Desflurane-N₂O-O₂와 Isoflurane-N₂O-O₂를 이용한 흡입마취의 회복시 특성

전남대학교 의과대학, *치과대학 마취과학교실

김미경 · 박상현 · 정성수* · 정창영 · 임웅모

= Abstract =

Recovery Profile after Inhalation Anesthesia Using Desflurane-N₂O-O₂ Versus Isoflurane-N₂O-O₂

Mi Kyoung Kim, M.D., Sang Hyun Kwak, M.D., Sung Su Chung, M.D.*
Chang Young Jeong, M.D. and Woong Mo Im, M.D.

Department of Anesthesiology, Chonnam University Medical School,
College of *Dentistry, Kwangju, Korea

Background: Desflurane is a new inhalation anesthetic with a low blood/gas solubility which should allow fast induction and emergence from anesthesia. This study was designed to compare the induction and recovery characteristics of gynecologic surgical patients receiving either desflurane or isoflurane with nitrous oxide for the maintenance of general anesthesia.

Methods: After standardized induction of anesthesia with fentanyl, propofol, succinylcholine and tracheal intubation, patients undergoing elective gynecologic surgery randomly divided into desflurane group (n=21) or isoflurane group (n=20). Induction and recovery time and the incidence of postoperative nausea and vomiting and recall were compared between the two groups.

Results: Although anesthetic conditions were similar during operation in the two groups, significant differences were noted in induction and recovery profiles from anesthesia. Induction time was 124 ± 66 sec for desflurane vs. 422 ± 257 sec for isoflurane (mean $\pm$ SD). The time required for the end-tidal concentration of anesthetics to decrease by 50% was 168.0 ± 160.1 sec for desflurane vs. 222.9 ± 127.5 sec for isoflurane. The time to response (eye opening follow simple command), orientation (recall of name and date of birth), reach 10 point of PAR (postanesthetic recovery) score and discharge from recovery room were significantly shorter after desflurane than after isoflurane (417.0 ± 158.7 vs. 577.1 ± 207.4 sec, 591.0 ± 193.0 vs. 800.0 ± 326.0 sec, 31.3 ± 18.0 vs. 41.8 ± 15.0 min, 66.9 ± 27.2 vs. 80.1 ± 11.8 min, respectively).

Conclusions: From the above study it can be concluded that a balanced anesthetic technique using desflurane as the main anesthetic has certain advantages compared with isoflurane in terms of faster emergence, however the frequency of side effects such as nausea, vomiting and recall during postoperative period were similar after both anesthetic drugs. (Korean J Anesthesiol 1999; 36: 764~770)

Key Words: Anesthetics, volatile: desflurane; isoflurane. Recovery.

논문접수일 : 1999년 3월 10일

책임저자 : 박상현, 광주광역시 동구 학동 8번지, 전남대학교병원 마취과, 우편번호: 501-757

Tel: (062) 220-6893, Fax: (062) 232-6294, E-mail: shkwak@chonnam.ac.kr.

석사학위논문임.

서 론

흡입마취는 폐를 통해 투여와 배설이 쉽게 이루어지며 마취 조절성이 좋고 마취깊이를 쉽게 파악할 수 있는 장점 때문에 임상 마취에 널리 사용되어져 왔다. 1946년 Morton이 에텔(diethyl ether)을 외과적 마취에 처음 사용한¹⁾ 이후 여러 종류의 마취제가 개발되어 현재는 흡입마취제로 enflurane, isoflurane, desflurane, sevoflurane과 nitrous oxide가 환자의 상태 및 수술의 종류에 따라 선택 사용되고 있다.²⁾ 국내에서는 1960년대 diethyl ether, 1970년대 중반부터 1980년대 후반까지 halothane이, 그 이후 지금까지 enflurane이 많이 사용되고 있고 1990년도 이후에는 심근 억제 작용이 없고 뇌 손상 환자에서 비교적 뇌압을 안정시키는 isoflurane이 개심술과 뇌 손상 환자의 마취를 중심으로 사용되고 있으며 최근에는 지금까지 사용되던 흡입마취제에 비해 용해도가 매우 낮아 마취 유도 및 각성이 빠른 장점이 있다는 desflurane이 외래 마취등에 사용되기 시작했으나 특별한 기화기가 필요하고 다른 할로젠화 약제보다 마취강도가 약하다는 단점도 있다.³⁻⁵⁾

본 연구는 국내에서는 이 새로운 흡입마취제에 대한 임상 및 기초 연구에 대한 보고가 없어 desflurane의 특성 및 부작용 등을 조사하여 현재 사용이 증가되고 있는 흡입마취제중 마취유도 및 회복이 가장 빠르고, 심혈관계에 비교적 안전성이 있는 isoflurane 사용시와 비교하여 desflurane의 임상적 유용성을 평가하고자 하였다.

