

Sevoflurane 마취시 후두마스크를 이용하여 자발호흡을 유지할 수 있다

연세대학교 의과대학 ¹마취통증의학과교실 및 ²마취통증의학연구소

이종석^{1,2} · 남상범^{1,2} · 조남룡¹ · 장철호¹ · 신양식^{1,2} · 신증수^{1,2}

During Inhalation Anesthesia with Sevoflurane Using LMA, Spontaneous Breathing is Feasible

Jong Seok Lee, M.D.^{1,2}, Sang Beom Nam, M.D.^{1,2}, Nam Ryong Cho, M.D.¹, Chul Ho Chang, M.D.¹, Yang-Sik Shin, M.D.^{1,2}, and Chung Soo Shin, M.D.^{1,2}

¹Department of Anesthesiology and Pain Medicine and ²Anesthesia and Pain Research Institute, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Background: Sevoflurane is used as an anesthetic agent is now commonly. Several studies have reported on the use of sevoflurane in spontaneous breathing patients. However none of these studies focused on spontaneous breathing under sevoflurane anesthesia with a laryngeal mask airway (LMA). The purpose of the present study was to assess the feasibility of spontaneous breathing during inhalation anesthesia using sevoflurane with an LMA.

Methods: We studied 50 patients undergoing elective upper/lower extremity surgery in which muscle relaxation was not required. All patients received thiopental sodium 5.5 mg/kg after glycopyrrolate 0.004 mg/kg premedication. They were allowed to breathe spontaneously after the insertion of an LMA under sevoflurane anesthesia. Ventilation was measured before induction and ventilatory variables of 3-4% sevoflurane were measured during spontaneous ventilation. Arterial blood gas analysis was also performed in both phases.

Results: During spontaneous breathing under sevoflurane anesthesia with LMA, tidal volume (TV) significantly reduced and respiration rate (RR) increased versus resting ventilation ($P < 0.05$). But, minute volume (MV) was not significantly different. PaCO₂, HCO₃⁻, total CO₂, BE were all significantly increased ($P < 0.05$).

Conclusions: It was concluded that spontaneous breathing can be maintained during clinical depth sevoflurane inhalation anesthesia in patients without a cardiopulmonary abnormality. (Korean J Anesthesiol 2005; 48: 475~8)

Key Words: inhalation anesthesia, laryngeal mask airway, sevoflurane, spontaneous respiration.

서 론

Sevoflurane은 혈액/가스 분배계수가 0.60으로 다른 흡입 마취제에 비해 마취 유도과 각성이 빠른 장점을 지닌다. 따라서 수술 조작을 위한 근육 이완이 필요 없고 수술 소요시간이 짧은 마취시 안면 마스크나 후두 마스크 등으로 기도를 유지하고 흡입마취를 적용할 때 흔히 사용된다. 이러한 경우 기계적 조절호흡이나 보조적 용수 환기보다는 자발호

흡을 유지할 수 있다면 환자의 심폐 생리에 변화를 주지 않고 각성 시에도 자발호흡으로의 전환에 따른 어려운 점을 면할 수 있다.

1987년에 Doi와 Ikeda는¹⁾ 기관내 삽관으로 전신 마취 시 sevoflurane이 1.4 MAC 이상에서 호흡 억제 작용을 보인다고 하였다. 반면, Pandit 등은^{2,3)} 0.1 MAC의 낮은 농도의 sevoflurane은 과탄산증(hypercapnia)과 저산소증(hypoxia)에 대한 호흡의 반사성 반응에 아무런 영향을 미치지 않았다고 하였다.

