

## 미세시간 조절기능을 갖춘 경기관 Jet 산소주입기의 개발 및 실험적용

연세대학교 의과대학 마취통증의학교실, \*의용공학교실

길혜금 · 박윤곤 · 노장호 · 심재광  
김훈도 · 안주현\* · 김덕원\*

= Abstract =

### Development of Fine Time Controller of a Transtracheal Jet Ventilator and Its Experimental Application

Hae Keum Kil, M.D., Wyun Kon Park, M.D., Jang Ho Roh, M.D., Jae Kwang Shim, M.D.,  
Hoon Do Kim, M.D., Joo Hyun Ahn, B.S.\*, and Deok Won Kim, Ph.D.\*

Departments of Anesthesia and Pain Medicine, and \*Medical Engineering,  
Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

**Background:** Transtracheal jet ventilation (TTJV) with a large-bore angiocath that is inserted through the cricothyroid membrane can provide immediate oxygenation from a high pressure-oxygen wall outlet, as well as ventilation by means of manual triggering. However, there is widespread agreement that TTJV with a high pressure oxygen system may induce numerous complications including tracheal hemorrhage/ulceration, subcutaneous/mediastinal emphysema, and barotrauma resulting in a pneumothorax. The goal of this study was to highlight the potential effectiveness of a TTJ-ventilator with an oxygen supply pressure lower than 50 psig for proper oxygenation and ventilation avoiding the possibility of complications from a high pressure oxygen supply system.

**Methods:** Five mongrel dogs were intubated, paralyzed with vecuronium, and mechanically ventilated with enflurane in air maintaining the PaCO<sub>2</sub> at 35-40 mmHg. A 16 G IV catheter was inserted percutaneously into the trachea below the tip of the endotracheal tube. We measured the injection volumes, entrained air volumes, and peak inflation pressures according to the changes of oxygen supply pressure (10 to 50 psig) with a fixed injection time (1 second). In addition, we evaluated the oxygenation effects of TTJV at 15 breaths per minute and an I : E 1 : 3 on 20 psig of oxygen supply pressure in hypoxic dogs.

**Results:** A 16 G angiocath provided the injected volumes from 139 ml to 595 ml according to the changes of oxygen pressure from 10 to 50 psig. The entrained air volumes were 6.7-48% of total inspired volumes. The PaO<sub>2</sub> was elevated over 300 mmHg and the PaCO<sub>2</sub> was reduced to 45 mmHg within 1 minute of TTJV in hypoxic dogs.

**Conclusions:** A TTJV system equipped with a time-controller and pressure-regulator can provide

---

논문접수일 : 2001년 7월 4일

책임저자 : 길혜금, 서울시 서대문구 신촌동 134, 연세대학교 의과대학 마취과학교실, 우편번호: 120-752

Tel: 02-361-8624, Fax: 02-312-7185, E-mail: hkkil@yumc.yonsei.ac.kr

이 연구는 연세대학교 의과대학 교수연구비(1999-29)지원하에 수행되었음.

enough tidal volume to maintain oxygenation, and could minimize the volu/barotrauma of a conventional TTJV. (Korean J Anesthesiol 2002; 43: 93~100)

**Key Words:** Fine time controller; transtracheal jet ventilator.

## 서 론

의료기술의 급진적인 발전이 이루어지고 있음에도 불구하고 마스크환기나 기관 내 삽관의 실패로 인한 사망률이 마취와 관련된 총사망 예의 30%나 될 정도로<sup>1,3)</sup> 기도확보는 여전히 어려운 문제이다. 마취 시 뿐만 아니라 위급한 환자에서의 기도확보는 소생술과 생명보조에 있어 기본적인 수단으로 기관 내 삽관이 불가능한 어떠한 상황에서도 운상갑상막을 통한 경기관 제트주입/환기(transtracheal jet injection/ventilation, 이하 TTJI 혹은 TTJV로 표기)는 빠르고 비교적 안전하게 시행할 수 있는 유용한 방법으로 인정되고 있다.<sup>4,5)</sup> TTJV의 시행에 있어 적절한 환기 및 혈중산소화를 얻기 위해서는 운상갑상막(cricothyroid membrane)을 통해 작은 내경의 정주용 카테테르를 천자하여 거치하고 탄성이 낮은 튜브를 통해 45내지 50 psig의 중앙공급 산소를 구동압(driving pressure)으로 사용하여 산소를 주입하게 된다.<sup>5,7)</sup>

