline parameters P < 0.05



**Table 11.** Comparative acid-base status between acyanotic and cyanotic heart diseases

Groups	Status of PO <sub>2</sub> and PCO <sub>2</sub>		Acid-base status
Acyanotic heart diseases	Pre-op		Compensated metabolic acidosis
	Bypass	Hyperoxemia, excessive	Uncompensated respiratory alkalosis
	Post-op	Hyperoxemia, high	Deficient buffer base
Cyanotic heart diseases	Pre-op	Hypoxemia, moderate Hypocarbica	Compensated metabolic acidosis respiratory alkalosis
	Bypass	Hyperoxemia, excessive Hypocarbica	Compensated metabolic acidosis respiratory alkalosis
	Post-op	Hyperoxemia, high	Deficient buffer base.

**Table 12.** Comparative acid-base status of all groups.

Groups	Pre-op.	Bypass	Post-op.
Children heart diseases	Compensated metabolic acidosis	Hypocarbica Comp. resp. alk. Comp. meta. acidosis	Deficient buffer base.
Adult heart diseases	Hypocarbica Compensated metabolic acidosis	Alkalosis.	Normal status
Congenital heart diseases	Compensated metabolic acidosis	Uncompensated respiratory alkalotic tendency	Deficient buffer base
Acquired heart diseases	Hypocarbica Compensated metabolic acidosis	Normal status	Excess standard bicarbonate
Acyanotic heart diseases	Compensated metabolic acidosis	Uncompensated respiratory alkalosis	Deficient buffer base
Cyanotic heart diseases	Compensated metabolic acidosis Compensated respiratory alkalosis	Compensated resp. acidosis meta. alkalosis	Deficient buffer base

과 대상성 호흡성 염기증이 동시에 공존하고 있음이 차이점이었다. 체외순환중의 비청색증 심질환 환자는 비대상성 호흡성 염기증이었으나 청색증 심질환 환자에서는 수술전 상태의 비대상성 상태에서 대상성 상태로 전환된 대사성 산증과 호흡성 염기증이 존재한다는 것이 차이점이었다.

수술후는 비청색증과 청색증 심질환 환자 모두에서 동일하게 buffer base가 약간 부족한 상태이었으나 그 정도가 청색증 심질환 환자에게서 더욱 부족한 상태이었다(Table 11).

## 고 찰

혈액 가스 분석은 1960년 중반까지는 특별한 경우에만 사용하는 검사이었으나 오늘날에는 매우 흔한 일반적인 검사에 속하게 되었다. 가스 분석 결과는 중환자의 진단과 감시의 중요한 부분이며, 혈액 가스를 측정하는 것은 호흡과 대

사에 대한 치료의 지침이<sup>7)</sup> 된다. 선천성과 후천성 심질환이 있을 경우의 혈액학적 변화는 대사와 호흡에 장애를 일으켜 결국 생체내의 환경을 악화시키고, 악화된 대사이상이 다시 심기능을 저하시키게 하는 악순환이 지속된다. 체외순환 기법은 심장병 수술에 절대적으로 필요한 수단이며, 저체온법 또한 허혈 상태의 심근보호에 없어서는 안되는 기법이나 수술전 산, 염기의 이상이 체외순환시에 더욱 위험한 상태로 될 수 있다.

소아에서 선천성 청색증 심질환이 있는 경우에는 치료전에 이미 혈액가스의 변화가 심하며, 마취, 수술 및 체외순환에 의해 일시적으로 심각한 체내 변화가 이어지고 교정 수술후 점차 회복해가는 과정을 취하고 있다. 이러한 산, 염기 변화는 혈액내의 일차적 현상으로 더 나아가서 장기나 조직 자체의 산, 염기 상태이므로 결국 개개의 세포가 처한 세포 내외액의 산, 염기 상태로 귀결이 된다<sup>8,9)</sup>. 호흡기능의 변화

로 인한 산,염기 변화는 호흡성 산증<sup>10)</sup>이 대부분이나 최근 인공호흡기에 의한 치료시에는 호흡성 염기증<sup>3)</sup>이 초래될 수도 있다.

