

## 개심술 중 경정맥 산소포화도의 역할

영남대학교 의과대학 마취과학교실

김세연 · 지대림

### 서 론

뇌의 심장과 같이 산소 요구량이 크며 심박출량 중 약 15%의 혈액을 공급받으며, 영양 공급이 장애를 받으면 쉽게 손상을 받는다. 신경학적 기능을 정상적으로 발휘하려면 뇌혈류와 대사간에 긴밀한 유대관계가 이루어져야 하며 여러 원인에 의해 이 균형이 깨지면서 뇌 손상을 입게 된다.<sup>1)</sup>

마취는 뇌 및 신체 여러 기관의 기능을 억제 또는 조절하며, 특히 개심술 마취시에는 술중 또는 술후 뇌허혈이나 뇌경색이 초래될 가능성이 있다. 개심술 마취시 신경학적 손상의 예방을 위해서는 뇌대사 요구량을 감소시키거나 산소 공급을 증가시켜야 하고, 세포 독성을 일으키는 대사 과정을 차단해야 한다.<sup>2)</sup> 이를 위해 술중 저 체온 상태로 유지하고 고혈당 상태가 초래되지 않아야 하며 barbiturate 등의 약제를 사용할 수 있으나 뇌보호를 위한 구체적인 감시 장치는 미흡한 실정이다.

이에 저자는 개심술 마취시 심폐회로술 중 발생할 수 있는 뇌 손상을 방지하기 위해 뇌 산소 요구에 적절한 뇌 관류가 필요함<sup>3,4)</sup>에 근거하여 각 중요 시기별로 경정맥 산소 포화도 (Jugular venous oxyhemoglobin saturation, SjO<sub>2</sub>)를 측정함으로써 뇌 산소의 공급 및 요구의 균형이 파괴되는 결정적인 요인을 분석하여 문헌적 고찰과 함께 보고하는 바이다.

### 대상 및 방법

승모판 치환 수술(mitral valve replacement)이 예정된 환자 10명을 대상으로 하였고, 술전 뇌 손상 병력이 있거나 심한 고혈압 환자는 제외하였다. 대상 환자의 연령, 성별, 체중 등은 표 1과 같다.

Table 1. Patient characteristics

	Patients
Number	10
Male/Female	5/5
Age (yr)	51.2± 8.2
Weight (kg)	64.4± 10.8
Height (cm)	162.4± 10.6
Cross-clamp time (min)	43.4± 15.4
CPB time (min)	156.6± 20.4
Rewarming time (min)	22.4± 6.8
Procedure	MVR

The values are expressed as mean± SD (except the number of patients).

CPB : cardiopulmonary bypass.

MVP : mitral valve replacement.

모든 환자는 수술실 도착 30분 전에 전투약으로 glycopyrrolate 0.2 mg, hydroxyzine hydrochloride 50 mg, fentanyl 50 mcg을 근주하였으며, 환자가

안정된 상태로 수술방에 도착하면 마취 유도를 시행하기 전 modified Allen's test를 시행하여 좌측 요골동맥에 카테터를 삽입한 후 감시 장치와 연결해서 평균 동맥압 및 심전도와 산소 포화도를 관찰하였다.

마취 유도는 diazepam 0.1 mg/kg, thiopental 3mg/kg을 정주하여 의식 소실 후 fentanyl 1-2 mcg/kg, vecuronium 0.1 mg/kg, lidocaine 1.5 mg/kg를 정주하여 기관내 삽관을 시행하였으며, 마취 유지는 환자의 심맥 관계에 유의하면서, 산소 3 L/min, 아산화질소 3 L/min와 isoflurane 0.4-1 Vol%를 흡입시켰으며, 중심정맥압을 측정하기 위해 우측 쇄골하 정맥내로 CVP 카테터를 거치하고 경정맥 산소포화도를 측정하기 위해 우측 내경정맥내로 18 gauge 정맥 카테터를 삽입하였으며 술중 체온 감시를 위해 식도와 직장내 소식자 (probe)를 거치하였다.

체외 순환 시에는 주로 fentanyl과 diazepam을 정주하여 마취를 유지하였으며 신경근 차단제로는 pancuronium bromide와 병용하였다.

