

동일한 최고 흡기압(Peak inspiratory pressure)에서 기관 내관 풍선(Endotracheal tube cuff)의 최소 밀폐압(Minimal occlusion pressure)에 대한 상시량의 영향

한양대학교 의과대학 내과학교실
손장원, 김태형, 윤호주, 신동호, 박성수

The Effects of Tidal Volume on Minimal Occlusion Pressure of Endotracheal Tube Cuff in Patients with Same Peak Inspiratory pressure

Jang Won Sohn, M.D., Tae Hyung Kim, M.D., Ho Joo Yoon, M.D., Dong Ho Shin, M.D., Sung Soo Park, M.D.
Department of Internal Medicine, Hanyang University College of Medicine, Seoul, Korea

Background : An excessive endotracheal cuff pressure can cause tracheal injury, and insufficient cuff pressure may not generate an effective cuff seal. The peak inspiratory pressure influences the minimal occlusion pressure of the endotracheal tube cuff. However, the relationship between the minimal occlusion pressure and the tidal volume has not been investigated. This study was conducted to estimate the relationship between the tidal volume and the minimal occlusion pressure of the cuff.

Methods : Ten mechanically ventilated patients were included. The minimal occlusion pressure of the cuff was measured using a pressure gauge. The basal tidal volume was increased and decreased as much as 10% whilst maintaining the same peak inspiratory pressure. The minimal occlusion pressures were then measured in the high and low tidal volume state, respectively.

Results : The peak inspiratory pressure was 32.6 ± 4.72 cmH₂O and the minimal occlusion pressure was 19.0 ± 2.26 mmHg in the basal ventilator setting. There was a significant relationship between the peak inspiratory pressure and the minimal occlusion pressure ($r=0.77$, $p<0.01$). The minimal occlusion pressure of the cuff was increased to 20.3 ± 2.4 mmHg in the high tidal volume state ($p<0.05$), and decreased to 16.8 ± 3.01 mmHg in the low tidal volume state ($p<0.001$).

Conclusion : The minimal occlusion pressure of the cuff can be influenced by changes in the tidal volume as well as by the peak inspiratory pressure. (*Tuberc Respir Dis* 2004; 57:434-438)

Key words : Cuff pressure, Peak inspiratory pressure, Tidal volume.

서 론

인공 호흡기 치료 중에 흡입 공기의 누출을 막기 위한 기관 내관의 풍선 공기압(endotracheal tube cuff pressure)을 적절하게 유지하는 것이 필요하다. 과도하게 높은 풍선의 압력은 기관 벽에 압력손상을 일으키며, 부적절하게 낮은 압력은 기도와 풍선사이로 공기 및 압력의 누출을 초래한다^{1,2}.

일반적으로 적절한 풍선 압력을 유지하기 위해 기관 내관의 풍선 압을 수시로 측정하여 모세혈관의 관류압보다 낮은 25 cmH₂O (18 mmHg) 이하로 유지하거나, 흡기 시에 공기 누출이 일어나지 않는 최소의 압력(최소 밀폐압, minimal occlusion pressure)을 유지하는 방법이 권고되고 있다^{3,4}. 이 최소 밀폐압은 최고 흡기압의 영향을 받아 최고 흡기압과 상관 관계가 있음이 알려져 있다⁵. 최소 밀폐압은 최고 흡기압 이외에도 다른 요소에 의해 영향을 받을 수 있다. 그러나 이전의 연구에서 흡기 압력 이외의 다른 요소에 대한 연구는 거의 없으며, 특히 상시량의 영향을 본 연구는 없었다.

이에 저자들은 최고 흡기압을 일정하게 유지하면서 상시량을 변화시켰을 때 최소 밀폐압에 변화를 주는 지 보고자 하였다.

Address for correspondence : Jang Won Sohn, M.D.
Department of Internal Medicine, Hanyang University Guri Hospital, 146, Gyomoon-dong, Guri City, 471-701, Korea
Phone : 031-560-2224 Fax : 031-553-7369
E-mail : jwsohn@hanyang.ac.kr
Received : Oct. 13. 2004.
Accepted : Nov. 4. 2004.