한편, 1980년대 초 기관 내 삽관튜브(endotracheal tube; ETT)나 안면 마스크와는 다른 기도 유지 도구로 후두마스크(Laryngeal mask airway; LMA)가 임상에 소개되었다.^{4,5)} LMA는 후두경을 사용하지 않고 삽입이 가능하고 자발호흡과^{6,7)} 조절호흡을⁸⁾ 모두 적용할 수 있는 방법으로 인정받고 있다. 흡입 마취 시 자발 호흡 또는 보조 호흡으로 마취 유지를 하

논문접수일 : 2004년 11월 19일

책임저자 : 신증수, 서울시 강남구 도곡동 146-92

연세대학교 의과대학 영동세브란스병원 마취통증의학과

우편번호: 120-752

Tel: 02-3497-3524, Fax: 02-3463-0940

E-mail: cheung56@yumc.yonsei.ac.kr

려는 시도가 행해지고 있으며, 특히 근 이완이 요구되지 않고 수술 소요시간이 짧은 외래수술 마취인 경우 자주 적용되고 있다. 이 경우 적절한 마취제로 빠른 유도과 각성이 용이한 sevoflurane을 사용하고 LMA를 이용하여 기도를 유지하는 방법이 이용되고 있다. 그러나, 실제 N₂O나 정맥마취제 등의 보조 약제 없이 적정 임상마취심도를 유지할 수 있는 1.5 MAC 정도의 sevoflurane 단일 흡입 마취하에서 호흡 억제 없이 자발 호흡의 유지가 가능한지는 뚜렷하게 밝혀진 바 없다.

이에 저자들은 마취 전과 sevoflurane 마취 유지 중의 자발 호흡에 따른 환기의 적정성을 비교함으로써 LMA를 이용한 기도 유지 하에 sevoflurane을 단독 사용한 마취 유지시 자발 호흡만으로 적정 환기를 유지할 수 있는지를 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

수술 소요 시간이 2시간 내외이고 미국마취과학회 신체 등급분류 I-II에 속하며 근이완을 필요로 하지 않는 상하지 수술을 받는 성인 남녀 환자 56명을 대상으로 하였다 (Table 1). 이 연구 계획에 대해 본 대학 임상연구심의위원회의 승인을 받았으며 모든 환자와 보호자에게 전 연구과정을 설명하여 허락을 얻었다. 대상 환자 중 폐질환이 있는 환자는 연구대상에서 제외하였다. 전처치로 glycopyrrolate 0.2 mg을 마취유도 15분 전에 정주한 후, 수술대로 옮겨 심전도 표준 전극 II, 자동 혈압계(측정 간격 3분), 맥박산소포화도 계측기 등을 부착하였다.

환자에게 양와위 자세에서 평소와 같이 숨을 쉬도록 설명하고 환자가 충분히 긴장이 풀려 매 1회 호흡량의 차가 거의 없고 호흡이 규칙적인 양상을 보일 때까지 기다린 후 respirometer (Haloscale Wright Respirometer[®], Ferraris, England)를 이용하여 분당 호흡수와 분시 호흡량을 측정하고, 이를 바탕으로 일회 호흡량을 계산하였다. 환자가 긴장을 하거나 의도적으로 숨을 크게 쉬다고 판단될 경우에는 5분 후에 같은 방법으로 다시 측정하였다. Thiopental sodium을 투여하기 전 환자가 규칙적인 호흡 양상을 보일 때 리도케인 국소마취 후 환자의 요골 동맥을 천자하여 동맥혈을 채취하였다.