1초간 50 psig 구동압의 산소를 경기관(transtracheal)으로 주입할 경우 주입되는 산소량은 약 500 ml로써 이는 신체의 산소화를 위해 충분한 양이며 주입된 가스량으로 인해 폐포압이 증가되고 호기는 자동적으로 이루어지게 된다.<sup>4)</sup> 산소를 주입하는데는 보통 1초의 시간이 필요하지만 현재 이 주입시간을 사용자의 임의대로 조절할 수 있는 장치가 개발되어 있지 않아 주입밸브를 손으로 눌러 주입시간을 조절하고 있다. TTJ-환기기의 사용시엔 고식적으로 50 psig의 구동압의 산소를 사용해 왔는데 이러한 고압의 구동압 적용 시 기관점막의 출혈이나 괴양, 괴하/중격동의 기종, 식도손상, 과팽창 압력에 의한 기흉 등의 합병증이 발생될 위험이 지적되고 있는데<sup>5)</sup> 만일 이보다 낮은 구동압의 적용으로 충분한 환기량을 얻을 수 있다면 고압에 의한 합병증의 위험을 줄일 수 있을 것이다.

본 연구에서는 주입시간-조절기와 구동압-조절기

를 장착한 TTJ-환기기를 이용하여 50 psig보다 낮은 산소구동압으로도 산소화 및 환기에 충분한 가스주입량과 환기량을 얻을 수 있음을 검증하는 것을 목적으로 하였다.

## 대상 및 방법

### 경기관 제트환기기의 개발

경기관 제트환기기의 회로는 크게 트리거(trigger) 신호입력부, 타이머(timer)부, 솔레노이드(solenoid) 구동전류 제어부로 나뉜다. 트리거 신호입력부에서는 트리거된 신호를 받아 타이머 입력부로 전달해 준다. 타이머는 기준값 이하의 신호가 들어 왔을 때 작동하므로 스위치를 누르고 있으면 캐패시터(capacitor)와 저항기(resistor)가 조합된 짧은 시간 동안 음(-)의 방향으로 펄스가 발생하여 타이머로 인가된다. 타이머 부는 555타이머를 사용하는 데 정해놓은 저항과 캐패시터에 의해 일정한 시간 동안 신호가 발생되게 된다. 솔레노이드 구동 전류 제어부는 타이머 출력을 전력 FET (field effect transistor)를 사용하여 전류를 증폭시키는 부분으로 FET가 스위치로 작동하면서 솔레노이드 밸브에 전류를 제어하여 밸브를 개폐한다. Fig. 1의 회로 도면에서, 스위치 SW1으로 트리거링을 하면 스위치 작동시간과 상관없이 약 10 ms 동안의 음(-)의 방향의 파형이 발생되며 이는 타이머로 동작하는 LM555의 입력신호로 인가된다. 타이머에서는 일정 시간 동안 신호가 출력되는 데 그 시간은 저항소자 R1 (혹은 R2)과 용량성 소자 C3에 의해 정해진다. 이 신호는 스위치로 사용한 트랜지스터 IRF730 (MOS FET)에 인가되어 솔레노이드 밸브를 구동시켜 일정 시간 동안 밸브의 개폐가 일어나게 한다.

### 개모델을 이용한 실험

실험은 두 가지 과정으로 진행하였다.