대상 및 방법

연구대상은 1998년 4월부터 동년 9월까지 전남대 학병원 산부인과에 입원하여 전신 마취하에 하복부 수술이 예정된 미국마취과학회 신체분류상 1급 또는 2급에 해당하는 성인 여자 환자(연령 23~54세, 체중 41~76 kg, 키 141~167 cm) 41명으로 하였다.

대상군은 무작위로 desflurane을 사용한 군(desflurane군, n=21)과 isoflurane을 사용한 군(isoflurane군, n=20)으로 나누었다. 심한 폐, 심혈관, 간, 신장, 위장 및 혈액학, 신경 및 대사질환이 있는 환자나 본 연구에 영향을 줄 수 있는 약물을 만성적으로 복용

하고 있는 환자와 연구 일주일 내에 전신마취를 받은 환자, 그리고 수술시간이 2시간을 초과한 경우는 연구대상에 제외하였다.

두 군간의 연구대상 환자 분포 및 수술의 종류는 차이가 없었다(Table 1). 수술 전날 담당마취의사는 대상환자에게 이 연구의 목적에 대한 설명과 동시에 동의를 구하였다. 모든 환자는 고형식과 우유는 수술전날 밤 12시부터 금하였고, 수술실에 도착 후 양와위로 안정을 취하게 한 후 환자 감시장치를 부착하였다.

마취유도 전에 모든 환자에게 흡입마취제의 사용량 감소를 위해 fentanyl citrate (구연산 펜타닐, 명문제약, 한국) 1 µg/kg을 정맥주사하였다. 마취유도는 혈압과 심박수가 일정하게 유지됨을 확인한 후 100% 산소 5 L/min를 1~2분간에 걸쳐 흡입시킨 후 propofol (2 mg/kg)과 succinylcholine chloride (1.5 mg/kg)를 정맥 주사한 후 기관내 삽관을 시행한 후 전체 가스유량 1.2 L/min (N₂O : O₂ = 0.7 L : 0.5 L)을 사용하여 호기말 이산화탄소 분압이 30~35 mmHg가 되도록 폐쇄식 순환 방법으로 조절 환기를 실시하였다. 마취유지는 isoflurane 기화기(Isotec 5, Ohmeda, England)와 desflurane 기화기(Tec 6, Ohmeda, England)를 사용하여 각각 desflurane-N₂O-O₂와 isoflurane-N₂O-O₂로 하였다.

두 군 모두에서 기관내삽관 후 마취회로를 기관내 튜브에 연결한 후 흡기분율을 0.5 MAC (minimal alveolar concentration)으로 시작하여 2 MAC까지 증가시킨 후 호기말 마취제 농도가 0.5 MAC에서 흡기시 농도와 비율이 일정하게 될 때까지를 마취 도입시간으로 하였으며 이때 수술을 시작하게 하였다.

Table 1. Patient Characteristics and Surgical Procedures

	Isoflurane (n=20)	Desflurane (n=21)
Age (year)	45±7	40±11
Weight (kg)	56±8	57±7
Height (cm)	155±7	155±4
TAH	14	16
Cystectomy	4	3
Myomectomy	2	2

Values are shown as mean±SD and number of patients. TAH; Total abdominal hysterectomy

심전도, 맥박산소포화도, 호기말 이산화탄소 분압, 동맥압 등과 함께 흡기 및 호기의 가스(산소, 이산화탄소, 아산화질소 및 desflurane 혹은 isoflurane)의 농도를 환자감시기(Datex-Engstrom, Finland)에 의해 측정하고, 호기시 마취제의 농도는 desflurane의 경우 6 vol%를 isoflurane은 1.2 vol%를 1 MAC으로 하여 0.5 MAC으로 유지하였으며 적절한 마취깊이는 임상 증상이나 혈역학 반응에⁶⁾ 의해 판정하였으며 환자의 생명 징후(vital sign)는 마취시작 전 혈압 및 맥박의 20% 이내로 유지하였으며, 필요한 경우 fentanyl 0.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 를 정주 하였다.