Table 1. Individual values of the Tidal volume, peak inspiratory pressure and minimal occlusion pressure of the cuff.

Patient No.	Sex/age	Tidal vol.(ml)	PIP (cmH ₂ O)	MOP of cuff (mmHg)		
				Basal	High vol.	Low vol.
1	M/72	400	26	17	19	16
2	F/69	450	36	19	22	17
3	M/79	350	31	19	20	13
4	M/80	400	34	21	23	21
5	M/66	500	37	20	22	20
6	M/60	480	38	23	23	20
7	M/71	300	24	15	15	12
8	F/80	450	35	17	19	15
9	M/56	500	30	19	20	16
10	M/75	350	35	20	20	18
Mean±SD			32.6±4.7	19±2.3	20.3±2.4*	16.8±3.0**

PIP : peak inspiratory pressure

*: p<0.05 compared to basal state

MOP : minimal occlusion pressure

**: p<0.001 compared to basal state

대상 및 방법

호흡부전으로 내과계 중환자실에 입원하여 기관 내관 삽관 후 인공호흡기 치료 중인 환자 10명을 대상으로 하였다(남:녀=8:2, 69.4±12.5세). 기저 질환은 폐렴 4명, 만성 폐쇄성 폐질환 5명, 심부전 1명 이었다. 환자는 모두 양와위를 유지하였고, 근이완제(vecuronium, 0.1-0.2 mg/Kg/hr)와 안정제(midazolam, 0.1-0.2 mg/Kg)를 투여하여 자발 호흡은 없었다. PEEP은 설정하지 않았다. 기관 내관은 Millinckrodt사(Ireland)의 실리콘 관을 사용하였다. 여자는 내경이 7.5 mm 크기의 관을, 남자는 7.5 또는 8.0mm 크기의 관을 이용하였다. 기관 내관 풍선의 최소 밀폐압은 cuff 공기 주입부(pilot tube)에 3-way valve를 연결하고 주사기와 압력 측정기(Cuff Inflator Pressure Gauge, Portex, USA)를 연결하였다. 먼저 풍선에 충분한 양의 공기를 주입한 후 공기를 아주 소량씩 단계적으로 빼내면서 흡기 시에 공기 누출이 청진 되기 직전의 가장 낮은 압력(즉, 공기 누출을 일으키지 않는 최소의 cuff 압력)으로 정하였고, 3회 측정의 평균치를 취하였다. 처음 설정된 상시량의 10% 증가된 상시량(high volume state로 분류 함)과 10% 감소된 상시량(low volume state로 분류 함)을 설정한 후, 최고 흡기압이 변화되지 않도록 흡기 유량과 호흡수를 조절하고 동일한 방법으로 최소 밀폐압을 각각 구하였다.

최고 흡기압과 최소 밀폐압의 관계는 직선 회귀분석을 이용하여 비교하였고, 상시량 변경 후의 최소 밀

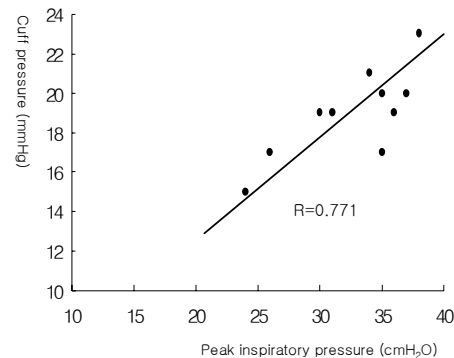


Figure 1. Relationship between the minimal occlusion pressure of the cuff and the peak inspiratory pressure. The data shows a statistically significant relationship.

폐압 비교는 paired t-test를 이용하였다. P 값이 0.05 미만인 경우에 통계적 유의성이 있다고 판정하였다.