첫 번째 과정으로는 구동압 증가에 따른 경기관

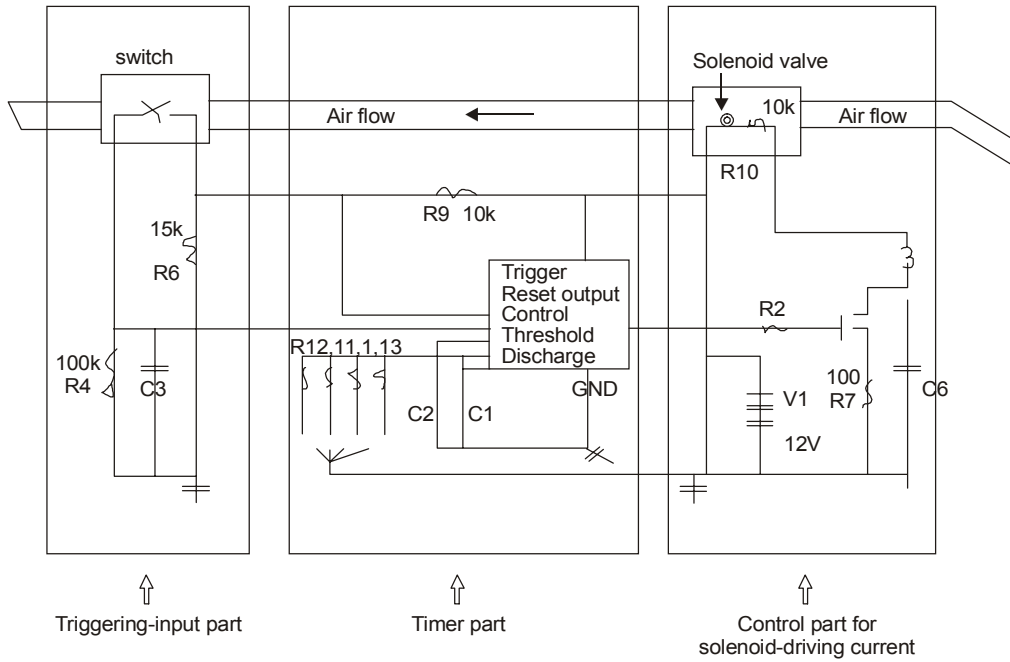


Fig. 1. Circuit diagram of transtracheal jet injector.

산소주입량, 공기유입량 및 흡기압을 측정하였는데 먼저 체중 20내지 25 kg의 건강한 잡견 5마리를 일주일 동안 사육실에서 머무르게 하면서 안정시켰다. 실험 당일 atropine 근육주사로 마취전처치하고 정맥로를 확보한 뒤 ketamine과 xylazine을 정주하여 마취한 후 내경 8 mm의 기관 내 튜브로 삽관하고 최소 폐쇄용량으로 기낭을 팽창시켰다. 대퇴동맥에 angiocath을 삽관하여 직접혈압을 감시하였고 혀에 감지기를 부착시켜 말초동맥의 산소포화도(SpO<sub>2</sub>)를 측정했으며 호기말 이산화탄소분압(PetCO<sub>2</sub>)을 감시하였다. Enflurane과 vecuronium, 및 산소로 마취를 유지하면서 PetCO<sub>2</sub>가 30내지 35 mmHg사이로 유지되도록 인공환기 시켰다. 인공 기관-폐모델에서의 실험 결과를 토대로 하여 angiocath은 16 G를 선택하였으며<sup>8)</sup> 목의 앞면을 면도한 후 3, 4번째 기관륜 사이로 angiocath을 삽관하여 기관 내 튜브(ETT) 원위부의 바로 하방에 위치하도록 고정하고 ETT 근위부에 pneumotachometer (RSS 100HR-Research Pneumotach System, Hans Rudolph Inc., USA)의 flow-head를 연결하였다(Fig. 2). TTJ-환기기의 주입시간을 1초에 고정하고 압력조절기를 조절하여 10 psig 간격으로 10에

서 50 psig까지의 구동압에서 경기관 산소주입을 하면서 각각의 산소주입량과 공기유입량을 측정하였다. ETT의 근위부에 연결한 pneumotach의 입구를 손바닥으로 막은 상태(ETT occlusion)에서 경기관으로 산소를 주입한 후 손을 떼고 호기되는 가스량을 측정하여 경기관으로 주입되는 산소의 양을 간접 측정하였고 ETT를 열어놓은 상태(ETT open)에서 경기관 산소주입 시 Venturi 효과에 의해 ETT로 유입되는 공기량을 직접측정하였으며 ETT open 상태에서 경기관 산소주입 후 호기되어 나오는 가스로 총 일회 환기량을 간접 측정하였다.

두 번째 과정으로써, 저산소증후 TTJV의 환기효과를 관찰하기 위해 각각의 개 모델을 대기만을 이용해 20분간 인공환기 시킨 후 환기기를 떼고 무호흡상태를 유지하다가 SpO<sub>2</sub>가 60%가 되면 주입시간 1초, 구동압 20 psig, 주입횟수 15회/분(I : E ratio = 1 : 3)로 TTJV를 시작하였다. TTJV 후 1분 간격으로 동맥혈을 채취, 가스분석 하여 대기환기시의 대조값 및 SpO<sub>2</sub> 60% 시의 값들과 비교하였다. 이와 같은 과정은 ETT open과 ETT occlusion의 상태로 각각 실험하였으며 각 실험사이에는 20분간의 휴식기를 두

