

## 소아개심술시 체외순환 종료직후 우심방혈과 폐동맥혈 산소포화도의 비교

서울대학교 치과대학 및 의과대학 마취과학교실\*

황정태 · 열광원 · 안원식\* · 김성덕\*

- Abstract -

### Comparisons of the Oxygen Saturation between Right Atrial and Pulmonary Arterial Blood Immediately after Emergence from Cardiopulmonary Bypass during Open Heart Surgery in Pediatric Patients

Jeong Tae Hwang, D.D.S., Kwang Won Yum, M.S.D.  
Weon Sik Ahn, M.D.\* and Seong Deok Kim, M.D.\*

Department of Anesthesiology, College of Dentistry and Medicine\*,  
Seoul National University, Seoul 110-744, Korea

**Background:** Mixed venous oxygen saturation( $S\bar{v}O_2$ ) monitoring turned out to be invaluable in following up systemic cardiovascular status. But balloon-tipped flow-directed thermodilution catheter (Swan-Ganz catheter) insertion carries additional inherent risks other than those of central venous catheterization, and it costs much more expense than simple venous catheter. There has been a lot of papers which argue that central venous catheterization may substitute for the Swan-Ganz catheterization. In addition, it may be very difficult or impossible to insert the Swan-Ganz catheter in pediatric patients. This study was performed to determine whether Swan-Ganz catheterization might be replaced by the central venous catheterization in regards to  $S\bar{v}O_2$ .

**Methods:** In 17 pediatric open heart surgery(OHS) patients, from the central venous catheter, the tip of which had been located in the center of right atrium(RA) and pulmonary artery, blood samples were drawn for gas analysis simultaneously, which was done immediately after emergence from cardiopulmonary bypass.

**Results:** There were no significant differences between RA blood and mixed venous blood gas analyses except oxygen saturation. The oxygen saturations of both were linearly correlated with each other. The relation was  $S\bar{v}O_2 = 17 + 0.8 \times S_{RA}O_2$  ( $R=0.77$ ,  $p < 0.05$ )

**Conclusions:** It may be concluded that RA blood may be used for blood gas analysis in place of mixed venous blood immediately after pediatric open heart surgery. (Korean J Anesthesiol 1997; 33: 664~668)

**Key Words:** Oxygen: saturation. Heart: cardiopulmonary bypass. Blood: right atrial; pulmonary arterial.

논문접수일 : 1997년 4월 7일

† 본 논문은 석사 학위 논문임.

## 서 론

폐동맥 카테테르를 거치하고 폐동맥압, 폐동맥 폐쇄압 및 심박출량을 측정하거나 폐동맥 카테테르 원위구에서 채혈한 혼합정맥혈(mixed venous blood)의 가스분석을 시행하여 이들 측정치를 이용하여 심혈관계의 상태와 조직의 산소운반능력을 규명함은 중환자의 전신상태 판단 및 치료 방침에 아주 유용하다는 것은 국내외 연구를 통해 널리 알려져 있다<sup>1-9</sup>.

그러나 폐동맥 카테테르를 거치하는 것은 중심정맥에 카테테르를 거치하는 것에 비하여 더 침습적이고<sup>3,6,7</sup> 시술시간과 비용이 많이 들며, 심실성 부정맥, 폐경색증, 폐동맥 파열 및 마디생성(knotting)등 여러가지 합병증<sup>8</sup>이 추가로 유발될 수 있다. 소아환자에서는 더욱 어렵고 위험한 수기이며, 유아에서는 불가능하다고 여겨진다. 또한 폐동맥 카테테르가 환자의 예후에 도움을 주지 않으며, 특히 급성 심근경색증 환자의 경우에는 폐동맥 카테테르 거치가 오히려 해가 될 수도 있다<sup>9,10</sup>.

