

소아환자와 성인에서 사전산소투여의 비교

이화여자대학교 의과대학 마취과학교실

조미선 · 이귀용 · 한종인 · 김동연 · 정락경 · 김종학 · 김치효 · 이춘희

= Abstract =

A Comparison of Preoxygenation in Children and Adults

Mee Sun Cho · Guie Yong Lee · Jong In Han · Dong Yeon Kim
Rack Kyung Chung · Jong Hak Kim · Chi Hyo Kim · Choon Hi Lee

Department of Anesthesiology, College of Medicine, Ewha Womans University

Objectives : Preoxygenation is recommended in order to prevent hypoxemia with hypoventilation or apnea during induction of anesthesia. The purpose of this study was to determine the duration of preoxygenation required to achieve an end-tidal oxygen fraction($FE'O_2$) of 0.9 in children and adults.

Method : In 24 healthy children and adults breathing 100% oxygen, end tidal oxygen and carbon dioxide concentration have been measured at 15 seconds interval from the start of preoxygenation for 3 minutes. A circle system was flushed with 100% oxygen and flow rate of 6 liter per minute. The gas sampling line of the Capnomac II (Datex, Helsinki, Finland) was placed in the nasal cavity.

Results : The study showed that all children attained an $FE'O_2$ of 0.9 within 75s of preoxygenation. but adults had not reached an $FE'O_2$ of 0.9 within 180s.

Conclusions : More oxygen wash-in would be expected in children. We suggest that at least 3 min of preoxygenation should be performed before intravenous induction of anesthesia in children.

KEY WORDS : Preoxygenation · $FE'O_2$ · Children · Adults.

서 론

사전 산소투여(preoxygenation)는 전신 마취 유도시 환기저하 또는 무호흡으로 인한 저산소증을 막기위해 사용되는 수기이다. 사전 산소투여는 100% 산소를 흡입함으로써 기능적 잔기량(functional residual capacity)에 포함된 질소를 산소와 교체시켜 산소 예비량을

증가시켜서 마취유도후 무호흡 기간 중에 저산소증이 되기전의 시간을 연장시킨다. 마취 유도시 발생할 수 있는 저산소증을 예방하기위하여 폐내 산소 예비량을 증가시켜 기관내 삽관이 이루어지리라 예상되는 환자에서 지연되는 무호흡의 안전범위를 증가시킨다. 이러한 사전 산소투여의 중요성에도 불구하고 성인을 대상으로 한 연구가 대부분이고 소아환자에서는 거의 연구되지 않았다. 소아에서는 산소 예비량이 적어서 저산소혈

증과 심정지에 민감하고 체중과 관련해 성인과 유사한 폐용량을 가지고 있을지라도 성인에 비해 산소소모가 크다¹⁾.

본 연구는 소아와 성인에게서 호기말 산소 농도를 측정하여 탈질소 상태를 평가하고 소아 및 성인에서 호기말 산소 농도 90%가 되기 위해 요구되는 시간을 비교하여 성인 및 소아의 사전 산소투여 기간에 대해 알아보고자 한다.

대상 및 방법

심혈관계 및 호흡기계 이상이 없는 미국 마취과 학회 전신상태 분류상 제 1, 2급에 속하면서 전신마취하에 선택수술을 시행받는 건강한 5~13세의 소아환자 24명과 성인 자원자 24명을 대상으로 하였다. 임상 연구 동의를 얻은 후 소아환자의 수술전 투약은 chloral hydrate 0.2ml/kg을 경구투여하고 atropine sulphate 0.02mg/kg을 근육투여하며 성인은 수술 전 처치를 하지않았다 대상환자는 수술실 도착후 앙와위에서 Capnomac II (Datex, Helsinki, Finland)의 가스 채취 카테테르에 5Fr. 크기의 카테테르를 연결하여 비강 내에 고정시킨 후 호기말 가스를 채취하였다. 대기로 정상 호흡을 하게한후 호기말 산소및 이산화탄소 농도를 측정하였다. 반폐쇄식 순환회로 호흡기를 사용하였으

며 100% 산소로 호흡기 내부를 세척한후 소아환자는 2L, 성인은 3L 크기의 호흡낭을 사용하여 100% 산소를 6L/분으로 투여하면서 배기밸브를 개방한 상태에서 정상 환기호흡(Tidal volume)을 하도록 하였다. 대상 환자의 얼굴 크기에 알맞는 투명한 안면 마스크를 사용하였고 외부의 공기가 들어오지 못하도록 단단히 얼굴에 고정하였다. 매 15초 간격으로 3분까지 호기말 산소 농도 및 이산화탄소 농도를 측정하였다.

측정치는 평균±표준편차로 나타내었고 통계는 반복 측정된 분산 분석과 unpaired t-test를 시행하였다. p 값이 0.05미만일 때 통계적으로 유의하다고 판단하였다.