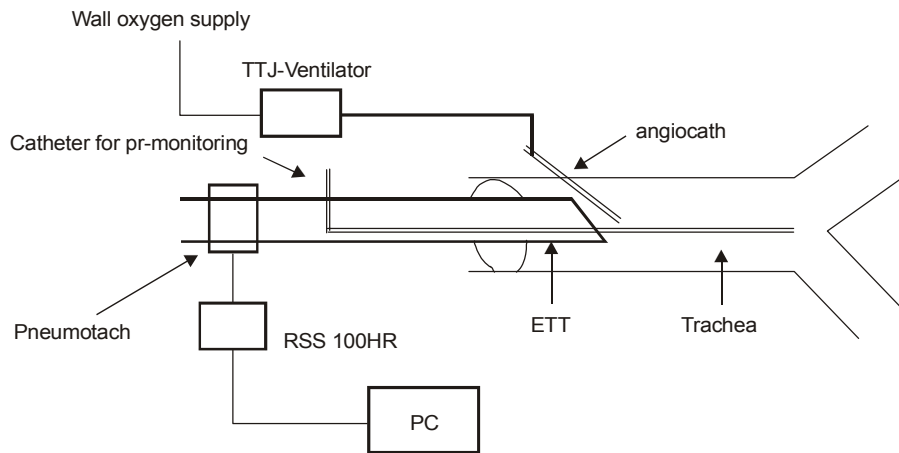


Fig. 2. Diagram for volume and pressure-measurement method during TTJV.

고 인공환기 시키면서 반복적으로 실험하였다. 기관-폐모델에서의 모의실험<sup>5)</sup> 및 첫 번째 실험에서, 주입 시간 1초로 20 psig에서 16 G angiocath을 사용한 경우 경 기관 주입량 200 ml를 얻었으므로 Venturi 효과에 의한 ETT로의 공기 유입량까지 감안하여 개실험에서의 구동압을 20 psig로 선택 조절하였다. 실험이 끝난 후 수액주입을 하면서 대기로 20분간 인공환기하며 휴식시킨 뒤에는 ETT를 제거하여 무호흡으로 두었다가 SpO<sub>2</sub>가 60%로 떨어지면 앞에서와 같은 실험과정을 진행하였다.

실험에서 얻어진 가스주입량과 압력 및 동맥혈 가스분압치들의 값을 평균 ± 표준편차로 구하였다.

### 결 과

원위부의 ETT occlusion 상태에서 구동압 10-50 psig에서의 경기관 산소주입량은 139-595 ml이었고 최대기도압은 7-18 cmH<sub>2</sub>O였다. ETT open 상태에서 경기관으로의 일회 주입 시 ETT를 통해 유입된 공기량은 10-40 psig의 구동압에서 총 주입량의 6.7-48%를 차지하였으며(Fig. 3) 최대기도압은 3-17 cmH<sub>2</sub>O였다(Fig. 4). ETT를 연 상태의 50 psig에서의 공기유입량은 폐의 용적 및 압력상해(volu-trauma, barotrauma)를 우려하여 측정하지 않았다. 대기환기 후 무호흡 시 SpO<sub>2</sub>가 60%로 떨어지는 데는 1분 20초-1분 35초가 소요되었으며 SpO<sub>2</sub> 60%에서의 PaO<sub>2</sub>

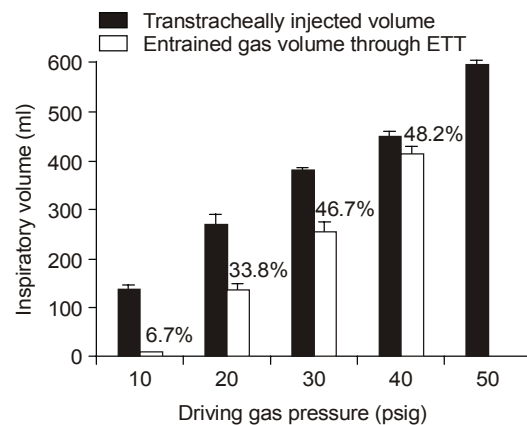


Fig. 3. Entrained gas volumes (% to tidal volumes) through an endotracheal tube accompanying transtracheal injection in dogs (SD was zero in the case that SD bar was not shown).

는  $30.1 \pm 5.7$  mmHg, PaCO<sub>2</sub>는  $54.1 \pm 5.7$  mmHg로 TTJV 1분 내에 300 mmHg 이상, 45 mmHg 이하로 향상되었다. ETT occlusion과 open 및 ETT를 제거한 군 별로 보면 세 군간 통계적 차이는 있었으나 모든 군에서 TTJV 1분 내에 PaO<sub>2</sub>가 200 mmHg 이상으로 증가되었으며 ETT제거군에서의 PaO<sub>2</sub>는  $382.6 \pm 136.4$  mmHg로 ETT occlusion군과 ETT open군 사이의 값을 나타냈다(Fig. 5, 6).

