

## 신선가스 유량과 마취회로에 따른 흡입마취제의 사용량 비교

전북대학교 의학전문대학원 마취통증의학교실

김덕규 · 최진욱 · 손지선 · 임형선 · 고성훈 · 이상귀

### A comparison of the consumption of inhaled anesthetics according to fresh gas flow and anesthetic circuits

Deok Kyu Kim, Jin Wook Choi, Ji Seon Son, Hyung Sun Lim, Seong Hoon Ko, and Sang Kyi Lee

Department of Anesthesiology and Pain Medicine, Chonbuk National University Medical School, Jeonju, Korea

**Background:** In the Korean National Health Insurance Corporation (KNHIC), payment for inhaled anesthetics are made according to the simulated dose and not the consumed dose. We compare the consumption of inhaled anesthetics according to fresh gas flow (FGF) and anesthetic circuits to compare the consumption of anesthetics and the guidelines for KNHIC payments.

**Methods:** 161 patients were randomized into six groups who received isoflurane using a closed circuit (group I-C), a semi-closed circuit with FGF 3 L/min (group I-3), or 4 L/min (group I-4), as for the sevoflurane group (group S-C, S-3, and S-4). Mean arterial pressure (MAP) and heart rate (HR) were maintained within  $\pm 20\%$  of baseline. Minimum alveolar concentration (MAC) and consumption of inhaled anesthetics were recorded by a new anesthetic machine.

**Results:** There were no significant differences among the groups for MAP, HR, and MAC. During anesthesia maintenance, the mean consumption per 15 minutes of inhaled anesthetics was significantly lower in group I-C ( $1.0 \pm 0.3$  ml) than in group I-3 ( $3.5 \pm 0.7$  ml) and than group I-4 ( $4.9 \pm 0.9$  ml) and similar to the sevoflurane groups (group S-C [ $1.3 \pm 0.4$  ml] vs group S-3 [ $5.3 \pm 1.0$  ml] vs group S-4 [ $6.9 \pm 1.3$  ml], respectively;  $P < 0.05$ ).

**Conclusions:** In sevoflurane groups, inhaled anesthetics were consumed more than in isoflurane groups. The KNHIC payment guidelines were close to the actual consumption of inhaled anesthetics under using a semi-closed circuit with FGF 3 L/min in sevoflurane and FGF 4 L/min in isoflurane. (Korean J Anesthesiol 2009; 56: 125~30)

**Key Words:** Consumption, Fresh gas flow, Health insurance, Isoflurane, Sevoflurane.

## 서 론

흡입마취제를 사용하여 전신마취를 할 때 우리 나라의 마취통증의학과 의사들은 분당 3 L 또는 4 L의 신선가스 유량(fresh gas flow, FGF)을 선호하는 것으로 알려져 있다 [1]. 신선가스 유량을 증가시키면 마취유도나 각성 시 흡입마취제의 폐포 농도를 빠르게 증가 또는 감소시킬 수 있는 장점이 있는 반면, 흡입마취제의 사용량이 증가하고 이에 따른 공기의 오염이 증가한다 [2,3]. 따라서 최근에는 감시 장비와 마취기의 발달로 인하여 신선가스 유량을 크게 감소

시켜 사용할 뿐만 아니라 폐쇄식 마취회로를 이용하는 경우도 있다.

흡입마취제의 사용량은 마취 시간뿐만 아니라 신선가스 유량에 절대적인 영향을 받음에도 불구하고 우리나라 건강(의료)보험 체계에서는 실제 사용된 흡입마취제의 용량이 아닌 마취 시간을 기준으로 이미 정해진 용량에 대해서만 보험 급여를 하고 있다. 이는 아마도 마취의사에 따라 사용하는 신선가스 유량에 차이가 있고, 환자에게 사용된 정확한 흡입마취제의 사용량을 측정하기가 매우 어렵기 때문일 것이라고 생각한다. 또한, 마취통증의학과 의사들도 “흡입마취제를 이용한 전신마취를 할 때 사용된 마취제의 양이 얼마나 되는지?”, “사용된 흡입마취제의 양이 건강보험 급여 기준과 비교하여 적절한가?”는 잘 모르는 실정이다. 그런데 최근에는 마취기의 발달로 일부 마취기는 흡입마취제의 기화기가 디지털화 되어 흡입마취제의 사용량을 실시간으로 표시해 주는 기능을 갖고 있다.