심질환 환자의 주된 산,염기 변화는 혈액가스 분석을 시행하기 전이라도 이미 대사성 산증 즉 무산소 해당분해 대사로 인한 대사성 산증<sup>8)</sup>이 존재하며, 대사성 염기증은 매우 드물다는 것이 일반적 개념이다. 소아외과 임상의 산염기 변화는 혈액학적 변화와 이에따른 심장수술이 요구되므로 간헐적인 검사에 위한 교정 치료보다는 Hatherill 등<sup>2)</sup>은 소아의 집중치료를 위하여 연속적인 동맥혈가스를 분석하여 신속하고 정확한 치료를 시행함으로써 좋은 치료결과를 얻었다고 보고하고 있다.

혈액산소 분압은 polarographic electrode로, 혈액탄산가스 분압은 Modern이나 Severinghaus electrodes로 그리고 pH는 Sanz electrode로 직접 측정할 수치로 얻을 수 있다. 그러나 그 이외의 수치들은 계산에 의하거나 nomogram을 통해서 간접적으로 구하게 된다. 저자의 연구에서도 actual bicarbonate와 base excess는 가스분석기내의 계산기에 의해 수치로 구하였다. CO<sub>2</sub> content와 CO<sub>2</sub> capacity를 직접 측정하는 방법으로는 Van Slyke와 Cullen<sup>11)</sup>에 의해 고안된 압력계 방법이다. 그러나 측정법이 너무 복잡하기 때문에 오늘날에는 간접적인 계산 방법으로 구하고 있다. 즉 CO<sub>2</sub> content = actual bicarbonate+(PCO<sub>2</sub>×0.03)의 공식에 의거하여 계산으로 구하였다. 다음으로 CO<sub>2</sub> capacity는 pH와 CO<sub>2</sub> content로부터 nomogram에 의해 얻을 수 있다. 혈액내 actual bicarbonate는 물론이고 buffer base와 표준 bicarbonate도 Siggaard-Andersen nomogram에서 얻어진다. CO<sub>2</sub> content, CO<sub>2</sub> capacity, buffer base와 표준 bicarbonate들은 전통적으로 비호흡성이며 주로 대사성 변화를 주로 반영한다.

1980년대까지는 환자의 혈액을 채혈하여 냉동보관하여 검사실까지 운반하였으며, 검사기내의 수조 온도를 37°C에 맞추어 항온조내에서 가스분석을 시행하였다. 그러나 심장수술은 체외순환법으로 체표면 냉각법과 핵 냉각법을 동시에 사용하여 환자의 체온을 25~30°C 정도까지 내리는 저온법으로 혹은 더욱 낮은 온도의 체외순환을 하게 되므로 실제 환자의 온도와 검사시의 온도가 서로 상이하다는 것이 문제점으로 대두되었다.

심폐우회술시에 pH stat법<sup>12)</sup>과  $\alpha$ -stat법<sup>13)</sup>이 있으며 2가지 방법에 따른 장·단점이 있어, 수술시 뇌혈류량에 많은 영향을 미치게 되나 저자는 본 연구에서  $\alpha$ -stat법으로 가스분석을 시행하여 이에 따른 체온의 변화에 준한 교정을 실시하지는 못하였다.

pH-stat법의 단점은 자가 조절 기능이 소실될 수 있어 과도한 뇌혈류와 뇌부종이나 미세혈전의 위험이 증가하는 것이

라고 1986년 Henriksen<sup>14)</sup>이 지적하였다. 반면에  $\alpha$ -stat법은 뇌혈류가 감소할 수 있으나 체온 하강으로 인한 pH의 증가로 alkalosis가 초래되며 O<sub>2</sub>-Hb 해리곡선을 좌측으로 이동시킬 수 있어, 뇌 산소 부족을 초래할 수 있는 점등이 단점이다<sup>14)</sup>.