근육이완의 정도는 relaxography (Datex, Finland)를 사용하여 감시하였으며 필요에 따라 vecuronium 1~2 mg을 추가 정주 하고 수술이 끝나면 잔여 근이완을 역전시키기 위해 neostigmine 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$, glycopyrrolate 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 를 정주 하였으며 동시에 모든 흡입 마취제를 끈 후 100% O₂ 5 L/min로 잔여 흡입마취제를 제거하였다. 모든 감시 결과는 마취유도부터 수술시작 10분까지는 1분 간격으로 그후부터 마취제 투여를 중단시까지 5분, 그 이후는 다시 1분 간격으로 조정하였다.

회복정도는 수술 후 마취제 투여 중단 시 호기 마취제 농도가 50%로 감소할 때까지의 시간(time to 50% decrease in end tidal inhaled agent; T_{50%})과 응답 시간(time to response; T_R), 정위시간(time to orientation; T_O), 발관시간(time to extubation; T_E) 마취 후 회복 점수(postanesthetic recovery score; PAR score)가 10점이 되는 시간(time to reach 10 point of PAR score; T_{PAR10}) 및 회복실에서 퇴실시간(time to the discharge from recovery room; T_{Dis})을 측정하였다. 이상의 모든 회복 지표는 마취제 투입 중지 시부터 계산하였다. 특히 T_R은 마취제주입 중지 시부터 물음(verbal command)에 눈을 뜰 때까지, T_O는 이름 및 자신의 생일을 말할 수 있을 때까지(정위가 설 때까지), T_E은 환자가 물음에 눈을 뜨고 capnography상 규칙적인 자발호흡 상태가 될 때까지의 시간 차이로 하였다.

구역, 구토 및 수술 중 기억 여부는 수술 후 당일 저녁이나 그 다음날 방문하여 환자와 면담하여 조사 기록하였으며, 또한 수술 후 12시간 후에 간 기능(SGOT, SGPT, ALP)과 신장기능(BUN, creatinine)을 검사하여 수술 전 측정치와 비교하였다.

수술의 종류 및 부작용의 발생빈도는 환자의 수로 그 외 모든 측정치는 평균 $\pm$ 표준편차로 표시하였으며, 각 군내에서의 변화는 반복 계측 ANOVA 후 scheff F test로, 군간의 비교는 unpaired t test로 유의성을 검정하였으며, $p < 0.05$ 인 경우 유의하다고 판정하였다.

결 과

마취유도 및 수술 중 사용된 propofol, fentanyl, succinylcholine, vecuronium의 총 사용량은 두 군간에 차이가 없었으며, 마취 및 수술기간 역시 desflurane 군에서 각각 평균 80 ± 29 , 79 ± 24 분, isoflurane군에서 각각 평균 77 ± 24 , 77 ± 19 분으로 양군에서 차이가 없었다. 반면, 마취도입시간은 desflurane군에서 124 ± 66 초로 isoflurane군의 422 ± 257 초에 비해 유의한 차이($p < 0.01$)를 나타냈다(Table 2).

T_{50%}는 desflurane군이 평균 168.0 ± 160.1 초로 isoflurane군의 222.9 ± 127.5 초에 비해 유의한 차이($p < 0.01$)를 나타냈으며, T_R과 T_O 역시 desflurane군에서 각각 417.0 ± 158.7 초, 591.0 ± 193.0 초, isoflurane군에서는 각각 577.1 ± 207.4 초, 800.0 ± 326.0 초로 현저한 차이($p < 0.01$)를 볼 수 있었으며, T_{PAR10} 및 T_{Dis}도 desflurane군에서 평균 각각 31.3 ± 18.0 분, 66.9 ± 27.2 분, isoflurane군에서 평균 41.8 ± 15.0 분, 80.1 ± 11.8 분으로 유의한 차이($p < 0.05$)를 보였으나 T_E는 두 군간에 차이가 없었다(Table 3).

