

## 장기간 기계호흡 환자에서 기관내 관의 기낭압의 변화

울산대학교 의과대학 내과학교실 아산재단 강릉병원 및 서울중앙병원\*

정복현, 박 완, 고윤석\*

= Abstract =

### The Changes of Cuff Pressure from Endotracheal Intubation for Long-term Mechanical Ventilation

**Bock Hyun Jung, M.D., Whan Park, M.D., Younsuck Koh, M.D.\***

*Division of Respiratory and Critical Care Medicine, College of Medicine, University of Ulsan,  
Asan Kangnung Hospital and Asan Medical Center\*, Kangnung, Korea*

**Background** : A tracheal stenosis is caused by mucosal ischemic injury related to a high cuff pressure ( $P_{cuff}$ ) of the endotracheal tube. In contrast, aspiration of the upper airway secretion and impaired gas exchange due to cuff leakage is related to a low  $P_{cuff}$ . To prevent these complications, the  $P_{cuff}$  should be kept appropriately because the appropriate  $P_{cuff}$  appears to change according to the patient's daily respiratory mechanics. However, the constant cuff volume ( $V_{cuff}$ ) has frequently been instilled to the cuff balloon on a daily basis to maintain the optimal  $P_{cuff}$  instead of monitoring the  $P_{cuff}$  directly at the patients' bedside. To address the necessity of continuous  $P_{cuff}$  monitoring, the change in the  $P_{cuff}$  was evaluated at various  $V_{cuff}$  levels on a daily basis in patients with long-term mechanical ventilation. The utility of mercury column sphygmomanometer for the continuous monitoring  $P_{cuff}$  was also investigated.

**Method** : The change in  $P_{cuff}$  according to the increase in  $V_{cuff}$  was observed in 17 patients with prolonged endotracheal intubation for mechanical ventilation for 2 week or more. This maneuver measured the change in  $P_{cuff}$  daily during the mechanical ventilation days. In addition, the  $P_{cuff}$  measured by mercury column sphygmomanometer was compared with the  $P_{cuff}$  measured by an automatic cuff pressure manager.

**Results** : There were no statistically significant changes of  $P_{cuff}$  during more than 14 days of intubation for me-

---

**Address for correspondence :**

Bock Hyun Jung, M.D.

Department of Internal Medicine, Asan Kangnung Hospital, College of Medicine, University of Ulsan  
415, Bangdong-Ri, Sacheon-Myun, Kangnung-Si, Korea, 210-711

Phone : 033-610-3125 Fax : 033-641-8066 E-mail : jbh@knh.co.kr

chanical ventilation. However the  $V_{cuff}$  required to maintain the appropriate  $P_{cuff}$  varied from 1.9 cc to 9.6 cc. In addition, the intra-individual variation of the  $P_{cuff}$  was observed from 10 cmH<sub>2</sub>O to 46 cmH<sub>2</sub>O at constant 3 cc  $V_{cuff}$ . The  $P_{cuff}$  measured by the bedside mercury column sphygmomanometer is well coincident with that measured by the automatic cuff pressure manager.

**Conclusion :** Continuous monitoring and management of the  $P_{cuff}$  to maintain the appropriate  $P_{cuff}$  level in order to prevent cuff related problems during long-term mechanical ventilation is recommended. For this purpose, mercury column sphygmomanometer may replace the specific cuff pressure monitoring equipment. (Tuberculosis and Respiratory Diseases 2002, 52 : 156-165)

**Key words :** Endotracheal intubation, Cuff pressure, Tracheal injury

## 서 론

기계호흡 치료시 기관내 관(endotracheal tube) 삽관에 의해 여러 합병증들이 발생할 수 있는 것으로 알려져 있다<sup>1</sup>. 이러한 합병증들 중에서 기관내 관에 의한 후두의 압력손상과 기낭압에 의한 기관(trachea) 벽의 압력 손상은 기계호흡 이탈 후에 나타나는 호흡 곤란의 중요한 원인이며 호흡부전의 직접적인 원인이 되기도 한다. 기관 협착의 발생은 기관내 관의 높은 기낭압에 의한 기관 내벽의 허혈성 손상에 의한 것이며<sup>2,3</sup> 이러한 부작용을 예방하기 위해서 너무 낮은 기낭압을 유지하면 상기도 분비물의 흡인으로 인한 흡인성 폐렴과 가스누출에 따른 부적절한 환기를 초래하여 가스교환의 장애를 초래할 수 있다.

