체외순환중의 중심정맥산소포화도의 의의

이 재 원*

=Abstract=

The Value of Mixed Venous Oxygen Saturation During and after Cardiopulmonary Bypass

Jay Won Lee, M.D.*

Mixed venous oxygenation saturation (SvO2) is a variable determined in part by the externally controlled factors and in part by the patient during CPB. I monitored the SvO2 and tested it as a parameter for the regulation of pump output and as a criteria for the need of inotropics after CPB. With the help of SvO2, I increased the pump flow especially during rewarming for more optimal oxygenation of cells. After CPB, the calculated cardiac index was used as an indicator for the need of inotropic support with greater accuracy and without any clinical problems. I conclude that the SvO2 is an easily checkable variable and a good indicator for optimal oxygenation at cell level, and can be used as an objective criteria for the need of postoperative inotropic support.

(Korean J Thoracic Cardiovas Surg 1995;28:7-10)

Key words : 1. Cardiopulmonary bypass
2. Cardiac output
3. Blood gas analysis

서 론

체외순환중에는 순환계의 많은 변수를 체외에서 조절할 수 있으나 일부 변수는 환자의 다양한 반응으로 특수한 조절기능이 없이는 술자가 원하는 상태로 이끌 수 없는 경우도 있다[1]. 최근의 눈부신 기술혁신으로 많은 변수를 관찰할 수 있으나 관찰할 수 있는 변수가 너무나 많으므로 일부 변수는 능동적으로 선택되어지기 보다는 단지 수동적으로 받아들여진다[1]. 체외순환의 목적은 모든 세포로의 원활한 산소공급과 노폐물의 운반이므로 이 목표의 달성을 위하여 심박출량, 동맥혈의 산소포화도와 헤모글로빈치 그리고 동맥혈의 산염기평형이 매우 중요하며 이러한 수치는 정확하게 조절되는 것이 일반적이다. 중심정맥혈의 산소포화도는 조직세포가 사용하고 남은 여분의 산소를 측정하는 것으로 세포의 산소사용능이 건재하고 미세순환의 모든 부분이 관류되며 nitroprusside 등의 과용으로 인한 thiocyanate toxicity 등이 아닐 때는 세포로의 충분한 산소공급 여부를 잘 반영하는 것으로 알려져 있다. SvO2가 60% 이상이면 일반적으로 심박출량이 충분한 것으로 알려져 있으며 그 절대치보다는 시간에 따른 변화가 더 중요한 심장상태의 지표가 된다고 한다[2]. 저자는 중심정맥혈의 산소포화도를 측정하여 체외순환중의 세포로의 원활한 산소공급여부를 확인하는 동시에 체외순환이탈 시에는 심지수(Cardiac Index)를 계산하여 술후 변력제의 투여지표

* 울산대학교 의과대학 서울중앙병원 흉부외과학교실
* Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Asan Medical Center, School of Medicine, University of Ulsan
통신저자: 이재원, (138-040) 서울시 송파구 풍납동 388-1, Tel. (02) 224-3584, Fax. (02) 475-4537

Table 1. Preoperative profiles in study and control group

	STUDY	GROUP	P*	CONTROL	GROUP
	MEAN	SD**		MEAN	SD**
No.	17			21	
Age	49	18	ns	45	14
Sex(Male%)	41%		ns	38%	
Weight(kg)	57	10	ns	61	13
Height(cm)	160	10	ns	161	10
BSA(M^2)#	1.57	0.18	ns	1.54	1.41
NYHA##	2.9	1.0	0.03	2.1	1.0
LVS(mm)@	40	12	ns	34	10
LVD(mm)@	57	14	ns	52	13
EF(%)@	65	7	ns	64	11

* p- value, ns is not significant statistically
** Standard Deviation
# body Surface Area
New York Heart Association Functional Class
@Left Ventricular Systolic, Diastolic Dimension and Ejection Fraction

로의 사용가능성을 검토하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상

1994년 3월부터 2개월간 개심술을 시행한 20세 이상의 성인환자에서 중심정맥혈의 산소포화도를 측정하여 연구군으로 하고 산소포화도를 측정하기 이전 2개월간의 성인환자를 대조군으로 삼았다(Table 1). 각 군에서 심장질환의 진단은 Table 2와 같으며 선천성질환은 연구군에서는 VSD, TOF, Eisenmenger PDA 등이었으나 대조군에서는 전례 ASD인 것 외에는 Chi-Square검사상 진단명의 차이는 없었다(Chi-square = 6.44, p = ns). 양 군에서 술전 임상상은 뉴욕심장협회의 심장기능분류상 연구군이 2.8(표준편차=1.0) 인 반면에 대조군은 2.1(SD=1.0)로 유의하게(P=0.03) 연구군에서 증세가 심한 것외는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 1).