수술 당일 저녁이나 그 다음날 각 환자의 면담에

Table 2. Drug Requirement and Intraoperative Observation

	Isoflurane (n=20)	Desflurane (n=21)
Propofol (mg)	113.0 ± 13.9	112.8 ± 15.7
Fentanyl (μg)	75.0 ± 66.1	71.2 ± 16.4
Succinylcholine (mg)	84.7 ± 10.4	84.6 ± 11.8
Vecuronium (mg)	5.6 ± 0.6	5.6 ± 0.7
Induction time (sec)	422 ± 257	$124 \pm 66^*$
Anesthesia time (min)	77 ± 24	80 ± 29
Operation time (min)	77 ± 19	79 ± 24

Values are shown as mean $\pm$ SD. *, $p < 0.01$ compared with isoflurane group

Table 3. Recovery Time after Discontinuation of the Inhaled Agent

	Isoflurane (n=20)	Desflurane (n=21)
End-tidal agent concentration at end of surgery (%)	0.59±0.02	3±0.06
Time to 50% decrease in end-tidal concentration	222.9±127.5	168.0±160.1 [†]
Time to response (sec)	577.1±207.4	417.0±158.7 [†]
Time to extubation (sec)	617.1±218.9	519.0±159.7
Time to orientation (sec)	800.0±326.0	591.0±193.0 [†]
Time to reach 10 point of PAR score (min)	41.8±15.0	31.3±18.0*
Time to the discharge from recovery room (min)	80.1±11.8	66.9±27.2*

Values are shown as mean±SD. PAR score; post anesthetic recovery score *; p<0.05 compared with isoflurane group
[†]; p<0.01 compared with isoflurane group

Table 4. The Incidence of Nausea, Vomiting and Recall

	Isoflurane (n=20)	Desflurane (n=21)
Nausea	8	8
Vomiting	2	0
Recall	1	1

Values are shown as number of patients.

Table 5. Changes in Liver and Renal Function Data

	Isoflurane (n=20)		Desflurane (n=21)	
	Before	After	Before	After
BUN (mg/dL)	13.2±5.5	9.3±3.9	15.4±4.2	10.4±1.6
Cr (mg/dL)	0.8±0.2	0.7±0.3	0.8±0.1	0.7±0.1
SGOT (IU/L)	18.6±4.9	20.0±17.0	21.2±7.5	19.3±6.6
SGPT (IU/L)	18.4±7.4	15.5±7.2	20.8±12.5	16.6±7.3
ALP (IU/L)	67.2±27.3	56.6±30.8	59.9±21.5	49.1±14.1

Values are shown as mean±SD. Before; preoperative data, After; data after 24 hours the end of operation, BUN; Blood urea nitrogen, Cr; Serum creatinine, SGOT; Serum glucose oxaloacetic transaminase, SGPT; Serum glucose pyruvic transaminase, ALP; Serum alkaline phosphatase. No significant difference between the values of before and after in the both groups.

Fig. 1. Mean (±SD) changes in systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP) and heart rate (HR) before incision and from incision to the end of operation. A; baseline, B; just before intubation, C; just after intubation, D; end of operation. *p<0.05 compared with baseline value

서 오심 및 구토의 발생빈도는 desflurane군에서 각각 8예, 0예, isoflurane군에서 8예, 2예 발생하여 차이가 없었으며, 수술 중 기억을 한 경우는 두 군 모두에서 각각 1예씩 발생하였다(Table 4).

수술 후 12시간 후 측정된 간 기능(SGOT, SGPT, ALP) 및 신 기능(BUN, creatinine) 등의 검사치는 두 군 모두에서 수술 전 측정치와 차이가 없었다(Table 5).

수축기 및 이완기혈압은 양군 모두에서 기관내삽관 직전과 직후 수술시작 직전의 평균치가 마취유도전의 기준치에 비해 유의한 차이를 보였으나 수술 기간 중에는 기준치와 차이가 없었으며 두 군간에도 차이가 없었다. 평균 맥박수의 경우 두 군 모두에서 수술전 기간에서 마취유도전 기준치에 비해 유의하게 감소하였으나 두 군간에 차이는 없었다(Fig. 1).

고 찰

수술시 사용되는 마취방법에는 전신마취 및 부위마취법이 있으며 이는 환자의 선택, 수술의 종류, 환자의 연령, 신체상태, 사용약제의 작용시간, 술 후 간호요구 정도 및 입원기간 등이 마취방법을 결정하는 요인으로 작용한다.