현재 임상에서 이용되는 기낭압 관리법으로는 기낭압을 측정하는 대신 기낭에 일정한 용적의 공기를 주입하는 방식을 채택하거나 “minimal occluding pressure technique” 및 “minimal leak technique” 등을 적용하기도 하고, 압력 측정기로 간헐적으로 기낭압을 측정하여 조절해주거나, 기낭압을 자동으로 측정 및 조절할 수 있는 기능을 가진 특별한 장비를 이용하여 지속적으로 기낭압을 관리 하는 방법 등이 있어 각 기관에서 인력 및 장비에 따라 여러 가지 방법으로 기낭압을 관리 하고 있다. 그러나 장기간 인공호흡 치료를 받고 있는 환자들에서 가스누출은 최소화 하면서도 기도 점막에 압력손상을 초래하지 않는 수준의 적절한 기낭압은 환자의 폐역학의 차이에 따라 환자마다 다를

수 있고, 동일 환자에서도 그 변화에 따라 변동될 가능성이 있어 기낭압의 변동에 대한 지속적인 감시가 필요할 것으로 사료되나 장기간 기계호흡 치료를 받는 환자에서 기낭압의 변화에 대한 연구 보고가 없었다. 이에 본 연구는 장기간의 기계호흡을 위한 기관내 관 삽관 환자에서 일정한 기낭내 주입 공기량에 대한 기낭압의 변화를 알아보아 기낭압의 지속적인 관찰의 필요성을 알아보고 또한 지속적인 기낭압의 감시를 위해 환자의 수은 혈압계가 상품화된 자동기낭압관리기를 대체할 수 있는지도 알아보고자 하였다.

## 연구 대상 및 방법

### 1. 대 상

아산재단 강릉병원 내과계 중환자실에서 호흡부전으로 기관내 관의 삽관 후 기계호흡을 받는 환자 중 조기에 기관내 관을 발관하거나 기관절개 후 기관튜브(T-tube)를 삽입한 환자를 제외한 기관내 관 삽관 후 14일 이상 기관내 관을 유지하여 지속적으로 기낭압 변화의 측정이 가능하였던 환자 17명을 연구 대상으로 하였다.

### 2. 방 법

먼저 기관내 관을 환자에 삽관하기 전에 기관내 관의 주입 공기량의 변화에 따른 기낭압의 변화를 측정된

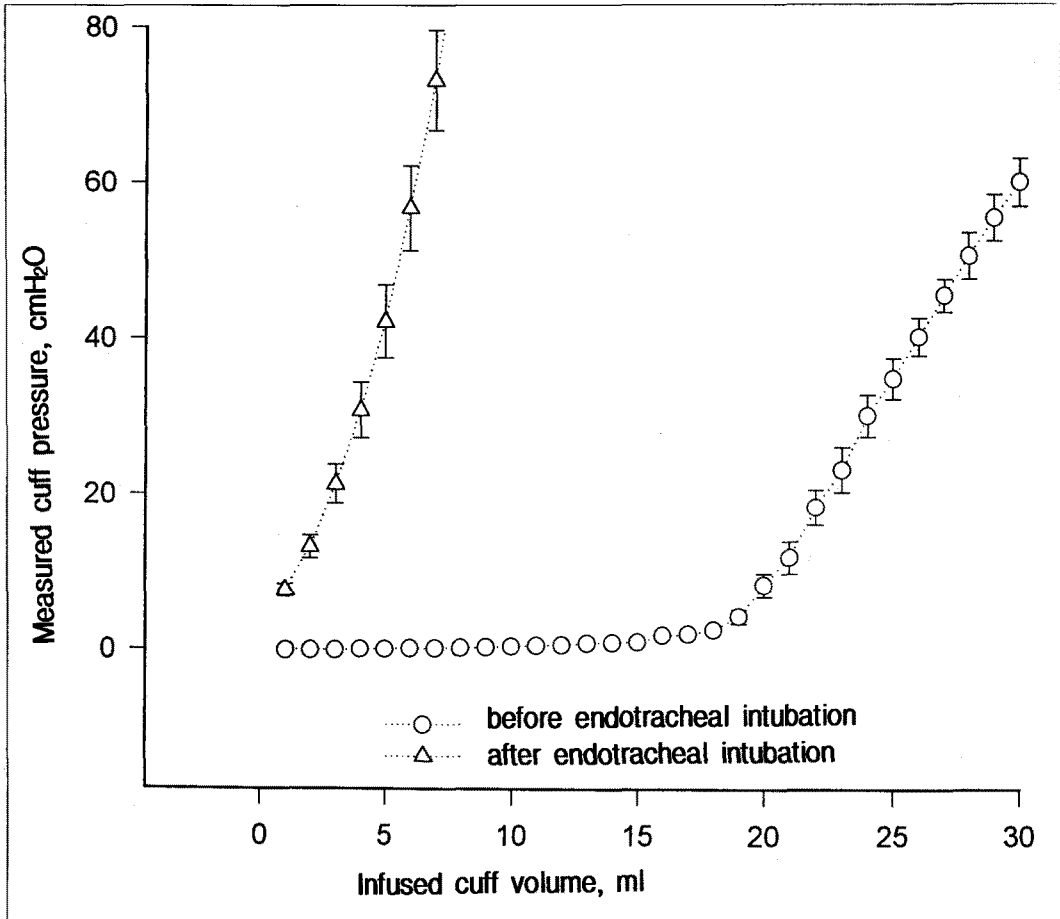


Fig. 1. Relationship of the change of cuff pressure and the change of cuff volume in endotracheal tube.

