고농도 N₂O 마취하에서 동맥혈 산소분압 측정

인제대학교 의과대학 마취과학교실

정 순 호 · 박 진 우 · 박 주 열

= Abstract =

Arterial Oxygen Tension Measurements during Nitrous Oxide-Oxygen Anesthesia

Soon Ho Jeong, M.D., Jin Woo Park, M.D. and Ju Yuel Park, M.D.

Department of Anesthesiology, College of Medicine, Inje University, Pusan, Korea

In 30 ASA class I patients aged 15~30 undergoing peripheral operations, PaO₂ and SaO₂ were determined while the mixture of nitrous oxide and oxygen was administered at the inspired oxygen concentration of 21%.

Anesthesia was maintained with 75% or so nitrous oxide and small dose fentanyl, and ventilation was adjusted to maintain normoventilation with tidal volume increased to 15 ml/kg.

PaO₂ and SaO₂ during anesthesia were increased significantly when compared to those which were measured immediately prior to anesthetic induction, that is to say, no one developed hypoxemia despite administration of the same inspired oxygen concentration as that of room air.

These results indicate that, in case rapid emergence from anesthesia is required, balanced anesthesia with high concentration nitrous oxide and small dose fentanyl should be very useful and safe so long as we make good selections of patients and deliver large tidal volumes to them during artificial ventilation.

Key Words: Arterial oxygen tension, High concentration N₂O, Fentanyl

서 론

N₂O는 다른 흡입마취제에 비해 인체에 독성과 심혈관 억제효과가 거의 없으면서 마취강도와 각성이 빠른 특징을 갖추고 있으나 마취강도가 낮아서 주로 다른 흡입마취제나 정맥마취제와 함께 보조적으로 투여되어야 하기 때문에 흡입마취제로서의 그 장점이 충분히 발휘되지 못하고 있다. 그러나 저산소혈증이 초래되지

않는 범위 내에서 N₂O의 흡입농도를 최대한 높여주고, 길항제를 사용할 수 있는 보조마취제를 투여하여 적절한 마취깊이를 유지할 수 있다면, 특히 마취로부터의 각성기에 N₂O의 특성을 효과적으로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구는 N₂O의 흡입농도를 높임으로써 다른 마취제의 투여량을 줄일 수 있고 N₂O의 장점이 더욱 크게 발현될 수 있다는 관점에서, 고농도의 N₂O와 소량의 fentanyl을 함께 사용하는 균형마취시 N₂O의 흡입농도를 가능한 한 높이기 위하여 산소흡입농도(FiO₂)를 대기와 동일한 수준으로 낮추었을 때 동맥혈 산소분압(PaO₂)이 어떠한 양상으로 변화하는지 검토하는데

*본 논문은 1990년도 재단법인 인제연구 장학재단의 연구비 보조에 의한 것임.

그 목적이 있다.

연구대상 및 방법

계획수술 예정인 환자 중에서 두개강, 흉곽 및 복강 내 수술환자를 제외한 15~35세의 환자중 미국마취과 학회 분류법상 class I에 해당되는 환자 30명을 대상으로 하였다.

마취 전처치제로는 glycopyrrolate 0.2 mg과 droperidol 2 mg을 마취유도 30분전에 투여하였고 수술실에 도착한 모든 환자에게 마취에 필요한 기본적인 감시장치를 설치한 다음 마취유도 직전 환자의 요골동맥 또는 족배동맥을 통하여 동맥혈 가스분석을 실시하여 대조치로 사용하였다.

마취유도시 thiopental sodium 3 mg/kg, fentanyl 4 mcg/kg과 succinylcholine 1.5 mg/kg을 정주한 후 기관내삽관을 실시한 다음 pancuronium 0.08 mg/kg을 정주하였다.

마취유도는 fentanyl을 4 mcg/kg/hr의 속도로 지속적으로 점적하면서, FiO₂의 감시장치로는 capnometer와 pulse oxymeter를 사용하였으며 N₂O 약 75%와 FiO₂ 약 21%가 되게 투여하였고 일회호흡량은 15 ml/kg로 하면서 호기말 이산화탄소분압(ETCO₂)이 35~45 mmHg가 되도록 호흡수를 조절하였다.

마취유도전 pulse oxymeter에서 S₂O₂가 95%이 하인 경우는 시험군에서 제외시켰으며 동맥혈 가스분석은 마취유도시부터 시작하여 30분 간격으로 시행하여 대조치와 비교하였다.