이에 저자들은 보편적으로 이용되는 반폐쇄식 마취회로

Received: July 11, 2008.

Accepted: October 10, 2008.

Corresponding author: Seong Hoon Ko, M.D., Ph.D., Department of Anesthesiology and Pain Medicine, Chonbuk National University Medical School, 634-18, Geumam-dong, Deokjin-gu, Jeonju 561-712, Korea. Tel: 82-63-250-1241, Fax: 82-63-250-1240, E-mail: shko@chonbuk.ac.kr

Copyright © Korean Society of Anesthesiologists, 2009

에서 선호되는 신선가스 유량인 분당 3 L와 4 L를 사용했을 경우와 폐쇄식 마취회로를 사용했을 경우에서 시간에 따른 isoflurane과 sevoflurane의 사용량을 알아보고, 우리나라 건강보험 급여기준과 비교하고자 하였다.

**대상 및 방법**

본 연구는 미국마취과학회 신체등급 분류에서 1 또는 2에 해당하는 18-70세의 환자로 전신마취를 이용한 2시간 이상의 계획수술이 예정된 161명을 대상으로 하였고, 수술 전 방문에서 연구의 취지와 방법에 대해 설명 후 동의를 받았다. 대상 환자는 사용한 마취제와 마취회로 및 신선가스 유량에 따라 무작위로 여섯 군으로 나누었는데, isoflurane를 투여하면서 폐쇄식 마취회로를 이용한 군(I-C군), 반폐쇄식 마취회로를 이용하면서 분당 신선가스 유량을 3 L 사용한 군(I-3군)과 4 L 사용한 군(I-4군)으로 나누었고, sevoflurane을 투여하면서 폐쇄식 회로를 이용한 군(S-C군), 반폐쇄식 회로를 이용하면서 분당 신선가스 유량을 3 L 사용한 군(S-3군), 4 L 사용한 군(S-4군) 등 이다. 마취유도 후 2시간 이내에 수술이 종료된 40명은 결과에서 배제하였다. 각 군의 나이, 성별, 키, 몸무게에는 차이가 없었다(Table 1).

마취 전투약은 하지 않았으며, 환자가 수술실에 도착하면 심전도, 혈압계, 맥박산소포화도 측정기 등의 감시 장치를 부착하여 마취유도 전 활력징후를 측정하였다. 모든 군에서 동일하게 마취유도는 thiopental sodium 5 mg/kg를 투여하여 의식이 소실되면 isoflurane 3.0 vol% 또는 sevoflurane 4.0 vol%로 기화기를 설정하고 신선가스로 O<sub>2</sub>와 N<sub>2</sub>O를 각각 분당 2 L를 사용하여 용수환기를 시작하였다. 근이완을 위해 rocuronium 1 mg/kg을 투여하였으며 호기말에 측정된 흡입 마취제와 N<sub>2</sub>O의 농도로 계산한 최소폐포농도(minimum alveolar concentration, MAC)값의 합이 2.0 MAC에 도달하였을 때 기관내삽관을 시행하였다. 호흡음의 청진과 호기말 이산화탄소 분압으로 기관내삽관을 확인 한 후 마취기(Zeus™,

Dräger, Germany)를 이용하여 기계환기를 시작하였다. 실험 군에 따라 폐쇄식 또는 반폐쇄식 마취회로를 설정하였고, 반폐쇄식 마취회로에서는 신선가스 유량을 분당 3 L 또는 4 L로 설정하였다. 일회호흡량은 8 ml/kg으로 수술 전기간에 동일하게 유지하였고, 호흡수는 분당 10회로 시작하여 호기말 이산화탄소 분압을 30-35 mmHg로 유지하는 범위에서 조절하였다. 흡입마취제의 사용량은 기관내삽관 후 기계환기 시작 직전에 확인하여 기록하고 그 이후에는 15분 간격으로 기록하였으며 동시에 흡입마취제의 흡기 및 호기 농도와 N<sub>2</sub>O를 포함한 MAC값을 기록하였으며, 폐쇄식 마취회로를 이용한 군에서는 산소의 평균유량을 추가로 기록하였다. 수술 중 활력징후는 수술 전 활력징후의 20% 안에서 유지하도록 노력하였으며, 마취의사가 활력징후의 유지를 위해 필요하다고 생각되는 경우에는 승압제나 항고혈압제를 투여하고 이를 기록하였다. 마취의 유도 및 유지의 모든 과정에서 마약제제를 사용하지 않았다.