후 모든 환자들에게 일률적으로 내경 8 mm의 기관내관(I.D 8 mm, Mallinckrodt, USA)을 삽관 하였다. 검사 직전에 환자의 구강 및 기관내 분비물을 깨끗이 제거하고 기관내 공기를 완전히 제거 후 기낭압 0 cmH<sub>2</sub>O 상태에서 10 cc 주사기를 이용하여 기낭내 주입 공기량을 1 cc씩 증량 시키며 기낭압의 변화를 기록하였는데 기낭내 공기 주입시 흡기와 호기 사이의 기낭압의 진동현상(Oscillation)이 관찰되는 경우에는 호기말 기낭압을 기록하였다. 기낭압이 80 cmH<sub>2</sub>O가 될 때까지 기낭내 주입 공기량을 증가시켜 기낭

압의 변화를 측정 후 호기말 기낭압이 25 cmH<sub>2</sub>O 유지되는 공기량 만큼 기낭내 주입 후 다음날 같은 방법으로 기낭압을 측정할 때까지 기낭내 공기량을 유지시켰다. 기낭내 주입 공기량의 누출여부를 확인하기 위해 다음날 기낭내 남은 공기량을 제거시 전날 주입한 공기량을 확인하여 기낭내 공기의 누출이 없음을 확인 후 기낭압의 변동을 재 측정하였는데 삽관 첫째 날부터 발관 일까지 매일 상기 방법으로 기낭압의 변화를 측정하였다. 또한 기낭내 주입 공기량에 따른 자동기낭압관리기 (automatic cuff manager, VBM, Ger-

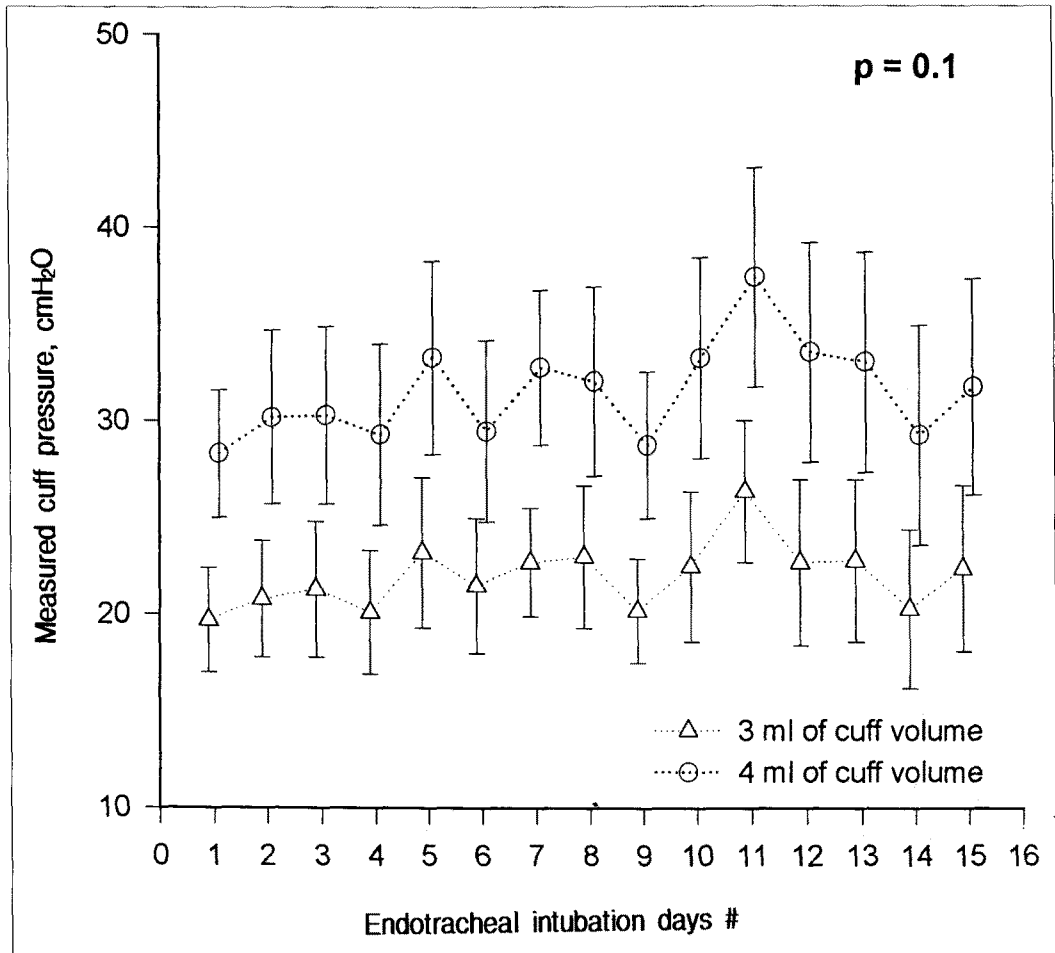


Fig. 2. The change of cuff pressure during intubation days in all patients.

many)로 측정된 기낭압 과 수은혈압계(Baumanometer, WA Baum Co, NY, USA)로 측정된 기낭압의 변화를 각각 측정하여 두 값의 상관성을 알아보았다.

