

기관 커프압력 변화에 대한 기도압의 영향

아주대학교 의과대학 마취과학교실

이 속 영 · 이 영 주

=Abstract=

The Effect of Airway Pressure on the Inspiratory and Expiratory Intracuff Pressure

Sook Young Lee, M.D. and Young Joo Lee, M.D.

Department of Anesthesiology, Ajou University School of Medicine, Suwon, Korea

In high volume low pressure cuffs, the elastic forces are very low and when inflated and in contact with the tracheal wall they are not fully distended. Theoretically under these circumstances any increase in volume can cause only a small increase in intracuff pressure¹⁾.

But, in intensive care unit clinically we have experienced the rising of intracuff pressure when airway pressure went up in the same patients.

In this study we attempted to observe the effect of the change of airway pressure (mean airway pressure, peak airway pressure) on the intracuff pressure during inspiration and expiration in 50 intensive care unit patients who were intubated and mechanically ventilated.

The results are as follows:

- 1) The optimum cuff pressure of inspiration(OPI) was $23.48 \pm 13.04(5 \sim 60)$ cmH₂O and optimum cuff pressure of expiration(OPE) was $16.82 \pm 11.62(4 \sim 52)$ cmH₂O.
- 2) The peak inspiratory pressure was $32.24 \pm 11.49(13.0 \sim 64.6)$ cmH₂O and mean airway pressure was $12.23 \pm 6.67(3.7 \sim 38.0)$ cmH₂O.
- 3) The optimum cuff pressure of inspiration was highly correlated with peak inspiratory pressure by multiple regression analysis($R^2 = 0.701$, $p = 0.000$).

Key Words: Optimum cuff pressure of inspiration, Optimum cuff pressure of expiration, Peak inspiratory pressure, Mean airway pressure

서 론

기관내튜브 삽관에 의한 인공호흡로의 확보는 기관 폐쇄의 완화, 흡인폐렴 방지, 기관내 분비물제거 용이, 인공호흡 등을 위해 필수적이며²⁾ 기관내튜브의 말단부에 부착되어 있는 cuff는 기도와 튜브 사이를 막아 이물질의 폐흡인을 방지하고 아울러 기계적 환기를 용

이하게 하는데 중요한 역할을 한다³⁾.

기관벽의 모세동맥압은 30 mmHg(40 cmH₂O)이며 소정맥압은 18 mmHg(24 cmH₂O) 임파선압은 5 mmHg(7 cmH₂O)로⁴⁾ 기관커프내압이 기관지 점막의 관류압보다 높을 경우(약 30 mmHg)에는 기관점막의 혈액순환을 저해하여 그 부위에 허혈이 발생하며 기간이 경과하거나 압이 증가할수록 점점 기관괴양, 기관 괴사등으로 진행된다^{5~10)}.

현재 널리 사용되고 있는 high volume low pressure cuff는 탄력성이 극히 적으므로 커프를 팽창시켜 기관벽에 접촉시켜도 완전히 팽창되지 않고 약간은 주름진 상태에 있으며, 이런 상태에서 기관커프내압과 기관벽압은 동일하며, 어느정도 커프내 용적이 증가하여도 커프내압의 증가는 미미하다고 한다¹⁾. 그러나 중환자실의 여러 환자들을 관찰한 결과 동일한 환자에서 기도압이 높아지면 커프내압도 같이 높아지는 경우를 가끔 관찰할 수 있었기에 1994년 아주대학교 중환자실에 입원한 환자 중 50명을 대상으로 하여 기도압(최고흡기압, 평균기도압) 변화에 따른 흡기시와 호기시의 커프내압 변화를 비교 관찰하여 그 결과를 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

연구대상 및 방법

1994년 아주대학교병원 중환자실에 입원한 환자중 high volume low pressure cuff인 Portex Profile 7.5~8.0으로 기관내 삽관하에 양압 환기보조를 받고 있는 50명을 대상으로 하였다.