결 과

소아환자의 평균 연령은 5.9±2.5세이며 성인에서는 26.7±3.1세로 대기호흡의 기준치와 100% 산소호흡 후 호기말 산소 및 이산화 탄소 농도는 Table 1, Fig. 1과 같다.

호기말 산소 농도는 100% 산소 흡입 15초후 부터 소아환자군 및 성인환자군에서 의의있게 증가하였고 소아환자는 75초 경과 후에 모두 호기말 산소 농도 90%에 도달하였지만 성인에서는 180초 경과 후에 89.7±2.4%에 도달하였다. 호기말 이산화 탄소농도는 사전 산소 투여후 유의한 변화가 없었다.

Table 1. The changes of end-tidal oxygen and carbon dioxide concentration before and after 100% oxygen in children and adults

Time(sec)	ETO ₂ (%)		ETCO ₂ (%)	
	Children	Adults	Children	Adults
0	15.7 ± 1.5	15.2 ± 1.3	4.9 ± 0.7	4.8 ± 0.9
15	53.8 ± 12.8*	41.2 ± 5.5*	5.0 ± 0.5	5.0 ± 1.0
30	74.4 ± 10.7*	57.0 ± 7.3*	4.8 ± 0.7	5.2 ± 0.9
45	83.3 ± 6.6*	66.5 ± 8.2*	5.0 ± 0.6	5.0 ± 1.0
60	88.5 ± 4.3*	71.8 ± 7.1*	4.8 ± 0.7	5.0 ± 0.9
75	91.6 ± 2.6*	77.2 ± 8.0*	4.9 ± 0.7	5.1 ± 0.9
90	92.2 ± 2.5*	80.0 ± 6.4*	4.8 ± 0.6	5.0 ± 0.9
105	93.2 ± 2.3*	84.3 ± 4.7*	4.8 ± 0.8	4.9 ± 0.8
120	93.3 ± 2.0*	86.4 ± 2.8*	4.7 ± 0.6	4.8 ± 0.8
135	93.3 ± 1.8*	88.2 ± 2.0*	4.7 ± 1.2	4.8 ± 1.1
150	93.9 ± 1.4*	89.0 ± 2.0*	4.5 ± 0.7	4.9 ± 0.8
165	94.1 ± 1.6*	89.5 ± 2.0*	4.6 ± 0.6	4.9 ± 0.8
180	94.2 ± 1.6*	89.7 ± 2.4*	4.5 ± 0.6	4.8 ± 0.7

Values are mean ± SD.

ETO₂ : end-tidal O₂ concentration

*p < 0.01 compared to baseline(0sec)ETO₂

ETCO₂ : end-tidal CO₂ concentration

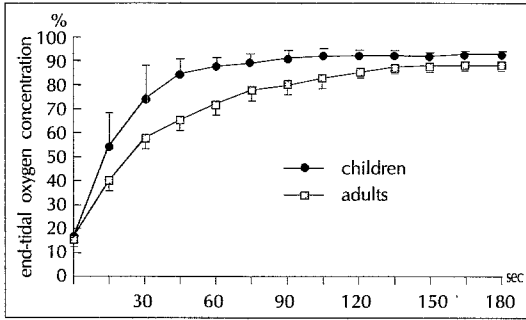


Fig. 1. The changes in mean end-tidal oxygen concentration during preoxygenation(mean, 95% confidence limits).

고 찰

사전 산소 투여 기간은 질소가 산소로 교체되는 탈질소 기간에 직접 관련이 되며 환자의 산소소모량 및 기능적 잔류량, 산소 흡입농도와 산소유량 및 사용되는 호흡회로 등의 요인이 영향을 미친다²⁾. 일반적으로 추천되는 사전 산소투여 기간은 3~5분 등이다³⁻⁵⁾. Hamilton 및 Eastwood⁶⁾는 3분동안 100% 산소흡입으로 탈질소화가 95% 이루어진다고 하였고 Berthoud등⁷⁾도 3분이내에 호기말 질소농도가 4% 이하로 감소한다고 보고하여 사전 산소화의 기간으로 3분을 권장하였다. Butler등⁸⁾은 유용한 감시 장치가 없을 때에는 60초 이상의 사전 산소화를 해야하며 안면 마스크의 고정을 단단히 하는 기술 또한 중요하며 공기가 마스크내로 유입되는 것을 막아야한다고 하였다. McGowan 및 Skinner⁹⁾도 안면 마스크를 단단히 고정하여 유지하는 것은 사전 산소화를 최대 화시키며 마스크의 중력 단독으로 환자의 얼굴에 마스크를 올려 놓는 것은 흡기 가스 유량으로 20%의 실내 공기가 유입 될 수 있으므로 안면 마스크 고정을 위해 외부의 압력을 필요로 한다고 하였다. 본 연구에서 사용한 Capnomac II은 Myles등¹⁰⁾도 사용한 감시 장치로 호기말 산소 농도로 폐포내 산소 농도를 예측할 수 있다. Capnomac II의 장점은 신속하게 호기말 산소 측정이 가능하며 지속적, 비침습적 방법으로 탈질소상태를 평가하게한다.