### 3. 통계적 분석

모든 결과는 평균 및 표준편차로 표시 하였고 표에서는 표준오차로 표시 하였다. 통계적 처리는 a statistic software package(SPSS 9.0)을 이용하여 분석 하였는데 시간에 따른 기낭압의 변화와 환자간의 기낭

압의 차이는 one-way ANOVA를 이용하여 비교하였고, 사후분석으로 T-test을 이용하여 multiple comparisons을 시행하였다. 자동기낭압관리기와 수은혈압계의 비교는 회귀분석을 이용하여 상관성을 알아보았다. P값이 0.05 미만을 통계적 유의성으로 간주하였다.

### 결 과

대상 환자 17명의 평균연령은 58(19)세 였으며 남녀 비는 14 : 3, 평균 삼관 일수는 18(4)일 이었다. 호

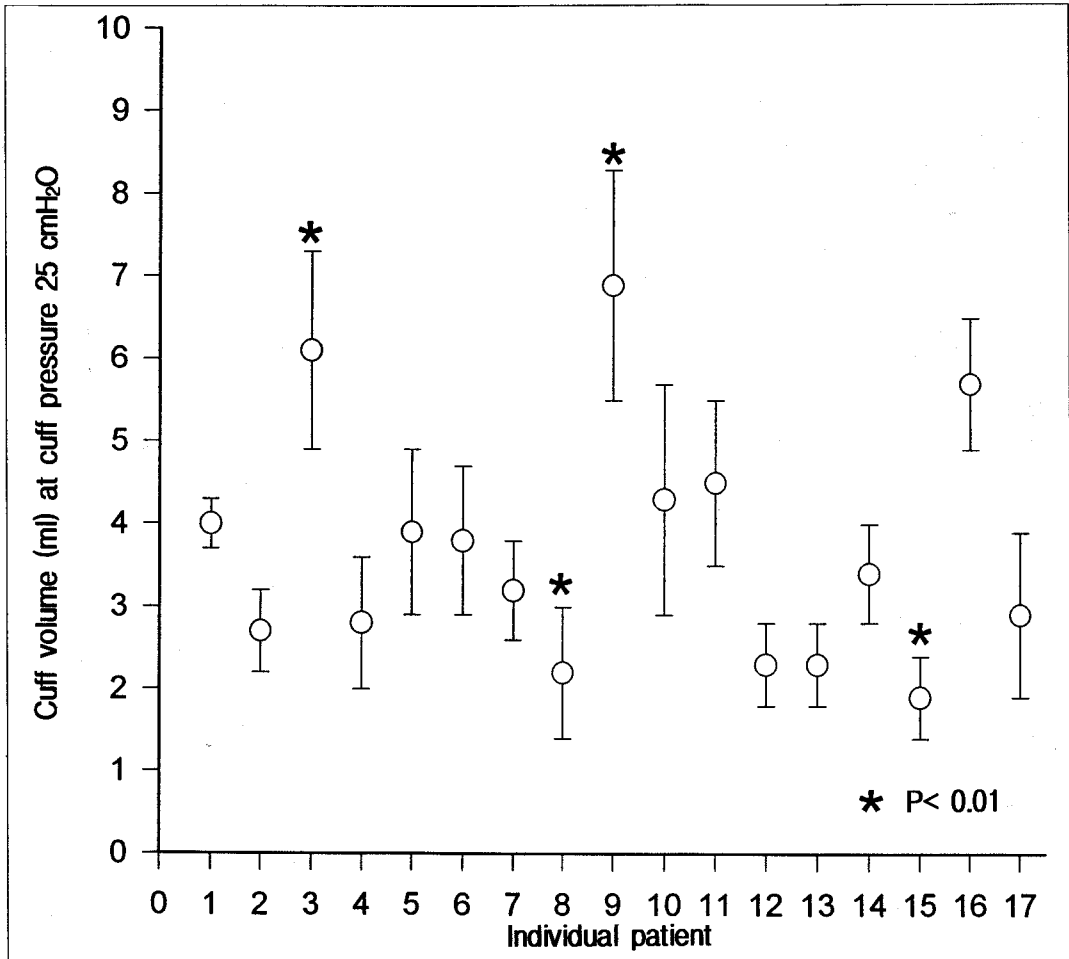


Fig. 3. The cuff volumes required for maintaining at 25 cmH<sub>2</sub>O cuff pressure at individual patients.

흡부전의 주원인은 흡인성 및 중증 폐렴이 8예로 가장 많았고 약물중독 2예 및 뇌졸중, 간성혼수, 패혈증, 천식, 다발성 외상으로 인한 급성호흡곤란증후군, 폐결핵이 각 1예 였다. 동반된 기저질환으로는 뇌졸중이 7예로 가장 많았고 간경화 2예, 기타 다발성 외상, 복막염, 폐결핵, 파킨슨병 등 각 1예 였다. 대상환자 모두에서 기관내 관을 삽관 전에 기낭내 주입 공기량에 대한 기낭압의 변화를 미리 측정하여 보았는데 기낭내 공기량을 20 cc 주입할 때까지 기낭압의 유의한 증가를 보이지 않다가 이후부터 기낭압의 급격한