수술이 2시간 이상 소요된 환자에서는 마취유도 후 2시간 까지만 통계에 이용하였다. 모든 결과는 평균 ± 표준편차로 표시하였고, 각 군간 비교는 one-way ANOVA로 하였으며, P값이 0.05 미만일 때 유의한 것으로 하였다.

**결 과**

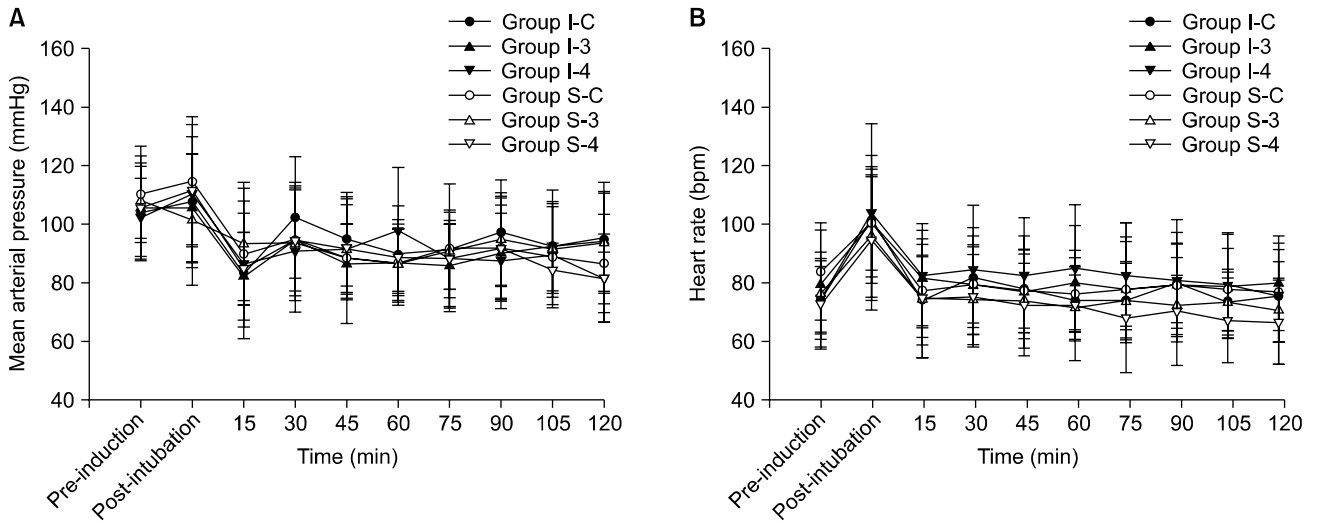
마취 중 각 군간 평균동맥압과 심박수의 차이는 없었으며(Fig. 1), 호기말 MAC값 또한 차이가 없었다(Fig. 2). 마취 중 승압제나 항고혈압제를 사용한 환자는 없었다.

Isoflurane을 투여한 I-C군, I-3군, I-4군에서 마취유도 과정에 사용된 isoflurane의 사용량은 각각 5.1 ± 1.3, 5.6 ± 1.3, 5.3 ± 1.2 ml이었고 세 군간 차이는 없었다. 이 후 2시간까지의 유지과정에서 isoflurane의 15분당 평균 사용량은 I-3군 3.5 ± 0.7 ml, I-4군 4.9 ± 0.9 ml로 I-3군에서 I-4군보다 적었다. 폐쇄식 마취회로를 이용한 I-C군에서는 isoflurane의 15분당 평균 사용량이 1.0 ± 0.3 ml로 I-3군과 I-4군과 비교해

