

## 고빈도 젯트환기하의 미세 현미경하 성대수술을 위한 총 정맥마취

연세대학교 의과대학 마취과학 교실, \*연세대학교 의과대학 이비인후과학 교실

길혜금 · 김원옥 · 한수진 · 홍원표\*

= Abstract =

### Total Intravenous Anesthesia for High Frequency Jet Ventilation in Laryngomicrosurgery

Hae Keum Kil, M.D., Won Oak Kim, M.D.,  
Soo Jin Han, M.D., Won Pyo Hong, PhD.\*

*Department of Anesthesiology and Department of Otolaryngology\*, Yonsei University College of Medicine,  
Seoul, Korea*

Total intravenous anesthesia(TIVA) is desirable technique for a number of reasons. The first is that it implies all the components of general anesthesia: hypnosis, amnesia, analgesia, and muscle relaxation by combination of several drugs and the lungs are ventilated with oxygen-enriched air.

A combination of fentanyl-propofol were used as TIVA for laryngomicrosurgery (LMS) with high frequency jet ventilation(HFJV). 41 patients were studied. Glycopyrrolate was given 1 hour before anesthetic induction. Propofol 2 mg/kg was intravenously administered 1 minute after fentanyl 1.5 ug/kg intravenously injection for induction. Endotracheal intubation was performed after succinylcholine administration with internal diameter 4.0-6.0 mm LASER tube through oral cavity or 8 fr. polyethylene catheter through nasal airway. After then, HFJV was started with frequency 108-120 cycles/minute and driving pressure 2.0-2.5 kg/cm<sup>2</sup>. The adequacy of ventilation was evaluated with arterial blood gas analysis. For maintenance a continuous propofol infusion of 10 mg/kg/hour was used for the first 10 minutes, followed by 8 mg/kg/hour for the next 10 minutes and 6 mg/kg/hour, thereafter. Continuous dripping of succinylcholine was used for muscle relaxation.

The patients showed relatively stable hemodynamic status during procedure (Fig. 1). Two recovery times were as followed: the interval from cessation of infusion until opening eyes on command(4.90±3.41 min), and that until correct response to simple question (5.50±3.49 min). There was a correlation between total amount of propofol given to patients and recovery times(P<0.05)(Table 1). Interestingly, a group of patients weighed over 70 kg showed carbon dioxide retention on arterial blood gas analysis(Fig. 2).

In conclusion, fentanyl-propofol combination with muscle relaxant is proper regimen for TIVA in LMS with HFJV. More stable and better recovery are the main reasons. However, carbon dioxide retention should be consider to the patients weighed over 70 kg with the HFJV.

**Key Words :** Total intravenous anesthesia, Propofol, High frequency jet ventilation, Laryngomicrosurgery

## 서 론

근래에는 우수한 특성을 가진 새로운 약물들의 개발로 인하여 전신마취시 빠른 마취유도 및 깊이의 조절이 용이하게 되었다. 기관내 삽관을 하고 폐환기를 시키면서 정맥내로 약물을 주입하여 마취를 유지하는 총정맥마취(Total IV Anesthesia; 이후 TIVA로 표기)는 최면-안정제(hypnotic-sedative)로 무의식과 기억상실을 유도하고 진통제(analgesics)로 수술에 대한 반사작용을 차단하며 근육이완이 필요한 경우엔 근육이완제를 사용하는것을 포함한다. 흡입마취가 부적합한 일련의 수술들에서 TIVA가 적용이 되는데, 미세현미경을 이용한 성대수술(Laryngomicrosurgery; LMS)에 있어서 고빈도 젯트환기술(High frequency jet ventilation; HFJV)을 병용할때 특히 도움이 된다. TIVA에 사용하는 약물들은 이상적으로는, 수용성으로서 용매에서 안정성이 있고 plastic에 흡수되지 않으며 인체조직에 자극이나 감작성이 없으면서도 강력하고 빠른 진통효과를 가진 농축액이어야 하고 또한 체내에 축적되지 않아야 한다. 실제, 임상적으로 이러한 조건에 완전히 부합되는 약물을 찾기는 어려우나 그러한 조건을 충족 시키는 약물들을 선택하려 노력하고 있다. 저자들은 차체에, HFJV하에 시행하는 LMS에서 근육이완제와 함께 propofol과 fentanyl을 사용하는 TIVA의 효율성을 임상적으로 관찰하고자 하였다.