산, 염기의 변화에 영향을 줄 수 있는 요소로는 우선 심질환의 결손도와 단락 혹은 판막기능 이상으로 혈액학의 변동이 있으며, 우·좌 단락에 의한 청색증, 그리고 수술중이나 체외순환중의 전해질 증감과 체온변화로 인한 헤모그로빈 해리장애가 있다. 수술후에는 폐의 단락현상에 기인한 (A-a) DO<sub>2</sub>의 증가로 인한 호흡성 대상기능의 변화가 중요한 변수가 될 수 있다.

저자의 결과에서 수술전에 어느 정도 대상이 되어 있는 대사성 산증이 존재하였고 특히 청색증 심질환에서 호흡성 염기증이 나타난 것은 저산소증으로 유산발생에 의한 산증 상태인 것으로 판단되었으며 이러한 현상은 이견이 없는 사실이다. 체외순환 중에 오히려 산, 염기 상태가 수술전보다도 좋은 상태인 것은 마취의에 의한 빈번한 가스점사와 즉각적인 교정치료가 오히려 산, 염기 상태를 정상범위에 있게 한 주요인이라고 생각된다. 대상성의 기전으로는 첫째, 즉각적인 buffer계, 둘째, 3~5분 이내에 호흡으로 PCO<sub>2</sub>를 조절하는 방법과 셋째, 1~2일이 필요로 하는 신장대상 기능으로 나눌 수 있다<sup>15)</sup>. 수술전에는 buffer계, 호흡성 및 신장에 의한 대상성 기전이 주로 일어나고 체외순환 시에는 bicarbonate와 전해질 투여로 교정이 이루어지며, 수술후에는 다시 3가지 대상성 기전들이 모두 동원되어지고 있다<sup>15)</sup>. buffer계에 의한 대상성 작용은 부분적으로 발생하며, 호흡성에 의한 대상성 작용은 부분적이거나 또는 완전하게 회복될 수도 있으며 신장에 의한 대상성 작용은 산, 염기상태를 완전히 정상으로 회복시킬 수 있다<sup>15)</sup>.

수술 중 심폐우회 체외순환시 500 mmHg 내외의 과도한 산소분압을 유지하는 것은 약 30% 내외의 혈액희석법을 사용하기 때문에 정상 혹은 적정한 산소분압이 오히려 위험을 초래할 수 있기 때문이며 Pearl 등이<sup>18)</sup> 저체온 순환정지에서 고산소혈증이 정상 산소 혈증에 비해서 유리한 점이 많다는 것을 증명한 바에 근거를 두고, 저자들은 술중, 술후 고산소혈증을 유지시켰다. 또한 동일한 Pearl등의 보고에 대하여 고산소증과 pH stat 전략이 산증 생산을 최소화 할 수 있는 적절한 조처라고 여러 학자들은 동의하고 있는 실정이다. 심질환 환자에서 대사성 산증의 원인으로 수술전에는 저산소증에 의한 산소부족이 가장 중요한 요인이며, 수술 중에는 저탄산가스혈증, 저체온법, 말초조직 관류부족, 혈액희석, 저칼륨혈증과 혐기성 대사의 마지막 산물인 젖산 축적이라고 할 수 있다. 이러한 산증의 치료는 반복적인 가스분석에 의한 bicarbonate의 투여 및 때에 따라 산화기에 적절한 탄산가

스 투여를 하기도 하나 저지는 bicarbonate 투여만으로 치료하였다. 심기능은 산증에서 보다 염기성일 때 잘 유지된다는 것은 이미 잘 알려진 사실이나 전반적인 변화를 예견하고 사전에 대처한다면 더욱 안전한 심장수술이 될 것으로 생각된다.

## 결 론

소아, 선천성과 비청색증 심질환 환자를 수술전 대사성 산증에 대한 치료가 필요하며 성인과 후천성 심질환 환자는 수술전 대사성 산증과 저탄산가스 혈증에 대한 치료가 필요하다. 그리고 청색증 심질환 환자는 대사성 산증과 호흡성 염기증에 대한 수술전 치료가 필요하다. 체외순환 중에는 후천성 심질환 환자의 산 염기상태가 정상이므로 교정치료가 필요하지 않은 반면, 다른 심질환 환자에서는 약간의 교정치료가 필요한 것으로 판단된다. 수술후에는 성인 심질환 환자가 정상적인 산 염기상태로 회복한 것으로 보이며, 후천성 심질환 환자에서는 bicarbonate 투여를 제한하여야 하고, 나머지 소아, 선천성, 비청색증 및 청색증 심질환 환자에서는 buffer base를 상승시킬수 있는 치료가 필요하다고 생각된다.