마스크를 이용하여 산소 6 L/min로 호흡시킨 뒤 thiopental sodium 5.5 mg/kg를 정맥 주사하고 3-5% sevoflurane을 2-3분 흡입시킨 후 환자의 의식과 눈꺼풀 반사의 소실을 확인한 뒤 LMA를 삽입하였다. LMA는 남녀 체중에 따라 4 혹은 5번을 사용하였다. 청진상 양쪽 폐에서 호흡음이 잘 들리고, 운상연골 부분에서 공기 새는 소리가 들리지 않음을 확인한 뒤 LMA를 고정하였다. LMA를 마취기(Cato[™], Draeger, Germany)의 3 L의 저류낭을 부착한 폐쇄회로(circle system)에 연결하고 Sevoflurane은 기화기(Sigma Delta, Penlon, UK)의 dial setting을 3-4%로 조절하되 수술 중 호기말 농도가 3% (1.5 MAC) 정도에서 혈압, 맥박의 변화가 기준치의 10% 내외를 유지하도록 하였고 보조 환기를 시행하여 자발 호흡으로 전환하였다. 자발 호흡 밸브(spontaneous breathing valve)를 이용하여 산소와 공기는 각각 1.5 L/min의 유량으로 유지하며 자발호흡을 유도하였다. 자발호흡이 마취 전 분시 환기량의 80% 이상으로 돌아오고 규칙적 호흡 양상을 보이며 호기말 sevoflurane 농도가 흡입농도의 0.8 이상 됐을 때, respirometer를 LMA에 연결하여 마취 전 측정과 같은 방법으로 일회 호흡량, 분시 호흡량 및 분당 호흡수를 측정하고 이 때의 EtCO₂ 농도를 기록하였으며 동맥혈 가스 분석을 시행 하였다. 일회 호흡량, 분시호흡량, 호흡수, 호기말 이산화탄소 분압(EtCO₂) 및 capnogram은 마취기 내에 내장된 감시장치를 이용하여 지속적으로 관찰하였다. 호흡가스는 LMA와 호흡회로관 사이에 연결된 side stream 방식을 이용하여 측정했고 마취기와 내장된 감시 장치는 당일 아침 눈금 보정(calibration)을 하였다. 이 연구에서 1) 동맥혈 산소포화도 95 이하로 3분간 지속될 경우, 2) 호기말 이산화탄소 분압이 50 mmHg 이상으로 3분간 지속될 경우, 3) 혈압과 맥박수가 기준값보다 10% 이상 5분간 변화를 보일 때, 4) 호흡이 불규칙하거나 호흡정지를 보이는 경우에는 실패로 판정하고 보조 또는 조절 호흡으로 전환하고 실험대상에서 제외하였다.

모든 측정수치는 평균 ± 표준 편차로 나타내었다. LMA 삽입 전후 값을 비교하기 위해 쌍체 t 검정을 사용하였고 P 값이 0.05 미만인 경우 통계적 유의성이 있는 것으로 간주하였다.

결 과

LMA 삽입 직후 기침요동(bucking)이 있어서 연구대상에서 제외된 경우가 3건이었고, 수술하기에 충분한 마취 유지가 되지 않아 중단된 경우가 1건 있었으며, 자발 호흡시 일회 호흡량이 충분히 유지되지 않아 중단된 경우가 2건 있었다. 따라서 실패율은 56건 중 6건으로 10.7%를 보였다.

LMA 삽입 후 sevoflurane을 이용한 마취 유지시 분당 호

Table 1. Demographic Data

Sex (M : F)	30 : 20
Age (yr)	38.0 ± 14.0 (18-75)
Weight (kg)	67.8 ± 10.6 (46-97)

Values are mean ± SD. The value () are their ranges.

Table 2. Respiratory Parameters and End-tidal Sevoflurane Concentrations

	Estimated value*	Before induction	During anesthesia [†]
Respiratory rate (beats/min)	12	15.8 ± 2.9	29.4 ± 5.8
Tidal volume (ml)	500	509.0 ± 132.1	260.3 ± 70.0
Minute volume (ml)	6000	8081.8 ± 2375.6	7809.2 ± 2988.7
EtSevo [‡] (vol%)			2.72 ± 0.18

Values are mean ± SD. LMA: laryngeal mask airway. *Estimated value: originated from Guyton & Hall, 2000. [†] During anesthesia were measured at end-tidal to dial setting sevoflurane concentration ratio is same or bigger than 0.8 during anesthesia. [‡] EtSevo: end-tidal concentration of sevoflurane. ^{||}: P < 0.05 by paired *t*-test.

흡수는 마취 전 자발 호흡동안 15.8 ± 2.9 비해 29.4 ± 5.8로 의의 있는 증가를 보인 반면 일회 호흡량은 감소되었다(P < 0.05). 그러나 동시에 측정된 분시 호흡량에 있어서 큰 변화가 없었다(Table 2).

PaCO₂는 마취 전 40.5 mmHg에서 마취 유지 중 45.3 mmHg로 마취 전에 비해 증가되었으며(P < 0.05, Table 3), 이때 EtCO₂는 40 ± 4.0 mmHg이었다.

PaO₂는 FiO₂가 0.2에서 0.6으로 증가됨에 따라 91.3 mmHg에서 248 mmHg로 증가되었고 (P < 0.05), 맥박산소포화도는 관찰 기간 동안 96-100%를 유지하였다.