흡입마취는 폐를 통해 투여와 배설이 쉽게 이루어지며 마취 조절성이 좋고 마취깊이를 쉽게 파악할 수 있는 장점 때문에 임상에 널리 이용되어 왔다. 흡입마취제는 1946년 diethylether가 임상에 사용된¹⁾ 후 현재 enflurane, isoflurane, desflurane, sevoflurane 그리고 nitrous oxide가 각각의 특성, 수술의 종류 및 환자의 특성에 따라 사용되고 있으나²⁾ 국내에서는 전신마취에서 선택의 여지가 없이 마취제의 수급 및 비용, 기구 및 의료보험 등의 제약으로 인해 주로 enflurane 및 isoflurane을 사용하고 있다.

한편 최근 국내에 수입된 desflurane은 그 분자 구조가 fluorinated methyl-ethylether ($\text{CHF}_2\text{-O-CHF-CF}_3$)로 isoflurane의 α -ethylcarbon의 chlorine를 fluorine으로 대체한 것으로 그 구조가 비슷하다. 이 작은 구조의 차이로 인해 desflurane은 낮은 혈액가스분압(blood/gas partition coefficient=0.42), 더 적은 대사율(0.02%)을 나타내게 되고 이로 인해 다른 흡입마취제에 비해 마취의 유도 및 회복이 빠른 약제로 알려져 있으나 낮은 비등점(23.5°C) 때문에 특별한 기화가 필요하다는 단점을 나타내기도 한다.^{7,8)}

국내에서는 이 새로운 흡입마취제에 대한 임상 및 기초 연구에 대한 보고가 없어 현재 국내에서 사용 중인 흡입마취제중 가장 마취유도 및 회복이 빠르고, 심혈관계에 비교적 안정된 isoflurane과 회복시의 특성 및 부작용 등을 비교하고자 하였다.

흡입마취제의 최소폐포농도(MAC)와 소모량을 감소시키기 위해 흡입가스 유량은 N_2O 를 0.7 L/min, 산소를 0.5 L/min로 하였으며 또한 fentanyl을 마취유도 전에 정주 하였다. 본 연구결과 혈액학적 및 임상증상으로 평가한 마취깊이는 적절하였으며 안전하게 마취를 유지할 수 있었다. Desflurane과 isoflurane의 1 MAC은 성인에서 각각 6~7 vol%, 1.2 vol%이며 60% N_2O 와 같이 사용시 약 50% 정도 감소시킬 수 있으며,^{9,10)} 또한 외과적 수술을 위한 마취시 1.3 MAC의 마취제의 농도로 유지할 수 있다는데¹¹⁾ 기초를 두었다.

본 연구결과 마취도입은 fentanyl과 propofol 정주로 두 군 모두에서 순조롭게 이루어졌으며 마취도입 시간 즉 호기말 마취제 농도가 0.5 MAC에서 흡기시 농도와 비율이 일정하게 되는데 도달하는 시간은 desflurane군에서 124 ± 66 초, isoflurane군에서 422 ± 257 초로, desflurane군에서 유의하게 빨랐다.

마취로부터 빠른 회복은 모든 수술 환자에서 원하는 바이며, 최근 증가 추세에 있는 외래 수술 마취에는 아주 필수적인 요건이 된다. 본 연구에서 호기말 마취제 농도가 50%로 감소하는데 걸리는 시간은 desflurane이 평균 168.0초로 isoflurane의 222.9초에 비해 빨리 제거되었으며 또한 응답시간, 정위시간, 회복실 점수 및 회복실에서의 퇴실시간 등이 desflurane을 투여한 군에서 isoflurane보다 유의하게 빨랐다. 이는 desflurane과 isoflurane의 혈액과 가스의 partition coefficient가 각각 1.4, 0.42로 desflurane의 지질용해도의 차이에 기인한 것이며, Jones등,¹²⁾ Ghouri등과¹³⁾ Eger의³⁾ 여러 보고들과는 근본적으로 모두 일치하는 소견이었으나 각각의 시간에서 약간의 차이를 보였는데 이는 마취시간, 전 투약의 유무 및 종류, 흡입마취제의 농도 등의 차이에 의한 것으로 여겨진다.