## 대상 및 방법

현미경하에 성대의 미세수술을 시행하기로 예정된 ASA분류 1의 환자 41명을 대상으로 하였다. 전투약은 glycopyrrolate로만 하였으며 수술실로 이송후 심전도와 pulse oxymeter, non-invasive blood pressure monitor를 부착 한후 환자에게 TIVA 및 HFJV에 대하여 설명하였다. 마스크로 산소를 투여 하면서 fentanyl(명문제약; 경기도; 대한민국)을 1.5 ug/kg 정주하고 1분후 propofol(ICI Pharmaceuticals; Cheshire; England)을 2 mg/kg 정주하여 마취유도 하였다. Succinylcholine 투여후 4% lidocaine 1.5 ml를 인후부위에 산포하고 2 ml는 기도내로 산포한후 무작위적으로, 20예에는 내경 4.0 mm 내지 6 mm의 LASER용 튜브를 구강을 통해 삽관 하였고 21예에서는 비강에 거치한 인공기도를 통해 8 fr. polyethylene catheter를 성대하방 5 cm까지 삽관 하였다. 커프가 있는 기관내 튜브를 통하여서는 흡기와 호기를 모두 젯트 stream을 이용하는 positive-negative mode로, 비강을 통한 catheter로는 positive mode로, 108 내지 120회의 빈도 및 2.0 내지 2.5 kg/cm<sup>2</sup>의 추진압력 (driving pressure)으로, High Frequency Jet Ventilator (Senko Medical Instrument MFG Co. Ltd.; Tokyo; Japan)를 이용하여 jet ventilation을 시행 하였는데 기계에 부착된 산소-공기 혼합기로 40 내지 50 %의 산소를 투여 하였다. HFJV를 시작하고 첫 10분간은 propofol 10 mg/kg/hour, 다음 10분간은 8 mg/kg/hour, 그 다음은 6 mg/kg/hour의 용량으로 syringe infusion pump (Terumo; Tokyo; Japan)를 이용하여 지속주입하면서 마취를 유지 하였고 필요에 따라 fentanyl 소량을 추가로 정주 하였다.

근육이완은 succinylcholine을 점적 정주하여 얻었으며

근육이완의 정도는 nerve stimulator로 평가 하였다. 마취시작전과 마취시작후 및 수술진행 동안의 평균 동맥압과 맥박수 및 산소 포화도를 관찰 하였으며 환기의 적절유무를 보기위해 동맥혈 가스분석을 시행하여 그 결과에 따라 환기빈도와 추진압력을 조절 하였다.

마취약제의 작용발현시간은 두가지로 관찰 하였는데, propofol정주시작부터 환자가 숫자세기를 멈출때 까지를 유도시간 1, 정주시작부터 환자의 안검반사 반응이 없어졌을때 까지를 유도시간 2로 하였다. 회복시간 또한 두 방법으로 하여 propofol정주를 멈춘 때 부터 환자가 눈을 뜨라는 요구에 반응할때까지와 약물의 정주를 멈춘때 부터 환자가 간단한 질문에 맞게 대답할때 까지의 시간을 회복시간 1과 2로 하였다.

모든 자료는 oneway ANOVA와 student t-test를 이용하여 분석하였으며 P값 0.05미만을 유의있는 것으로 하였고 변수간의 correlation coefficients를 관찰 하였다.