## 참 고 문 헌

1. Murkin JM, Farrar JK, Tweed A, Mckenzie FN, Guiraudon G. *Cerebral autoregulation and flow/metabolism coupling during cardiopulmonary bypass : The influence of PaCO<sub>2</sub>*. Anesth Analg 1987;66:825-32.
2. Hatherill M, Tibby SM, Durward A, Rajah V, Murdoch IA. *Continuous intra-arterial blood-gas monitoring in infants and children with cyanotic heart disease*. Br J Anaesthesia 1997;79:665-7.
3. Andersen NN, Mendelow M, Olsson GW. *Relationship of respiratory alkalosis to metabolic acidosis during extracorporeal circulation*. Surgery 1963;53:730-8.
4. Davies LK. *Hypothermia Physiology and clinical use*. In: Graclee GP, Davies RF, Utley JR. *Cardiopulmonary Bypass Principles and Practice*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1993;140-9.
5. Jonas RA, Bellinger DC, Rappaport LA, et al. *Relation of pH strategy and developmental outcome after hypothermic circulation arrest*. J Thorac Cardiovasc Surg 1993;106:

- 362-8.
6. Kirklin JK, Kirklin JW, Pacifico AD. *Cardiopulmonary bypass*. In: Arciniegas E. ed. *Pediatric cardiac surgery*. Chicago: Year book medical publishers. 1985;423-31.
7. 이성행, 김규태, 이길로, 김송명, 이광숙, 채종욱. 체외순환을 위한 혈액희석법에 대하여. 대흉외지 1977;10:250-67.
8. Guilbeau EJ, Moore LK, Viole AJ, et al. *Effect of intermittent infusions of glucose-containing crystalloid cardioplegic solution on myocardial tissue lactic acid and recovery of contractility*. J Thorac Cardiovasc Surg 1984;87:920-9.
9. Khuri SF, Marston WA, Josa M, Braunwald NS, Cavanaugh AC, Hunt H, Barsamian EM. *Observation on 100 patients with continous intraoperative monitoring of intramyocardial pH-the adverse effects of ventricular fibrillation and reperfusion*. J Thorac Cardiovasc Surg 1985;89:170-2.
10. Gaensler EA. *Respiratory acidosis as seen following surgery*. Am J Surg 1962;103:289-94.
11. Van Slyke DD, Cullen GE. *Studies on acidosis*. J Biol Chem 1917;30:289-94.
12. Kurth CD, O'Rourke MM, O'Hara IB. *Comparison of pH-stat and alpha-stat cardiopulmonary bypass on cerebral oxygenation and blood flow in relation to hypothermic circulatory arrest in piglets*. Anesthesiology 1998;89:110-8.
13. Hindman BJ. *Choice of  $\alpha$ -stat and pH-stat management and neurologic outcomes after cardiac surgery*. Anesthesiology 1998;89:5-7.
14. Henriksen J. *Brain luxury perfusion during cardiopulmonary bypass in humans. A study of the cerebral blood flow response to changes in CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> and blood pressure*. J Cereb Blood Flow Metab 1986;6:366-71.
15. Reed CC, Stafford TB. *Cardiopulmonary bypass*. Houston: Texas Medical Press, Inc. 1985;200-8.
16. Casthely PA, Bregman D. *Cardiopulmonary bypass : Physiology, Related complications and Pharmacology*. New York: Futura Publishing Co. Inc.. Mount Kisco. 1991; 788-97.
17. Tarhan S. *Cardiovascular anesthesia and postoperative care*. Chicago: Year Book Medical Publishers, Inc.. 1982; 311-9.
18. Pearl JM, Thomas DW, Grist G, Duffy JY, Manning PB. *Hyperoxia for managemnet of acid-base status during deep hypothermia with circulatory arrest*. Ann Thorac Surg 2000;70(3):751-5.