증가를 보였으나 같은 기관내 관을 환자에 삽관 후에는 기낭내 주입 공기량 첫 1 cc부터 기낭압의 급격한 증가를 나타냈다(Fig. 1). 대상 환자에서 기낭내 주입 공기량에 따라 측정된 기낭압을 기관내 관의 삽관 첫 날부터 발관 날까지 비교시 삽관 일수에 따른 기낭압의 유의한 변화는 보이지 않았다(Fig. 2). 그러나 대상 환자 17명에서 적절한 기낭압으로 사료되는 25 cmH<sub>2</sub>O의 기낭압을 유지하기 위한 기낭내 주입 공기량은 평균 3.8(±1.4) cc 였으나 환자에 따라 1.9 cc에서 6.7 cc까지 큰 차이를 나타냈다(Fig. 3). 기낭내

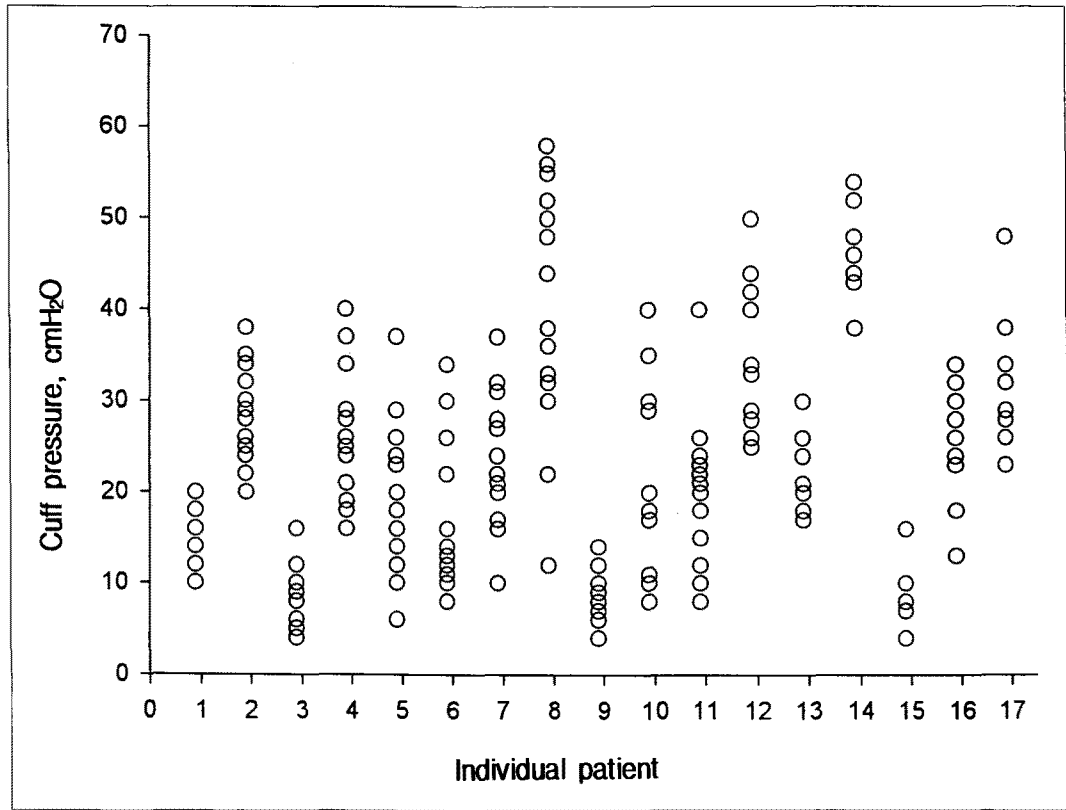


Fig. 4. The intra-individual variation of cuff pressure at constant 3 cc cuff volume, during endotracheal intubation days.

공기량 3 cc에서 삼관일 동안에 매일 반복해서 측정된 기낭압의 변화가 환자에 따라서 최고 46 cmH<sub>2</sub>O, 최저 10 cmH<sub>2</sub>O 및 평균 22 cmH<sub>2</sub>O의 차이를 나타냈고, 기낭 공기량 4 cc에서는 최고 54 cmH<sub>2</sub>O, 최저 15 cmH<sub>2</sub>O 및 평균 28 cmH<sub>2</sub>O의 차이를 보였다 (Fig. 4). 자동기낭압관리기 와 수은혈압계를 이용하여 기낭 공기량의 변화에 따라 측정된 기낭압의 변화는 두 방법으로 측정된 값이 정확히 일치하였다 ( $r=0.98, P<0.01$ ).

### 고 찰

기관내 관으로 인한 상기도에 발생할 수 있는 여러 합병증은 잘 알려져 있어, 급성 호흡부전에서 회복되어

기관내 관 발관 후 오히려 상기도 폐쇄 같은 합병증으로 호흡부전에서 회복이 늦어지거나 심한 경우 호흡부전의 직접적인 원인으로 작용할 수도 있다<sup>6</sup>. 초기에 사용된 기관내 관은 재질로 rubber를 사용한 관에 고압력 저용량의 기낭을 이용하여 기관 협착 등 합병증의 빈도가 높았으나<sup>7,8</sup> 1969년 후반부터 고용량 저압력의 기낭이 도입 되고 내관의 재질도 silicon 혹은 polyvinyl chloride 를 사용하면서 이러한 합병증의 빈도는 감소 하였다<sup>9,10</sup>. 그러나 이러한 개선된 기관내 관을 사용하여도 일부환자에서 기관 연화증(tracheomalacia), 기관 협착(tracheal stenosis), 기관루(tracheoesophageal fistula) 등 기관 및 성대에 발생하는 합병증이 여전히 보고되고 있다<sup>11</sup>. 이러한 합병증의 발생기전으로는 기관내 관 및 기낭 압력에 의한