결 과

초기 인공 호흡기 설정에서 상시량은 350 - 500(418±69.3)ml였고, 최고 흡기압은 24 - 38(32.6±4.72) cmH₂O였다. Cuff의 최소 밀폐압은 19.0±2.26 mmHg였다. 최고 흡기압과 풍선의 최소 밀폐압 간에는 상관 관계가 잘 유지되었다(r=0.77, p<0.01). (Table 1, Fig. 1)

상시량이 증가된 상태(high volume state)에서 최소 밀폐압은 20.3±2.41 mmHg로 증가하였고(p<0.05), 상시량 감소 상태(low volume state)에서는 16.8±3.01

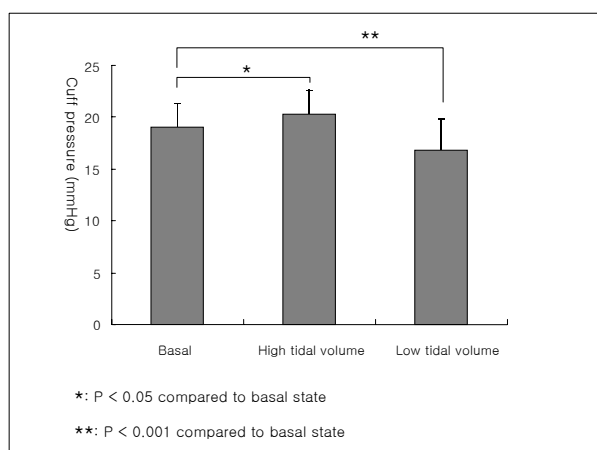


Figure 2. Comparisons of the minimal occlusion pressure of the cuff among the basal, high volume and low volume states. The minimal occlusion pressure of the cuff was increased to 20.3±2.4 mmHg in the high tidal volume state ($p<0.05$), and decreased to 16.8±3.01 mmHg in the low tidal volume state ($p<0.001$).

mmHg으로 감소하였다($p<0.001$). (Fig. 2)

고 찰

성인용 기관 내관에는 풍선 띠(cuff)가 달려있어 양압 환기가 효과적으로 작용하도록 기도의 밀폐 작용을 하며, 상기도로부터 흡인도 막아준다²⁶⁻⁸. 요사이 사용하는 실리콘 재질의 high-volume, low-pressure cuff는 기관과의 접촉면이 넓어 공기 누출을 막는데 효과적이며 장시간의 기관 삽관을 하는 경우에도 기관 벽의 손상을 줄여준다¹. 적절한 cuff의 압력은 기도압의 누출 없이 기관과 기관내관 사이를 잘 밀폐시켜 주면서 기관 벽의 말초 혈액 공급을 방해하지 않는 압력이며, 기관 내벽의 말초 혈관 관류압이 약 25 cmH₂O (18 mmHg)로 알려져 있으므로 이 이상의 압력은 기도 점막 및 연부 조직에 손상을 가져올 가능성이 있다. 개를 이용한 실험에서 cuff의 압력이 22 mmHg 이상이면 기관 점막의 혈류에 장애가 온다는 보고도 있었다³. 그러나, 또 다른 연구에서는 사람의 경우에 18 mmHg 이하의 cuff 압력에서는 효과적인 기도압의 밀폐가 안 된다는 보고도 있었다^{9, 17}. 중환자실에서 일반적으로 시행하는 방법인 cuff에 연결된 공기 주입구를 만져보고 느낌만으로 압력을 유지하는