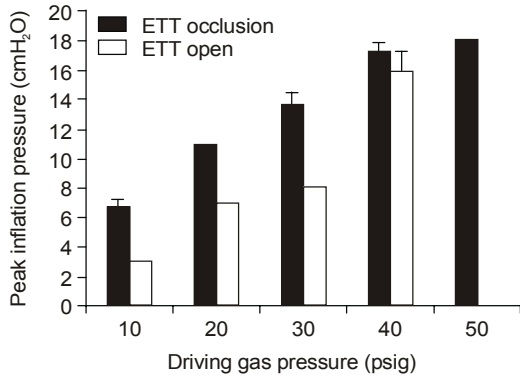


Fig. 4. Peak inflation pressure during TTTJV with ETT occlusion an ETT open (SDs were zero in the cases that SD bars were not shown).

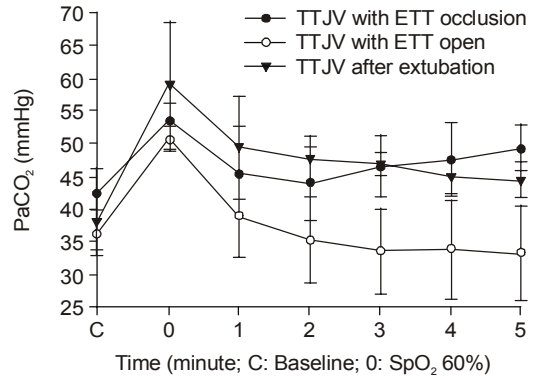


Fig. 6. PaO<sub>2</sub> changes during 5 minutes of TTTJV after apnea to SpO<sub>2</sub> 60%. Mean PaO<sub>2</sub> was decreased under 45 mmHg in all dogs within 1 minute of TTTJV.

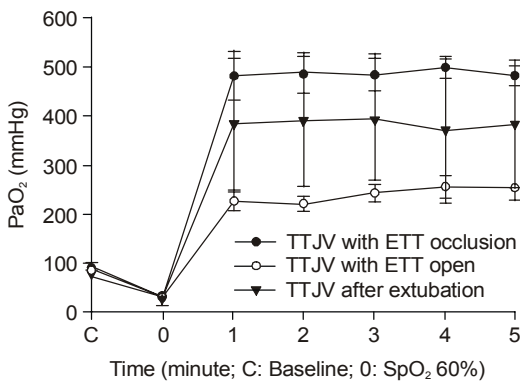


Fig. 5. PaO<sub>2</sub> changes during five minutes of TTTJV after apnea to SpO<sub>2</sub> 60%. Mean PaO<sub>2</sub> was increased above 300 mmHg in all dogs within 1 minute of TTTJV.

고 찰

환자에게 마취유도제로 사용하는 약물 대부분은 환자의 의식소실과 함께 호흡의 억제를 초래하므로 전신마취 유도 시에는 100% 산소를 마스크로 주면서 인공환기를 시키게 된다. 근이완제를 투여하여 근육이 이완되면 기도확보를 위해 직접후두경하에서 기관 내 삽관을 하게 되는데 때로는 이러한 과정에서 예기치 않게 마스크환기가 잘 안되기도 하고 기관 내 삽관이 불가능한 경우가 발생하기도 한다. 이러한 유도 과정에서의 부적절한 환기와 혈중 탈산소

화로 인해 심정지까지도 발생할 수 있는데 이의 빈도는 마취유도 중 발생한 심정지에의 50-75%에 해당할 정도로 높으며<sup>1,2,9-13)</sup> 이들 대부분은 뇌사상태에 빠지거나(55-93%) 사망한 것으로 보고되어 있다.<sup>2,7)</sup> 이러한 환기/삽관불능상태로 인한 사망 예는 마취와 관련된 모든 사망률의 1-28%에 해당하며 환기/삽관이 불가능한 상황의 발생은 10,000명 당 0.01내지 2명으로 조사되어 있다.<sup>3,7,14,15)</sup> 마스크 환기와 기관 내 삽관의 불능은 매우 위급한 상황으로써 응급조치로 후두마스크나 Combi-tube<sup>TM</sup>를 삽관하거나 TTTJV를 시도할 수 있으며 즉각적인 기관절개술을 하여 인공기도를 확보하여 생명을 지킬 수도 있다.<sup>15)</sup> 후두마스크와 Combi-tube의 거치는 임시 방편적이긴 해도 성공하는 경우엔 매우 효과적이다. 그러나 후두 자체에 폐쇄가 있는 경우엔 이의 삽관이 성공한다 해도 환기가 보장될 수 없으며, 굴곡성 기관지경이나 역행적 삽관 방법은 시행 및 성공까지 걸리는 시간이 길어 아주 위급한 상황에서는 이 방법들은 적당하지 않으며 결국은 기관절개술을 빨리 시행해야 한다. 그러나 기관절개술 또한 시간이 걸리는 단점이 있으므로<sup>16)</sup> 운상갑상막 절개나 경기관천자로 제트 환기를 시행하는 것이 가장 빠르게 혈중 산소화를 회복시킬 수 있는 방법이다. TTTJV법은 전경부의 운상갑상막으로 정주용 카테터를 천자하여 거치하고 이를 통해 제트산소주입기로 구동압 50 psig의 100% 산소를 주입하여 일회호흡량을 충족시키면서 호기가스는 증가된 폐기도압에 의해 구강이나 비