점막의 허혈성 손상이 이런 합병증의 발생에 가장 중요한 인자로 알려져 있는데 주로 부적절한 크기의 내경을 가진 기관내 관을 사용하거나 높은 기낭압을 사용 함으로서 기관 점막에 높은 압력이 작용하여 발생한다<sup>12,13</sup>. 기관 점막의 모세혈관 관류압은 22~32 mmHg로 알려져 있어<sup>3,14</sup> 기낭압에 의해 기관 점막에 가해지는 압력이 점막의 모세혈관 관류압을 넘어설 때 기관 점막의 허혈성 손상을 일으키는 것으로 알려져 있어 기낭압을 가능한 25 mmHg를 넘지 않도록 권장되고 있다. 그러나 기낭압에 의한 손상을 막기 위해 기낭압을 너무 낮추면 상기도 흡인에 의한 폐렴 발생의 위험성과 가스누출에 의한 환기 장애를 초래 할 수 있는데 기낭압을 18 mmHg 이하에서는 이러한 환기 장애 및 흡인의 위험성이 높아지는 것으로 알려져 있어<sup>15</sup> 이러한 수준 이상의 기낭압을 유지하되 허혈성 손상을 예방하기 위해서는 적절한 기낭압을 유지하도록 권장되고 있다. 현재 임상에서 권장되는 기낭압 관리 방법으로는 기낭에 공기 주입시 “minimal occluding pressure technique<sup>16)</sup>”을 사용하고, 흉부 X-선 사진상의 기낭에 의한 기관 내경의 확장소견이 있는지 확인하거나<sup>17</sup>, 기낭압을 매 8시간마다 측정 기록하여 20~25 mmHg 이하로 맞추어주는 방법들이 이용되고 있다<sup>13</sup>. 그러나 기낭과 관련된 이러한 합병증을 막기 위해서 minimal leakage technique을 이용하여 기낭압을 관리 하는 경우에도 25% 이상이 위험한 수준의 높은 기낭압이 필요한 것으로 나타났고 생존자의 11% 이상이 기낭부위의 기관 협착이 발생한 것으로 보고 되고 있어<sup>18</sup> 임상소견을 통한 간헐적인 기낭압 관리로는 적절한 기낭압을 지속적으로 유지할 수 없을 것으로 사료된다<sup>19</sup>.

장기간 기계호흡치료를 받는 환자에서 초기에 적절한 기낭압을 형성하는 기낭이 인공호흡 치료도중 같은 공기량에서도 기낭압의 유의한 변화를 임상에서 경험하게 되는데 본 연구 결과에서도 인공호흡기의 사용 일수에 따른 기낭압의 유의한 변화 양상을 보이지는 않았으나 환자에 따라서 기낭압의 차이가 심하고 같은

환자 내에서 일정한 기낭 공기량에서 기낭압의 변화가 심하게 나타났다. 이러한 기낭압의 변화는 비록 본 연구의 실험 방법에서 기낭 공기량의 측정상의 오차에 기인 할 수도 있으나, 주사기를 이용하여 비교적 일정량의 공기를 주입하였고 기낭의 공기누출의 여부를 매일 확인하고 일정한 기낭 공기량을 유지하여 실험 방법의 오차를 줄였다. 그러나 본 연구 결과는 기낭 공기량의 측정 방법의 오차에 비해 측정된 기낭압의 변화가 훨씬 크게 나타났다. 이러한 기낭압의 변화는 환자의 폐역학의 변화, 기계호흡의 환기설정, 두정부의 자세의 변화, 기침, 약물등에 의한 기관근육의 긴장도 등 여러 원인에 의해 기낭압의 변화가 일어나는 것으로 사료되며, 적절한 기낭압을 유지 하는데 필요한 기낭내 주입 공기량이 환자마다 다를 수 있고 동일한 환자에서도 상기 여러 원인에 의해 적절한 기낭압이 변동될 수 있음을 본 연구 결과로 알 수 있다. 더욱이 본 연구에서 나타난 것처럼 기관내 관을 삽관 후에는 소량의 주입 공기량의 증가가 급격한 기낭압의 상승을 초래하므로 기낭내 일정한 공기량을 주입하거나 간헐적인 기낭압의 측정으로 적절한 압력수준으로 여겨지는 18~25 mmHg의 좁은 범위의 기낭압을 유지하기가 매우 어려울 것으로 사료되며 기낭압의 효과적인 관리를 위해서는 지속적으로 기낭압의 감시 및 관리가 필요하다.