## 결 과

환자들의 평균 연령은  $43.07 \pm 12.25$ 세, 체중은  $64.63 \pm 9.85$  kg 이었고 남자가 24명, 여자가 17명이었다. 마취유도시 숫자세기를 멈추는데 까지 걸린 시간은  $63.51 \pm 48.27$ 초 였으며, 안검반사가 소실될 때까지는  $74.88 \pm 53.88$ 초가 걸렸다. 마취로 부터의 회복시간은 1의 경우  $4.90 \pm 3.41$ 분, 2는  $5.50 \pm 3.49$ 분 이었고 투여된 총 propofol양  $306.59 \pm 86.92$  mg과 회복시간 사이에는 유의있는 상관관계가 성립 되었다( $P < 0.05$ )(Table 1.). 마취가 지속되는 동안에 맥박수는 안정되게 유지 되었으며 평균동맥압은 수술진행동안 약간 증가하였으나 10% 이내로써 유의있는 정도는 아니었다(Fig. 1). 환기의 적절여부를 평가하기 위해 시행한 동맥혈 가스분석에 있어서는 사용한 기관내 삽관의 튜브크기와 종류별로 가스분석치의 차이는 없었으나 환자의 체중별로 보아 체중이 70 kg이상인 환자군( $n=12$ )에서 추진압력 2.0 내지 2.5  $\text{kg/cm}^2$ 와 환기빈도 108회 내지 120회 사

이의 고빈도 젯트환기시  $\text{PaCO}_2$  가 측정되는 양상을 나타 내었다( $P < 0.05$ )(Fig. 2). 또한 내경 4.0 mm를 사용한 3예 전예와 4.5 mm를 사용한 8예중 4예에서 환자간에 정도의 차이는 있었으나 상기 범위의 젯트환기 중 가스잔류로 인한 흉곽의 점차적 팽창이 육안으로 관찰되어 간헐적으로 HFJV를 멈추고 수동적 호기를 시켜야만 했었다.

Table 1. Doses of Drugs, Induction and Recovery Time

Variables	Mean $\pm$ SD
Age(yrs)	$43.07 \pm 12.25$
Weight(kg)	$64.63 \pm 9.85$
Duration(min)	$25.24 \pm 10.66$
Propofol(mg), total	$306.59 \pm 86.92$
Fentanyl(mcg)	$110.67 \pm 27.41$
Induction Time 1(sec)	$63.51 \pm 48.27$
Induction Time 2(sec)	$74.88 \pm 53.88$
Recovery Time 1(min)	$4.90 \pm 3.41$
Recovery Time 2(min)	$5.50 \pm 3.49$