강으로 수동적으로 배출되도록 하는 방법으로 여러 연구에서 이의 효율성이 보고된 바 있다.<sup>5,6,17-19)</sup> 이 방법 또한 안전한 기도확보가 되기까지 임시적으로 적용하는 방법이며 합병증으로 기흉, 피하기중, 동맥 천자로 인한 혈종, 식도천자, 기관점막의 손상 등이 발생할 수 있다.<sup>20-23)</sup> 이중 기흉은 고압의 구동압사용에 따른 용적/압력(volu/barotrauma)에 의한 폐상해에 기인하는 매우 심각한 합병증이라 할 수 있다.

1967년 Sanders는 마취된 환자에서 경직성 기관지경(rigid bronchoscope)을 통해 가는 관을 넣고 이곳으로 50 psig의 고압산소를 주입하여 충분한 환기를 시킬 수 있었음을 보고하였는데 그 이래로 후두경 검사나 수술 시 수술용 후두경에 제트환기기를 부착하여 사용하는 환기겸용 후두경(ventilating laryngoscope)이 사용되었고<sup>24,25)</sup> 성대사이에 거치한 가는 관이나 운상감상막을 천자하여 삽입한 정주용 카테테르로 제트환기를 시행하는 방법들이 개발되어 사용되어 왔다.<sup>8,26)</sup>

TTJV는 고빈도제트환기법과 함께 수술실에서 전신마취하에 후두나 성대의 미세수술 시 수술시야를 확보하는 목적으로 흔히 이용되고 있다. 현재까지 이용되고 있는 TTJV법은 산소의 공급원에 따라 세가지로 분류하는데 중앙공급산소를 이용하여 TTJ-환기기를 사용하는 방법, 이동용 실린더에서 감압밸브를 통해 경기관으로 흘러보내는 방법, 및 마취기의 분출밸브를 이용하여 경기관으로 흘러가게 하는 방법들로 이들에 있어 공통적인 필요충분조건은 충분한 산소구동압과, 탄성이 없는 튜브(noncompliant tube)가 구비되어야 한다는 것이다.<sup>4)</sup>

TTJV 시에는 다량의 산소가 한꺼번에 흘러(bulk flow) 폐포로 전달된다. 이때 고압으로 짧은 시간 내에 산소가 주입되면서 주입기류의 주위에 음압이 형성되어 카테테르 상방의 상기도를 통해 공기가 끌려와 흡인되는 Venturi 효과가 일어나게 되는데 상기도 폐쇄가 적을수록 실제주입량보다 더 많은 흡기량이 폐포로 전달되게 된다. 본 실험의 개모델에서는 TTJV의 효율성을 보기 위해 16 G angiocath과 20 psig의 구동압을 사용하였는데 저자들의 기관-폐모델을 이용한 연구에서<sup>8)</sup> 14, 16, 18, 및 20 G angiocath을 사용한 결과, 모든 크기의 angiocath에서 구동압 증가에 따라 경기관 산소주입량과 최대흡기압(peak inspiratory pressure)이 증가되었는데 14 G에서