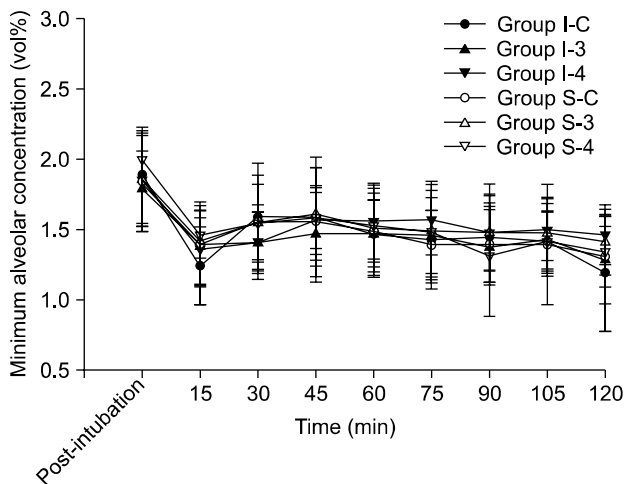
**Table 1.** Demographic Data

Group	I-C (n = 21)	I-3 (n = 21)	I-4 (n = 17)	S-C (n = 20)	S-3 (n = 23)	S-4 (n = 19)
Age (yr)	51.7 ± 10.8	48.2 ± 13.5	49.1 ± 13.3	49.4 ± 13.7	49.0 ± 12.6	47.2 ± 13.6
Sex (M/F)	9/12	9/12	8/9	8/12	10/13	8/11
Height (cm)	157.9 ± 8.3	161.8 ± 7.2	163.8 ± 6.4	160.4 ± 10.8	162.0 ± 8.0	161.2 ± 8.5
Weight (kg)	58.7 ± 9.7	60.6 ± 9.2	64.3 ± 13.3	63.1 ± 11.9	61.9 ± 8.8	60.7 ± 9.4

Values are mean ± SD. Group I-C: isoflurane using closed circuit, Group I-3: isoflurane using semi-closed circuit with fresh gas flow (FGF) 3 L/min, Group I-4: isoflurane using semi-closed circuit with FGF 4 L/min, Group S-C: sevoflurane using closed circuit, Group S-3: sevoflurane using semi-closed circuit with FGF 3 L/min, Group S-4: sevoflurane using semi-closed circuit FGF 4 L/min. There are no significant differences among the groups.



**Fig. 1.** The changes of mean arterial pressure (A) and heart rate (B). Group I-C: isoflurane using closed circuit, Group I-3: isoflurane using semi-closed circuit with fresh gas flow (FGF) 3 L/min, Group I-4: isoflurane using semi-closed circuit with FGF 4 L/min, Group S-C: sevoflurane using closed circuit, Group S-3: sevoflurane using semi-closed circuit with FGF 3 L/min, Group S-4: sevoflurane using semi-closed circuit FGF 4 L/min. There are no significant differences among the groups.



**Fig. 2.** The changes of minimum alveolar concentration. Group I-C: isoflurane using closed circuit, Group I-3: isoflurane using semi-closed circuit with fresh gas flow (FGF) 3 L/min, Group I-4: isoflurane using semi-closed circuit with FGF 4 L/min, Group S-C: sevoflurane using closed circuit, Group S-3: sevoflurane using semi-closed circuit with FGF 3 L/min, Group S-4: sevoflurane using semi-closed circuit FGF 4 L/min. There are no significant differences among the groups.

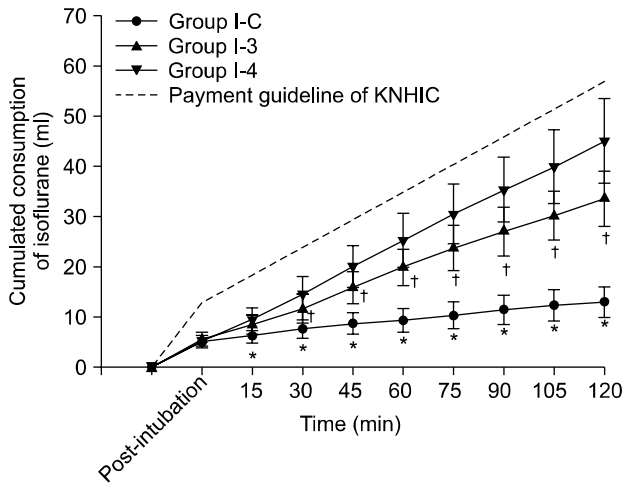
큰 차이를 보였고, I-C군의 평균 산소 유량은  $172 \pm 35$  ml/min이었다. 본 연구에서의 isoflurane 사용량을 우리나라 건강보험 급여기준인 초회량 15분 12.9 ml, 유지량 15분당 5.5 ml와 비교하면 분당 4 L의 신선가스 유량을 사용했던 경우보다도 건강보험 급여기준이 약간 높았다(Table 2).