연구결과는 pared t-test를 이용하여 p<0.05를 기준으로 유의성을 알아보았다.

연구 결과

평균동맥압의 변화는 마취유도 직전 측정된 대조치가 86.60±12.53 mmHg였고 마취유도후 30분, 60분, 90분에 측정된 값은 각각 96.23±14.31 mmHg, 98.30±11.85 mmHg, 100.29±11.67 mmHg로서 대조치와 비교하여 각각 유의적인 증가를 보였다(p<0.05)(Table 1, Fig. 1).

심박수의 변화는 대조치가 87.8±22.09 beats/min

Table 1. Changes in Mean Arterial Pressure(mmHg) and Heart Rate(beats/min) with Time from Anesthetic Induction

	MAP	HR
control	86.60±12.53	87.8±22.09
30 min	96.23±14.31*	86.5±13.92
60 min	98.30±11.85*	87.04±13.84
90 min	100.29±11.67*	86.43±12.54

*: p<0.05 compared with control. Values are Mean ±SD

Fig. 1. Changes in mean arterial pressure with time *: p<0.05 compared with control. Values are Mean ±SD

Fig. 2. Changes in heart rate with time *: p<0.05 compared with control. Values are mean ±SD

였고 마취유도후 30분, 60분, 90분에는 각각 86.5±13.9 beats/min, 87.04±13.84 beats/min, 86.43±12.54 beats/min로서 대조치보다 유의적인 증가를 보이지 않았다(Table 1, Fig. 2).

P_aO₂의 변화는 대조치가 96.12±10.72 mmHg였고

Table 2. Changes in Arterial Oxygen Tension (mmHg) and Arterial Oxygen Saturation (%) with Time from Anesthetic Induction

	P.O ₂	S.O ₂
control	96.12 ± 10.72	97.09 ± 0.83
30 min	115.23 ± 14.76*	98.30 ± 0.86*
60 min	114.99 ± 19.15*	98.11 ± 0.82*
90 min	107.30 ± 14.62*	98.01 ± 1.02*

*: p < 0.05 compared with control. Values are Mean ± SD

Fig. 3. Changes in arterial PO₂ with time. *: p < 0.05 compared with control. Values are Mean ± SD

마취유도후 30분, 60분, 90분에는 각각 115.23 ± 14.76 mmHg, 114.99 ± 19.15 mmHg, 107.30 ± 14.62 mmHg로서 대조치와 비교하여 유의적인 증가가 있었다 (P < 0.05) (Table 2, Fig. 3).

동맥혈 산소포화도 (S.O₂) 변화는 대조치가 97.09 ± 0.83 mmHg였고 마취유도후 30분, 60분, 90분에는 각각 98.30 ± 0.86 mmHg, 98.11 ± 0.82 mmHg, 98.10 ± 1.02 mmHg로서 대조치와 비교하여 유의적인 증가가 있었다 (p < 0.05) (Table 2, Fig. 4).

수술종료시 N₂O 흡입을 중지한지 5분 이내에 모든 환자에서 마취로부터의 각성이 이루어 졌으며 수술중에 일어난 일이나 소리를 기억하는 환자는 아무도 없었다.

고 찰

본 연구에서의 P.O₂ 및 S.O₂는 시간의 흐름에 따라

Fig. 4. Changes in arterial oxygen saturation with time *: p < 0.05 compared with control. Values are mean ± SD

감소하는 경향을 띄고있지만 수술 전과정에서 대조치에 비해 오히려 더 높게 측정되었다. 이것은 IPPV (Intermittent Positive Pressure Ventilation)로 흡입마취시에는 폐내 shunt가 증가하기 때문에 적절한 동맥혈 산소분압을 확보하려면 F.O₂를 최소 33% 이상 유지해 주어야 한다는¹⁾ 일반적인 인식과는 상당한 거리가 있다. 이와같은 차이는 마취종류, 조절호흡 방법, 수술종류 및 환자선택에 따라서 폐내 shunt율이 크게 달라지는 것에 기인하는 것으로 사료된다.

본 연구는 대기와 동일한 F.O₂로 호흡시키는 만큼 가능한 한 마취중 폐내 shunt율의 증가를 막기 위하여 첫째로, 대상 환자의 연령을 15~35세 사이로 한정하였다. 그 이유는 IPPV로 흡입마취시 폐내 shunt가 증가하는 것은 FRC(Functional Residual Capacity)의 감소가 주요인인데 이 연령층에서는 전신 마취와 양위위로 인해 FRC가 감소하더라도 Closing Capacity위에서 유지되기 때문이다²⁾.