산소 투여 방법은 3~5분간의 환기호흡외에도 4회의 최대호흡법이 있다. Drummond 및 Park¹¹⁾는 1분간 산소호흡군과 3회 최대호흡군간의 동맥혈 산소포화도에는 유의한 차이가 없었다고 보고하였고 Gold등¹²⁾은

5분간 100% 산소호흡군과 30초내 4회 폐활량 호흡군 사이에서 동맥혈 산소 분압의 차이가 없었다고 보고하였다. Valentine등¹³⁾은 노인환자에서 3분의 환기호흡과 4회의 최대호흡을 사전 산소투여하여 비교하였는데 두 방법 모두 유사한 동맥혈 산소 포화도의 수치를 나타내었지만 무호흡동안 불포화화에 대한 예방은 4회 최대호흡법이 3분 환기호흡 방법에 비해 효과적이지 못하였다. 이것은 4회 최대호흡법이 폐활량과 흡식성 예비용적과 호기성 예비용적이 감소된 노인환자에서는 폐 예비용적이 감소되어 기능적 잔기용량의 탈질소화가 효율적으로 이루어지지 못한다고 하여서 노인환자에서는 3분 환기호흡법을 추천하였다. Norris 및 Dewan¹⁴⁾도 제왕절제술 환자에서 3분호흡과 4회 최대호흡군의 동맥혈 산소 분압의 유의한 차이는 없었다고 하였다. 그러나 Valentine등¹³⁾은 무호흡기간중 4회 폐활량법이 환기호흡법보다 산소포화도가 더 빨리 감소한다고 보고하여 4회 최대 호흡법에서는 탈질소가 완전히 이루어지지 않음을 보고하였다.

소아에서 사전 산소화의 알맞은 기간에 관한 논란이 많지만 1~4분이 추천되고 있다¹⁵⁻¹⁷⁾. Butler등⁸⁾의 연구에서는 80초 이내 소아에서 호기말 산소 농도가 90%에 도달한 반면 Berry등¹⁰⁾과 Machlin등¹⁸⁾이 정규 수술을 한 건강한 성인 각각 40명과 200명에서는 3분안에 호기말 산소농도가 90%에 도달하지 못했다. 이것은 본 연구에서도 소아환자의 경우 75초에 호기말 산소농도가 91.6±2.6%에 도달한 반면 성인에서는 3분에서 89.7±2.4%를 보여주었다. 이것은 빠른 산소교체가 소아에게서 일어날 수 있으며 일회호흡량, 생리적 사강, 기능적 잔기용량의 크기가 몸 크기로 볼 때 성인과 비슷하지만 소아는 환기횟수가 성인과 비교해 많으므로 탈질소가 빨리 이루어 진다고 본다. Videiera등¹⁹⁾은 3분 동안 사전 산소화한 어린이는 1분 동안 산소를 투여한 소아보다 동맥혈 산소 포화도가 95%로 감소하는 무호흡의 기간을 길게 연장시키지만 무호흡동안 맥박 산소계측기에 의해 동맥혈 산소 포화도가 95% 이하로 내려가기 시작하면 사전 산소투여한 기간에 상관없이 같은 비율로 감소한다고 보고하면서 소아환자의 마취 유도전의 사전 산소화의 기간이 적어도 3분이여야 한다고 주장하였다. Laycock과 McNicol²⁰⁾은 유아에서는 소아보다 더 저산소증에 쉽게 노출되며 무호흡동안에 혈액소산소 포화도는 기능적 잔기용량에 의존한다고 하였다.

본 연구 결과와 Butler등⁸⁾의 연구에서 소아의 호기말 산소 농도가 90%가 되는 것은 각각 75초, 80초에 도달하지만 소아 마취 유도에서 호흡 곤란이 심정지의 주 원인이고 합병증의 직접적인 요인은 저산소증이라고 볼 때¹⁾ 3분동안의 사전 산소화는 무호흡의 시간을 연장시키므로 마취유도시 발생할 수 있는 저산소증에 취약한 소아환자에서는 사전 산소화의 기간이 75초나 80초 보다는 3분으로 하는 것이 안전하다고 본다.

요 약

목 적 :

사전 산소 투여는 100% 산소를 마취유도전에 흡입 시킴으로써 산소 예비량을 증가시켜 저산소증을 예방하기 위한 수기로 소아에서는 저산소혈증에 민감하므로 호기말 산소 농도가 90%가 되기 위한 사전 산소 투여 기간을 성인과 비교하여 알아보고자 한다.