것은 매우 부정확하며¹⁵, 표준 인공호흡기 설정을 한 경우에도 공기 누출이 없는 cuff의 최소 압력은 사람마다 매우 다양하여 8-42 cmH₂O를 보인다는 보고도 있었다¹⁶. 현재까지는 잘 계획된 대규모의 임상연구가 없었으며, 적절한 압력과 압력 측정의 빈도에 대한 지침도 정해진 바가 없다. 기관 손상을 줄이기 위해 주기적으로 cuff의 압력을 제거하는 방법도, 동물 실험에 한정된 것이지만 효과가 없었다¹⁰. 1996년에 조사된 설문조사에서는 cuff의 압력은 15-30 mmHg를 유지하며, 하루 1-3회의 cuff 압력을 측정한다는 보고도 있었다⁴. 따라서, 특정한 압력으로 cuff압을 고정하여 유지하기 보다 흡기 시에 공기 누출이 일어나지 않는 최소의 cuff 압력을 유지할 것이 권장되고 있는데, 이때의 cuff 압력(혹은 용적)을 최소 밀폐압(용적)이라고 한다^{4,11}. 최소 밀폐압을 유지하는 방법은 흡기 동안 상부 기도를 청진하면서 공기 누출을 확인하며, 공기 누출이 일어나지 않는 최소의 cuff 압력을 유지하는 것이다. 최소 밀폐압의 결정에는 여러 요인이 관여하는데, 기관과 기관내관의 크기, 최고 흡기압 등이 잘 알려져 있다^{12,13}. 특히 최고 흡기압과 최소 밀폐압 간의 상관관계가 보고되어 있고, 본 연구에서도 최고 흡기압과 최소 밀폐압 간에 상관관계를 보여 주었다^{5,14}. 본 연구에서는 최고 흡기압 외에도 상시량 또한 최소 밀폐압에 영향을 주었음을 보여주었다. 상시량이 최소 밀폐압에 영향을 준다는 구체적인 보고는 이전 연구에서 없었으며 이에 대한 정확한 해석도 어려우나 몇 가지 가능성은 생각해 볼 수 있다. 상시량의 변화가 폐의 팽창 정도에 영향을 미쳐 기관 내관의 위치가 미세한 변화를 일으킬 수 도 있으며, 공기 누출의 측정을 청진으로 결정 하므로 상시량의 변화가 누출 용적의 변화로 나타날 수 도 있을 것이다. 또한 본 연구에서는 최고 흡기압을 일정하게 유지하기 위해 호흡수와 흡기 유량을 변화시켰는데 이러한 요인도 최소 밀폐압에 영향을 미쳤을 것으로 예상이 된다.

결국 공기 누출을 막는 cuff의 압력은 cuff자체와 환자와의 상호 관계로 결정되므로 인공 호흡기 설정의 변화나 환자의 호흡역학 변화로 최소 밀폐압은 변화될 수 있다. 본 연구가 주는 의미는 기관 내관의 최소 밀폐압에 영향을 주는 요인은 매우 다양하며, 환자마

다 다르고, 적절한 수치가 변동될 수 있으므로 일정한 고정 수치를 고집하는 것보다¹⁸ 적절한 압력이 유지되는지 수치로 확인하는 것이 임상적으로 더욱 중요하다고 하겠다.

요 약

배 경 :

기관 내관 풍선(cuff)의 압력은 과도하게 높으면 기관에 손상을 일으키고, 낮으면 압력 누출이 초래되므로 적절한 압력 유지가 필요하다. 적절한 cuff의 압력을 유지하기 위해서 시행하는 최소 밀폐압 (minimal occlusion pressure) 방법에서 cuff의 압력은 최고 흡기압(peak inspiratory pressure)의 영향을 받는다고 알려져 있다. 그러나 최고 흡기압 이외의 다른 요소, 특히 환기 용적과의 관련성은 잘 알려져 있지 않다. 이에 저자들은 인공호흡기 치료를 받는 환자들에서 동일한 최고 흡기압을 유지하면서 상시량을 변화시키는 것이 기관 내관 cuff의 최소 밀폐압에 영향을 주는 지 보고자 하였다.

방 법 :

인공 호흡기 치료 중인 환자 10명을 대상으로 cuff 압력 측정계를 이용하여 공기 누출이 일어나지 않는 cuff의 최소 압력(최소 밀폐압)을 구하였다. 최고 흡기압을 일정하게 유지하도록 인공호흡기의 설정을 조절하면서 1회 호흡량을 10% 증가시킨 용적과 10% 감소시킨 용적을 각각 적용하면서 최소 밀폐압을 측정하여 비교하였다.