2. 연구방법

대조군에서는 동맥혈의 산소포화도를 on-line monitoring하고 α-state으로 pH를 조절하였으며 특별한 문제가 발생하지 않는 한 심폐기의 관류량은 체온변화에 따라 2.4 l/min/M^2 이하로 유지하였고 중등도 저온상태에서 단기간의 심정지가 필요한 수 례외에는 냉각혈액심보호액을 사용하였으며 간단한 선천성 질환에서는 냉각 St. Thomas심근보호액을 사용하였다. 심근보호액은 매 20분마다 주입

Table 2. Preoperative disgnosis in study and control group

Diagnosis	Study	Group	Control	Group
Congenital	4		10	
Mitral Valve	7		3	
Aortic Valve	2		5	
Double Valve	1		2	
Coronary	3		1	
	17		21	

(Chisq = 6.44, p > 0.05, ns)

하였으며 대동맥차단을 제거하고 최초의 재관류액은 37℃의 혈액이 되도록 노력하였다.

연구군은 역시 on-line monitoring을 시행하면서 간헐적으로 정맥혈의 산소포화도를 측정하여 SvO2가 60% 이상이 유지되도록 심폐기의 관류량을 유지하였다. 수술중 대조군과 동일한 프로토콜에 의한 체외순환후 체온을 상승시켜 직장온도를 35.5℃ 이상으로 끌어 올린 후 완전체외순환상태와 심폐기이탈 5분 후의 중심정맥산소포화도를 각각 측정하였다. 중심정맥산소포화도는 Mallinckrodt사의 GEM-6를 이용하여 측정하였다. 이때 두번의 측정중에 체온변화와 헤모글로빈치의 변화가 최소화하도록 주의하였다. 중심정맥산소포화도를 측정 후 필요하면 변력제를 투여하였으나 양군 모두에서 가능하면 변력제의 투여를 자제하였다.

3. 통계처리

SAS연구소의 PC-SAS 6.04 program을 이용하여 유의도 5%를 기준으로 통계적인 유의성을 검증하였으며 연구군과 대조군간의 질병분포의 비교와 Dopamine의 투여량의 비교는 Chi-square test를 이용하였고 그 이외의 지표는 Student's t-test를 이용하였다.

결 과

연구군에서 두번의 SvO2를 측정하는 동안의 시간간격은 14분(SD=8.9)이었으며 완전체외순환하에서의 최초측정시의 비인강온도와 직장온도는 각각 37.3℃(SD=0.51), 36.1℃(SD=0.06)였고 체외순환 이탈후의 측정시 온도는 36.9℃(SD=0.53)와 36.3℃(SD=0.42)로 두번의 측정간의 유의한 온도차이는 없었다. 연구군(N=17)과 대조군(N=21)의 최대관류량은 Table 3과 같이 연구군에서 유의하게(P=0.001) 높았다. 이는 연구군에서 체온상승시에

Table 3. Intraoperative parameters in study and control group

	Study Group			Control Group	
	Mean	SD	P	Mean	SD
Pump Time(min)	127	44	ns	104	64
Aortic Clamp Time	64	33	ns	54	38
Lowest Rectal Temp.	26.4	2.3	ns	27.5	2.5
Pump Index(l/min/M^2)*	2.70	0.29	0.001	2.42	0.09

*; Maximal pump flow during cardiopulmonary bypass

Table 4. Operative results in study and control group

	Study Group			Control Group	
	Mean	SD	P	Mean	SD
ventilator(days)	1.12	0.33	ns	1.05	0.21
inotropics(days)	1.94	2.01	ns	2.19	2.24
dopamine(g/kg/min)	1.76	3.93	0.006	5.95	4.90

Table 5. Dopamine initial dose table

DOSE(g/kg/min)	Study Group	Control Group
0	4	7*
1	1	0
3	1	0
5	8	2
10	3	12

(Chisq = 11.5, P = 0.02)

*; All of the 7 patients are congenital.