**Table 2.** Mean Consumption of Isoflurane and Sevoflurane

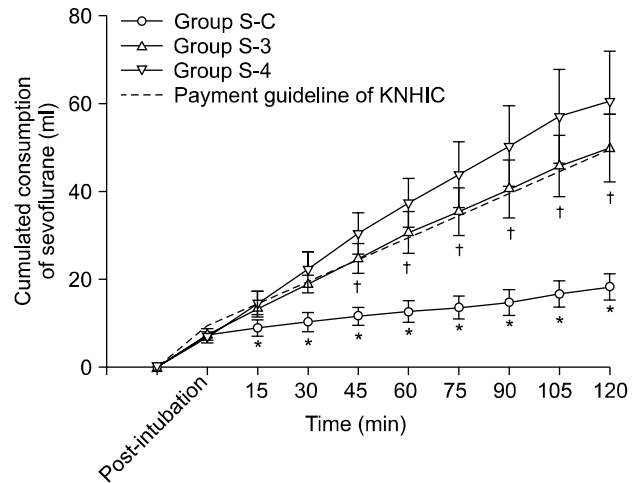
	Induction (ml)	Maintenance (ml/15 min)
Isoflurane		
Group I-C	$5.1 \pm 1.3$	$1.0 \pm 0.3^*$
Group I-3	$5.6 \pm 1.3$	$3.5 \pm 0.7^\dagger$
Group I-4	$5.3 \pm 1.2$	$4.9 \pm 0.9$
Sevoflurane		
Group S-C	$7.1 \pm 1.6$	$1.3 \pm 0.4^\ddagger$
Group S-3	$7.5 \pm 1.3$	$5.3 \pm 1.0^\S$
Group S-4	$6.9 \pm 1.3$	$6.9 \pm 1.3$

Values are mean  $\pm$  SD. Group I-C: isoflurane using closed circuit, Group I-3: isoflurane using semi-closed circuit with fresh gas flow (FGF) 3 L/min, Group I-4: isoflurane using semi-closed circuit with FGF 4 L/min, Group S-C: sevoflurane using closed circuit, Group S-3: sevoflurane using semi-closed circuit with FGF 3 L/min, Group S-4: sevoflurane using semi-closed circuit FGF 4 L/min. \*P < 0.05 compared with group I-3 and group I-4,  $^\dagger$ P < 0.05 compared with group I-4,  $^\ddagger$ P < 0.05 compared with group S-3 and group S-4,  $^\S$ P < 0.05 compared with group S-4.

Sevoflurane을 투여한 군에서도 isoflurane과 비슷한 양상을 보여 S-C군, S-3군, S-4군은 마취유도 과정에 각각  $7.1 \pm 1.6$ ,  $7.5 \pm 1.3$ ,  $6.9 \pm 1.3$  ml의 sevoflurane을 사용하였고 세 군간 차이는 없었다. 마취유지 과정에서는 sevoflurane의 15분당 평균 사용량이 S-3군은  $5.3 \pm 1.0$ , S-4군은  $6.9 \pm 1.3$  ml로 S-3군에서 S-4군보다 적었고, S-C군은 평균 산소 유량이  $206 \pm 48$  ml/min만 소모되었고 sevoflurane의 15분당 평균 사용량이  $1.3 \pm 0.4$  ml로 S-3군과 S-4군에 큰 차이를 보



**Fig. 3.** The cumulated consumption of isoflurane. I-C: isoflurane using closed circuit, Group I-3: isoflurane using semi-closed circuit with fresh gas flow (FGF) 3 L/min, Group I-4: isoflurane using semi-closed circuit with FGF 4 L/min, KNHIC: Korean National Health Insurance Corporation. \*P < 0.05 compared with group I-3 and group I-4, †P < 0.05 compared with group I-4.



**Fig. 4.** The cumulated consumption of sevoflurane. S-C: sevoflurane using closed circuit, Group S-3: sevoflurane using semi-closed circuit with fresh gas flow (FGF) 3 L/min, Group S-4: sevoflurane using semi-closed circuit with FGF 4 L/min, KNHIC: Korean National Health Insurance Corporation. \*P < 0.05 compared with group S-3 and group S-4, †P < 0.05 compared with group S-4.