**=국문초록=**

**배경:** 심질환 환자는 심장의 구조적 혹은 기능적 결함으로 인하여 혈액학적 변화가 필연적으로 존재하며 그 결과 신체대사에 심각한 영향을 미치므로 수술전부터 산, 염기의 이상<sup>5,6,14,16,17)</sup>이 초래된다. 수술방법에는 필연적으로 비생리적인 체외순환법과 저체온법 및 혈액회석법과 같은 다양한 특수한 기법이 도입된다. 따라서 수술전 이미 존재하는 산 염기의 이상상태에서 체외순환이라는 수술적 침습에 의해 가해지는 shear압박으로 인하여 이미 악화된 상태의 산 염기 변화를 더욱 심하게 만들게 된다. 저자는 청색증을 포함한 소아심질환 환자와 선천성을 포함한 성인 심질환 환자에서 수술전 체외순환중, 수술후의 산,염기의 치료지침을 얻기 위하여 본 연구를 시도하게 되었다. **대상 및 방법:** 1997년 1월부터 1999년 5월까지 체외순환하에 개심술을 시행한 52례를 연구대상으로 하였다, 연구대상은 소아 및 성인 심질환, 선천성 및 후천성 심질환, 그리고 비청색증과 청색증심장병으로 구분하여 수술전, 수술중의 체외순환중, 그리고 수술후 각각  $\alpha$ -stat 동맥혈 가스분석 결과를 분석, 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다. **결과:** 수술전 산 염기 상태는 모든 심질환 환자들에서 대상성 대사성 산증이 기본적으로 존재하였다. 또한 성인 심질환과 후천성 심질환 환자군에서 저탄산가스 혈증이 존재하였으며, 청색증 심질환 환자군에서만 유일하게 대상성 호흡성 염기증이 있었다. 체외순환중에는 성인 심질환 환자군에서는 염기증만이 발생하였고 후천성 심질환 환자군에서는 정상상태의 산 염기 상태이었다. 반면에 소아심질환 환자군에서는 저탄산가스 혈증 및 대상성 대사성 산증과 호흡성 염기증이 함께 공존하였다. 선천성과 비청색증 심질환 환자군에서는 각각 비대상성 호흡성 염기증 경향과 비대상성 호흡성 염기증이 발생하였다. 청색증 심질환 환자군에서는 체외순환중에 오히려 대상성 호흡성 산증과 대사성 염기증이 발생하였다. 수술후 성인 심질환 환자군에서는 정상 상태의 산 염기 상태로 회복되었으며, 후천성 심질환 환자군에서는 단지 표준 bicarbonate가 증가한 것만이 나타났다. 소아, 선천성, 비청색증 및 청색증 심질환 환자군에서는 모두 공통적으로 buffer base가 부족한 것으로 나타났다. **결론:** 선천성과 비청색증 심질환 환자는 수술전 대사성 산증에 대한 치료가 필요하며 성인과 후천성 심질환 환자는 수술전 대사성 산증과 저탄산가스 혈증에 대한 치료가 필요하다. 그리고 청색증 심질환 환자는 대사성 산증과 호흡성 염기증에 대한 수술전 치료가 필요하다. 체외순환중에는 후천성 심질환 환자의 산 염기 상태가 정상임으로 교정 치료가 필요하지 않은 반면, 다른 심질환 환자에서는 약간의 교정 치료가 필요한 것으로 판단된다. 수술후에는 성인 심질환 환자가 정상적인 산 염기로 회복한 것으로 보이며 후천성 심질환 환자에서는 bicarbonate 투여를 제한하여야 하고, 소아, 선천성, 비청색증 및 청색증 심질환 환자에서는 buffer base를 상승시킬수 있는 치료가 필요하다고 생각된다.

- 중심 단어:** 1. 심질환  
2. 동맥혈 가스  
3. 산, 염기 상태