는 충분한 주입량을 나타냈지만 구동압 20 psig 이상에서 흡기압이 20 cmH<sub>2</sub>O 이상을 나타냈고 18과 20 G는 흡기압은 덜 증가되었지만 주입되는 양이 너무 작았으므로 개모델에서는 16 G를 사용하는 것이 가장 적당한 것으로 생각되었다. Spoerel 등은<sup>7)</sup> 기관-폐 모델과 동물실험에서 50 psig의 산소구동압과 16 G의 카테테르를 사용함으로써 1초에 500 ml의 주입량을 얻을 수 있었으며 ETT가 열려있는 상태에서는 Venturi 효과로 유입되는 공기량이 산소주입량보다 약 40% 정도 증가된다고 보고하였다. 본 연구에서도 Spoerel 등의 보고와 유사한 공기유입의 정도를 나타냈는데 ETT occlusion상태로 10 psig부터 시작하여 10 psig씩 증가시키면서 50 psig까지에서 측정된 TTJI양은 139 (10 psig)-595 (50 psig) ml 이었고 최고흡기압은 3 (10 psig)-18 cmH<sub>2</sub>O (50 psig)로 20 cmH<sub>2</sub>O 미만의 안전한 범위의 최고흡기압을 나타냈다. ETT open 상태에서 10 psig부터 40 psig까지에서 Venturi 효과에 의해 ETT로 유입된 공기량은 10 (10 psig)-413 (40 psig) ml로 일회환기량의 6.7 (10 psig)-48.2% (40 psig)를 차지하여 산소구동압이 높을 수록 ETT로의 공기유입이 증가됨을 나타냈으며 40 psig의 경우 총 일회흡기량은 770-910 ml, 최고흡기압은 17 cmH<sub>2</sub>O 미만을 나타내 40 psig 적용 시 주입되는 용적이나 압력에 의한 폐상해의 위험성은 없는 것으로 생각된다. 50 psig에서의 경기관 산소주입량은 595 ml이었는데, 만일 ETT를 open 상태로 공기유입량을 측정한다면 500 ml 이상의 공기가 유입되어 총 1100 ml 이상의 일회흡기량을 주게되므로 체중 20-25 kg 정도의 실험 개에서 용적, 압력-폐상해가 발생할 위험이 있을 것으로 생각되어 본 실험에서는 50 psig에서의 공기유입량은 측정하지 않았다. 성문 내지 상기도에 폐쇄가 없다면 20 psig 이상의 산소구동압이면 400 ml 이상의 일회호흡량을 얻을 수 있으며 일부 폐쇄가 있다 하더라도 30내지 40 psig의 구동압이면 성인에 필요한 충분한 일회흡기량을 얻을 수 있을 것으로 보인다. TTJV의 목표는 환기/삽관이 불가능한 상황에서 즉각적으로 혈중 산소화를 얻고자 하는 것이며, 이는 기도확보가 안전히, 그리고 완전하게 될 때까지의 임시적 방편이므로 용적/압력상해의 위험을 감수하면서까지 50 psig의 높은 구동압을 사용할 필요는 없다고 생각된다. 그러나 환기나 삽관이 불가능한

상태에서는 대개 심각한 상기도 폐쇄가 동반되는 경우가 많으며 이러한 상태에서 TTJV를 하게 되면 주입되는 고유속/고압산소에 의해 발생하는 음압이 성문의 바로 하방에 걸리게 되어 성문과 그 주변조직을 아래로 당기면서 상기도 폐쇄를 더욱 악화시킬 수 있다. 따라서 이때는 구비강을 통한 공기의 유입이 없게 되고 TTJV로 주입하는 산소만이 폐포로 전달될 것이다.<sup>4)</sup> 만일 성인에서 상기도의 완전폐쇄가 의심된다면 40 혹은 50 psig의 산소구동압과 주입시간 1초로 하여 TTJI를 1회만 시도하여 흉곽의 팽창과 하강을 확인한 후에 다시 시행하는 것이 적당할 것이다.

본 실험결과 대기로 환기시키다가 ETT를 제거한 후 TTJV를 시행한 경우에 있어 ETT open군에 비해서는 높지만 ETT occlusion군에 비해서는 낮은 PaO<sub>2</sub>를 보였는데 이는 구강이나 비강을 통해 상당량의 공기가 유입되었기 때문이라고 생각된다. PaCO<sub>2</sub> 또한 무호흡 시의 59.0 ± 9.8 mmHg에서 TTJV 시작 후 1분 내에 49.4 ± 7.9 mmHg로 감소된 것으로 보아 전신마취하에서 근육이 이완되어 부분적 상기도 폐쇄가 온 상태임에도 불구하고 수동적 호기가 비교적 잘 이루어지고 있음을 알 수 있다(Fig. 5, 6). 또한 ETT 제거 후 TTJV를 시행할 때, 경기관 제트주입시 팽창되었던 흉곽이 호기 시 하강되면서 배출되는 공기가 인후부 및 구강을 지나면서 혀와 마찰하여 일으키는 소리를 들음으로써 호기가 적절히 이루어짐을 매번 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 마취중이 아닌 다른 상황으로 호흡곤란이나 상기도폐쇄가 있는 응급한 경우, 근육이 이완된 상태가 아니라면, 수동적 호기가 잘 이루어질 수 있음을 의미할 것이다.