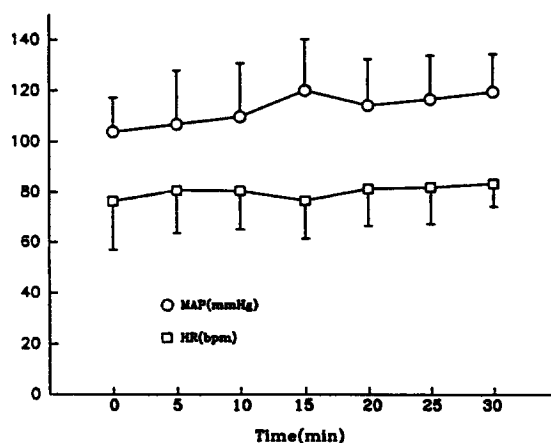


Fig. 1. MAP and HR changes during Anesthesia

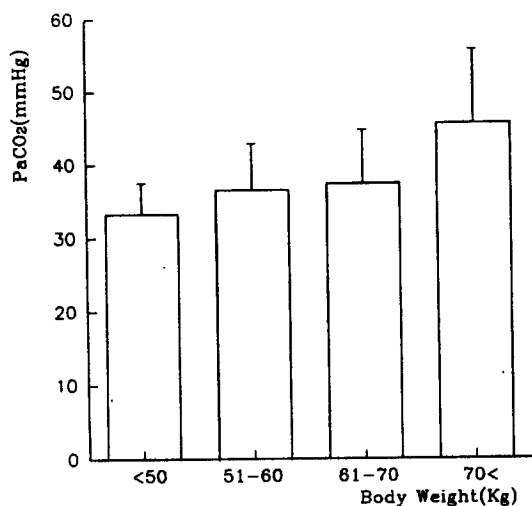


Fig. 2. PaCO<sub>2</sub> by Body Weight

## 고 찰

앞으로 2005년이 되면 정맥마취제의 사용이 전신마취의 70%에 달할 것 이라는 견해가 제시되었을 정도로 정맥마취제는 그 사용이 급속히 증가되고 있다<sup>1)</sup>. 비록 이러한 수적인 예측이 좀 지나친 감은 있으나 우수한 약동학적 특징을 가진 약물들이 계속 개발되고 있는 추세로 보아, 빠른 마취유도와 회복, 안정되고 깊은 마취의 유지를 위해서는 기관내 삽관을 하고 정맥마취제를 사용하는 TIVA가 선호될 것은 자명한 일이다. 정맥마취제의 사용에는 정확한 주입이 보장되는 우수한 장비가 필요하고 약물이 잘 대사 되기 위하여 환자의 간장 및 신장의 기능이 좋아야 하는 제한이 있으며 또한 좋은 약물들은 대체적으로 그 값이 비싸다는 제한점이 있다. 그러나 장점이 여러가지가 있어 이를 상쇄할 수가 있는데, 첫째는 전신마취의 요소들을 여러 약물의 병용으로 각각 차단할수 있고 그 효과를 약리적으로 환원할수 있으며 둘째는 폐가 마취제의 흡수와 배출에 이용되지 않음으로써 폐기능이 비정상인 환자들에 부담을 덜주며 셋째는 수술실과 환경의 공기오염을 피할수 있다는 점이다<sup>1-3)</sup>. TIVA가 흡입마취 대신 적용이 되는 수술들로서는, 정확한 검사와 판독이 필요한 체성 감각 유발전위를 측정해야 하는 두개내 혹은 척추신경의 수술, 환기는 시킬수 있으나 흡입마취

제를 주기 어려운 기관내시경술, 환기는 할수 있으나 흡입마취제를 흡수 제거하기엔 부적절한 폐를 가진 환자들의 수술, 이비인후과 영역의 LMS, 및 간단한 부인과적 복강경수술등 이다. 이중에서도 LMS를 위한 마취에는 특별한 접근이 필요한데, 시술자에게 최적의 수술시야를 제공하면서 적절한 환기를 해 주어야 하며, 시술 자체가 교감신경계를 심하게 자극하면서 동시에 불필요한 반사반응이 자주 생기므로 마취의 심도가 깊어야 하기 때문이다. 대부분의 성대 수술은 간단한 폴립이나 양성 종양으로써 30분내지 한시간 정도의 수술시간이 소요되며 이 경우 깊은 마취에서 환자를 각성시키는데도 긴 시간이 필요하게 된다. 가는 튜브를 이용한 HFJV은 전자에 해당하는 장점을 최대한 보장해 줄수 있으며 여러가지 정맥마취제와 근육이완제를 균형있게 병용 함으로써 깊은 마취 및 빠른 각성효과를 얻을수 있을 것이다. TIVA를 위한 병용약물에 대하여는 여러 보고들이 있는데<sup>4-7)</sup> 가장 적절하다고 권장되는 약물들로는 최면-안정제로 propofol, methohexital, etomidate, midazolam, 마약성 진통제로 alfentanil, fentanyl, sufentanil들이고 그외 근육이완제들이 있다. Methohexital, etomidate, midazolam 등과 마약성 진통제를 함께 이용한 효율적인 TIVA에 대한 보고들이 있으나 마취로부터의 회복시간이 오래 걸리거나 수술중 혈액학적 변화를 효율적으로 차단하지 못하고 경우에 따라서는 부신피질의 억압을 유발하는 등의 단점이 지적 되었다<sup>2,8-10)</sup>. Propofol이 임상마취에 소개된 일은 TIVA의 응용을 더욱 활발하게 한 기록제가 되었는데 적절한 용량을 잘 사용함으로써 여타의 약제들에 비해 각성을 빨리 얻을수 있는것이 최대의 장점이라고 볼 수 있다. DeGrood등<sup>11)</sup>은 LMS시 alfentanil투여후 propofol 2 mg/kg을 주어 마취유도한 후 12 mg/kg/hour의 유지량으로 시작하여 10분 간격으로 3 mg씩 줄여 6 mg/kg/hour가 되면 그 양으로 끝날때까지 유지하는 방법을 사용하여 회복시간 1은 6.9분, 2는 7.3분을 얻어 etomidate로 마취를 한 군에 비해 빠른 각성시간을 얻었다 하였다. Shuttler등<sup>12)</sup>은 computer-assisted infusion system을 이용하여 propofol의 혈중 치료농도(therapeutic plasma concentration)를 2.5ug/ml로, alfentanil은 100에서 200 ug/ml로 유지되도록 하였는데 propofol