였다. Sevoflurane은 건강보험 급여기준이 초회량 15분 9.5 ml, 유지량 15분당 5.0 ml이므로 신선가스 유량을 분당 3 L 이상 사용할 경우에는 isoflurane과는 달리 sevoflurane의 사용량이 건강보험 급여기준을 초과한다고 할 수 있다(Table 2).

기계환기 시작 후 2시간에서 isoflurane과 sevoflurane의 누적 사용량은 신선 가스유량에 따라 큰 차이를 보였다. Isoflurane을 사용하고 폐쇄식 마취회로를 이용한 I-C군은 반 폐쇄식 마취회로를 이용한 I-3군, I-4군과 비교하여 기관내삽관 15분 후부터 차이를 보여 2시간 누적 사용량의 비교에서 큰 차이를 보였다(I-C: 13.0 ± 3.0 vs I-3: 33.5 ± 5.5 vs I-4: 45.0 ± 8.5 ml) (Fig. 3). Sevoflurane을 사용한 환자에서도 S-C군은 S-3군, S-4군과 마취유도 후 15분부터 차이를 보였으며, 2시간 누적 사용량에서 큰 차이를 보였다(S-C: 18.3 ± 3.0 vs S-3: 49.9 ± 7.7 vs S-4: 60.5 ± 11.4 ml) (Fig. 4).

### 고찰

본 연구의 반폐쇄식 마취회로를 적용한 군들에서 전신마취 유도과정과 2시간까지의 마취유지과정 중에서 isoflurane의 총사용량은 I-3군에서 33.5 ± 5.5 ml, I-4군에서 45.0 ± 8.5 ml이고, sevoflurane의 총사용량은 S-3군에서 49.9 ± 7.7 ml, S-4군에서 60.5 ± 11.4 ml로 신선가스 유량이 많을수록 사용량이 증가했고 같은 신선가스 유량을 사용한 경우에는 sevoflurane이 isoflurane보다 많은 용량이 소모되었다. 흡입마취에서 흡입마취제의 투여량은 환자에게 공급되는 흡기가

스 중 흡입마취제의 농도에 의해 결정되며 흡기가스 중 흡입마취제의 농도는 vol%로 표시한다. 그러므로 신선가스 유량이 클수록 소모되는 흡입마취제의 절대량이 증가하는 것은 당연하다. 동등한 MAC값을 유지했다고 가정하면 흡입마취제 사용량의 차이는 기본적으로 신선가스 유량의 차이 뿐만 아니라 흡입마취제의 역가(potency)에 따라 다르다 [3,4]. 또한 흡입마취제의 용해도에 따라 흡입마취제의 사용량이 달라질 수 있는데, 용해도가 낮을수록 흡입마취제가 혈액에 녹는 양이 적어 시간이 지남에 따라 일정한 MAC값을 유지하는데 필요한 흡입마취제 용량이 점차 감소한다고 알려져 있다 [4,5]. Sevoflurane의 1 MAC는 1.8 vol%이고 isoflurane은 1.2 vol%로 isoflurane이 약 1.5배 강력하다고 할 수 있다. 이는 이론상으로 역가만을 놓고 보면 isoflurane의 사용량에 비해 sevoflurane의 사용량이 1.5배 많다는 것을 의미한다. 본 연구에서 동일한 신선가스 유량을 사용한 isoflurane과 sevoflurane의 사용량을 비교하여 보면 분당 3 L의 신선가스 유량을 사용한 경우에는 sevoflurane의 사용량이 isoflurane 사용량의 약 1.5배였고 분당 4 L의 신선가스 유량에서는 약 1.3배 이었는데, 이론상으로는 신선가스의 유량이 작을수록 용해도에 의한 효과가 크게 나타나서 sevoflurane의 사용량이 상대적으로 작아야 하는데 본 연구의 결과에서는 반대로 나타났다. 이는 본 연구의 방법에서 수술 전 기간에 일정한 MAC값을 유지하지 않았던 결과라 생각할 수 있다. 아마도 용해도에 의한 마취제 사용량의 차이를 보고자 한다면 임상에서 흡입마취제의 사용 방법과는 다르게 일정한

흡입분율(또는 MAC)을 유지하여야 그 결과를 알 수 있을 것이다. 본 연구의 결과만으로는 흡입마취제의 용해도는 사용량에 큰 영향을 주지 않았다고 할 수 있겠다. 폐쇄식 마취회로를 이용한 경우에는 sevoflurane의 사용량이 isoflurane의 약 1.4배 많았으나 이때는 일정한 신선가스 유량을 유지한 것이 아니기 때문에 비교할 수 없다고 생각한다.