기존의 TTJ-환기기의 경우 구동압 50 psig에서 수동으로 산소를 주입해야 하므로 주입되는 산소의 양을 조절하기 어려워 용적과 압력에 의한 상해의 가능성을 항상 염두에 두어야 한다. 이러한 TTJ-환기기에 미세 시간조절기를 부착하여 주입시간을 고정하고 환자에 따라 구동압을 조절할 수 있게 한다면 용적/압력에 의한 폐상해를 방지하면서 충분한 호흡량을 제공할 수 있는 TTJV법을 적용할 수 있을 것으로 생각하며 아울러 국산화에 따른 경제적 이익 또한 추구할 수 있을 것으로 기대한다.

### 참 고 문 헌

1. Keenan RL, Boyan CP: Cardiac arrest during anesthesia. JAMA 1985; 253: 2373-7.
2. Bolander FMF: Deaths associated with anaesthesia. Br J Anaesth 1978; 47: 36-40.
3. Davis DA: Analysis of anesthetic mishaps from medical liability claims. Int Anesthesiol Clin 1984; 22: 31-42.
4. Benumof JL, Scheller MS: The importance of trans-tracheal jet ventilation in the management of the difficult airway. Anesthesiology 1989; 71: 769-78.
5. Rajesh P: Percutaneous transtracheal jet ventilation: a safe, quick, and temporary way to provide oxygenation and ventilation when conventional methods are unsuccessful. Chest 1999; 116: 1689-94.
6. Gaughan SD, Ozaki GT, Benumof JL: A comparison in a lung model of low- and high-flow regulators for transtracheal jet ventilation. Anesthesiology 1992; 77: 189-99.
7. Spoerel WE, Narayanan PS, Singh NP: Transtracheal ventilation. Br J Anaesth 1971; 43: 932-39.
8. 김훈도, 안주현, 박윤곤, 길혜금, 김덕원: 미세시간 조절 기능을 가진 경기관 Jet 환기기의 개발 및 기관-폐모형을 이용한 평가. 대한마취과학회지 2001; 40: 211-9.
9. Tiret L, Desmonts JM, Hatton F, Vouret G: Complications associated with anaesthesia-a prospective survey in France. Can Anaesth Soc J 1986; 33: 336-44.
10. Green RA, Taylor TH: An analysis of anesthesia medical liability claims in the United Kingdom. 1977-1982. Int Anesthesiol Clin 1984; 22: 73-89.
12. Utting JE, Gray TC, Shelly FE: Human misadventure in anaesthesia. Can Anaesth Soc J 1979; 26: 472-8.
13. Taylor G, Larson CP, Prestwich R: Unexpected cardiac arrest during anesthesia and surgery. An environmental study. JAMA 1976; 236: 2758-60.
14. Harrison GG: Deaths attributable to anaesthesia. Br J Anaesth 1978; 50: 1041-6.
15. Practice guidelines for management of the difficult airway. Anesthesiology 1993; 78: 597-602.
16. Jacobs HB, Smyth NPD, Witorsch P: Transtracheal catheter ventilation. Clinical experience in 36 patients. Chest 1974; 65:36-40.
17. Becker G, Hamood H: Percutaneous jet ventilation. Ann Otol 1976; 85: 652-5.
18. Weymuller Jr EA, Pavlin EG, Paugh D, Cummings CW: Management of difficult airway problems with

- percutaneous transtracheal ventilation. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1987; 96: 34-7.
19. Cote CJ, Eavey RD, Todres D, Jones DE: Cricothyroid membrane puncture: oxygenation and ventilation in a dog model using an intravenous catheter. *Crit Care Med* 1988; 16: 615-9.
  20. O'Sullivan TJ, Healy GB: Complication of Venturi jet ventilation during microlaryngeal surgery. *Arch Otolaryngol* 1985; 111: 127-31.
  21. Oliverio R, Ruder CB, Fermon C, Curd A: Report on pneumothorax secondary to ball-valve obstruction during jet ventilation. *Anesthesiology* 1979; 51: 255-6.
  22. Smith RB, Schaer WB, Pfäeffle H: Percutaneous transtracheal ventilation for anesthesia: A review and report of complications. *Can Anaesth Soc J* 1975; 22: 607-12.
  23. Thomas T, Zornow M, Scheller MS, Unger R: The efficacy of three different modes of trans-tracheal ventilation in hypoxic hypercarbic swine. *Can J Anaesth* 1988; 35: S61.
  24. Oulton JL, Donald DM: A ventilating laryngoscope. *Anesthesiology* 1971; 35: 540.
  25. Carton DM, Zide MF: An easily constructed cricothyroidotomy device for emergency airway management. *J Oral Surg* 1980; 38: 623-4.
  26. Hilton PJ: A simple connector for cricothyroid cannulation (letter). *Anaesthesia* 1982; 37: 220.
-