을 주입중단한지 3.4분만에 환자가 깨어 났으며 이때의 혈중농도는 치료농도의 30%였다고 하여 빠른 각성의 장점을 강조 하였다. Gepts등<sup>13)</sup>은 propofol의 혈중농도  $2.3 \pm 0.84$  ug/ml에서 무의식을 나타내며  $1.29 \pm 0.44$  ug/ml에서 각성이 된다고 하였는데 Fragen등<sup>14)</sup>은 propofol, alfentanil, vecuronium을 이용한 TIVA에서 alfentanil투여 후 2 mg/kg의 propofol로 유도하고 20분간은 12 mg/kg/hour로 그 다음은 4.8 mg/kg/hour로 유지하여 2시간의 수술에 좋은 마취상태를 얻었다고 하였다. 본 연구에서는 fentanyl 1.5 ug/kg 정주후 propofol 2 mg/kg으로 마취 유도한후 10 mg/kg/hour로 유지를 시작하여 10분간격으로 2 mg씩 줄이는 방법으로 투여 하였는데 Fragen등의 권장량보다는 약간 적은 용량을 사용하였으며 이 용량으로도 수술에 충분한 마취깊이와 비교적 안정된 혈액학적 상태를 얻을수 있었으며 수술종료후 약물주입을 중단한지 5분내에 의식을 회복하고 이송용 카트로 스스로 이동할수 있을 정도의 빠른 회복을 보였다. 30분 미만의 수술중 fentanyl은 5예에서만 1/4내지 1/3의 용량이 추가투여 되었을뿐 상기 기술한 propofol의 지속 주입 만으로 마취를 유지할수 있었으며 수술종료후 적용증이 되는 환자에 마약길항제를 사용함으로써 더욱 빠른 각성을 유도할수 있었다.

한편 Van Keer등<sup>15)</sup>은 fentanyl과 propofol을 사용한 일측 폐환기로의 흉곽수술시 저산소증에 의한 폐혈관 수축이 보존되었으며 또한 마취후 빠른 각성을 얻었다고 하였는데 관상동맥 복원술의 경우도 심실기능이 좋은 환자들에서는 TIVA가 권장되기도 한다.