한편 내경정맥에서의 산소 포화도와 동맥혈내의 이산화탄소 분압, 혈색소치, PH 및 체온과 평균

동맥압을 5 단계에 걸쳐 비교분석하였으며, 동맥혈 내의 PH는 alpha-stat를 적용하였다.

1단계 : 체외 순환 5분전

2단계 : 체외 순환 1분이내

3단계 : 저체온 상태가 안정되었을 때 (28°C)

4단계 : 재가온 (rewarming)하여 식도 온도가 34°C 되었을 때

5단계 : 체외 순환 종료 15분이내

그리고 관찰된 모든 수치는 평균±표준 편차로 표시하였으며, 통계학적 처리는 Student's t-test를 이용하여 P<0.05인 경우에 통계적 유의성이 있는 것으로 간주하였다.

## 성 적

류마티스열에 의한 승모판 협착증은 여자의 경우 발병 빈도가 높으나 본 조사에서는 그 대상을 남녀 동일하게 하였으며 연령 분포는 43세에서 59세로서 환자 개개인의 수술 및 마취상의 특이점은 없었다.

심폐회로술 중 동맥혈 이산화탄소분압, 혈색소, PH의 특이한 변화는 없었고 심폐우회술 시작과

Table 2. SjO<sub>2</sub> and related variables

Stage	Pre-CPB		CPB		Post-CPB
	1	2	3	4	5
SjO <sub>2</sub> (%)	64.5± 5.7	65.1± 5.8	72.4± 7.1*	56.1± 7.5**	71.7± 6.9
MAP (mmHg)	65.9± 10.2	40.8± 10.4*	70.8± 10.5	65.8± 11.7	64.0± 7.0
PaCO <sub>2</sub> (mmHg)	33.3± 2.5	36.4± 3.1	35.2± 3.1	36.8± 4.1	40.2± 3.0#
E. T (°C)	36.3± 0.6	35.2± 0.6*	28.2± 0.6*	34	35.7± 0.6**
Hb (g/dL)	12.4± 1.8	8.4± 0.6*	8.6± 1.1*	8.4± 1.1*	8.8± 1.1*
PHa	7.43± 0.03	7.44± 0.03*	7.42± 0.05	7.41± 0.04	7.38± 0.04**
Q (L/min/m <sup>2</sup> )		2.51± 0.12*	2.38± 0.18	2.56± 0.20	

The values are expressed as mean±SD.

\* P < 0.05, compared with stage 1.

# P < 0.05, compared with stage 3.

SjO<sub>2</sub> : jugular venous oxyhemoglobin saturation.

MAP : mean arterial blood pressure.

PaCO<sub>2</sub> : arterial carbon dioxide pressure.

E. T : esophageal temperature.

Hb : hemoglobin concentration.

PHa : arterial PH.

Q : pump flow rate.

동시에 식도내 체온과 혈색소 및 평균 동맥압의 급격한 변화가 있어 통계적으로 유의한 차이를 나타냈으나 산소 운반능력 증가와 혈액 점도의 감소를 통한 미세순환관류의 개선을 위해 충전액 (priming solution)을 이용한 혈액 희석법 (hemodilution)을 함으로써 전신혈관저항의 감소로 인한 평균 동맥압의 감소와 혈색소 및 체온의 급격한 변화는 임상적으로는 의의가 없었고, 또한  $SjO_2$ 의 평균치가 64.5%에서 65.1%로 변했으나 이들의 연관관계는 없었다.

한편, 표 2에서 심폐우회술 중 평균 동맥압의 관류 지수 (pump flow)는 각각 유사하였다.

그리고 저 체온 상태 (28°C)가 되었을 때  $SjO_2$ 의 평균치가 72.4%로 뇌로 보다 많은 산소공급이 되었음을 나타내었으나, 34°C로 재가온되었을 때는 56.1%로 감소하였다.

## 고 찰

뇌혈류는 정상 성인의 경우 50 ml/100g/min이며 산소의 뇌대사율은 3.4 ml/100g/min이다. 이 중에서 약 50%는 오직 세포 통합성 (cell integrity)만을 유지하는데 사용되며, 혐기성 대사로는 충분한 ATP를 생성할 수 없기 때문에 어떤 원인이든 호기성 대사를 유지할 수 있을 만큼의 산소 공급을 하지 못하면 뇌허혈의 발생은 필연적일 수 있다.