동맥혈 가스검사상 PaCO₂와 total CO₂가 증가됨에 따라 pH가 의의 있게 감소되는 것을 볼 수 있었고, HCO₃⁻와 base excess의 증가를 보였다(P < 0.05).

고 찰

본 연구는 sevoflurane 단독 흡입마취시 LMA를 사용한 자발호흡 유지가 가능한지를 평가하고자 LMA 삽입 상태에서 기도 유지로 1.5 MAC 내외의 sevoflurane 흡입시 일회호흡량, 호흡수, 분시환기량 및 기타 호흡관계 모수를 마취 유도전과 비교하였다. 일회 호흡량은 감소하고 호흡수는 증가하였으며 이산화탄소가 마취 유도 전에 비해 의의 있게 증가 하였으나 임상적으로 허용치 이내였으며 분시환기량은 유의한 차이가 없었고 저산소혈증도 볼 수 없었다.

LMA 삽입 직후 기침요동(bucking)을 보인 경우가 3건 있었는데 마취 심도가 낮은 경우로 연구대상에서는 제외 했지만 thiopental sodium 또는 sevoflurane 추가 투여 후 기침요동 없이 LMA 삽입하였다. 이에 저자들은 혈압이나 맥박에 큰 변화가 없다면 적절한 양의 thiopental sodium⁹⁾ 또는 sevoflurane을 투여하거나, LMA 삽입시 propofol의 사용이

Table 3. Arterial Blood Gas Analyses

	Before induction	During anesthesia*
pH	7.41 ± 0.02	7.37 ± 0.06 [†]
PaCO ₂ (mmHg)	40.5 ± 3.8	45.3 ± 3.3 [†]
PaO ₂ (mmHg)	91.3 ± 8.6	248.0 ± 44.7 [†]
HCO ₃ ⁻ (mM/L)	26.6 ± 5.3	30.9 ± 3.71 [†]
Total CO ₂ (mM/L)	27.9 ± 5.7	32.4 ± 3.9 [†]
BE (mM/L)	1.81 ± 4.34	4.47 ± 2.26 [†]

Values are mean ± SD. BE: base excess. *During anesthesia: data were measured when the ratio of sevoflurane concentration of end-tidal to dial setting is same or bigger than 0.8 during anesthesia. [†]: P < 0.05 compared to before induction by paired *t*-test.

반사작용을 줄이고 삽입이 용이하다는 보고처럼⁹⁻¹¹⁾ propofol로 마취유도를 했다면 반사작용을 줄일 수 있었을 것으로 생각된다. 이외에 수술하기에 충분한 마취 유지를 빨리 얻지 못해 중단된 경우 1건과 자발 호흡시 일회 호흡량이 충분히 유지되지 않아 중단된 경우가 2건으로 본 연구 방법에 따라 마취를 시행한 경우 성공한 예는 56예 중 50예로, 성공률은 89.3%였다. 그러나 실패한 3예가 LMA 삽입 자체를 실패한 것이므로 이를 제외한다면 성공률은 94.3%로 실패율은 5.7%로 볼 수 있을 것이다.

마취유지 중 자발호흡시 일회 호흡량이 감소되었는데, 이것은 Doi와 Ikeda의 연구 결과와¹⁾ 일치했다. 또한, 분당 호흡수도 두 연구에서 모두 증가했는데, 이는 순수한 sevoflurane의 영향이라기보다는 일회 호흡량의 감소에 따른 호흡의 보상성 작용으로 생각되었다. 아마도, 동맥혈 가스검사 에서 볼 수 있었던 PaCO₂의 증가가 호흡 중추를 자극했을 것으로 생각되며, 이로써 저자들은 sevoflurane 3-4%에서도 PaCO₂ 증가에 대한 호흡 반사는 소실되지 않았다고 추정할 수 있었다. 이는 Pandit 등이^{2,3)} sevoflurane 0.1 MAC에서 PaCO₂의 증가에 대한 호흡 반사가 소실되지 않음을 보고했던 것과 같은 결과지만, 이들의 연구에서 사용한 sevoflurane의 농도는 0.1%로, 본 연구에서 흡입 농도 3-4% (호기말 농도 2.4-3.2)와는 큰 차이가 있으며 이런 농도에서도 보상성 작용이 소실되지 않는지는 본 연구 결과만으로는 명확히 밝힐 수는 없었다.