Slate등³⁾과 Syker등⁴⁾의 N₂O를 이용한 마취시 P.O₂측정연구에 의하면 F.O₂ 20~23%로 흡입시켰을 때 P.O₂가 대부분 80 mmHg보다 낮게 측정되었는데 이는 연구대상의 평균나이가 모두 48~52세로 나이증가에 따른 폐기능의 변화에 기인하는 것으로 사료된다.

둘째로, 일회호흡량 10~20 ml/kg의 범위에서는 평균기도압에 유의적인 차이가 없기 때문에 일회호흡량을 15 ml/kg로 올려서 호흡시킴으로써 IPPV로 인한 사망호흡 증가에 대한 보상효과를 얻고 microatelectasis 발생을 방지하고자 하였다⁵⁾.

세제로, 고농도의 N_2O 와 fentanyl을 투여하는 균형마취를 함으로써 휘발성 흡입마취제를 사용하지 않았기 때문에 HPV(Hypoxic Pulmonary Vasoconstriction) 및 심박출량 억제효과를 최소한으로 줄이고자 하였다⁶⁾.

네제로, 고농도의 N_2O 로 조절호흡시에 폐포로부터 폐혈류로 흡수되는 N_2O 의 양이 폐혈류로부터 폐포로 빠져나오는 N_2 가스의 양보다 훨씬 많기 때문에 상대적으로 P_AO_2 (Alveolar Oxygen Partial Pressure)가 증가하게 됨으로써 이것 또한 대기로 호흡할때보다 P_AO_2 가 증가하는 것에 어느정도 영향을 미쳤을 것으로 사료된다. Severinghaus등⁷⁾에 의하면 N_2O 마취시 시간의 경과에 따른 N_2O 의 흡수속도는 마취시작 첫 1분 동안의 흡수량을 마취경과시간(분)의 제곱근으로 나눈 것에 일치한다고 하며, 체중 70 kg 성인에서 60% N_2O 를 흡입시킬 경우 첫 1분에 약 800 ml/min, 50분 후에는 약 100 ml/min가 흡수됨을 보여주고 있는데⁸⁾, 본 연구에서는 약 75%의 N_2O 를 흡입시켰기 때문에 N_2O 흡수량은 그 이상일 것으로 판단된다. 또한 IPPV시 초래되는 가스분포 불균형으로 인하여 환기부전 상태인 일부 폐포에서 폐포내 산소농도가 감소할때는 N_2O 의 상대적인 농도증가로 인하여 폐포로부터 폐혈류로의 N_2O 흡수량이 더욱 증가하기 때문에 그 만큼 폐포내 산소농도의 감소를 완화시켜주는데⁹⁾, N_2 가 대부분인 대기로 호흡할 때에는 N_2 의 혈액/가스 분배계수가 N_2O 의 약 0.03배에 불과하기 때문에 위와같은 효과를 기대할 수 없을 것이라고 사료된다¹⁰⁾.

그러므로, pulse oxymeter로 계속적인 P_AO_2 및 S_aO_2 감시와 더불어 적절한 환자 선택, 마취방법 및 환기방식에 의한, 고농도 N_2O 와 fentanyl을 이용한 마취는 저산소혈증에 대한 우려를 충분히 배제할 수 있을 것으로 판단된다.

수술중 평균동맥압은 대조치보다 유의적인 증가를 보였으나 대부분 20% 이내의 범위에 해당하였고 20%이상 증가하는 경우는 diltiazem이나 labetalol을 간헐적으로 정주하여 조절하였으며 시험군에서 제외시켰다.

심박수는 대조치와 비교하여 유의적인 증가를 보이지 않았는데 이것은 fentanyl의 미주신경 항진효과에 기인한 것으로 사료된다¹¹⁾.

Fentanyl의 투여용량은 고농도의 N_2O 와 병용하여 적절한 마취깊이를 유지할 수 있는 혈중농도 3~10 ng/ml¹²⁾를 목표로하여 결정하였으며, Fentanyl을 지속적으로 정주하였기 때문에 술후 호흡억제를 염려하였으나 N_2O 를 많이 투여한 만큼 fentanyl을 적게 사용하였기 때문에 수술종료시 심한 호흡억제는 동반되지 않았다. 그래서, 대부분의 환자는 길항제인 naloxone 또는 nalbuphine을 필요로 하지 않았으며 어느정도 호흡억제가 동반된 환자라도 소량으로 단 한번의 길항제의 정주로 쉽게 길항되었다.