결 과 :

초기 설정에서 최고 흡기압은 32.6 ± 4.72 cmH₂O 였고, 최소 밀폐압은 19.0 ± 2.26 mmHg 였다. 각 환자의 최고 흡기압과 최소 밀폐압 사이에는 의미 있는 상관관계가 있었다($r=0.77$, $p<0.01$). 상시량을 10% 증가시킨 경우(high volume state)의 최소 밀폐압은 20.3 ± 2.41 mmHg로 증가하였고($p<0.05$), 상시량을 감소시킨 경우(low volume state)의 최소 밀폐압은 16.8 ± 3.01 mmHg로 감소하였다($p<0.001$).

결 론 :

최고 흡기압 뿐만 아니라 1회 호흡량도 기관 내관

cuff의 최소 밀폐압에 영향을 미칠 수 있다.

참 고 문 헌

1. Cooper JD, Grillo H. Experimental production and prevention of injury due to cuffed tracheal tubes. *Surg Gynecol Obstet* 1969;129:1235-41.
2. Petring OU, Adelhof B, Jensen BN, Pedersen NO, Lomholt N. Prevention of silent aspiration due to leaks around cuffs of endotracheal tubes. *Anesth Analg* 1986;65:777-80.
3. Joh S, Matsuura H, Kotani Y, Sugiyama K, Hirota Y, Kiyomitsu Y, et al. Change in tracheal blood flow during endotracheal intubation. *Acta Anaesthesiol Scand* 1987;31:300-4.
4. Crimlisk JT, Horn MH, Wilson DJ, Marino B. Artificial airways: a survey of cuff management practices. *Heart Lung* 1996;25:225-35.
5. Guyton DC, Barlow MR, Besselièvre TR. Influence of airway pressure on minimum occlusive endotracheal tube cuff pressure. *Crit Care Med* 1997;25:91-4.
6. Palvin EG, VanNimwegen D, Hornbein TF. Failure of a high-compliance low-pressure cuff to prevent aspiration. *Anesthesiology* 1975;42:216-9.
7. Seegobin RD, van Hasselt GL. Aspiration beyond endotracheal cuffs. *Can Anaesth Soc J* 1986;33:273-9.
8. Badenhorst CH. Changes in tracheal cuff pressure during respiratory support. *Crit Care Med* 1987; 15:300-2.
9. Seegobin RD, van Hasselt GL. Endotracheal cuff pressure and tracheal mucosal blood flow: endoscopic study of effects of four large volume cuffs. *Br Med J (Clin Res Ed)* 1984;288:965-8.
10. Powaser MM, Brown MC, Chezem J, Woodburne CR, Rogenes P, Hanson B. The effectiveness of hourly cuff deflation in minimizing tracheal damage. *Heart Lung* 1976;5:734-41.
11. Bouvier JR. Measuring tracheal tube cuff pressures—tool and technique. *Heart Lung* 1981;10:686-90.
12. Guyton DC, Adams JD. The best endotracheal tube cuff for patients with reduced lung compliance. *Anesth Analg* 1996;82:s152.
13. Guyton DC, Banner MJ. Endotracheal tube cuff to reduce intracuff pressure. *Anesthesiology* 1991;75: A401.
14. Guyton D, Banner MJ, Kirby RR. High-volume, low-pressure cuffs. Are they always low pressure? *Chest* 1991;100:1076-81.
15. Felton ML, Schmautz E, Delaporte-Cerceau S, Orliaguet GA, Carli PA. Endotracheal tube cuff

- pressure is unpredictable in children. *Anesth Analg* 2003;97:1612-6.
16. Dullenkopf A, Schmitz A, Frei M, Gerber AC, Weiss M. Air leakage around endotracheal tube cuffs. *Eur J Anaesthesiol* 2004;21:448-53.
17. Ganner C. The accurate measurement of endotracheal tube cuff pressures. *Br J Nurs* 2001;10:1127-34.
18. Farre R, Rotger M, Ferre M, Torres A, Navajas D. Automatic regulation of the cuff pressure in endotracheally-intubated patients. *Eur Respir J* 2002;20:1010-3.
-