본 연구에서 분시 호흡량은 유의한 차이가 없었으며 이는 앞에서 언급한 보상성 호흡수의 증가에 따른 것으로 생각되며, ETT를 삽입한 경우 1.4 MAC 이상의 sevoflurane이 호흡 억제 작용을 나타낸다는 연구와는¹⁾ 일치하지 않는 결과였다. 그러나 기도유지 목적으로 LMA를 사용하면 ETT 사용 시보다 기체의 흐름에 대한 저항이 적고¹²⁾ 자발 호흡상에서 LMA 삽입시 ETT에 비해 더 큰 일회 호흡량과 분시 호흡량을 가질 수 있다는 보고와¹³⁾ LMA 삽입시 ETT 보다 호흡 작업력(work of breathing; WOB)이 적다는 연구 결

과들을^{14,15)} 종합적으로 연관지어 볼 때 LMA를 사용한 마취 시 sevoflurane의 자발 호흡에 대한 억제 작용이 ETT 사용 시에 비해 덜 일어남을 알 수 있다. 본 연구에서 1.5 MAC 내외의 sevoflurane 사용 시 호흡억제가 없는 것은 LMA를 사용한 때문인 것으로 생각된다. LMA를 사용했을 때 ETT를 사용한 경우에 비해 일회 호흡량의 감소가 적게 일어난 것인지, 보상성 분당 호흡수의 증가가 많이 일어난 것인지는 본 연구만으로는 규명할 수 없었다. 본 연구 결과에서 LMA를 유지할 때 sevoflurane이 일회 호흡량의 감소를 일으키지만 분시환기량에는 차이가 없었으므로 자발 호흡에 대한 억제는 상쇄된 효과를 나타낸다고 할 수 있겠다.

PaO₂는 마취 시작 전 자발 호흡시 91.3 mmHg에서 적정 마취 심도 유지 중 248.7 mmHg로 증가하는 것을 볼 수 있는데 이는 대기호 호흡하다가 흡입산소농도를 0.60으로 증가시킴으로 인한 것이다. 본 연구에서 호기말 이산화탄소농도(EtCO₂)는 PaCO₂와 5.3 mmHg 정도의 차이를 보였는데, LMA 사용 시 PaCO₂와 EtCO₂ 관계를 조사한 다른 연구에서는^{16,17)} 0.52 kPa와 0.4 kPa를 보인 것에 비하면 더 큰 차이를 나타내고 있는데 이들은 기계적 환기를 시키는 환자를 대상으로 한 반면, 본 연구에서는 자발 호흡을 유지함으로써 일회호흡량에 대한 사상의 비율이 증가되었기 때문으로 생각된다. PaCO₂가 40.5 mmHg에서 45.3 mmHg로 증가됨에 따라 pH는 7.41에서 7.37로 약간 감소하였는데 이때 HCO₃⁻의 증가는 pH 감소에 따른 보상성으로 생각되며 이런 일련의 변화는 임상적으로 허용된 정상 범위 이내였다.

Pandit 등은²⁾ volunteer를 이용하여 sevoflurane 외의 인자를 제거한 연구를 진행하였으나 저자들은 LMA로 기도를 유지하고 수술 중 sevoflurane 3-4%를 흡입시키면서 자발 호흡을 유지할 수 있는지를 관찰한 것이므로, 농도가 이보다 낮거나 높을 시에도 같은 결과가 나올지에 대해서는 판단할 수 없었다. 또한 본 연구에서는 수술을 받는 환자들을 대상으로 수술 중 호기말 농도가 3% (1.5 MAC) 정도에서 혈압, 맥박의 변화가 기준치의 10% 내외를 유지 하도록 했지만 수술적 자극의 정도와 종류, 수술 시간, LMA 삽입 후 자발 호흡이 돌아오기까지의 시간적 차이 그리고 sevoflurane의 농도 변화 등이 한계로 작용하여 순수한 sevoflurane과 LMA의 영향인지에 대한 의문이 제기되었다.