HFJV는 LMS의 수술을 위하여는 최적의 환기방법으로 권장되어 오고 있는데<sup>12,16,17)</sup> 본 연구의 경우 동맥내 산소포화도는 효과적으로 유지시켰으나 CO<sub>2</sub>가 축적되었던 경우들이 있었다. 기존의 고식적인 환기법에 있어 일회환기량과 환기횟수를 조절하여 CO<sub>2</sub>를 제거하여 주는것 같이 HFJV에서도 환기량과 그 빈도로 적절한 환기를 유지해 주게 되는데 대부분의 HFJV을 위한 기계들은 추진압력을 지침으로 하여 가스유량을 보내주며 이에따라 주위가스가 젯트 가스의 흐름으로 참가하게 되어 실제로 환자에게 보내지는 환기량은 특별한 방법으로 측정하지 않는한 추정만 하게 된다. 본 연구에서는 환자를 체중별로 구분하여 CO<sub>2</sub>치를 관찰하였는데 70 kg이상의 체중을 가진 환자들(n=12)에서

환기빈도 108 내지 120, 추진압력 2.0 내지 2.5 kg/cm<sup>2</sup>로의 HFJV시 CO<sub>2</sub>의 유의한 축적이 관찰되었으며 가스추진압력과 환기빈도를 조절함으로써 어느정도 호전시킬수 있었다. 그러므로 저자들에 의해 이 전에 보고된 실험<sup>18)</sup>과 종합하여 볼때 HFJV의 실시전 환자의 체중을 환기빈도 및 추진압력을 결정하는 지표로 삼을수 있다고 사료된다. 한편 HFJV시 사용하는 기관내 튜브의 크기에 따른 환기의 차이에 있어서 통계적 유의성은 없었으나 커프가 있는 기관내 튜브를 이용한 positive-negative mode시 내경 5.0 mm 미만의 기관내 튜브를 사용하는 경우에서는 호기가 효율적으로 되지 못함으로써 폐내 공기가 과다하게 잔류되게 되어 이에 따른 흉곽의 팽창이 육안적으로 관찰된바, 압력상해의 가능성이 있으므로 주의해야할 것이다.

## 결 론

현미경하의 미세 성대수술에 적용한 HFJV시 propofol과 fentanyl 및 succinylcholine 점적정주를 이용한 총 정맥마취로 다음의 결과를 얻었다.

1) 마취유도 시간에 있어서 propofol주입부터 숫자세기를 멈출때 까지  $63.51 \pm 48.27$  초, 안검반사가 없어질때까지는  $74.88 \pm 53.88$ 초가 걸렸다.

2) 마취로 부터의 회복시간은 propofol주입을 멈출때 부터 눈을 뜰때까지는  $4.90 \pm 3.41$ 분, 간단한 질문에 맞게 대답할때까지는  $5.50 \pm 3.49$ 분이 걸렸으며 투여된 propofol의 총용량과 회복시간간에 의의 있는 상관관계가 성립 되었다.

3) 마취 및 수술이 지속되는 동안 평균동맥압은 약간 증가 하였으나 의의있는 정도는 아니었고 맥박은 안정되게 유지 되었다.

4) 108회 내지 120회의 환기빈도와 2.0 내지 2.5 kg/cm<sup>2</sup>의 추진압력으로의 고빈도 젯트환기시 환기의 적절성을 보기 위해 실시한 동맥혈 가스분석치에 있어서 체중 70 kg이상을 가진 환자에서 CO<sub>2</sub>의 축적이 관찰 되었다.

5) 내경 4 mm의 기관내 튜브를 사용한 환자 3예와 4.5 mm를 사용한 8예중 4예에서 젯트환기중 흉곽의 팽창이 육안으로 관찰 된바 가스잔류량의 증가에 의한 압력상해의 가능성을 우려할수 있었다.