수술종료시의 의식회복은 모든 환자에서 N_2O 투여를 중지한지 수분내에 완료되었고 의식회복후 수술중의 일을 기억하는 사람은 단 한 사람도 없었다. 여기에는 술전 진정과 술후 오심 및 구토억제 목적으로 전투약제로 투여된 droperidol의 진정효과도 관련이 있었을 것으로 사료된다.

이와같이 수술종료후 빠른 각성은 구강외과수술, 편도적출술 등 회복기에 기도폐쇄나 출혈로 인한 asphyxia 위험도가 높은 경우나 또는 두개강내 수술 및 척추수술처럼 술후 신경학적 변화의 조기파악이 큰 도움이 되는 경우에 대단히 유용하리라고 판단된다.

요 약

두개강, 흉곽 및 복부수술을 제외한 수술에서 미국 마취과학회 분류법에 의한 class I에 해당하는 15~30세의 환자 30명을 대상으로 하여 고농도 N_2O 와 fentanyl을 이용한 균형마취시 FiO_2 를 21%로 하고 일회 호흡량을 15 ml/kg로 증가시켜 조절호흡 하에서 평균동맥압, 심박수, P_AO_2 , S_aO_2 를 마취유도후 30분, 60분, 90분에 측정하여 마취유도 직전 측정된 대조치와 비교한결과 다음과같은 결과를 얻었다.

1) 평균동맥압은 마취유도후 30분, 60분, 90분 모두 대조치와 비교하여 유의성있는 증가를 보였다($p < 0.05$).

2) 심박수는 모두 대조치와 비교하여 유의성있는 증가를 보이지 않았다.

3) P_AO_2 는 마취유도후 30분, 60분, 90분 모두 대조치와 비교하여 유의성있는 증가를 보였다($p < 0.05$).

4) S_aO_2 는 30분, 60분, 90분 모두 대조치와 비교하여 유의성있는 증가를 보였다($p < 0.05$).

그러므로 수술부위와 환자상태에 따라서 산소흡입농도를 21%로 하더라도 정상적인 동맥혈 산소분압을 유지할 수 있기 때문에 수술종료후 즉각적인 마취각성이 필요한 경우 소량의 fentanyl과 함께 고농도의 N₂O를 투여하는 균형마취가 큰 도움이 될 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) Wylie and Churchill-Davidson. *A practice of anesthesia*. 5th ed. Chicago: Year Book Medical Publishers, Inc. 1984; 103.
- 2) Dripps RD, Eckenhoff JE, Vandam LD. *Introduction to anesthesia*. 8th ed, Philadelphia: WB Saunders. 1992; 352.
- 3) Slater EM, Nilsson SE, Leake DL, et al. *Arterial oxygen tension measurements during nitrous oxide-oxygen anesthesia*. *Anesthesiology* 1965; 26: 642-654.
- 4) Syker MK, Young WE, Robinson BE, et al. *Oxygenation during anesthesia with controled ventilation*. *Br J Anesth* 1965; 37: 314-324.
- 5) Shapiro BA, Kacmarek RM, Cane RD, et al. *Hauptman. Clinical application of respiratory care*. 4th ed, Philadelphia: Mosby Year Book. 1991; 305.
- 6) Miller RD. *Anesthesia*. 3rd ed, New York: Churchill Livingstone. 1990; 111-114.
- 7) Severinghaus JW. *The rate of uptake of nitrous oxide in man*. *J Clin Invest* 1954; 33: 1183-1189.
- 8) Edmond I, Eger II. *Nitrous oxide/N₂O*. Now York: Elsevier. 1985; 82-83.
- 9) Dueck R, Wagner PD. *Concentrating effect of N₂O on alveolar PO₂ low V_A/Q regions*. *Anesthesiology* 1979; 51: S370-380.
- 10) Christoforides C, Hedley-Whyte J. *Solubility of N₂, O, N₂, and He in human whole blood and in water: Constant relative solubility of N₂O*. *Fed Proc* 1979; 29: 330-340.
- 11) Reitan JA, Stengert KB, Wymore ML, et al. *Central vagal control of fentanyl induced bradycardia during halothan anesthesia*. *Anesth Analg* 1978; 57: 31-42.
- 12) Miller RD. *Anesthesia*. 3rd ed, New York: Churchill Livingstone. 1990: 322-323.