모든 대상 환자는 기관점막에 과도한 압을 피하기 위해 10 ml들이 주사기로 흡기말에 약간 셀 정도인 최소 폐쇄 용적(minimal occluding volume, MOV)을 주입하고 Cuff Inflator/Pressure Gauge[®] (Portex, England)를 이용하여 최적 흡기커프압(optimum cuff pressure of inspiration, OPI)과 최적 호기커프압(optimum cuff pressure of expiration, OPE)를 측정하였고, 최적 흡기커프압 측정시의 최고 흡기압(peak inspiratory pressure, PIP), 평균기도압(mean airway pressure, MAP)은 인공환기기인 Puritan Bennett 7200ae[®] (Puritan-Bennett Co. Carisbad, California)에 부착되어 있는 panel에 나타나는 수치를 기록하였다.

통계처리는 최고흡기압과 평균기도압, 최적 흡기커프압 및 호기커프압을 구하여서 평균±표준편차로 표시하였으며, 최적 흡기커프압과 최고흡기압 및 평균기도압과의 상관관계와 최적 호기커프압과 최고흡기압 및 평균기도압과의 상관관계를 회귀분석(Multiple regression)을 이용하여 비교 분석하였으며 유의수준은 $P < 0.05$ 로 하였다.

결 과

50명의 환자들의 평균연령은 55 ± 15 세였으며, 이 중 남자가 36명 여자가 14명이었고(Table 1), 과별로 살펴보면 호흡기내과 환자가 15명, 신경외과 환자가 14명으로 가장 많았다(Table 2).

최고흡기압(PIP)은 $32.24 \pm 11.49(13.0 \sim 64.6)$ cmH_2O 이었고, 평균기도압(MAP)은 $12.23 \pm 6.67(3.7 \sim 38.0)$ cmH_2O 였으며, 최고흡기압시 측정된 최적흡기커프압(OPI)과 최적 호기커프압(OPE)은 각각

Table 1. Demographic Data of the Patients

	Mean \pm SD	Range
Age(years)	55 ± 15	19~74
Sex(M/F)	36/14	

Table 2. Distribution of Patients by Department

Department	Number of patients (n=50)
Neuro surgery	14
General surgery	10
Chest surgery	9
Pulmonary medicine	15
Gastrointestinal medicine	1
Emergency medicine	1

Table 3. Airway and Cuff Pressure(n=50)

	Mean \pm SD(cmH_2O)	Range(cmH_2O)
OPI	23.48 ± 13.04	5~60
OPE	16.82 ± 11.62	4~52
PIP	32.24 ± 11.49	13.0~64.6
MAP	12.23 ± 6.67	3.7~38.0

OPI: optimum cuff pressure of inspiration
 OPE: optimum cuff pressure of expiration
 MAP: mean airway pressure
 PIP: peak inspiratory pressure

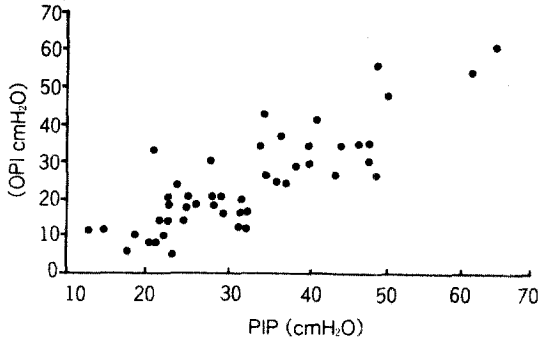


Fig. 1. Regression between OPI and PIP, $OPI = 0.948PIP - 6.687$, $R = 0.837$, $R^2 = 0.701$ ($p = 0.000$), OPI: optimum cuff pressure of inspiration, PIP: peak inspiratory pressure

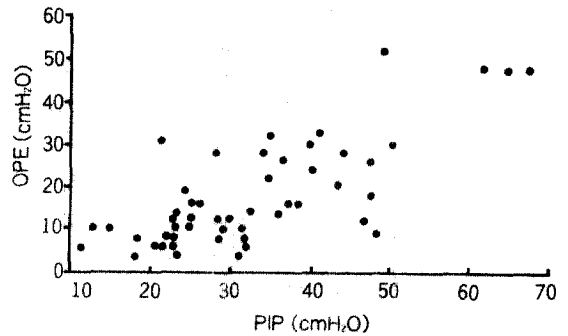


Fig. 3. Regression between OPE and PIP, $OPE = 0.722PIP - 6.043$, $R = 0.706$, $R^2 = 0.498$ ($p = 0.000$), OPE: optimum cuff pressure of expiration, PIP: peak inspiratory pressure