본 연구의 흡입마취제 사용량을 건강보험 급여기준과 비교하면 현재 우리나라의 건강보험 급여기준은 실제 사용량이 아니라 투여시간에 따라 일괄적인 용량을 제시하는데, isoflurane은 초회량으로 15분까지 12.9 ml와 그 후 유지량으로 15분당 5.5 ml이고 sevoflurane은 초회량으로 9.5 ml와 유지량으로 5.0 ml가 사용된다고 가정하여 마취유지 시간으로 흡입마취제의 사용량에 대한 보험 급여를 한다. 본 연구에서는 마취유도 후 기계호흡을 기준으로 하여 유도과정의 사용량과 그 이후 15분 간격의 사용량을 측정하였기 때문에 본 연구의 결과를 우리나라 건강보험 급여 기준의 초회량과 직접 비교하는 것은 무리가 있다. 그러나 유지량의 경우에는 isoflurane은 신선가스 유량으로 분당 4 L를 사용한 I-4군에서도 건강보험 급여기준보다 약간 적은 양이 사용되었지만 sevoflurane은 분당 4 L의 신선가스 유량에서는 건강보험 급여기준보다 훨씬 많은 양이 사용되었고 신선가스 유량으로 분당 3 L를 사용한 S-3군조차도 보험 급여기준보다 많은 양의 sevoflurane이 사용되었다.

본 연구의 결과를 바탕으로 경제성을 판단해 보면 50% N<sub>2</sub>O와 함께 sevoflurane을 사용하는 전신마취에서는 신선가스 유량을 분당 3 L이하로 유지해야 한다는 결론을 유추할 수 있다. 그러나 흡입마취를 위해 사용하는 신선가스 유량의 선택은 마취의사의 선호도에 따라 크게 달라 아직도 많은 마취의사가 분당 4 L 이상의 신선가스 유량을 선호하고 있다. 또한 신선가스 유량을 낮추기 위해서는 환자의 호흡가스 정보를 정확히 감시할 수 있는 감시 장치를 통해 환자의 안전을 확보해야 하지만 이런 호흡가스 분석기는 고가의 의료장비이다. 그러므로 전체적인 의료비용 측면에서 흡입마취제 절약을 위해 신선가스 유량을 낮추는 것은 신중하게 고려해야 하며 우리나라의 건강보험은 아직까지 이런 고가의 호흡가스 분석기의 감시료를 인정하지 않고 있다. 또한 신선가스 유량을 낮출수록 마취회로 내에 메탄(methane)이 축적되어 적외선을 이용하는 호흡가스 분석기의 정확도를 감소시키고 [6] 이산화탄소 흡수제를 통한 재호흡이 많아져 흡입마취제와 이산화탄소 흡수제 간의 반응산물인 일산화탄소와 [7,8] compound A가 [9,10] 마취회로 내에 축적 되어 독성작용을 나타낼 가능성도 있다.

본 연구의 폐쇄식 마취회로를 적용한 군들에서 마취유지과정 중 흡입마취제의 15분당 평균 사용량은 I-C군에서 1.0 ± 0.3 ml, S-C군에서 1.3 ± 0.4 ml로 반폐쇄식 회로를 적용