세포 손상의 정확한 기전은 알수 없지만 허혈이나 저산소증 동안에 유산 산증의 정도와 재순환 동안 세포 손상 및 칼슘 이온의 평형이 큰 역할을 한다고 생각된다. 즉 산소 공급의 감소는 혐기성 당분해 반응을 촉진해서 세포내 유산 산증을 초래하고 세포막 기능의 감퇴로 칼륨 이온은 세포외로, 나트륨 및 염소 이온과 수분은 세포내로 이동하게 된다. 이렇게 하여 세포외액에 칼륨 이온이 임계치 이상 올라가면 칼슘 이온이 세포내로 이동하여 phospholipase 등 칼슘 의존성 효소 반응을 활성화시켜 손상된 세포막으로부터 유리 지방산이 나와 세포내 산증이 심화되고 지방산 대사물질도 증가된다. 또한 이러한 대사물질이 혈관

수축과 혈소판 응집 반응을 일으키기 때문에 신경 손상은 더욱 증대되어 결국은 혈관-뇌장벽의 파괴와 세포내 나트륨 및 염소 이온의 축적 등으로 뇌부종이 생기고 뇌압이 상승하여 뇌기능을 상실하게 된다.<sup>5)</sup>

그리고 심폐우회술을 통한 개심술 마취 후 5-8 일째 볼 수 있는 인식 장애 등을 포함한 신경 손상 및 정신과적 부작용은 여전히 중대한 문제로 남아 있다. 그 원인으로서 거대 공기 색전증 (embolization) 또는 개심술시 심장 조직으로부터 떨어진 물질이나 산화기 (oxygenator)나 저장철 등으로부터의 색전증으로 인해 뇌혈관이 막히거나, 낮은 관류압이나 오랜 심폐우회술 등으로 인한 불충분한 뇌 모세혈관 관류 등이 부작용을 야기할 수 있다.<sup>6,8)</sup>

과거 뇌혈류 자가 조절과 동맥혈 이산화탄소분압 반응에 따른 뇌혈류 변화 및 뇌관류와 대사율의 균형을 조사하기 위해 저체온 또는 정상체온에서의 심폐우회술에서 뇌혈류 (cerebral blood flow, CBF)의 직접적인 측정을 한 바<sup>9,10)</sup>에 의하면 정상적인 뇌혈관 상태의 정상인에서 정상 체온시 CBF가 평균 동맥압이 50-150 mmHg인 경우에서 일정하게 유지되는 반면, 저체온시에는 30 mmHg까지도 유지되는데 이는 뇌 산소요구량이 저체온 상태에서는 그 만큼 감소하기 때문이며, 본 연구에서 심폐우회술 직후 평균 동맥압의 급격한 변화에도 불구하고  $SjO_2$ 의 변화가 없었던 것과 일치하나 Henriksen 등<sup>11)</sup>은 심폐우회술 중 평균 동맥압이 55 mmHg이하인 경우에는 부위 뇌혈류 (regional CBF)와 동맥압 사이에 중요한 상관 관계가 있다고 보고하였다. 또한 Govier 등<sup>12)</sup>은 저체온 심폐우회술 동안 이산화탄소 분압이 부위 뇌혈류의 조절에 중요 결정인자가 된다고 하였으며 적절한 뇌혈류의 유지를 위해서는 비교적 정상 이산화탄소 분압을 유지하는 것이 매우 중요하다고 하였다. 그리고 중증도 저체온의 심폐우회술 동안 관류지수 (pump flow rate)의 경우 1.6 L/min/m<sup>2</sup>까지는 뇌혈류 자가조절이 되며, 1.0 L/min/m<sup>2</sup>까지도 짧은 기간에 한해서 뇌혈류가 유지된다고 한다.