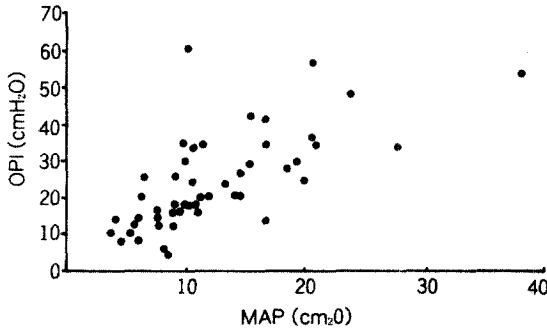


Fig. 2. Regression between OPI and MAP, $OPI = 1.343MAP + 7.451$, $R = 0.688$, $R^2 = 0.474$ ($p = 0.000$), OPI: optimum cuff pressure of inspiration, MAP: mean airway pressure

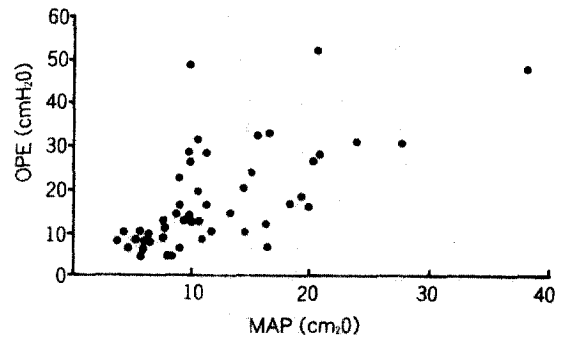


Fig. 4. Regression between OPE and MAP, $OPE = 1.118MAP + 3.547$, $R = 0.634$, $R^2 = 0.474$ ($p = 0.000$), OPE: optimum cuff pressure of expiration, MAP: mean airway pressure

23.48 ± 13.04 (5~6), 16.82 ± 11.62 (4~52) cmH_2O 이었다.

최적 흡기커프압과 최고흡기압과의 상관관계는 (Fig. 1) $OPI = 0.948PIP - 6.687$, 상관계수는 $R = 0.837$, $R^2 = 0.701$ ($p = 0.000$)로써 높은 상관관계를 나타내었고, 최적 흡기커프압(OPI)과 평균기도압과의 상관관계는 $OPI = 1.343MAP + 7.451$, 상관계수는 $R = 0.688$, $R^2 = 0.474$ ($p = 0.000$) (Fig. 2), 최적 호기커프압(OPE)과 최고흡기압(PIP)와의 상관관계는 $OPE = 0.722PIP - 6.403$, 상관계수는 $R = 0.760$, $R^2 = 0.498$ ($p = 0.000$) (Fig. 3), 최적 호기커프압(OPE)과 평균기도압(MAP)과의 상관관계는 $OPE = 1.118MAP + 3.547$, 상관계수는 $R = 0.634$, $R^2 = 0.402$ ($p = 0.000$) (Fig. 4)로써 큰

상관관계는 없었다.

고 찰

기관내튜브 삽관에 의한 인공기도 확보의 사용은 1950년대 부터 급격히 증가하기 시작하였으며, 이와 더불어 기관내 튜브삽관의 한계점과 합병증에 대한 지식도 같이 발전하게 되었고^{11~12)} 1966년에서 1993년까지 이에 대한 논문이 무려 1500개 가량 발표되었다¹³⁾.

그러나, 기관내 튜브삽관에 의한 인공기도 확보는 기도폐쇄 방지, 기도보호, 기도내 분비물 제거, 인공환기 실시 등을 위해 필수적이며, 기관내튜브의 말단

부에 부착되어 있는 커프는 기도와 튜브 사이를 막아 이물질의 폐흡인을 방지하고 아울러 기계적 환기를 용이하게 하는데 중요한 역할을 하므로 여전히 널리 쓰이고 있다³⁾.