폐동맥 카테테르 거치시의 이러한 문제점과 어려움들 때문에 혼합 정맥혈 대신 우심방혈(중심정맥혈)을 이용한 다수의 연구 보고가 있었으며<sup>11-14</sup> 중심정맥혈 산소포화도가 환자의 임상경과와 관련이 있다는 연구도 있으나<sup>15-17</sup> 중심정맥혈 채취 부위와 흡입 산소농도가 일정하지 않았으며 연구 대상 환자 및 환자의 임상상태가 균일하지 않았다는 문제점이 있었다.

본 연구는 소아 환자에서 우심방혈의 산소 포화도(이하  $S_{RA}O_2$ )와 혼합 정맥혈의 산소 포화도(이하  $S_{\bar{V}}O_2$ )가 어느 정도의 연관성을 갖는가를 규명하고, 어느 정도의 연관성이 있다면 폐동맥 카테테르보다 덜 침습적이며 경제적인 중심 정맥 카테테르를 통하여 채혈한 우심방혈의 산소포화도를 감시함으로써, 폐동맥 카테테르의 거치가 용이하지 않은 소아 환자에서 개심술 직후 심근기능이 저하시 환자감시와 치료에 도움이 될것으로 사려되어 본 연구를 시행하였다.

## 대상 및 방법

### 1) 연구 대상

서울대학교 어린이병원의 임상 연구 위원회의 임상 연구 허가와 보호자 및 외과 주치의들의 동의를 받은 개심술 환자 17명을 대상으로 하였는 바, 남자는 9명, 여자는 8명이었으며, 평균 연령은  $24 \pm 6$ 개월, 평균 체중은  $10.2 \pm 1.6$  kg이었다.

대상 환자들의 수술전, 그리고 수술중 확인한 진단명은 심방 중격 결손증(atrial septal defect) 5명, 심실 중격 결손증(ventricular septal defect) 10명, 두 질환이 함께 있는 경우 1명, 심내막 용기결손(endocardial cushion defect)이 1명이었다.

### 2) 연구방법

마취전 투약은 하지 않았으며 sodium pentothal 3 mg/kg, midazolam 0.1 mg/kg, fentanyl 5  $\mu$ g/kg, pancuronium 0.1 mg/kg로 마취유도 및 기관내 삽관후 22 Gauge 카테테르를 요골동맥에 거치하여 동맥압을 지속적으로 감시하였으며, 우측 내경정맥(internal jugular vein) 또는 우측 쇄골하 정맥(subclavian vein)을 통해 중심정맥 카테테르(Central venous catheterization set, Arrow International Inc., USA)를 심전도의 p 파형이 변화하기 시작한 지점에서 1~2 cm 더 밀어넣어, 우심방에 거치하였다. 우심방 카테테르의 위치는 수술도중에 술자가 육안으로 확인하여, 카테테르 원위부가 우심방 중심에 위치하도록 거치하였다. 중심 정맥내 카테테르의 거치 과정과 수술중 합병증은 발생하지 않았다.

Isoflurane의 호기말 농도를 1~1.5 vol%로 하고, 공기와 산소를 혼합투여하면서, fentanyl 5  $\mu$ g/kg을 간헐적으로 정주하면서 마취를 유지하였다. 일회 환기량 10 ml/kg, 흡입 산소분율 1.0으로 조절 호흡을 시행하였으며, 호흡수는 동맥혈 이산화탄소 분압이 30~35 mmHg를 유지하도록 조절하였다.

인공 심폐기로부터 이탈(weaning)되어 모든 케틀러를 제거한 후 환자의 활력 징후가 안정된 다음, 헤파린이 부착된 1 ml 주사기(Becton Dickinson Acute Care, Franklin Lakes, USA)를 사용하여 폐동맥 기시부로부터 기시부 직경의 2배 거리에 해당하는 정도의 원위부에서 심장 외과의에 의해 직접 혼합 정맥

혈을 채혈하고, 우심방내에 위치하는 중심 정맥 카테테르의 원위부를 통하여 우심방혈을 채혈하였다. 모든 혈액검사는 혈액 가스분석기(Stat Profile Plus 5, Nova Biomedical, USA)를 사용하여 즉시 혈액 가스 분석을 시행하였다.