한 군에 비해 흡입마취제를 굉장히 절약할 수 있고, 신선가스 중 평균 산소 유량 또한 I-C군은 172 ± 35 ml/min이고 S-C군은 206 ± 48 ml/min으로 매우 적은 양이 소모되었다. 폐쇄식 마취회로란 이론적으로 환자에 의해 섭취되는 가스 소모량만을 신선가스로 공급하는 방법으로 이를 위해서는 여러 가지 특수한 장치들이 필요하다. 신선가스 유량이 매우 낮아 일반적인 기화기에서는 환자에게 투여되는 흡입마취제의 양을 조절하기 어려워 특수한 기화기를 사용하는데, 일반적인 기화기는 마취회로 밖에(out of circuit) 위치하는 것과 달리 본 연구에서 이용한 마취기(Zeus™, Dräger, Germany)의 기화기는 흡입마취제를 압축하여 마취회로내로 직접 분사(direct injection)하는 방식을 취하고 있다. 또한 신선가스 유량이 매우 낮으므로 환자에게 투여되는 흡입마취제와 산소 등의 농도를 정확히 감시할 수 있는 호흡가스 분석기가 필수적이다 [11]. 이렇게 폐쇄식 회로를 이용하기 위해서는 특별히 고안된 매우 고가의 장비가 필요하므로 단순히 흡입마취제의 절약을 위해서 폐쇄식 회로를 사용하는 것 역시 신선가스 유량을 줄이는 방법과 동일하게 전체적인 의료비용을 잘 고려해야 하겠다. 또한 신선가스 유량의 감소로 인해 발생하는 여러 가지 축적 산물들은 폐쇄회로에서 더욱 증가하여 부작용 가능성 또한 증가한다.

결론적으로 신선가스 유량을 줄일수록 isoflurane과 sevoflurane의 사용량을 줄일 수 있으나, 단순히 흡입마취제의 절약을 위해서 신선가스 유량을 감소시키는 것은 환자의 안전을 위해 고가의 마취 및 감시 장치가 필요하므로 여러 문제를 고려해야 한다고 생각한다. 현재 우리나라 건강보험 급여기준과 비교할 때 isoflurane과 sevoflurane의 사용량은 각각 분당 약 4 L와 3 L의 신선가스 유량에서 보험 급여기준에 근접한다. 따라서 현재 우리나라의 많은 마취의사가 선호하는 신선가스 유량인 분당 4 L의 경우에는 isoflurane의 보험급여 기준은 적절하다고 할 수 있으나, sevoflurane은 실제 사용량에 보험급여 기준이 훨씬 못 미치므로 이에 대한 적절한 평가와 시정 노력이 필요하다고 생각한다.

## REFERENCES

1. Jang YH, Kim JW. Practical choice and knowledge of Korean anesthesiologists for fresh gas flow. *Korean J Anesthesiol* 2004; 46: 78-82.
2. Body SC, Fanikos J, DePeiro D, Philip JH, Segal BS. Individualized feedback of volatile agent use reduces fresh gas flow rate, but fails to favorably affect agent choice. *Anesthesiology* 1999; 90: 1171-5.
3. Cotter SM, Petros AJ, Doré CJ, Barber ND, White DC. Low-flow anaesthesia. Practice, cost implications and acceptability. *Anaesthesia* 1991; 46: 1009-12.

4. Weiskopf RB, Eger EI II. Comparing the costs of inhaled anesthetics. *Anesthesiology* 1993; 79: 1413-8.
  5. Eger EI II. Uptake and distribution. In: *Miller's Anesthesia*. 6th ed. Edited by Miller RD: Philadelphia, Elsevier. 2005, pp 146-7.
  6. Versichelen L, Rolly G, Vermeulen H. Accumulation of foreign gases during closed-system anaesthesia. *Br J Anaesth* 1996; 76: 668-72.
  7. Wissing H, Kuhn I, Warnken U, Dudziak R. Carbon monoxide production from desflurane, enflurane, halothane, isoflurane, and sevoflurane with dry soda-lime. *Anesthesiology* 2001; 95: 1205-12.
  8. Berry PD, Sessler DI, Larson MD. Severe carbon monoxide poisoning during desflurane anesthesia. *Anesthesiology* 1999; 90: 613-6.
  9. Frink EJ Jr, Malan TP, Morgan SE, Brown EA, Malcomson M, Brown BR Jr. Quantification of the degradation products of sevoflurane in two CO<sub>2</sub> absorbants during low-flow anesthesia in surgical patients. *Anesthesiology* 1992; 77: 1064-9.
  10. Catania JM, Parrish AR, Gandolfi AJ. Toxicity of a sevoflurane degradation product incubated with rat liver and renal cortical slices. *Drug Chem Toxicol* 2001; 24: 347-57.
  11. Möllhoff T, Burgard G, Prien T. Low-flow and minimal-flow anaesthesia using the laryngeal mask airway. *Eur J Anaesthesiol* 1996; 13: 456-62.
-