Stauffer 등¹⁴⁾은 기관내튜브 삽관에 의한 합병증이 62%이며, 이중 최소폐쇄용적을 사용했음에도 불구하고 커프내압이 과도하게 증가하여 생기는 합병증이 19%로 가장 많다고 보고하였는데, 특히 중환자실에서와 같이 급성호흡 부전증 치료의 목적 등으로 장기간 기관내 삽관을 실시 할 경우 커프의 과도팽창에 의해 기관식도루, 기관협착증, 기관동맥루 등의 심각한 합병증이 많이 올 수 있다¹⁵⁾.

본 연구에서는 최적 흡기커프압은 23.48 ± 13.48 cmH₂O, 최적 호기커프압은 16.82 ± 11.62 cmH₂O로 대부분의 환자들은 모세관류압 이하로 커프압이 유지되었다고 할 수 있겠지만, 50명중 13명의 환자에서 (26%)는 최소폐쇄용적을 사용하였음에도 불구하고 최적 흡기커프압이 권장 커프압인 25 mmHg(32.5 cmH₂O) 이상으로 측정되어 있었으며, 이는 Stauffer 등¹⁴⁾이 언급한 19% 보다도 많은 비율이었는데 이는 폐질환으로 폐탄성이 감소되어 최고 흡기압이 높은 호흡기 내과환자(33%) 때문이 아닌가 사료된다.

Lewis 등¹⁶⁾은 중환자실에서 기관내 삽관과 인공환기를 받고 있는 환자의 25%는 1주 이상 10%는 2주 이상의 인공환기 보조를 필요로 한다고 보고하기도 하였다.

이런 심각한 합병증이 생기는 기전은 기관내튜브 커프의 과도한 압에 의한 기관점막의 허혈과 이에 따른 기관 점막의 손상에서 비롯된다고 하였다⁵⁻¹⁰⁾.

Knowlson 등⁶⁾은 커프압이 30 mmHg를 넘어서 모세관류압을 초과할 경우에는 기관 점막의 허혈이 오고 오래 지속 될 경우에는 기관벽의 괴사 등이 올 수 있다고 하였으며, Cross는⁴⁾ 기관벽의 동맥내압은 30 mmHg(42 cmH₂O), 정맥내압은 18 mmHg(24 cmH₂O), 임파류압은 5 mmHg(7 cmH₂O)로써 커프압이 15 mmHg(21 cmH₂O)를 넘지 않으면 동맥과 정맥압이 전 환기기간에 유지가 되고, 커프압이 5 mmHg 이하가 되면 임파류도 유지가 되어서 부종도 생기지 않는다고 하였고, 이외 대부분의 저자들은 실제적인 기관벽 모세관류압(tracheal capillary perfusion pressure)을 25 mmHg라고 언급하고 있다¹¹⁾.

과도한 커프압에 의해 기관 점막의 손상이 오는 기전을 좀더 자세히 살펴보면 다음과 같다. 즉 모세관류압을 초과할 정도의 과도한 커프압이 장기간 가해지면, 점막에 허혈과 염증이 오게 되고 이어서 점막의 괴사와 괴양 등이 오게되며, 이때 발관을 하게되면 치유과정을 거쳐 기관지협착증이 되거나 점막이 정상으로 돌아갈 수도 있지만, 삽관 상태가 지속되면 기관연골 파열, 기관식도루, 기관동맥루 등의 심각한 합병증을 가져오게 되는 것이다¹¹⁾.

본 연구에서는 기관내튜브 커프의 공기 주입 방법으로 최소폐쇄용적(minimal occluding volume)방법을 사용하였는데 이는 양압 환기시에 청진기를 후두위에 놓고 최고흡기압의 시점에서 10 ml 주사기로 공기를 주입 후 약간 새는 소리가 들릴 정도로 공기를 조금씩(1/4~1/2 ml) 빼면서 적절한 주입공기량을 조절하는 방법이며, 흡기시에 기도의 내경이 가장 커진다는 데에 방법의 기초를 두고 있으며, 양압기계 환기시에 기관점막에 과도한 압을 피하면서, 기도를 적절하게 봉할 수 있는 최소한의 공기를 주입하여서 기관 점막의 손상을 최소화 시킬 수 있는 방법이다¹⁷⁻¹⁹⁾.