본 연구의 모든 수치는 평균±표준편차(mean±SD)로 표시하였다. 우심방혈과 혼합정맥혈간의 혈액 가스분석 소견의 비교는 paired t-test 를 사용하였고, 우심방혈과 혼합정맥혈간의 산소분압과 산소포화도는 단순 회귀분석(linear regression analysis)을 이용하여 비교하였다. 모든 통계에서 p<0.05를 통계적으로 의미있는 것으로 간주하였다.

결 과

소아 환자의 개심술 직후 흡입 산소분율(FiO<sub>2</sub>)이 1.0인 상태에서 인공호흡시에 우심방혈과 혼합 정맥혈의 pH는 각각 7.39±0.04, 7.41±0.05로서 차이가 없었고, 이산화탄소 분압은 각각 43±7 mmHg, 42±6 mmHg로서 차이가 없었으며, 산소 분압도 각각 31±8 mmHg, 34±6 mmHg로서 차이가 없었다. 그러나 우심방혈과 혼합 정맥혈의 산소 포화도는 55±13%, 62±13%로서 의미있는 차이(p<0.05)를 나타내고 있다(Table 1).

우심방혈의 산소포화도와 혼합정맥혈의 산소포화도는 밀접한 상관관계를 나타냈는 바 식으로 표시하면 다음과 같다.

$$S\bar{v}O_2 = 17 + 0.8 \times S_{RA}O_2 (R=0.77, p<0.05)$$

**Table 1.** Comparisons of Blood Gas Analyses and Oxygen Saturation(SO<sub>2</sub>) between Right Atrial Blood and Pulmonary Arterial Blood Immediately after Emergence from Cardiopulmonary Bypass

	Right atrial blood	Pulmonary arterial blood
pH	7.39±0.04	7.41±0.05
PCO <sub>2</sub> (mmHg)	43±7	42±6
PO <sub>2</sub> (mmHg)	31±8	34±6
SO <sub>2</sub> (%)	55±13	62±13*

Data are shown as mean±SD., N=17 in each blood group., \*p<0.05 vs oxygen saturation of right atrial blood

고 찰

Goldman등<sup>15)</sup>에 의하면 중심정맥혈의 산소포화도는 여러 여건에 의해 달라질 수 있다고 한다. 즉 우심방이나 우심실에서 채혈된 중심정맥혈의 산소 함량이나 포화도는 상당한 수치의 차이를 보이는데, 그 이유는 대상 환자의 심박출량등과 같은 생리적인 조건 변화가 채혈시마다 심할 수 있고, 우심내에서의 혈류가 층류(laminar flow)임으로 인해 우심으로 유입되는 산소 포화도가 각기 다른 상대정맥(superior vena cava), 하대정맥(inferior vena cava) 및 관상정맥동(coronary sinus) 혈액들이 불완전하게 혼합되기 때문이다. Barratt-Boyes와 Wood는<sup>18)</sup> 정상 성인에서 우심으로 유입되는 혈액들의 산소포화도는 하대정맥이 평균 83.0 %, 상대정맥이 76.8 %이며, 우심방과 우심실은 각각 79.5 %와 78.5 %이며, 혼합 정맥혈은 78.4 %라고 보고하였다. 하대정맥혈의 포화도가 혼합 정맥혈보다 높은 이유는 신장과 간에 상대적으로 많은 혈류가 분포하며, 상대적으로 산소 추출률이 낮기 때문이다. 우심방으로 유입된 혈액은 우심실을 지나며 우심실로 유입되는 관상정맥동혈과 thebesian 정맥혈과 혼합되어 포화도가 낮아지게 된다.