그러나 심폐우회술이 시작되어 저체온이 안정될

때까지와 재가온 기간은 매우 짧고 여러 가지 생리적 변화로 뇌혈류가 일정하지 않을 수 있으며 대사 요구량에 못 미칠 수도 있으므로 이러한 시기에  $SjO_2$ 를 관찰함으로써 산소 대사 요구량에 대한 뇌관류의 적절한 정도를 예측할 수 있다.

Croughwell 등<sup>13)</sup>에 따르면 심폐우회술 동안 coximeter을 이용하여  $SjO_2$ 를 측정하였는데 정상치는 54-75%이었다.

본 연구에서 심폐우회술 직후 평균 동맥압이 의의있게 감소하였으나  $SjO_2$ 는 감소하지 않았고 이는 뇌산소 요구량에 적절한 공급이 이루어졌음을 의미하며, 뇌관류 저하나 경색이 술중 전신 관류 저하로 인해 초래될 수 있다고 하나 일시적으로 평균 동맥압이 30 mmHg이하로 감소된 경우에서도 술후 합병증이 발생한 환자는 없었다.

그리고 재가온시  $SjO_2$ 가 유의하게 감소되었는데, 이는 뇌산소 소모량이 체온의 증가와 함께 일시적으로 공급을 초과하였기 때문이며 이 시기에 지나친 재가온 속도가 뇌대사율 균형의 파괴로 술후 뇌신경 손상 등을 포함한 합병증을 야기할 수 있으며 Croughwell 등이 당뇨병 환자에 대한 연구에서 정상 체온의 관류의 경우 체온과 연관된 대사 요구량의 증가에도 뇌혈류가 증가하지 않았으나 산소 추출이 증가한 것과 일치하였다.

또한 재가온 속도가 빠를수록  $SjO_2$ 의 감소가 더 심해졌는데 이는 관류압이 정상이고 저혈압 상태와 연관되지 않았음에도 불구하고 뇌 산소 요구량에 비해 저관류 현상이 나타날 수 있음을 의미한다. 다만 본 실험에서 재가온 시기에 34°C까지의 개 개인의 재가온 시간차이는 재가온 시작 당시의 평균 동맥압과 전신혈관 수축정도와 혈관이완제 사용여부에 따라 다소 차이가 있었으나 보다 천천히 하는 것이 중요하다고 사료된다.

반면에 심폐우회술 후  $SjO_2$ 는 비교적 높았으며 이는 산소 요구량에 비해 과관류 상태를 의미하며, 심한 경우 뇌 순환에 도달하는 미세색전 (microemboli)을 추측할 수 있는 호화관류 (luxury perfusion)를 발견할 수도 있다.

결론적으로  $SjO_2$  감소에 대한 대책으로써 재가온을 천천히 하고, 이산화탄소분압을 정상적인

범위로 유지하여 뇌혈류를 증가시키며, 마취약제 등을 통해 산소에 대한 뇌대사율을 감소시키고, 농축 적혈구를 이용해 산소함량 (oxygen content)을 증가시키고, 관류 지수를 증가시켜야 하겠다.

## 요 약

승모관 치환술이 예정된 10명의 환자를 대상으로 심폐우회술 동안 발생할 수 있는 뇌산소 요구량과 소모량 사이의 불균형을 조사하기 위해 내경정맥 내의 산소포화도를 체외순환 5분전과 시작후 1분 이내, 저체온 상태가 안정되었을 때와 재가온하여 체온이 34°C가 되었을 때, 그리고 체외순환 종료 후 15분 이내 등 5단계로 나누어 혈액을 채취하여 평균 동맥압, 체온, 동맥내 이산화탄소 분압, 혈색소치, PH 등을 비교 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 심폐우회술 중 이산화탄소 분압과 혈색소치 및 PH의 특이한 변화는 없었다.
2. 체외순환 직후 체온 및 평균 동맥압과 혈색소치의 급격한 변화가 있었으나 임상적인 의미는 없었으며,  $SjO_2$ 의 변화도 없었다.
3. 저체온 상태가 안정되었을 때  $SjO_2$  평균치가 72.4%이었으나 체온을 34°C로 재가온하였을 때 56.1%로 감소하였다.
4. 재가온 시기에  $SjO_2$ 감소를 예방하기 위해 재가온 속도를 천천히 하고 이산화탄소를 증가시킴으로써 뇌혈류를 증가시키고 마취약제 등을 이용하여 산소에 대한 뇌대사율을 관류지수를 증가시켜야 하겠다.