본 연구 결과 최적 흡기커프압과 최고흡기압 사이의 상관관계는 $OPI = 0.948PIP - 6.687$, 상관계수는 $R = 0.837$, $R^2 = 0.701$ ($p = 0.000$)로써 매우 높은 상관관계를 나타내었으며, 최적 흡기커프압과 평균기도압, 최적 호기커프압과 최대 및 평균기도압과의 상관관계는 R^2 값이 0.5 이하이지만 R 값은 각각 0.688, 0.706, 0.634($p = 0.000$)로 비교적 높은 상관관계를 가지고 있다고 할 수 있겠다.

Hermes 등²⁰⁾은 동일한 환자에 있어서 최고기도압시에 기관벽에 커프압이 과도하게 전해질 수 있기 때문에 커프 압력을 20 mmHg로 일정하게 조절할 수 있는 기관내 튜브가 기관내 튜브 삽관에 의한 합병증을 예방하는데 좋다고 언급한 바가 있었는데 본 연구에서도 이와 유사한 연구결과를 보았다.

최고흡기압이 증가할수록 커프압이 증가하는 기전은 기관내 튜브를 통해 들어간 공기가 기도의 저항이 클수록 뒤로 더 많이 밀리게 되어 커프에 더 큰 압력을 주기 때문이라고 생각되어진다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 기도압이 증가하면 커프내압이 의외있게 증가하며, 특히 최고흡기압의 증가가 최적 흡기커프압에 큰 영향을 미친다고 할 수 있으

며, 이 최고흡기압은 폐유순도 극복을 위한 압력(P_A)과 기도저항을 극복하기 위한 압력의 2가지 압력으로 구성되어 있고²⁰⁻²¹⁾, 흡입 가스량²²⁾, 흡입 가스의 성질²¹⁾, 기관내 튜브의 지름²³⁾, 기관내 튜브의 폐쇄 등에 의해서도 영향을 받을 수 있으므로, 양압환기를 받는 환자에 있어서 기도압이 높을 경우 일회 호흡량을 줄이고 호흡횟수를 늘리는 방법이나, PEEP을 사용하는 환자에 있어서 기도압이 높을 경우 PEEP과 F_{O_2} 와의 관계를 잘 조절하는 방법 등과 아울러 최고흡기압에 영향을 줄 수 있는 여러가지 인자들을 잘 조절하여 가능한한 기도압을 낮춤으로써 기관벽에 과도한 압이 가해지는 것을 방지함으로써 기관벽이 손상되는 것을 줄일 수 있도록 노력해야겠다.

결 론

중환자실에 입원한 환자 50명을 대상으로하여 동일한 환자에서 기도압(최고흡기압, 평균기도압) 변화에 따른 기관내 튜브의 최적 흡기커프압과 최적 호기커프압의 변화를 관찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 최고흡기압과 평균기도압은 각각 32.24 ± 11.49 , 12.23 ± 6.67 cmH_2O 이다.

2) 최고흡기압시 측정된 최적 흡기커프압과 최적 호기커프압은 각각 23.48 ± 13.04 , 16.82 ± 11.62 cmH_2O 이다.

3) 최적 흡기커프압과 최고흡기압과의 상관관계는 높으나 ($R^2=0.701$), 평균기도압과의 상관관계는 낮다 ($R^2=0.474$).

5) 최적 호기커프압과 최고흡기압 및 평균기도압과의 상관관계는 낮다 ($R^2=0.498$, $R^2=0.402$).