그러나 Theye등<sup>11)</sup>은 ether와 halothane을 사용한 흡입마취시 우심방혈액의 산소포화도가 상대정맥혈의 산소포화도보다 더 혼합정맥혈 치에 근접한다고 하였다. Lee등<sup>12)</sup>은 폐혈성, 출혈성, 신경성 속 환자를 대상으로 한 연구에서 상대정맥의 산소포화도는 단지 환자가 속, 심부정맥 및 심부전등이 없는 정상 혈액학적 상태에서서만 S $\bar{v}$ O<sub>2</sub>를 잘 반영해 주며 따라서 사용에 제한성이 있다고 하였다. 한편 우심방이나 우심실에서는 충분한 혈액 혼합이 일어나기 때문에 속상태 여부에 상관없이 두 군에서 평균 우심방 산소포화도와 혼합정맥혈 산소포화도 사이의 차이는 없었으며 좋은 상관 관계를 나타내고 있다. 심박출량과 우심방 산소포화도의 상관관계(r=+0.68)는 혼합 정맥혈과의 상관관계(r=+0.81)보다 낮기는 하지만, 속 치료시 중심정맥혈 산소포화도와 심박출량 증가는 의미있는 증가를 나타내었다.

Tahvanainen등<sup>14)</sup>은 성인 중환자에서 중심정맥 카테테르의 거치가 폐션트율, S $\bar{v}$ O<sub>2</sub> 및 동맥혈-혼합정맥혈 산소 함량차의 변화를 보기 위해서는 폐동

맥 카테테르를 대신할 수 있다고 하였다. Scheinman 등<sup>13)</sup>은 중심정맥혈 산소포화도는 속이나 심부전시에는 혼합정맥혈 산소포화도( $S\bar{v}O_2$ )와 상관 관계가 없으며, 이런 경우에는 중심정맥혈 산소포화도가  $S\bar{v}O_2$ 보다 더 높다고 하였다. 그러나 심부전시 중심정맥혈 산소포화도의 변화 정도는 상응하는  $S\bar{v}O_2$ 의 변화 정도와 좋은 상관 관계를 보인다고 하였다. 또한 그들은 중심정맥혈의 산소포화도가 오히려  $S\bar{v}O_2$ 와 밀접한 상관 관계를 갖는다고 하여 전술한 여러 학자들<sup>11,12,14)</sup>과 일치된 소견을 피력하였다.

소아 심장수술 환자에서 우심방혈 산소포화도와 혼합정맥혈 산소포화도간의 관계를 살펴본 본 연구에서, 첫째, 우심방혈과 혼합정맥혈의 산소분압은 각각  $31 \pm 8$  mmHg,  $34 \pm 6$  mmHg로서 유의한 차이가 없었고, 둘째, 우심방혈과 혼합정맥혈의 산소포화도는 각각  $55 \pm 13\%$ ,  $62 \pm 13\%$ 로 의미있는 차이를 나타내었다( $p < 0.05$ ). 또한 우심방혈의 산소포화도와 혼합정맥혈의 산소포화도는  $S\bar{v}O_2 = 17 + 0.8 \times S_{RA}O_2$  ( $R = 0.77$ ,  $p < 0.05$ )와 같은 상관관계를 나타내었다. 셋째, 우심방혈과 혼합정맥혈의 pH는 각각  $7.39 \pm 0.04$ ,  $7.41 \pm 0.05$ 로서 차이가 없었고, 이산화탄소분압은 각각  $43 \pm 7$  mmHg,  $42 \pm 6$  mmHg로서 차이가 없었다.

상기의 결과에서 우심방혈과 혼합정맥혈의 산소분압에는 차이가 없으나 산소포화도에는 차이가 나타났다는데, 이는 산소해리곡선상(dissociation curve)의 경사가 급한 부분에 해당하기 때문으로 여겨진다. 또한 산소분압, 이산화탄소분압, pH는 통계적으로 유의한 차이가 없었으므로 우심방혈의 검사결과를 혼합정맥혈의 검사결과로 유추하여 해석할 수 있을 것으로 사려된다.