수술 중 동맥혈압 및 심박수의 안정은 두 군 모두에서 기준치에 비해 20% 내외로 쉽게 이루어졌다. 비록 흡입마취제 투여 후 수술 직전 치가 기준치에 비해 유의한 감소를 보였고 두 군간에도 차이가 없

었는데, 이는 마취제 도입 기간으로 외과적 자극이 전혀 없는 상태에서 흡입마취제의 용량 의존적인 전신혈관저항 감소에 대한 효과로 여겨진다. 수술 전 기간동안 심박수 감소는 마취 유도시 사용한 fentanyl과 propofol의 영향으로^{14,15)} 생각한다. 또한 마취유지 기간동안 심혈관 안정성도 두 실험군의 차이가 없었던 것은 본 연구방법에서 혈압 및 심박수를 fentanyl을 사용하여 기준치의 20% 이내에서 유지하도록 하였기 때문으로 여겨진다.

간 및 신장에 대한 흡입마취제의 영향으로는 약제의 대사 산물인 trifluoroacetic acid와 fluoride가 간이나 신장에 손상을 준다고 알려져 있다.¹⁶⁾ 본 연구에서 두 흡입마취제 모두 약물 투입전과 투입 후에 간 기능 및 신 기능에는 영향을 주지 않았으며 이는 두 흡입마취제가 주로 폐를 통해 배출되며 매우 낮은 체내 대사율(desflurane 0.02%, isoflurane 0.2%)을 갖기 때문이며 이는 신장 및 간에 미치는 영향에 대한 desflurane과 isoflurane을 비교한 보고들과도^{16,17)} 일치한다.

수술 후 오심 및 구토의 빈도는 수술의 종류 및 마취방법과 마취제의 종류 및 기간에 따라 매우 다양하다. 수술 후 오심 및 구토의 발생빈도에 대한 본 연구의 결과는 두 군간에 발생빈도의 차이를 나타내지 않았던 복강경 수술을 받은 여자 환자를 대상으로 한 연구보고와^{18,19)} 비슷하였으나, Lee등,²⁰⁾ Smith등,²¹⁾ Bennett등의²²⁾ desflurane에 대한 연구에서의 보고보다는 높았다. 이는 본 연구의 대상환자가 수술 후 오심 발생빈도가 증가하는 인자로 알려진 부인과 수술을 받은 50세 이하 여자 환자였으며,²³⁾ 또한 nitrous oxide의 사용과 수술후 통증 조절과 마취유지보조제로 사용한 fentanyl 등에 의해 영향을 받았을 것으로 여겨진다. 마취에서 회복 후 수술동안에 대한 기억(recall)은 불쾌한 꿈(악몽)이나 환청, 통증 등으로 나타나는데 이는 수술 및 마취의 종류, 사용한 약제 등과의 관련성은 입증하지 못하고 있으며, 주로 마취의 깊이와 관련이 있다고²⁴⁾ 한다. Wilson등은²⁵⁾ 전신 마취하에 제왕절개 수술을 받은 150명의 환자의 2%에서 수술중 recall을 경험하였으며 이중 17%가 악몽을, 7%가 통증을 기억했다고 보고하였다. 전신 마취 중 recall의 빈도는 0.2에서 2%로 보고되고 있다.²⁶⁾ 본 연구에서는 두 군 모두에서 각각 한 명씩 recall을 경험하였으며 두 명 다 통증에

대한 기억이었으나 수술 중 혹은 회복실에서의 경험 인지는 구별할 수 없었다.

결론적으로 desflurane을 주 마취제로 사용한 균형 마취방법이 isoflurane을 사용 군에 비해 오심, 구토 및 recall 등의 부작용의 빈도는 비슷하였으나 마취 후 회복 면에서는 장점이 있어서 빠른 통원과 퇴실이 요구되는 외래환자 마취 시는 desflurane이 isoflurane에 비해 더 적절한 마취제임을 시사하고 있다.