최근에는 auto-expanding foam을 가진 기낭이나<sup>20</sup> 주입 공기량이 변화해도 고정된 일정한 기낭압을 유지할 수 있는 특수한 기낭이 개발되어 있으나<sup>21</sup> 아직은 여러 가지 문제점을 가지고 있고<sup>22</sup> 상품화되어 널리 쓰이지도 않고 있다. 그러므로 장기간 기계호흡을 위해 기관내 관을 이용 시에는 지속적인 기낭압의 감시 및 관리가 필요하며 이를 위해서는 자동기낭압관리기와 같은 별도의 장비를 이용하여야 되나 실제 국내에서는 자동기낭압관리기를 사용하여 기관내 관을 삽관한 환자들의 기낭압을 지속적으로 감시하는 중환자실은 매우 드물며 장비의 구입비용 또한 적지 않다. 저자 등은 기낭압의 지속적인 감시를 위해 침상용 수은

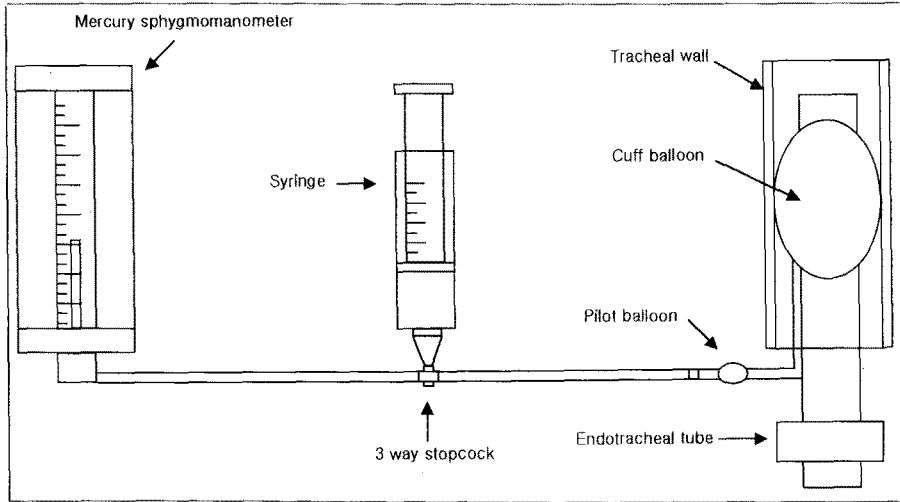


Fig. 5. Diagram of continuous cuff pressure monitoring by use of a syringe, mercury sphygmomanometer, and three-way stopcock.

혈압계 (Baumanometer, WA Baum Co, NY, USA)를 이용해 보았는데 수은 혈압계의 공기가 들어가는 연결부위에 3-way stopcock과 주사기를 연결해서 기낭압을 지속적으로 측정할 수 있었다(그림 5). 비록 자동기낭압관리기처럼 기낭압을 적절한 수준으로 자동으로 조절해주는 기능은 없지만 수은혈압계를 이용한 기낭압 측정이 임상적으로 적용하기 용이하며, 기낭압을 지속적으로 감시할 수 있어 부적절하게 높거나 낮은 기낭압을 즉시 발견하여 조절해 줄 수 있어 고비용의 자동기낭압관리기를 대신하여 장기간 기낭압을 관리하는데 적용해 볼 수 있을 것으로 사료된다. 그러나 본 연구의 결과 만으로 기낭압의 지속적 관리가 임상적으로 유용한지 여부를 알기 위해서는 대조군을 통한 기낭관련 합병증의 발생에 대한 추후 연구가 필요할 것으로 사료되며 기관내관에 의한 상기도 합병증을 예방하기 위해서는 이러한 기낭압을 적절한 관리 뿐 아니라 환자의 기도 크기에 적절한 관의 크기를 선택해야 하며, 관의 재질의 개선 및 환자의 기도 형태에 맞는 적절한 관을 사용 함으로서 기관내 관에 의한 후두 및 기관의 압력손상을 막을 수 있을 것으로 사료 된다<sup>23, 24</sup>.

## 요 약

### 연구 배경 :

기관내 관에 의한 합병증 중에서 기낭에 연관된 문제로 높은 기낭압은 기관 점막의 허혈성 손상을 초래하고 너무 낮은 기낭압은 상기도 분비물의 흡인과 환기 가스의 누출에 따른 환기 장애를 초래한다. 이러한 기낭과 관련된 문제들을 예방하기 위해서는 적절한 기낭압을 유지하는 것이 중요하다. 더욱이 장기간 기계호흡을 받는 환자에서는 환자의 호흡역학의 변화 등 여러 원인에 의해서 적절한 기낭압이 변할 수 있어 기낭압의 지속적인 감시 및 관리가 필요할 것으로 사료되나 이에 대한 연구 보고가 없었다. 이에 본 연구는 장기간 기계호흡을 받는 환자에서 기관내관의 기낭압의 변화를 알아 보고 기낭압의 지속적인 감시 및 관리의 필요성을 알아보려고 하였다.

### 방 법 :

호흡부전으로 14일 이상 장기간 기계호흡을 받는 환자를 대상으로 기관 내관 삽관 일부터 발관 일까지 매일 기낭 공기량의 변화에 따른 기낭압의 변화를 알아 보고 적절한 기낭압을 유지하기 위해 필요한 기낭 공



기량을 측정하여 비교하였다.