그러므로 폐동맥 카테테르의 거치가 용이하지 않은 소아환자에서는 폐동맥 카테테르보다 덜 침습적이며 경제적인 중심정맥 카테테르를 통하여 우심방혈의 가스분석을 함으로써 혼합정맥혈의 상태를 유추해볼 수 있는데, 이 때 산소분압, 이산화탄소분압, pH는 같고, 산소포화도는  $S\bar{v}O_2 = 17 + 0.8 \times S_{RA}O_2$ 의 공식에 의해 계산하여 구해야 되겠다.

결론적으로 본 연구 방법에서 얻어진 우심방혈의 가스분석 소견이 혼합정맥혈의 가스분석 소견을 대신하여 소아 개심술 후 중환자 관리에 아주 유용하게 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

1. 김성덕: 급성실혈시 텍스트란이 교질 삼투압, 조직의 산소이용도 및 폐선트올에 미치는 영향에 관한 실험적 연구. 대한마취과학회지 1981; 14: 361-71.
2. 김성덕, 강승호, 우승근: Ethrane이 심폐혈관계에 미치는 영향에 관한 임상적 연구. 인간과학 1981; 5: 804-11.
3. Elliot CG, Zimmerman GA, Clemmer TP: Complications of pulmonary artery catheterization in the care of critically ill patients. A prospective study. Chest 1979; 76: 647-52.
4. Divertie MB, McMichan JC: Continuous monitoring of mixed venous oxygen saturation. Chest 1984; 85: 423-8.
5. Gore JM, Sloan K: Use of continuous monitoring of mixed venous saturation in the coronary care unit. Chest 1984; 86: 757-61.
6. Boyd KD, Thomas SJ, Gold J, Boyd AD: A prospective study of complications of pulmonary artery catheterizations in 500 consecutive patients. Chest 1983; 84: 245-9.
7. Rowley KM, Clubb KS, Smith GJW, Cabin HS: Right-sided infective endocarditis as a consequence of flow directed pulmonary artery catheterization. N Engl J Med 1984; 311: 1152-6.
8. Kaplan JA: Cardiac anesthesia. 3rd ed. Philadelphia, W.B. Saunders. 1993, pp 1247-8.
9. Gore JM, Goldberg RJ, Spodick DH, Alpert JS, Dalen JE: A community-wide assessment of the use of pulmonary artery catheters in patients with acute myocardial infarction. Chest 1987; 92: 721-7.
10. Robin ED: Death by pulmonary artery flow-directed catheter(editorial). Chest 1987; 92: 727-31.
11. Theye RA, Tuohy GF: The value of venous oxygen levels during general anesthesia. Anesthesiology 1965; 26: 49-54.
12. Lee J, Wright F, Barber R, Stanley L: Central venous oxygen saturation in shock: A study in man. Anesthesiology 1972; 36: 472-8.
13. Wilson RF: Get the venous blood too. Ann Surg 1978; 44: 396-400.
14. Tahvanainen J, Meretoja O, Nikki P: Can central venous blood replace mixed venous blood samples? Crit Care Med 1982; 10: 758-61.
15. Goldman RH, Klughaupt M, Metcalf T, Spivack AP, Harrison DC: Measurement of central venous oxygen

- saturation in patients with myocardial infarction. *Circulation* 1968; 38: 941-6.
16. Goldman RH, Braniff BA, Harrison DC, Spivack AP: Early detection of heart failure by central venous oxygen saturation(Abstr). *Am J Cardiol* 1968; 21: 100.
17. Hutter AM, Moss AJ: Central venous oxygen saturations: Value of serial determinations in patients with acute myocardial infarction. *JAMA* 1970; 212: 299-303.
18. Barratt-Boyes BG, Wood EH: The oxygen saturation of blood in the venae cavae, right heart chambers, and pulmonary vessels of healthy subjects. *J Lab Clin Med* 1957; 50: 93-106.
-