참 고 문 헌

1. Atkinson RS, Rushman GB, Alfred LJ: A synopsis of anaesthesia. 10th ed. Bristol, Wright. 1987, pp 1-3.
2. Barash PG, Cullen BF, Stoelting RK: Clinical anaesthesia. 3rd ed. Philadelphia, Lippincott-Raven. 1997, pp 359.
3. Andrews JJ, Johnston RV Jr: The new Tec 6 desflurane vaporizer. *Anesth Analg* 1993; 76: 1338.
4. Weiskopf RB, Sampson D, Moore MA: The desflurane (Tec 6) vaporizer: Design, design considerations and performance evaluation. *Br J Anaesth* 1994; 72: 474.
5. Eger EI: New inhaled anesthetics. *Anesthesiology* 1994; 80: 906-917.
6. Stanski DR: Monitoring depth of anesthesia. In Miller RD. 4th ed. *Anesthesia*. New York, Churchill Livingstone. 1994, pp 1127-55.
7. Eger EI, Johnson BH: Rates of awakening from anaesthesia with I-653, halothane, isoflurane and sevoflurane: a test of the effect of anaesthetic concentration and duration in rats. *Anesth Analg* 1987; 66: 977-82.
8. Smiley RM, Ornstein E, Matteo RS, Pantuck EJ, Pantuck CB: Desflurane and isoflurane in surgical patients: comparison of emergence time. *Anesthesiology* 1991; 74: 425-8.
9. Rampil JJ, Lockhart SH, Zwass MS, Peterson N, Yasada N, Eger EI, II et al: Clinical characteristics of desflurane in surgical patients: minimum alveolar concentration. *Anesthesiology* 1991; 74: 429-33.
10. Ghouri AF, White PF: Effect of fentanyl and nitrous oxide on the desflurane anesthetic requirement. *Anesth Analg* 1991; 72: 377-81.
11. Longnecker DE, Murphy FL: Introduction to anesthesia. 9th ed. Philadelphia, W.B. Saunders. 1997, pp 81.
12. Jones RM, Cashman JN, Eger EI II, Damask MC, Johnson BH: Kinetics and potency of desflurane

- (I-653) in volunteers. *Anesth Analg* 1989; 68: 599-602.
13. Ghouri A, Bodner M, White P: Recovery profile after desflurane-nitrous oxide versus isoflurane-nitrous oxide in outpatients. *Anesthesiology* 1991; 74: 419-24.
14. Ebert TJ, Muzi M: Sympathetic hyperactivity during desflurane anesthesia in healthy volunteers. A comparison with isoflurane. *Anesthesiology* 1993; 79: 444-53.
15. Fleischer IH, Young WL, Ornstein E, Smiley RS: Systemic hemodynamic changes of desflurane vs isoflurane during anesthetic induction [abstract]. *Anesthesiology* 1992; 77: A334.
16. Johns RM, Koblin DD, Cashman JN, Eger EI II, Johnson BH, Damask MC: Biotransformation and hepato-renal function in volunteers after exposure to desflurane (I-653). *Br J Anaesth* 1990; 64: 482-7.
17. Sutton TS, Koblin DD, Gruenke LD, Weiskopf RB, Rampil IJ, Waskell L, et al: Fluoride and patients to desflurane. *Anesth Analg* 1991; 73: 180-5.
18. Edwards ND, Barclay K, Catling SJ, Martin DG, Morgan RH: Day case laparoscopy: a survey of postoperative pain and an assessment of the value of diclofenac. *Anaesthesia* 1991; 46: 1077-80.
19. Sukhani R, Lurie J, Jabamoni: Propofol for ambulatory gynecologic laparoscopy: Does omission of nitrous oxide alter postoperative emetic sequelae and recovery? *Anesth Analg* 1994; 78: 831-5.
20. Lee C, Kwan W-F, Tsai S-K, Chen B-J, Cheng M: A clinical assessment of desflurane anaesthesia and comparison with isoflurane. *Can J Anaesth* 1993; 40: 6: 487-94.
21. Smith I, Taylor E, White P: Comparison of tracheal extubation in patients deeply anesthetized with desflurane or isoflurane. *Anesth Analg* 1994; 79: 642-5.
22. Bennett J, Lingaraju N, Horrow J, McElrath T, Keykhah M: Elderly patients recover more rapidly from desflurane than from isoflurane anesthesia. *J Clin Anesth* 1992; 4: 378-81.
23. Quinn AC, Brown JH, Wallace PG, Asbury AJ: Studies in postoperative sequelae. Nausea and vomiting-still a problem. *Anaesthesia* 1994; 49: 62-5.
24. Miller RD: *Anesthesia*. 4th ed. New York, Churchill Livingstone. 1994, pp 1137.
25. Wilson J, Turner DJ: Awareness during caesarean section under general anesthesia. *Br Med J* 1996; 1: 280.
26. Lin WHD, Thorp AS, Graham SG, Aitkenhead AR: Incidence of awareness and recall during general anesthesia. *Anaesthesia* 1991; 46: 437.