**결 과 :**

기낭압은 삽관 일수에 따라 유의한 증가는 관찰되지 않았으나 적절한 기낭압을 유지 하기 위해서 필요한 기낭내 주입 공기량은 환자에 따라 1.9~6.9 cc 로써 다양하고 동일한 환자 내에서도 적절한 기낭압을 유지 하기 위해 필요한 기낭내 주입 공기량의 변화가 심하고, 일정한 기낭 공기 3 cc 주입시 측정된 기낭압의 변화가 평균 22 cmH<sub>2</sub>O였다. 수은혈압계로 측정된 기낭압은 자동기낭압관리기로 측정된 기낭압과 정확히 일치하였다.

**결 론 :**

기낭압에 의한 합병증을 줄이기 위해서 일정한 공기량을 기낭내 주입하거나 간헐적인 기낭압의 측정으로는 적절한 기낭압을 지속적으로 유지 하는데 부적절하여 지속적인 기낭압의 측정 및 감시가 필요한 것으로 사료되며 이러한 목적으로 수은혈압계는 자동기낭압관리기를 대체하여 이용될 수 있을 것으로 사료된다.

**참 고 문 헌**

1. Stauffer JL, Olson DE, Petty TL. Complications and consequences of endotracheal intubation and tracheotomy. A prospective study of 150 critically ill adult patients. *Am J Med* 1981;70:65-76.
2. Cooper JD, Grillo HC. The evolution of tracheal injury due to ventilatory assistance through cuffed tubes. : a pathologic study. *Ann Surg* 1969;169:334-48.
3. 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* 1984;288:965-8.
4. Bernhard WN, Yost L, Joynes D, Cothalis S, Turndorf H. Intracuff pressures in endotracheal and tracheostomy tubes : related cuff physical characteristics. *Chest* 1985;87:720-5.

5. Off DG, Braun SR, Tompkins B, Bush G. Efficacy of the minimal leak technique of cuff inflation in maintaining proper intracuff pressures for patients with cuffed artificial airways. *Respir Care* 1983;28:1115-20.
6. Shelly WM, Dawson RB, May IA. Cuffed tubes as a cause of tracheal stenosis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1969;57:623-7.
7. Falbe-Hansen J : On the treatment of tracheal stenosis in tracheotomized polio patients. *Acta Otolaryngol* 1955;45:498-508.
8. Paloschi . Observations of elective and emergency tracheotomy. *Surg Gynecol Obstet* 1965;120:356-8.
9. Guyton DC. Endotracheal and tracheotomy tube cuff design : Influence on tracheal damage. *Critical Care Updates* 1990;1:1-10.
10. Grillo HC, Cooper JD, Geffin B, Pontoppidan H. A low-pressure cuff for tracheostomy tubes to minimize tracheal injury : A comparative clinical trial. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1971; 62:898-907.
11. Guyton D, Banner MJ, Kirby RR. High-volume, low-pressure cuffs, Are they always low pressure? *Chest* 1991;100:1076-81.
12. Nordin U. The trachea and cuff-induced tracheal injury : an experimental study on causative factors and prevention. *Acta Otolaryngol Suppl (Stockh)* 1977;345(Suppl):1-71.
13. Lee TS. Routine monitoring of intracuff pressure. *Chest* 1992;102:1309-10.
14. Nordin U, Lindholm CE, Wolgast M. Blood flow in the rabbit tracheal mucosa under normal conditions and under the influence of tracheal intubation. *Acta Anaesthesiol Scand* 1977;21:81-94.
15. Bernhard WN, Cottrell JE, Sivakumaran C, Patel K, Yost L, Turndorf H. A adjustment of intracuff

- pressure to prevent aspiration. *Anesthesiology* 1979;50:363-6.
16. Adriani J, Phillips M. Use of the endotracheal cuff : Some data pro and con. *Anesthesiology* 1957;18:1-14.
17. Khan F, Reddy NC. Enlarging intratracheal tube cuff diameter : a quantitative roentgenographic study of its value in the early prediction of serious tracheal damage. *Ann Thorac Surg* 1977; 24:49-53.
18. Weber AL, Grillo HC. Tracheal stenosis, an analysis of 151 cases. *Radiol Clin North Am* 1978; 16:291-308.
19. Off DG, Braun SR, Bush G. Analysis of efficacy of minimal leak technique in maintaining proper intracuff pressures in intubated or tracheostomized patients. *Respir Care* 1981;26:1114-8.
20. Weymuller EA Jr. Laryngeal injury from prolonged endotracheal intubation. *Laryngoscope*. 1988;98:1-15.
21. Yoneda I, Yatanabe K, Hayashida S, Kanno M, Sato T. A simple method to control tracheal cuff pressure in anaesthesia and in air evacuation. *Anesthesia* 1999;54:975-80.
22. Lindholm CE. Prolonged endotracheal intubation. *Acta Anaesthesiol Scand Suppl* 1969: 33:1-131.
23. Steen JA, Lindholm CE, Brdlik GC, Foster CA. Tracheal tube forces on the posterior larynx : index of laryngeal loading. *Crit Care Med* 1982; 10:186-9.
24. Mehta S. Control of tracheal cuff pressure. [letter ; comment]. *Anaesthesia*. 2000;55:400-2.