SvO2를 관찰하면서 심폐기관류량을 증가시켰기 때문이다. 상기 방법으로 계산된 심장지수는 3.30L/min/M^2 (SD=0.82, 범위 ; 2.30~5.10)로 대체로 양호 하였고 심장지수가 2.5L/min/M^2 이하이면 5g/kg/min 또는 그 이상의 Dopamine을 점주하였고 신장기능의 이상이 있거나 시간당 소변량이 체중 1kg당 1cc이하인 경우 신장용량(renal dose)의 dopamine을 점주하고 그외의 환자에서는 변력제의 투여를 억제하고 심실의 수축능을 관찰하면서 최대전부하(preload)를 걸어서 심지수를 유지하였다. 심폐기의 이탈에 필요한 변력제의 투여량은 연구군에서 유의하게 낮았다(P=0.006). 인공호흡기의 장착시간과 변력제의 투여기간은 유의한 차가 없었다(Table 4). Dopamine의 용량은 Table 5와 같은 분포를 하고 있어서(Chi square=11.5, p=0.02) 대조군에서 보다 많은 용량을 사용한 환자가 많았다. 용혈, 저혈압의 에피소드 등의 발생률은 유의한 차가 없었다.

고 찰

개심술직후의 심장지수가 수술사망률과 큰 상관관계가 있음은 널리 알려져 있다[3]. 심장지수의 측정은 일반적으로 Swan-Ganz 카테타를 이용한 열희석법(Thermodilution)을 사용하나 경제적인 문제와 사용중 가능한 합병증에 대한 우려로 보편화되지는 못하고 있는 실정이다. 그 대안으로 환자의 맥압을 추시하거나 말초피부온도나 시간당 소변량 등의 간접적인 지표를 사용하여 임상경험으로 심장지수의 충분여부를 추정하면서 필요이상의 변력제를 사용하는 것이 일반적인 술후관리의 원칙으로 되어있다. 특히 저자의 연구대상에서는 제외되었으나 소아환자에서는 Swan-Ganz 카테타를 삽입할 수 없으므로 다른 방법으로 심장지수를 측정해야 할 필요가 큰데 이때 중심정맥산소포화도를 이용한 심장지수의 계산은 매우 유용한 치료지표가 될 것으로 생각된다. 본 연구의 결과에서 수술전 기능분류상 증세가 덜하던 대조군에서 연구군보다 많은 양의 변력제가 투여된 사실에서 임상적인 추정에 의한 술후관리에서는 필요량 이상의 변력제가 투여되고 있었으며 변력제의 투여가 불필요한 환자에서도 투여되는 사례가 있음을 알 수 있었다. 열희석법과 동일한 원리로 열대신 산소를 이용한 심장지수의 측정법이 있으나 비교당시의 체온, 혈색소, 동맥혈의 포화도, 산소소비량 등이 일정하여야 측정치가 정확함으로 정확도에서 문제가 많다고 알려져 있다[4]. 그러나 심폐기직후는 상기의 지수들이 인위적으로 조작된 상태임으로 열희석법으로 측정한 심장지수와 중심정맥혈의 산소포화도를 이용한 심장지수가 매우 좋은 상관관계를 갖는 것으로 알려져 있다[5]. 중심정맥혈의 산소분압을 이용한 심장지수는 SvO2(1)/Q(1)=SvO2(2)/Q(2)의 단순비례식을 이용한 간단한 계산과 산소분압의 측정만으로 매우 간단히 구할 수 있으므로 경제적일뿐 아니라 매우 정확하며 따로 카테터를 삽입할 필요가 없어 소아에서도 아무런 제약없이 구할 수 있다[2, 5]. Chung 등은 열희석법의 오차율은 10%이고 이 방법의 오차율은 15%라고 하여 우수한 정확도를 보고하였다[5].