방 법 :

건강한 5~13세 소아 환자와 성인환자 각각 24명을 대상으로 하였으며 Capnomac II (Datex, Helsinki, Finland) 가스 채취 카테테르에 5Fr 크기의 카테테르를 연결하여 비강내에 고정시킨후 호기말 가스를 채취하였다. 호기말 산소 및 이산화 탄소 농도를 매 15초 간격으로 3분간 측정하였다.

결 과 :

소아환자는 75초 경과후에 호기말 산소 농도가 $91.6 \pm 2.6\%$ 에 도달하였으나 성인은 180초 경과후에 $89.6 \pm 2.4\%$ 에 도달하였다. 호기말 이산화 탄소 농도는 사전 산소 투여후 유의한 변화가 없었다.

결 론 :

소아에서는 빠른 산소 교체가 일어날 수 있으며 일회 호흡량, 생리적 사강, 기능적 잔기용량의 크기가 몸 크기로 볼 때 성인과 비슷하지만 소아에서는 환기 횟수가 빨라서 호기말 산소 농도가 성인에 비해 빨리 90%에 도달한다. 그러나 저산소증에 민감한 소아환자에서는 사전 산소화가 반드시 필요하며 적어도 3분이상으로 하여야 한다.

References

1) Kennan RL, Boyan CP : *Cardiac arrest due to anes-*

thesia : A study of incidence and causes. JAMA 1985 ; 253 : 2373-2377

- 2) 이귀용 · 정락경 · 한종인 · 이춘희 · 오은정 : 호기말 산소농도를 이용한 사전산소투여. 대한마취과학회지 1994 ; 27 : 1598-1600
- 3) Churchill-Davidson HC : *A practice of anaesthesia. 4th ed. London, Llyoid Luke, 1978 : 1193-1210*
- 4) Gray TC, Nunn JF, Utting JE : *General anaesthesia. 4th ed. London, Butterworth, 1980 : 1289-1306*
- 5) Kirby RR, Gravenstein N : *Clinical anaesthesia practice. 1st ed. Philadelphia, 1994 : 782-798*
- 6) Hamilton WK, Eastwood DW : *A study of denitrogenation with some inhalation anesthetic system. Anesthesiology 1955 ; 16 : 861-867*
- 7) Berthoud M, Read DM, Norman J : *Preoxygenation-how long? Anaesthesia 1993 ; 96 : 102*
- 8) Butler PJ, Munro HM, Kenny HB : *Preoxygenation in children using expired oxymetry. Br J Anaesth 1996 ; 77 : 333-334*
- 9) McGowan P, Skinner A : *Preoxygenation-the importance of a good face mask seal. Br J Anaesth 1995 ; 75 : 777-778*
- 10) Berry CB, Myles PS : *Preoxygenation in healthy volunteers : A graphy of oxygen washin using end-tidal oxymetry. Br J Anaesth 1994 ; 72 : 116*
- 11) Drummond GB, Park GR : *Arterial oxygen saturation before intubation of trachea. Br J Anaesth 1984 ; 56 : 987-992*
- 12) Gold MI, Duarte I, Muravchick S : *Arterial oxygenation in conscious patients after 5 minutes and after 30 seconds of oxygen breathing. Anesth Analg 1981 ; 60 : 313-315*
- 13) Valentine SJ, Marjot R, Monk C : *Preoxygenation in the elderly : Comparison of the four-maximal breath and three-minute techniques. Anesth Analg 1990 ; 71 : 516-519*
- 14) Norris MC, Dewan DM : *Preoxygenation for cesarean section : A comparison of two technique. Anesthesiology 1984 ; 61 : A400*
- 15) Brown TCK, Fisk GC : *Anesthesia for children. Oxford, Blackwell Scientific Publ, 1974 : 309-328*
- 16) Gregory GA : *Pediatric anaesthesia. New York, Churchill Livingstone, 1983 : 437-462*
- 17) Steward DJ : *Manual of Pediatric anaesthesia. New York, Churchill Livingstone, 1979 : 207-219*
- 18) Machlin HA, Myles PS, Berry CB, Butler PJ, Story

DA, Health BJ : *End-tidal oxygen measurement compared with patient factor assessment for determining preoxygenation time. Anaesthesia and Intensive care* 1993 ; 21 : 409-413

19) Videiera RLR, Neto PPR, Gomide do ARV, Freeman JA : *Preoxygenation in children : for how long?*

Acta Anaesth Scand 1992 ; 36 : 109-111

20) Laycock GJA, McNicol LR : *Hypoxaemia during induction of anaesthesia. An audit of children who underwent general anaesthesia for routine elective surgery. Anaesthesia* 1988 ; 43 : 981-984