이상의 결과를 종합해 볼 때 기도압이 증가하면 커프내압이 의의있게 증가한다고 할 수 있으며, 특히 최고흡기압의 증가가 커프압에 큰 영향을 미칠 수 있으므로, 양압환기를 받는 환자에 있어서 최고흡기압에 영향을 줄 수 있는 여러가지 인자들을 잘 조절하여 가능한한 기도압을 낮춤으로써 기관벽에 과도한 압이 가해지는 것을 방지함으로써 기관벽이 손상되는 것을 방지하도록 노력해야겠다.

참 고 문 헌

1) Carroll RR, Hedden M, Safar P. *Intratracheal cuffs: performance characteristics. Anesthesiology*

1969; 31: 275.
 2) Carole T. *Artificial airways: Tubes and trachs. Respiratory Care* 1976; 21: 510-517.
 3) Miller RD. *Anesthesia, 2nd ed. New York, Churchill Livingstone* 1986; 533.
 4) Corss DE. *Recent developments in tracheal cuffs. Resuscitation* 1973; 2: 77.
 5) Andrews MJ, Pearson FG. *Incidence and pathogenesis of tracheal injury following cuffed tube tracheostomy with assisted ventilation: analysis of a two-year prospective study. Ann Surg* 1971; 173: 249-263.
 6) Knowlson GTG, Bassett HFM. *The pressures exerted on the trachea by endotracheal inflatable cuffs. Br J Anaesth* 1970; 42: 834.
 7) Shelly WM, Dawson RB, May LA. *Cuffed tube as a cause of tracheal stenosis. J Thorac Cardiovasc Surg* 1969; 57: 623-627.
 8) Murphy DA, MacLean LD, Dobell ARC. *Tracheal stenosis as a complication of tracheal stenosis. Ann Thorac Surg* 1966; 2: 44-51.
 9) Hardcastle B. *Prolonged intubation and subglottic stenosis. Br Med J* 1966; 2: 826.
 10) Beaver RA. *The design and application of positive pressure respirators. Postgrad Med J* 1961; 37: 22-25.
 11) Wylie WD. *hazards of intubation. Anesthesia* 1950; 5: 143-148.
 12) Fields JA. *Injuries and sequelae associated with endotracheal anesthesia. Laryngoscope* 1959; 69: 509-18.
 13) Martin JT. *Principles and practice of mechanical ventilation. New York, McGraw-Hill, Inc.* 1994; 711-47.
 14) Stauffer JL, Olson DE, Petty TL. *Complication and consequences of endotracheal intubation and tracheostomy: A prospective study of 150 critically ill adults. Am J Med* 1981; 70: 65-76.
 15) Thomas AN. *The diagnosis and treatment of tracheo-esophageal fistula caused by cuffed tracheal tubes. J Thorac Cardiovasc Surg* 1973; 65: 2.
 16) Lewis FR Jr, Blaisdell FW, Schlobohm RM. *Incidence and outcome of posttraumatic respiratory failure. Arch Surg* 1977; 112: 436.
 17) Barry AS, Robert MK, Roy DC. *Clinical application of respiratory care. 4th ed. St. Louis, Mosby Year Book*, 1991; 187-188.
 18) Off D, Braun SR, Tompkins B. *Efficacy of the*

- minimal leak technique of cuff inflation in maintaining proper intracuff pressures for patients with cuffed artificial airways. Respir Care 1983; 28: 1115.*
- 19) Magovern GJ, Shively JG, Fecht D. *The clinical and experimental evaluation of a controlled-pressure intratracheal cuff. J Thorac Cardiovasc Surg 1972; 64: 747.*
- 20) Marini J. *Lung mechanics in the adult respiratory distress syndrome. Clin Chest Med 1990; 11: 673-90.*
- 21) Marcy T, Marni J. *Inverse ratio ventilation in ARDS: Rationale and implementation. Chest 1991; 100: 494.*
- 22) Tuxen D, Lane s. *The effects of ventilatory pattern on hyperinflation, airway pressures, and circulation in mechanical ventilation of patients with severe airflow obstruction. Am Rev Respir Dis 1987; 136: 872-9.*
- 23) Wright P, Marini J, Bernard G. *In vitro versus in vivo comparison of endotracheal tube airflow resistance. Am Rev Respir Dis 1989; 140: 10-6.*
-