이상의 결과로 볼때 30분 내지 1시간의 짧은 마취 시간이 소요되면서도 마취의 심도는 깊어야 하는 LMS의 기술을 위한 HFJV시, propofol-fentanyl과 근육이완제를 이용한 TIVA를 적용하는것이 기술 중 안정된 혈액학적 상태를 나타내면서도 마취 종료후 빠른 각성을 얻을수 있는 장점이 있다고 생각된다. 또한 HFJV에 있어 환기빈도와 추진압력의 적용에 환자의 체중을 고려하는 것이 CO<sub>2</sub>축적을 방지할수 있는 지침이 될수 있으며 내경이 너무 작은 튜브의 사용시 가스 잔류량의 점차적 증가로 인한 압력상해의 가능성을 고려 하여야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

- 1) Fragen RJ. *Total intravenous anesthesia. Seminars in Anesthesia* 1992; 11: 131-137.
- 2) Fragen RJ. *Total intravenous anesthesia. Drug Infusions in Anesthesiology*. New York: Raven Press Ltd. 1992: 129-145.
- 3) Logan M, Farmer JG. Editorial I. *Anesthesia and the ozone layer*. *Br J Anaesth* 1989; 63: 645-647.
- 4) Redfern N, Stafford MA, Hull CJ. *Incremental propofol for short procedures*. *Br J Anaesth* 1985; 57: 1178-1182.
- 5) Kenyon CJ, McNeil LM, Fraser R. *Comparison of the effect of etomidate, thiopentone and propofol on cortisol synthesis*. *Br J Anaesth* 1986; 57: 509-511.
- 6) Schwilden H, Stoeckel H. *Effective therapeutic infusions produced by closed loop feedback control of methohexital administration during total intravenous anesthesia with fentanyl*. *Anesthesiology* 1990; 73: 225-229.
- 7) Baillie R, Craig C, Restall J. *Total intravenous anesthesia for laparoscopy*. *Anaesthesia* 1989; 44: 60-63.
- 8) Nilsson A, Persson MP. *Total intravenous anesthesia-is there a future for midazolam*. *Acta Anaesthesiol Scand* 1988; 32(suppl): 6-10.
- 9) Jones D, Laurence AS, Thornton JA. *Total intravenous anesthesia with etomidate-fentanyl. Use in general and gynecological surgery*. *Anaesthesia* 1983; 38: 29-39.
- 10) Lees NW, Glasser J, McGroarty FL, Miller BM. *Etomidate and fentanyl for maintenance of anaesthesia*. *Br J Anaesth* 1981; 53: 959-961.
- 11) DeGrood PMRM, Mitsukuri S, Van Egmond J, Rutten JMJ, Crul JF. *Comparison of etomidate and propofol for anaesthesia in microlaryngeal surgery*. *Anaesthesia* 1987; 42: 366-372.
- 12) Schutter J, Kloos S, Schwilden H, Stoeckel H. *Total intravenous anesthesia with propofol and alfentanil by computer assisted infusion*. *Anaesthesia* 1988; 43: 2-7.
- 13) Gepts E, Jonckheer K, Maes V, Sonck W, Camu F. *Disposition kinetics of propofol during alfentanil anesthesia*. *Anaesthesia* 1988; 43 (suppl): 813.
- 14) Fragen RJ, Avram MJ, Henthorn TK, Asada A, Pemberton D, Correl T. *Total intravenous anesthesia with propofol, alfentanil, and vecuronium for superficial surgery*. *Anesth Analg* 1990; 70: S112, Abstract.
- 15) Van Keer L, Van Aken H, Vandermeersch E, Vermant G, Leurt T. *Propofol does not inhibit hypoxic pulmonary vasoconstriction in humans*. *J Clin Anesth* 1989; 1: 284-288.
- 16) Agosti L. *Anaesthetic technique for micro-surgery of larynx*. *Anaesthesia* 1977; 32: 362-365.
- 17) Tobias MJ, Nasser WY, Richard DC. *Nasotracheal jet ventilation for short procedures*. *Anaesthesia* 1977; 32: 359-362.
- 18) Kim WO, Kil HK, Kim JR, Park KW. *High frequency ventilation for suspension laryngoscopy under general anesthesia*. *Yonsei Medical Journal* 1986; 27: 25.