심폐 기능의 이상이 없는 건강한 성인에서 sevoflurane 단독 투여 마취시 LMA를 사용하여 기도를 유지하는 경우 일회호흡량의 감소와 약간의 CO₂ 축적과 이로 인한 미미한 동맥혈 pH의 감소 등을 보이고, 보상성 호흡수의 증가나 대사성알칼리증이 보였지만 자발 호흡 유지가 가능하였다. 따라서 심폐기능의 이상이 없는 건강한 성인에서 큰 이완제가 요구되지 않으면서 수술시간이 짧은 경우 흡입마취제로 sevoflurane을 사용하고 LMA로 기도유지를 하면서 적정

마취 심도에서 수술을 진행할 수 있다고 사료된다.

참 고 문 헌

1. Doi M, Ikeda K: Respiratory effect of sevoflurane. *Anesth Analg* 1987; 66: 241-4.
2. Pandit JJ, Manning-Fox J, Dorrington KL, Robbins PA: Effect of subanaesthetic sevoflurane on ventilation. 1: Response to acute and sustained hypercapnia in humans. *Br J Anaesth* 1999; 83: 204-9.
3. Pandit JJ, Manning-Fox J, Dorrington KL, Robbins PA: Effect of subanaesthetic sevoflurane on ventilation. 2: Response to acute and sustained hypoxia in humans. *Br J Anaesth* 1999; 83: 210-6.
4. Brain AI: The laryngeal mask a new concept in airway management. *Br J Anaesth* 1983; 55: 801-5.
5. Brain AI, McGhee TD, McAteer EJ, Thomas A, Abu-Saad MA, Bushman JA: The laryngeal mask airway. Development and preliminary trials of a new type of airway. *Anaesthesia* 1985; 40: 356-61.
6. Brodrick PM, Webster NR, Nunn JF: The laryngeal mask airway. A study of 100 patients during spontaneous breathing. *Anaesthesia* 1989; 44: 238-41.
7. Sarma VJ: The use of a laryngeal mask airway in spontaneously breathing patients. *Acta Anaesthesiol Scand* 1990; 34: 669-72.
8. Alexander CA, Leach AB: The laryngeal mask. Experience of its use in a District General Hospital. *Today's Anaesthetist* 1989; 4: 200-5.
9. Brown GW, Patel N, Power M, Kirby F: Comparison of propofol and thiopentone for laryngeal mask insertion. *Anaesthesia* 1991; 46: 771-2.
10. Scanlon P, Carey M, Power M, Kirby F: Patient response to laryngeal mask insertion after induction of anesthesia with propofol or thiopentone. *Can J Anaesth* 1993; 40: 816-8.
11. Acalovschi I, Miclescu A, Bugov L: The effect of propofol on laryngeal activity and the haemodynamic response to laryngeal mask insertion. *Eur J Anaesthesiol* 1995; 12: 351-6.
12. Bhatt SB, Kendall AP, Lin ES, Oh TE: Resistance and additional inspiratory work imposed by the laryngeal mask airway. A comparison with tracheal tubes. *Anaesthesia* 1992; 47: 343-7.
13. Reignier J, Ben Ameer M, Ecoffey C: Spontaneous ventilation with halothane in children: A comparative study between endotracheal tube and laryngeal mask airway. *Anesthesiology* 1995; 83: 674-8.
14. Joshi GP, Morrison SG, White PF, Miciotto CJ, Hsiaet CCW: Work of breathing in anesthetized patients: laryngeal mask airway versus tracheal tube. *J Clin Anesth* 1998; 10: 268-71.
15. Bhatt SB, Kendall AP, Lin ES: Resistance and additional work imposed by the laryngeal mask airway. *Anaesthesia* 1992; 47: 343-7.
16. Hicks IR, Soni NC, Shephard JN: Comparison of end-tidal and arterial carbon dioxide measurements during anaesthesia with the laryngeal mask airway. *Br J Anaesth* 1993; 71: 734-5.
17. Casati A, Fanelli G, Cappelleri G, Albertin A, Anelati D, Magistris L, et al: Arterial to end-tidal carbon dioxide tension difference in anesthetized adults mechanically ventilated via a laryngeal mask or a cuffed oropharyngeal airway. *Eur J Anaesthesiol* 1999; 16: 534-8.