본 연구에서 심폐기가동중과 직후의 중심정맥의 산소포화도를 측정한 잇점으로 첫째로, 술후 환자관리에 절대적으로 필요한, 심폐기이탈직후의 심장지수를 심장기능의 지표로 사용하여 술후 환자관리상 불필요한 변력제의 투

여를 줄일 수 있었을 뿐 아니라 환자관리를 효율적으로 할 수 있었고 둘째로, 체외순환중 특히 체온상승기에서는 중심정맥산소포화도를 관찰하면서 필요한 경우 통상적인 관류량인 2.4L/min/M^2 이상의 관류량을 유지하여 체외순환의 목표인 각 세포의 충분한 산소화를 이룰 수 있었다. 심장허혈 직후에 변력제의 투여는 심근기능의 회복을 저해하는 것으로 알려져 있어 꼭 필요한 경우 외에는 투여를 자제하는 것이 바람직하므로[6, 7] 변력제의 투여적응을 객관적인 수치로 정하는 것이 중요하다. 단지 변력제가 꼭 필요한 환자에서 심폐기 직후의 심장지수가 충분하였다는 사실때문에 변력제의 투여가 늦어져 환자상태를 악화시킬 가능성이 있으나 술자는 연구기간중 이러한 예를 발견할 수 없었고 오히려 불필요한 변력제를 장기간 사용하는 경향이 있었던 것으로 추정된다. 저자는 일시적으로 통상적인 심폐기관류량이상의 관류량을 유지하였던 연구군의 환자들에서 혈액손상이 더 심하다는 증거를 발견할 수 없었으므로 체세포의 대사작용이 급격히 증가하는 체온상승기에 SvO2를 관찰하면서 필요한 만큼 관류량을 증가시키는 것이 바람직하다고 생각된다. Harris 등[8]은 심폐기관류중 통상적인 관류량내에서 SvO2와 VO2(oxygen consumption)은 서로 반비례관계가 성립된다고 하였으며 그 이유로 미세순환에서의 동정맥간 단락효과에 기인한다고 한다. 그러나 실제로 단락효과는 전체관류량의 1.4%에 불과하다고 한다[9]. 본 실험에서도 SvO2가 낮을 때 관류량을 늘이면 SvO2가 증가하는 것을 관찰할 수 있었으므로 본 실험적 조작시에는 단락효과는 무시할 수 있는 정도로 생각된다.

결 론

저자는 체외순환중 중심정맥산소포화도를 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 체외순환중과 직후의 중심정맥산소포화도는 쉽게 측정할 수 있는 지표이다.
2. 상기 수치를 추시하면 체외순환중 보다 완전한 산소화를 이룰 수 있을 것으로 추정된다.
3. 최외순환후의 심지수를 쉽게 구할 수 있으며 이는 술후치료의 매우 유용한 지표로 쓸 수 있었다.

참 고 문 헌

1. Kirklin JK, Kirklin JW. *Cardiopulmonary bypass for cardiac surgery*. In:Sabiston DC, Spencer FC. *Surgery of the chest*. 5th ed. Philadelphia: WB Saunders. 1990;1107-26
2. Vlahakes GJ, Lemmer JH, Behrendt DM, Austen WG. *Handbook of patient care in cardiac surgery*. 5th ed. Boston: Little, Brown and Co. 1994;197-228
3. Vlahakes GJ, Lemmer JH, Behrendt DM, Austen WG. *Handbook of patient care in cardiac surgery*. 5th ed. Boston: Little, Brown and Co. 1994;69-70
4. Kirklin JW, Barratt-Boyes BG. *Cardiac surgery*. 2nd ed. New York: Churchill Livingstone. 1993;80-1
5. Chung RS, Magilligan DJ, Eisiminger RR, et al. *Prediction of post-cardiopulmonary bypass cardiac output*. Ann Thorac Surg 1989;47:297-9
6. Kabas JS, Spratt JA, Davis JW, et al. *The effects of dopamine on myocardial functional recovery after reversible ischemic injury*. J Thorac Cardiovasc Surg 1990;100:715-23
7. Svedjeholm R, Hallhagen S, Ekroth R, et al. *Dopamine and high-dose insulin infusion (glucose-insulin-potassium) after a cardiac operation: Effects on myocardial metabolism*. Ann Thorac Surg 1991;51:262-70
8. Harris EA, Seelye ER, Barratt-Boyes BG. *On the availability of oxygen to the body during cardiopulmonary bypass in man*. Br J Anesth 1974;46:425-8
9. Rudy LW, Heymann MA, Edmunds H Jr. *Distribution of systemic blood flow during cardiopulmonary bypass*. J Appl Physiol 1973;34:94-9