## 참 고 문 헌

1. Prough DS : Protection of the brain from hypoxia, ASA Refresher Course Lectures 16 : 5-12, 1988.
2. Slogoff S, Girgis KZ, Keats AS : Etiologic factors in neuropsychiatric complications associa-

- ted with cardiopulmonary bypass. *Anes Analg* 61 : 903-905, 1992.
3. Schell RS, Kern FH, Reves JG : The role of continous jugular venous saturation monitoring during cardiac surgery with cardiopulmonary bypass. *Anes Analg* 74 : 627-629, 1992.
  4. Nakajima T, Kuro M, Hajashe Y, Kitaguchi K, Uchida O, Takaki O : Clinical evaluation of cerebral oxygen balance during cardiopulmonary bypass. *Anes Analg* 74 : 630-635, 1992.
  5. Brown MM, Marshall J : Fundamental importance of arterial oxygen content in the regulation of cerebral blood flow in man. *Brain* 108 : 81-93, 1985.
  6. Kolkka R, Hilberman M : Neurologic dysfunction following cardiac operation with low pressure, low-flow cardiopulmonary bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg* 79 : 432-437, 1980.
  7. Burlan AC, Furlan AJ, Hanson MR : Central nervous system complications of conary artery bypass graft surgery. *Stroke* 14 : 682-687, 1983.
  8. Furlan AJ, Breuer AC : Central nervous system complications of open heart surgery. *Stroke* 15 : 912-915, 1984.
  9. Taylor RH, Burrows FA, Bissonnette B : Cerebral pressure-flow velocity relationship during hypothermic cardiopulmonary bypass in neonates and infants. *Anes Analg* 74 : 636-642, 1992.
  10. Johnsson P, Messeter K, Ryding E, Kugelberg J, Stahl E : Cerebral vasoreactivity to carbon dioxide during cardiopulmonary perfusion at normothermia and hypothermia. *Ann Thorac Surg* 48 : 769-775, 1989.
  11. Henriksen L, Hjelms E, Lindelburgh T : Brain hyperperfusion during cardiac operations. *J Thorac Cardiovasc Surg* 86 : 202-205, 1983.
  12. Govier AV, Reves JG, Mckay RD, Karp RB, Zorn GL, Morawetz RB, Smith LR, Adam M : Factors and their influence on regional cerebral cerebral blood flow during nonpulsatile cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg* 38 : 592-600, 1984.
  13. Croughwell ND, Frasco P, Blumenthal JA, Leone BJ, White WD, Reves JG : Warming duriong cardiopulmonary bypass is associated with jugular bulb desaturation. *Ann Thorac Surg* 53 : 827-832, 1992.

- Abstract -

## The Role of Jugular Venous Oxyhemoglobin Saturation Monitoring During Cardiac Surgery

Sae Yeon Kim, Dae Lim Jee

*Department of Anesthesiology  
College of Medicine, Yeungnam University  
Taegu, Korea*

Postoperative brain damage is one of most serious complications of cardiopulmonary bypass (CPB). To prevent brain damage during CPB, adequate cerebral perfusion for cerebral oxygen demand should be maintained. This study monitored jugular venous oxyhemoglobin saturation ( $SjO_2$ ), which reflects the overall balance of cerebral oxygen supply and demand, intermittently in 10 patients undergoing cardiac surgery.

At the initiation of CPB, in spite of a significant decrease in mean arterial pressure,  $SjO_2$  did not change, and it was stable during the hypothermic period of CPB. But a significant reduction in  $SjO_2$  was observed during the rewarming period, and  $SjO_2$  had an inverse linear correlation with esophageal temperature. Furthermore, the percent decrease of  $SjO_2$  was related to rewarming speed.

Therefore, therapeutic approaches for  $SjO_2$  desaturation include slower rewarming, increasing cerebral blood flow, decreasing the cerebral metabolic rate for oxygen, increasing oxygen content, and increasing perfusion flow rate.

Key Words :  $SjO_2$ , CPB, Rewarming